

Evaluation von Informationsvisualisierung – Wegweiser für Design

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

im Rahmen des Studiums

Medizinische Informatik

eingereicht von

Sarah Wiener

Matrikelnummer 0425920

an der
Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien

Betreuerin: Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Margit Pohl

Wien, 05.08.2011

(Unterschrift Verfasser/in)

(Unterschrift Betreuer/in)

Sarah Wiener
Weidmannngasse 38/DG
1170 Wien

„Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen –, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.“

Wien, am 5.August 2011

Unterschrift

Danksagung

Im Zuge dieser Diplomarbeit, welche im Rahmen des Projektes CVAST – *Centre of Visual Analytics Science and Technology* – entstanden ist, habe ich wertvolle Unterstützung von Seiten meiner Betreuerin Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Margit Pohl erhalten. Ihr möchte ich für jede Hilfestellung danken. Auch möchte ich der Kollegin Simone Kriglstein und dem Kollegen Claus Stachl für ihre Hilfsbereitschaft während der Projektarbeit danken.

Weiterer Dank gilt insbesondere meiner Familie, die mich über das ganze Studium hinweg stets unterstützend begleitet hat.

Kurzfassung

In verschiedensten Fachgebieten, auch in der Medizin, sammeln sich viele Daten an. Die Informationsvisualisierung beschäftigt sich damit, geeignete Darstellungsformen zu finden um die Analyse von überwältigenden Datenmengen zu erleichtern. Zahlreiche Varianten sind entstanden, welche fortlaufend evaluiert werden, um Stärken und Schwächen aufzudecken. Doch nun fehlt es an Zusammenführungen von Ergebnissen aus den Studien, um dieses Wissen für die Verbesserung oder für die Gestaltung neuer Visualisierungen nutzen zu können. Um viele Informationen der Eigenschaften der Techniken zu erhalten, werden weitere Evaluierungsmethoden benötigt. Ziel dieser Arbeit ist, eine Sammlung von Evaluationen von Informationsvisualisierungen anhand eines Rasters zu untersuchen und die Ergebnisse der Studien zusammenzuführen. Ein Überblick über Erfahrungen bezüglich des Evaluierungsvorgehens sowie gesammelte Erkenntnisse von Informationsvisualisierungen soll geschaffen werden. Am Beispiel des Fachgebietes Medizin werden Bedürfnisse von AnwenderInnen veranschaulicht und Aspekte diskutiert, die für eine weitestgehend reibungslose Einführung neuer Techniken relevant sind. Aus der Betrachtung der Studienergebnisse ist hervorgegangen, dass die Evaluierungsmethoden *Eye-Tracking*, *Thinking-Aloud* und *Fokusgruppe* Potential zeigen, die Evaluierung von Informationsvisualisierung zu ergänzen. *Geometrische Visualisierungen* wurden mittlerweile oft, *pixelorientierte Techniken* hingegen kaum evaluiert. Interessante Aspekte konnten aufgedeckt werden wie etwa, dass 3D-Visualisierungen noch nicht effizient genug sind, aber es Ansätze für Verbesserungen gibt. Ebenso wurde ersichtlich, dass Animationen hilfreich sind, aber bedacht eingesetzt werden sollten. Evaluationen von medizinischen Anwendungen zeigten, dass die Einführung neuer Techniken nicht schlagartig stattfinden sollte. Diese können sich zwar von traditionellen Methoden unterscheiden, sollten aber schnell und einfach erlernbar sein.

Abstract

The goal of Information Visualization is to develop efficient techniques to support researchers and others of varying disciplines to explore huge amounts of collected data and to find relevant conclusions. The evaluation of Information visualizations is important to reveal their strengths and their limits. Over the years many Information visualizations were evaluated. But presently there is a lack of joining gained results and using the collected knowledge to improve individual techniques or to get ideas for new visualizations, subsequently. To obtain meaningful information about the qualities of visualization techniques appropriate evaluation methods are needed.

The objective of this thesis was to examine evaluations of Information Visualizations on the basis of a grid and to merge the results of these studies. The summary reveals the kinds of evaluation methods used nowadays and what experiences study designers made. In addition merging of the test results will summarize the preliminary findings in the area of information visualizations. Needs of the special users are illustrated using medicine as an exemplary discipline; aspects which are important for introduction of new visualization techniques in the area of medicine are discussed.

Considering results of the merged studies reveals that the evaluation methods Eye-Tracking, Thinking-Aloud and Focus Groups have potential to complement the evaluation of information visualizations. Geometric techniques are frequently evaluated. However, pixel-oriented techniques are rarely examined. Interesting aspects were detected, for example three-dimensional visualizations are demonstrated to be not efficient enough, yet. Still, approaches for improvement could be found. Other results of the studies also showed that animation can be helpful, but careful use should be considered. Evaluations of medical applications showed that the implementation of new information visualizations should not be done abruptly. The new visualization techniques may differ from traditional methods, but should be quick and easy to learn.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Sammlung evaluierter Informationsvisualisierungen.....	3
2.1. Allgemeine Studien	4
2.2. Medizin-bezogene Studien.....	65
3. Die Evaluierung.....	82
3.1. Evaluierungsvorgehen – die Gestaltung.....	82
3.1.1. Allgemeine Betrachtung.....	83
3.1.2. Die Bedeutung der Motivation.....	85
3.1.3. Der Mangel an Empfehlungen	86
3.2. Die Evaluierungsmethoden	87
3.2.1. Die Verteilung der Methoden.....	87
3.2.2. Neue Wege der Evaluierung von Informationsvisualisierungen.....	89
4. Visualisierungstechniken	94
4.1. Die Vielfalt an Visualisierungstechniken.....	94
4.2. Das Anwendungsgebiet Medizin	99
4.3. Allgemeine Merkmale der Visualisierungstechniken	103
4.3.1. Dreidimensionale Darstellungen	103
4.3.2. Farbe.....	104
4.3.3. Radiale Visualisierungen.....	106
4.3.4. Interaktionstechniken	107
5. Resümee	112

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Wirkung der geometrischen Pfadtendenz.....	27
Abbildung 2: Der geodätische Pfad	31
Abbildung 3: Anzahl von ProbandInnen von 36 Studien	84
Abbildung 4: Verteilung der Evaluierungsmethoden.....	87
Abbildung 5: Verteilung der evaluierten Visualisierungstechniken	95

1. Einleitung

AnalytikerInnen werden mit immensen Datenmengen konfrontiert und, um diese Mengen darstellen zu können, werden verbesserte bzw. neue Arten von Visualisierungen benötigt. Aus diesem Bedarf heraus sind zahlreiche Visualisierungstechniken entwickelt worden. In den letzten rund 20 Jahren hat daher die Bedeutung der Informationsvisualisierung besonders zugenommen. Schumann & Müller (2004, p.135) erklären:

Ziel der Informationsvisualisierung ist es, abstrakte Daten graphisch so zu repräsentieren, dass strukturelle Zusammenhänge und relevante Eigenschaften der Daten intuitiv erfasst werden können. Damit soll die Exploration der Informationsvisualisierung unterstützt werden.

Bekannte Darstellungsformen wären etwa das Kreis-, Linien- oder Balkendiagramm. Weniger geläufig sind beispielsweise Bäume, der Treemap oder etwa der Hyperbolic-Tree, welche zur Darstellung hierarchischer Daten dienen.

Um die Anwendbarkeit dieser Techniken zu ergründen, wurden allmählich mehr und mehr Evaluationen durchgeführt. Um jedoch vielfältige Informationen über die Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit von Visualisierungen erhalten zu können, muss das Evaluationsvorgehen durch ergänzende Methoden erweitert werden. Da noch unklar ist, welche Evaluierungsmethoden sich für die Evaluierung von Informationsvisualisierungen tatsächlich eignen, sind bereits bestehende Erfahrungen und Erzählungen wichtig, wenn neue Methoden eingesetzt wurden.

Nun fehlt es an Zusammenführungen der Erkenntnisse aus den Evaluationen, die sowohl vor Augen bringen wie das Evaluierungsvorgehen gestaltet werden kann und welche Methoden für die Evaluierung von Informationsvisualisierungen hilfreich sein können, als auch ein gesammeltes Wissen bieten, welches für die Gestaltung und Verbesserung von Visualisierungstechniken relevant ist.

Ziel der Arbeit

Im Rahmen des Projektes CVASt – *Centre of Visual Analytics Science and Technology* – und mit der tatkräftigen Unterstützung meiner Betreuerin Margit Pohl sowie der Hilfsbereitschaft von den Gruppenmitgliedern Simone Kriglstein und Claus Stachl ist diese Arbeit entstanden. Ziel der Arbeit ist, auf die oben genannte Lücke einzugehen. Eine Sammlung von Evaluationen von Informationsvisualisierungen soll anhand eines Rasters untersucht werden und die Ergebnisse der Studien zusammengeführt werden. Ein Überblick über Erfahrungen

bezüglich des Evaluierungsvorgehens sowie gesammelte Erkenntnisse von Informationsvisualisierungen soll geschaffen werden. Am Beispiel des Fachgebietes Medizin werden Bedürfnisse von AnwenderInnen veranschaulicht und Aspekte diskutiert, die für eine weitestgehend reibungslose Einführung neuer Techniken relevant sind.

Methode

Schwerpunkt der Literaturrecherche war Evaluationen von Informationsvisualisierungen zu finden. Die daraus entstandene Sammlung an Evaluationen wurde in allgemeine Studien und Studien betreffend medizinische Anwendungen getrennt. Anschließend wurden die Evaluationen anhand eines Rasters gezielt untersucht. Dieses setzt sich aus dem *Inhalt*, den *Visualisierungstechniken*, den *Interaktionstechniken bzw. unterstützende Faktoren*, Informationen über das *Evaluierungsvorgehen* und den *Ergebnissen der Studie* zusammen. Der Inhalt sollte zu verstehen geben, auf welches Thema sich die Evaluation konzentrierte und was mit der Studie erreicht werden sollte. Eine Auflistung der Visualisierungstechniken macht sichtbar, welche Darstellungsformen angesprochen wurden. Interaktionstechniken und unterstützende Faktoren beziehen sich auf Eigenschaften sowie Merkmale von Visualisierungen, welche aus den Studien herauszulesen sind oder erwähnt werden. Das Anführen des Evaluierungsvorgehens soll darlegen wie die Evaluation gestaltet war bzw. welche konkreten Methoden eingesetzt wurden. Im letzten Teil des Rasters werden schließlich die Resultate aus den Studien zusammengeführt.

In den darauffolgenden Kapiteln werden Informationen aus den Elementen des Rasters herangezogen und geordnet zusammengeführt. Erkenntnisse bezüglich der Gestaltung von Evaluationen und Visualisierungen sind von Bedeutung. Der Bezug auf das Anwendungsgebiet Medizin soll dabei insbesondere den Aspekt näher bringen, worauf zu achten ist, wenn neuartige Visualisierungsformen eingeführt werden sollen.

2. Sammlung evaluierter Informationsvisualisierungen

Schwerpunkt der Literaturrecherche war Evaluationen von Informationsvisualisierungen zu finden. Die daraus entstandene Sammlung an Evaluationen wurde in allgemeine Studien, welche sich oftmals auf Grundlagenforschungen beziehen und Studien betreffend medizinische Anwendungen getrennt. Anschließend wurden die Evaluationen anhand eines Rasters gezielt untersucht. Dieses setzt sich aus dem *Inhalt*, den *Visualisierungstechniken*, den *Interaktionstechniken bzw. unterstützenden Faktoren*, aus Informationen über das *Evaluierungsvorgehen* und den *Ergebnissen der Studie* zusammen. Jegliche Informationen entsprechen den Inhalten aus den bearbeiteten Artikeln, wobei die Quelle des Artikels nur zu Beginn angegeben wird und nicht mehrmals explizit darauf verwiesen wird. Der Inhalt sollte zu verstehen geben, auf welches Thema sich die Evaluation konzentrierte und was mit der Studie erreicht werden sollte. Eine Auflistung der Visualisierungstechniken macht sichtbar, welche Darstellungsformen angesprochen wurden. Interaktionstechniken und unterstützende Faktoren beziehen sich auf Eigenschaften sowie Merkmale von Visualisierungen, welche aus den Studien herauszulesen sind oder erwähnt werden. Das Anführen des Evaluierungsvorgehens soll darlegen wie die Evaluation gestaltet war bzw. welche konkreten Methoden eingesetzt wurden. Im letzten Teil des Rasters werden schließlich die Resultate aus den Studien zusammengeführt.

2.1. Allgemeine Studien

A Comparison of 2-D Visualizations of Hierarchies (Barlow & Neville 2006)

Todd Barlow, Padraic Neville

Inhalt

Häufig werden Visualisierungen genutzt, um hierarchische Daten untersuchen zu können. Analytiker werden heutzutage oftmals mit großen Bäumen konfrontiert und traditionelle Darstellungen sind der Herausforderung kaum mehr gewachsen, effiziente Untersuchungen der Daten ermöglichen zu können.

In Data Mining sind für Analysen Entscheidungsbäume ein gängiges und notwendiges Hilfsmittel und trotz begrenzter Bildschirmfläche ist ein klassisches Organigramm noch in der Lage einen großen Baum mit mehreren hundert Blättern vollständig darstellen zu können. Doch Knoten enthalten zumeist Informationen, wie Text oder Grafiken und folglich kann zwar der gesamte Baum wiedergegeben werden, doch je größer ein Baum wird, desto kleiner werden seine Knoten dargestellt und deren Inhalte werden fortlaufend unkenntlicher. Aufgrund dieser Problematik wurde die Idee umgesetzt, eine Data Mining Anwendung so zu gestalten, dass diese durch eine *kompakte Ansicht*, welche den gesamten Baum in einem kleinen Fenster wiedergibt, erweitert wird. Durch ein grundlegendes Verständnis für die Topologie eines Baumes, soll in Folge die Analyse der Daten erleichtert werden.

Deshalb wurden vier Varianten von Baumvisualisierungen – *Organigramm*, *Icicle Plot*, *Treemap* und *Tree Ring* – auf deren Eignung zur Darstellung von Entscheidungsbäumen und deren Potential als kompakte Ansicht zu dienen, überprüft. Besonderer Schwerpunkt der Untersuchung bezieht sich auf die Fähigkeit, die Struktur eines Baumes passend darstellen zu können, sowie AnwenderInnen in deren analytischem Vorgehen unterstützen zu können.

Visualisierungstechnik

- Organigramm
- Icicle Plot
- Treemap
- Tree Ring

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Eine passende kompakte Ansicht hilft AnwenderInnen, die Topologie eines Baumes nachvollziehen zu können, sowie die Orientierung im Baum beizubehalten. Diese Ansicht soll als Teil einer Visualisierung, basierend auf der *Multiple-View*-Methode, zukünftig Anwendung finden können.

Evaluierungsvorgehen

- *Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate*

Ergebnisse der Studie

Treemap erwies sich als enttäuschend, und ProbandInnen reagierten ablehnend darauf. Ergebnisse der Studien waren derart ernüchternd, dass diese Visualisierungsform für eine kompakte Ansicht als ungeeignet gesehen wurde.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse für Icicle Plot, Tree Ring, Organigramm und Treemap zeigte, dass sich neben dem gewohnten Organigramm, Icicle Plot allgemein als ein potentieller Kandidat für eine kompakte Ansicht eignen würde. Beide Darstellungsformen, Organigramm und Icicle Plot, waren bei ProbandInnen beliebter als die anderen Visualisierungen. Dass Icicle Plot oftmals bevorzugt wurde und gute Testergebnisse liefern konnte, könnte unter anderem daran liegen, dass diese Darstellung die vertraute „oben-nach-unten“ und „links-nach-rechts“ Baumstruktur umsetzt, wie sie auch vom Organigramm bekannt ist. Für Treemap und Tree Ring benötigten TeilnehmerInnen der Studie mehr Lernzeit, da diese Visualisierungen keine derartige Ähnlichkeit zum Organigramm aufweisen. Auch hierbei erzielte Icicle Plot besser Ergebnisse.

Das Organigramm ist jene Visualisierung, welche üblicherweise als kompakte Ansicht gewählt wird. Zusammenfassend hat sich herausgestellt, dass auch andere Darstellungen genutzt werden können, die entweder genauso gut oder besser als das Organigramm sind. Erfahrungen haben gezeigt, dass beide Möglichkeiten – Organigramm und Icicle Plot – angeboten werden sollten und die Wahl AnwenderInnen überlassen wird.

The Effect of Animated Transitions on User Navigation in 3D Tree-Maps (Bladh, Carr & Kljun 2005)

Thomas Bladh, David A. Carr, Matrjaž Kljun

Inhalt

Animierte Übergänge von einem Zustand in einen anderen helfen BetrachterInnen, ein Maß an Orientierung beizubehalten und grundlegend Veränderungen nachvollziehen zu können. Aufgrund von Beobachtungen steht die Vermutung im Raum, dass BetrachterInnen so scheinbar ein tieferes Verständnis für die Struktur eines Baumes erhalten.

Um nun festzustellen, inwieweit animierte Übergänge fähig sind, AnwenderInnen behilflich sein zu können bzw. wo eventuelle Grenzen oder Schwächen liegen, wurden Auswirkungen bei animierten Übergängen zwischen Verzeichnissen in einer dreidimensionalen *Treemap*-Visualisierung getestet.

Visualisierungstechnik

- *StepTree*: die herkömmliche Treemap-Visualisierung wurde durch eine 3D-Repräsentation erweitert.

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Zoom*-Funktion
- *Animation*
- *Dynamic Queries*
- Navigations-Steuer-elemente

Evaluierungsvorgehen

- Handlungen der ProbandInnen wurden mit Hilfe von *Log-Files* festgehalten
- ein anschließender Fragenbogen sollte die subjektiven Eindrücke sammeln

Ergebnisse der Studie

Animierte Übergänge können für BetrachterInnen sowohl unterstützend, als auch hinderlich sein. Positiv kann angemerkt werden, dass räumliche Beziehungen gut wahrgenommen werden können. Auch erwähnten TeilnehmerInnen der Studie, dass sich diese nicht verloren gefühlt haben und die Animation selbst – Übergänge von einem Zustand zu einem anderen –

als „weich“ und unauffällig empfunden wurde. Aus den Kommentaren der ProbandInnen ist zu erkennen, dass animierte Übergänge grundsätzlich nicht störend waren.

Spezielles Augenmerk der Studie lag auf dem Aspekt, wie BetrachterInnen reagieren, wenn sie zu einem kürzlich besuchten Verzeichnis zurückkehren müssten. Hierbei tauchte ein negativer Effekt auf. Sobald ProbandInnen den Wunsch hegten, zu einem Verzeichnis zurückzukehren und sich dabei allein auf ihr Gedächtnis verlassen mussten, teilte sich der Nutzen von animierten Übergängen sichtbar auf. Konnten sich ProbandInnen gut erinnern, so ergaben sich durchaus gute und richtige Resultate. Jedoch, wenn diese die räumliche Lage des Zielverzeichnisses falsch einschätzten, verleitete integrierte Animation AnwenderInnen dazu, eine eher chaotischere, beinahe verspieltere Navigationsstrategie einzusetzen. Anstatt nach einigen Versuchen zu einer vernünftigeren, schrittweisen Strategie zurückzukehren, wollten ProbandInnen dennoch fortwährend auf ineffiziente Weise das gewünschte Verzeichnis auf schnellerem Weg erreichen. BetrachterInnen, welche nicht mit animierten Übergängen konfrontiert wurden, wiesen ein Strategieverhalten auf, das deutlich geordneter und zielführender war und damit zu stabileren Ergebnissen führte.

Evaluating the Impact of Task Demands and Block Resolution on the Effectiveness of Pixel-based Visualization (Borgo et al. 2010)

Rita Borgo, Karls Proctor, Min Chen, Heike Jänicke, Tavi Murray, Ian M. Thornton

Inhalt

Pixelbasierte Visualisierungen sind junge Entwicklungen, welche in der Lage sind, eine große Anzahl an Daten darzustellen, sowie die verfügbare Bildschirmfläche weitestgehend optimal zu nutzen. Insbesondere Daniel Keim spezialisierte sich auf diese Form der Darstellung und suchte nach jenen vorteilhaften Aspekten, welche andere Arten von Visualisierungen übertreffen würden.

In dieser Studie wird nun auf die pixelbasierte Visualisierungstechnik eingegangen, wobei ihre Effizienz bezüglich unterschiedlicher Aufgabenstellungen, sowie verschiedene Auflösungen von Blöcken (zur Veranschaulichung siehe Fig.5 in Borgo et al. 2010, p.967) getestet werden soll.

Visualisierungstechnik

- Pixelbasierte Visualisierung

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Betrachtung einer statischen pixelbasierten Darstellung

Evaluierungsvorgehen

- *Messung der Reaktionszeit und Fehlerrate*
- Nach Beendigung aller Aufgabenstellungen sollten ProbandInnen einen kurzen Fragebogen ausfüllen

Ergebnisse der Studie

Innerhalb der Studie wurde die Auswirkung von vier verschiedenen Auflösungsstufen von Pixelblöcken untersucht. Es stellte sich heraus, dass die Auflösung durchaus Einfluss auf BetrachterInnen hat, aber den Arbeitsprozess nicht deutlich belastet. Zwar stieg die Fehlerhäufigkeit und auch die Reaktionszeit verlängerte sich mit höherer Pixelblock-Auflösung, jedoch hielt sich der negative Effekt in Grenzen.

Obwohl nur eine geringe Anzahl an Auflösungsstufen von Pixelblöcken untersucht wurde, steht die Vermutung im Raum, dass auch weitere Auflösungsstufen für den Arbeitsprozess nicht auffallend hinderlich sein würden. Die Leistung von Pixelvisualisierungen sollte sich demnach nicht drastisch verschlechtern.

Im Rahmen der Studie konnte weiteres festgestellt werden, dass die Art der Aufgabenstellung, sowie die Komplexität der Aufgabe sich merklich auf die Leistungsfähigkeit der Visualisierung auswirkte. Sowohl die Reaktionszeit, als auch die Fehlerhäufigkeit von TeilnehmerInnen der Studie litten unter einzelnen Aufgabenstellungen mehr als unter anderen Aufgaben. Wie gut eine Aufgabe gelöst werden konnte, hing davon ab, wie hoch die kognitive Belastung bei der Bewältigung der Aufgabenstellungen war. Dies verdeutlicht, dass pixelbasierte Visualisierungen durchaus für einige Aufgabenstellungen gut geeignet sind und AnwenderInnen sichtbar unterstützt werden können. Jedoch sollte gegenüber zukünftigen AnwenderInnen betont werden, dass die Nützlichkeit variieren kann und nicht verwunderlich sein sollte, dass einige Aufgaben mit der Darstellungsform schwieriger zu lösen sind, oder nicht dafür geeignet ist.

Der CIE L * u * v * Farbraum, sowie der RGB-Farbraum kamen in dieser Studie zur Anwendung. Besonderheiten des CIE L * u * v * Farbraumes gegenüber dem RGB-Farbraum, die auf herausstechende Fähigkeiten zur Unterstützung hinweisen würden, konnten nicht herausgefiltert werden. Grundlegend ist ersichtlich geworden, dass sich Farbräume auf den Arbeitsprozess von AnwenderInnen auswirken und daher eine Wahl mit Vorsicht getroffen werden sollte. Doch für nähere und spezifischere Informationen, wie etwa der tatsächliche Effekt von Farbbändern, sind weitere Untersuchungen von Nöten.

Cartesian vs. Radial – A Comparative Evaluation of Two Visualization Tools

(Burch et al. 2008)

Michael Burch, Felix Bott, Fabian Beck, Stephan Diehl

Inhalt

Kartesische Visualisierungen werden als Basis herangezogen, um daraus gleichbedeutende radiale Darstellungen zu entwickeln. Im Laufe der Zeit sind verschiedenste radiale Varianten entstanden. Aber es hat sich gezeigt, dass Evaluierungen basierend auf einer direkten Gegenüberstellung der beiden Formen – radial und kartesisch – seltener durchgeführt werden. Doch solche konkreten Gegenüberstellungen sind hilfreich, um Vorteile radialer Visualisierungen im Vergleich zur originalen Variante beurteilen zu können.

Um dem entgegenzuwirken, werden zwei Entwicklungen *Timeline Trees* (TLT), welches auf einer kartesischen Form beruht und die radiale Variante *TimeRadarTrees* (TRT) miteinander verglichen. Diese Visualisierungen wurden für die Darstellung von Sequenzen von Transaktionen in Informationshierarchien entwickelt.

Visualisierungstechnik

- Kartesische Visualisierung
- Radiale Visualisierung

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Interaktionsmöglichkeiten waren nicht verfügbar

Evaluierungsvorgehen

- *Eye Tracking*

Ergebnisse der Studie

Herausgestellt hat sich, dass die in die Darstellung integrierten Miniaturansichten eine positive Wirkung hatten. Insbesondere konnte durch diese Miniaturansichten die Effektivität von TimeRadarTrees gesteigert werden. Eine Erklärung für diese positive Wirkung könnte sein, dass bei einer radialen Darstellung Positionen leichter zu unterscheiden sind bzw. sich AnwenderInnen an die Positionen besser erinnern können.

Timeline Trees zeigte eine eigene Schwäche, da ProbandInnen zumeist die vier Ecken des Computerbildschirmes ignorierten und damit wichtige Informationen nicht beachtet wurden. Da TimeRadarTrees die Ecken durch die runde Darbietung nicht ausnutzte, tauchte hier dieser Effekt nicht auf.

Der Reiz der radialen Visualisierung liegt in der beinahe kunstvollen, daher modischeren Illustration. Für einige Aufgabenstellungen könnte sie durchaus vorteilhafter sein, als die kartesische Visualisierung, doch schlussendlich kann die radiale Form die kartesische Variante nicht übertreffen.

The Evaluation of Information Visualisation Techniques Using Eye Tracking

(Calitz, Pretorius & Darelle Van Greunen 2009)

André P. Calitz, Marco C. Pretorius, Darelle Van Greunen

Inhalt

Die grundsätzliche Zunahme des Einsatzes von verschiedenen Informationsvisualisierungen mündete im Bedarf, die Nutzbarkeit der einzelnen Techniken festzustellen. Diverse Methoden zur Evaluierung wurden im Laufe der Zeit erprobt, doch sind weitere Methoden von Nöten, um mehr Informationen über den Denkprozess von AnwenderInnen zu erfassen. Das Analysieren von Augenbewegungen von AnwenderInnen kann Aufschlüsse über die Arbeitsstrategie von NutzerInnen bieten und damit wichtige Informationen für die Evaluierung der Visualisierungen bereitstellen.

So wurde *Eye-Tracking* – die Erfassung und Aufzeichnung von Augenbewegungen – für die Evaluierung eines Netzwerkmanagement-Tools, welches drei verschiedene Visualisierungstechniken integriert, herangezogen um aufzudecken, ob der Aspekt der Augenbewegungen dazu beitragen kann, zusätzliche Einsichten in die Benutzerfreundlichkeit von Visualisierungen zu erhalten.

Visualisierungstechnik

- *Star Metapher*
- *Landscape Metapher*
- *Radar Graph*

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Filter-Funktion*
- *Rotationen*
- *Dynamic Queries*

Evaluierungsvorgehen

- *Eye-Tracking*
- *Videoaufnahme*
- Ein anschließender Fragebogen sollte Einblicke geben, wie ProbandInnen die Visualisierungen wahrgenommen haben

Ergebnisse der Studie

Für NetzwerkmanagerInnen an der NUMMU (Nelson Mandela Metropolitan University) wurde das so genannte *AppVis 1.0* entwickelt und soll AnwenderInnen die Analyse der Anwendungsleistung des NMMU-Netzwerkes ermöglichen. Dafür werden unterschiedliche Informationsvisualisierungstechniken eingesetzt und deren Nutzen mithilfe von Eye-Tracking untersucht. Die so genannte Star-Metaphor (Sternmetapher) bietet eine Netzwerkübersicht mit entsprechenden Informationen an. Landscape-Metaphor (Landschaftsmetapher) visualisiert Informationen für ein individuelles VLAN (Virtual Local Area Network). Radar Graph (Radargrafik) stellt Trends über einen Zeitraum dar.

Star-Metaphor stellte die einfachste Technik dar. Einem effektiven Arbeiten stand grundsätzlich nichts im Weg, denn wichtige Informationen konnten zur Verfügung gestellt werden. Den ProbandInnen war bewusst, in welchen Bereichen sie Informationen finden würden. Landscape-Metaphor war äußerst unbeliebt. Informationen aus dieser Sicht herauszufiltern erwies sich als schwierig. Zwar versuchten ProbandInnen benötigte Informationen herauszulesen, doch scheinbar war der dreidimensionale Aspekt ein störender und kein fördernder Faktor. Dies war zu erkennen, als ProbandInnen aufgrund von Ratlosigkeit auf textbasierte Informationen zurückgegriffen haben. Eventuell könnte eine zweidimensionale Visualisierung zu besseren Resultaten führen. Der Umgang mit Radar Graph war relativ einfach für die TeilnehmerInnen. Dennoch wurde angemerkt, dass das Hinzufügen einer Legende eventuell die Arbeit noch einfacher gestalten würde.

Die Evaluierung der Informationsvisualisierungstechniken wurde durch die Methode Eye-Tracking bereichert, denn so waren die Autoren in der Lage wertvolle Informationen über die Analysestrategien der AnwenderInnen zu sammeln und nachzuvollziehen. So konnten einige Ergebnisse, welche durch die traditionelle Evaluierungsmethode – *Messung der Ausführungszeit und Fehlerhäufigkeit* – gemessen wurden, entweder durch Resultate der Eye-Tracking Methode bestätigt werden oder mögliche Erklärungen für Ergebnisse bieten. Beispielsweise haben sich ProbandInnen auf falsche Bereiche der Visualisierung konzentriert und dadurch konnte eine Aufgabe nicht schnell und fehlerfrei erfüllt werden. Allgemein hat sich gezeigt, dass in Kombination mit einer traditionellen Evaluierungsmethode sowohl Aktionen der AnwenderInnen gemessen werden konnten, als auch durch die Methode Eye-Tracking gesammelten Daten der Augenbewegungen wichtige Informationen hinzufügen konnten.

3D or not 3D? Evaluating the Effect of the Third Dimension in a Document Management System (Cockburn & McKenzie 2001)

Andy Cockburn, Bruce McKenzie

Inhalt

Für das Dokumentenmanagement werden des Öfteren interaktive dreidimensionale Visualisierungen eingesetzt, in der Hoffnung, den Umgang mit Dateien und Dokumenten sinnvoll unterstützen zu können. Für die Evaluierung wurden nun zwei Dokumentenmanagement-Systeme – wobei eine zweidimensional und eine dreidimensional ist – miteinander verglichen, um auf eine noch bestehende Unklarheit einzugehen. Die offenstehende Frage ist, in welcher Form der Faktor der dritten Dimension tatsächlich in der Lage ist, herkömmliche zweidimensionale Darstellungsformen zu übertreffen. Die Fragestellung der Studie bezieht sich zum einen auf Effizienzunterschiede der beiden Dimensionen, die Klarheit verschaffen sollen, welche sich besser für das Dokumentenmanagement – im Hinblick auf das Lagern und Abrufen von *Web-Page-Miniaturbildern* – eignet und zum anderen soll das Interesse von AnwenderInnen erfasst werden, um festzustellen, welche Dimension grundlegend bevorzugt wird.

Visualisierungstechnik

- 2D-Visualisierung für Dokumentenmanagement
- 3D-Visualisierung für Dokumentenmanagement

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Anordnung von Miniaturbildern von Webpages basierend auf dem so genannten *Data Mountain* von Robertson
- *Fokus & Kontext*-Prinzip

Evaluierungsvorgehen

- Messung der Ausführungszeit
- Zuletzt wurde ProbandInnen ein Fragebogen ausgehändigt, um eine grobe Einschätzung der Effizienz der Darstellungsformen von Seiten der AnwenderInnen vorliegen zu haben.

Ergebnisse der Studie

Grundsätzlich haben ProbandInnen für die Bewältigung aller Aufgabenstellungen mit der dreidimensionalen Darstellung mehr Zeit benötigt, verglichen zu jener Situation, in der ihnen eine zweidimensionale Visualisierung zur Verfügung gestellt wurde. Dieses Ergebnis war überraschend, denn die Autoren vermuteten, dass mit höherer Dichte, die Vorteile einer dreidimensionalen Darstellung besonders zum Tragen kommen würden. Die Annahme, eine dreidimensionale Darstellung würde das Arbeiten mit einer großen Anzahl an Miniaturansichten durch ihr natürlicheres Schema unterstützen, konnte somit nicht bestätigt werden. Die Autoren vermuten, dass der Einfluss der visuellen Angleichung der Miniaturbilder Ursache für das Fehlen des erwarteten positiven Effekts sein könnte. Die räumliche Erinnerung an die Position der Seiten führt BetrachterInnen im Normalfall zu korrekten Bereichen der Darstellung. Anschließend vertrauen sie auf die visuelle Anpassung, welche ihnen dazu verhilft, ein gesuchtes Miniaturbild genau zu lokalisieren. Während in der zweidimensionalen Darstellung die Miniaturbilder und dazugehörige Informationen in ihrer Größe grundlegend gleich bleiben, ist dies bei der dreidimensionalen Visualisierung nicht gegeben. Näher positionierte Seiten unterscheiden sich in der Größe von jenen, welche weiter hinten liegen. Nun könnte der Faktor der Größenunterschiede derartiges Gewicht haben, dass die Vorteile der dreidimensionalen Darstellung nicht hervortreten können. Obwohl eine dreidimensionale Visualisierung BetrachterInnen nicht optimal unterstützen können und Mängel durch die durchgeführte Studie zum Vorschein gekommen sind, tendierte die Präferenz der ProbandInnen zur dreidimensionalen Darstellungsform. Dies kann als Motivation gesehen werden, nach Verbesserungsmöglichkeiten für dreidimensionale Visualisierungen zu suchen.

Exploring the Role of Individual Differences in Information Visualization

(Conati & Maclareb 2008)

Christina Conati, Heather Maclaren

Inhalt

Die Qual der Wahl besteht prinzipiell, sobald alternative Visualisierungen vorliegen und erkannt werden soll, welche für AnwenderInnen vorzuziehen ist. Welche Darstellungsform tatsächlich gewählt wird, wird oftmals entschieden, indem Visualisierungen miteinander verglichen werden. Eine weitere Möglichkeit könnte sich ergeben haben, festzustellen, welche Darstellung für spezifische Situationen sinnvoll wäre. Diese Möglichkeit bezieht sich auf individuelle Unterschiede von AnwenderInnen. Dieser Ansatz könnten helfen, um die Effektivität von Visualisierungstechniken ermitteln zu können und folglich die Entscheidung zwischen alternativen Visualisierungen zu erleichtern. Die Überzeugung steht im Raum, dass das Betrachten der kognitiven Fähigkeit *perceptual speed* – die Wahrnehmungsgeschwindigkeit eines Menschen – nützlich ist, um eine solche Entscheidung treffen zu können und zu sagen, dass sich diese oder jene Visualisierung für AnwenderInnen am Besten eignet. Zwei Visualisierungstechniken, genannt *Radar Graph* und *Multiscale Dimension Visualizer*, wurden näher betrachtet. Beide wurden entwickelt, um komplexe Umweltveränderungen analysieren zu können. Untersucht wird, welche dieser beiden Darstellungsformen für die AnwenderInnen eingesetzt werden sollte.

Visualisierungstechnik

- Radar Graph
- Multiscale Dimension Visualizer bzw. MDV colored boxes-Visualisierung

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Dynamic Queries*

Evaluierungsvorgehen

- *Messung der Fehlerhäufigkeit*, um festzustellen, ob einer der beiden Visualisierungen die andere bei der Aufgabenbewältigung übertreffen kann.
- Einbeziehung des Aspektes der kognitiven Fähigkeit, um darzulegen, welche Bedeutung dieser Faktor für die Effektivität der Visualisierungen hat.

- Die Studie wurde in einem Raum mit vier separaten Stationen durchgeführt, wobei ein Laptop mit entsprechender Testsoftware vorzufinden war. ProbandInnen haben in Kleingruppen von 1 - 4 Personen an der Studie teilgenommen.

Ergebnisse der Studie

Die Meinungen über die Effektivität beider Visualisierungen - Radar Graph-Visualisierung und MDV colored boxes-Visualisierung – waren geteilt. Insbesondere Feedbacks von AnwenderInnen waren teils widersprüchlich. So erwähnten ProbandInnen einmal keine negativen Kriterien, ein andermal zweifelten TeilnehmerInnen der Studie doch die Nützlichkeit an. Daher konnte keine eindeutige Richtung erkannt werden, welche der beiden Darstellungsformen positiv herausstechen würde.

Da nun beide Formen ihre Vorteile und Nutzen mitbringen, empfiehlt es sich, beide Darstellungen als alternative Visualisierungen innerhalb eines Systems anzubieten und die passende Wahl von den Kenntnissen über die Bedürfnisse der AnwenderInnen abhängig zu machen.

Ogleich keine exakten Hinweise entdeckt werden konnten, welche Visualisierung AnwenderInnen angeboten werden sollte, konnte ein anderer Ansatz, welcher sich auf die kognitive Fähigkeiten bezieht, doch nützliche Informationen bieten.

Dass die Art der Testaufgabenstellung Einfluss auf AnwenderInnen hatte, konnte insbesondere durch den Aspekt der Wahrnehmungsgeschwindigkeit erkannt werden. Im Speziellen konnte dieser Aspekt bei der Bewältigung einer Aufgabenstellung deutlich erkannt werden. In diesem Fall war das Arbeiten mit Radar Graph besser, wenn AnwenderInnen eine niedrige Wahrnehmungsgeschwindigkeit aufwiesen. Stellt sich heraus, dass eine hohe Wahrnehmungsgeschwindigkeit vorliegt, so bewältigten AnwenderInnen die Testaufgabenstellung besser, wenn die MDV colored boxes-Visualisierung bereitgestellt wird. Eine solche Erkenntnis hebt die Schlussfolgerung hervor, dass ein System angeboten werden sollte, welches beide Visualisierungen darstellt, aber abhängig von der Wahrnehmungsgeschwindigkeit jene gewählt wird, die für die Aufgabenstellung passend ist. Durch das Aufkommen dieser Erkenntnis, steht die Vermutung im Raum, dass etwa der Faktor Wahrnehmungsgeschwindigkeit behilflich sein könnte, als Anzeichen für die Effektivität von Visualisierungen zu dienen. Vor der Nutzung einer spezifischen Visualisierung könnte beispielsweise anhand eines Test die Wahrnehmungsgeschwindigkeit gemessen werden. Anschließend würde automatisch jene Darstellungsform zur Verfügung gestellt werden, welche für AnwenderInnen optimal geeignet ist.

Window navigation with and without animation: a comparison of scroll bars, zoom, and fisheye view (Donskoy & Kaptelinin 1997)

Misha Donskoy, Victor Kaptelinin

Inhalt

Navigationstechniken wie etwa das Fischaug, eine Zoom-Funktion oder das Scrollen können entweder mit oder ohne Animation zur Verfügung gestellt werden. Die Animation selbst bietet dabei einen schrittweisen Übergang von einem Zustand in einen anderen an.

Nun soll der Aspekt der Animation untersucht werden, um festzustellen, ob sie ein effektiveres Navigieren ermöglichen kann.

Visualisierungstechnik

- Vier Windowsumgebungen, welche mit einer unterschiedlichen Anzahl an Dateien belegt sind

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Scroll*-Möglichkeit
- *Zoom*-Funktion
- *Fischaug*
- *Animation*

Evaluierungsvorgehen

- Jegliche Aktivitäten der ProbandInnen wurden mittels Log Files festgehalten
- Messung der Ausführungszeit
- Fragebogen zum Sammeln subjektiver Meinungen

Ergebnisse der Studie

Die drei Interaktionstechniken Scroll, Zoom und das Fischaug wurden für die Studie herangezogen und zuerst getestet, wie deren Wirkung ohne Animation auf AnwenderInnen ist. Dabei hat sich herausgestellt, dass Zoom die besten Resultate erzielen konnte, während das Fischaug die schlechtesten Testergebnisse lieferte. Anschließend wurde überprüft, ob sich die Effektivität durch Animation ändern würde. Dies war grundlegend nicht der Fall. Obwohl kaum Unterschiede in den Ergebnissen herauszulesen waren, kristallisierte sich die

Tendenz heraus, dass sobald Animation bei Zoom und Scroll angeboten wurde, mehr Zeit für die Bewältigung von Aufgabenstellungen benötigt wurde. Obgleich die Effizienz durch Animation nicht gesteigert werden konnte und die Tendenz sogar darauf hindeutet, dass eine negative Auswirkung möglich ist, war Animation unter den TeilnehmerInnen der Studie äußerst beliebt und würde eventuell sogar trotz fehlender Effizienzsteigerung gewählt werden.

Comparing Information Graphics: A Critical Look at Eye Tracking (Goldberg & Helfman 2010)

Joseph H. Goldberg, Jonathan I. Helfman

Inhalt

Wohl bekannte Visualisierungen – das *Balkendiagramm*, das *Liniendiagramm* und das *Spinnendiagramm* – sollen in dieser Studie miteinander verglichen werden, sodass erkenntlich wird, inwieweit diese BetrachterInnen im Analyseprozess fordern und ob das Linien- oder Spinnendiagramm Potential hätten, das traditionelle Balkendiagramm zu übertreffen.

Die in dieser Studie eingesetzte Methode *Eye-Tracking* soll behilflich sein, ausführliche Informationen über die Nützlichkeit der einzelnen Diagrammart zu erhalten. Die Autoren sind davon überzeugt, dass Eye-Tracking das Analyseverhalten von AnwenderInnen gut erfassen kann. Insbesondere kann durch diese Methode auf den Aspekt, wie Daten miteinander verglichen werden bzw., wie mehrere Grafiken zusammen untersucht werden, um spezifische Informationen über die Daten zu erhalten, eingegangen werden.

Visualisierungstechnik

- Liniendiagramm
- Balkendiagramm
- Spinnendiagramm

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Mehrere Diagramme können betrachtet werden

Evaluierungsvorgehen

- *Eye Tracking*

Ergebnisse der Studie

Auffallend war, dass Balkendiagramme grundlegend nicht überzeugen konnten. Eine Begründung, warum zumindest in einzelnen Aufgabenstellungen diese mehr Zeit für die Analyse beanspruchten, war die Anordnung der Testaufgaben. Balkendiagramme waren in der Reihenfolge ganz vorne. Nichtsdestotrotz zeigte diese Diagrammart offensichtliche einige Mängel, welche das Arbeiten mit der Darstellung hinderlich gestaltete.

Etwa wird vermutet, dass TeilnehmerInnen der Studie durch den Aspekt des „Daten-Tinte-Verhältnisses“ irritiert wurden. Dieser besagt, graphische Elemente sollten primär der

Darstellung der Daten zugeschrieben sein und nicht derart eingesetzt werden, dass unnötige Ablenkungen verursacht werden. Balkendiagramme weisen grundsätzlich eine höhere „Daten-Tinte“ im Vergleich zu den anderen beiden Diagrammtypen auf. Dies könnte bewirken, dass BetrachterInnen die Unterscheidung zwischen grafikbezogene Kennzeichnungen, dimensionsbezogene Kennzeichnungen und Datenwerten schwer gefallen ist. Bei leichten Aufgabenstellungen stellte sich heraus, dass das Liniendiagramm und das Spinnendiagramm gegenüber dem Balkendiagramm vorteilhafter für die Analyse ist. Obwohl hierbei Lösungen für Aufgaben aus dem Betrachten von nur zweier „Area of Interests“ zu finden gewesen wären, wurden Balkendiagramme aufgrund von Verwirrungen und Unsicherheiten komplett und lange Zeit durchforstet. Bei den anderen beiden Diagrammen war dies nicht notwendig, da sie durch die Art und Weise, wie Daten dargestellt werden, optisch das Erfassen eines Gesamtbildes erleichterten. Allein die Anordnung der Linien lässt den Eindruck entstehen, als würden gewissermaßen Formen vorliegen, welche schnell und effizient wahrgenommen und bei Bedarf miteinander verglichen werden können. Balkendiagramme hingegen erschwerten die Suche nach Antworten auf Aufgabenstellungen durch das Vorhandensein vieler, gleich orientierter Balken. Folglich wurden in diesen Diagrammen alle Bereiche, selbst jene, welche nicht für die Aufgabenbewältigung notwendig gewesen wären, untersucht. Schwierige Aufgabenstellungen, in denen acht Regionen zwischen zwei Diagrammen des gleichen Typs verglichen werden mussten, um Antworten zu finden, erschwerten die Analyse erheblich. Die Analyse erforderte ein eigenes Strategievorgehen und war insbesondere durch zwei Verhaltensweisen gekennzeichnet. Einerseits betrachteten ProbandInnen die Grafiken grundsätzlich von links nach rechts und weiteres, bedingt durch das Vergleichen von zwei Grafiken, waren, betreffend die Augenbewegungen, Sprünge zwischen den Grafiken notwendig – d.h. oftmals wurde hin- und hergeschaut.

Im Speziellen konnte durch die Studie ersichtlich gemacht werden, dass das Arbeiten mit dem Spinnendiagramm grundlegend die meisten Sprünge erforderte. Obwohl Balkendiagramme nach dem gewohnten Schema von links nach rechts leicht untersucht werden konnten, war das grundlegende Analyseverhalten der ProbandInnen deutlich ungeordnet. Ohne erkennbare Strategie und mit intensivem Betrachten wurde nach Antworten auf die Testfragen gesucht. Dennoch waren hierbei nicht derartig viele Sprünge zwischen den Grafiken notwendig, wie beim Liniendiagramm. Dieses wies ebenso Schwächen auf, insbesondere, da es die Untersuchungsrichtung von links nach rechts nicht unterstützt.

Inhalt

Soziale Netzwerke haben im Laufe der Zeit eine bemerkenswerte Popularität erlangt und werden heutzutage von Millionen von Menschen gerne genutzt. Online kommunizieren NutzerInnen aus aller Welt, Kontakte werden gepflegt und fortlaufend neue Bekanntschaften gemacht. Beziehungen zu Freunden werden dabei öffentlich dargelegt und ein mächtiges Netzwerk entsteht.

Vizster ist eine Neuentwicklung, welche basierend auf einer ethnographischen Forschungsstudie im Bereich Online-Communities entstanden ist und die Analyse der Struktur von großen sozialen Netzwerken ermöglichen soll. *Vizster* beruht auf einer bekannten Knoten-Kanten-Darstellungsform und unterstützt BetrachterInnen in der Untersuchung verschiedenster Beziehungsgeflechte. Entscheidend für die Entwicklung war, sowohl relevante Informationen über das Netzwerk offenlegen zu können als auch bewirken, dass AnwenderInnen Freude am Erforschen der sozialen Gemeinschaften haben. Daher sollte die Gestaltung der Visualisierung so umgesetzt werden, sodass Analysen schnell, einfach und effizient vorgenommen werden können und gleichzeitig die Motivation durch den Aspekt Spaß aufrecht erhalten wird.

Visualisierungstechnik

- Netzwerk

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Zoom-Funktion*, sowie Verschiebungen, und Verzerrungen möglich
- *Röntgenmodus*
- *Fokus & Kontext-Betrachtung*
- Distanzen von Netzwerken werden durch graduelle Färbung angedeutet
- Durch Vorhandensein eines Suchfeldes können Suchanfragen formuliert werden

Evaluierungsvorgehen

- In zweierlei Umgebungen wurde Feedback zu Vizster eingeholt. Gesammelt wurden Beobachtungen im öffentlichen Raum und in Räumlichkeiten mit informellen Laborbedingungen.
- *Thinking-aloud*: während TeilnehmerInnen der Studie Vizster nutzen, sollten diese all ihre Erfahrungen verbal mitteilen.

Ergebnisse der Studie

Resultate der Studie ergaben, dass diese Visualisierung sowohl zum erforschen als auch zum „spielerischen Umgang“ mit dem Netzwerk motivierte. TeilnehmerInnen experimentierten grundlegend gerne mit Vizster, und positive Rückmeldungen konnten gesammelt werden. Visuelle Analysen wurden durchgeführt und AnwenderInnen betrachteten die Tiefen des Netzwerkes. Strukturen der Community wurden erkundet und gleichzeitig fesselten Erzählungen und Informationen die BenutzerInnen.

Während der Analyse von Netzwerken können AnwenderInnen einen so genannten Röntgenmodus, auch vergleichbar mit etwa Negativbildern aus der Fotografie, einstellen. Dieser ermöglichte spezifische Nachforschungen und Darstellungen von Eigenschaften. Profildaten konnten damit effizient untersucht werden. Dieser Modus hat sich als durchaus leistungsfähig erwiesen.

Beim so genannten *Linkage Views* können BenutzerInnen zwei Knoten mit Mausklicks auswählen, wobei anschließend automatisch alle Verbindungen zwischen diesen Knoten angezeigt werden.

Eine andere Variante sollte eine Fokus & Kontext-Ansicht derart realisieren, dass ein Knoten gewählt werden kann und die dazugehörenden Knoten hervortreten – beschrieben wird dies als ein „Aufblasen“ der Knoten. AnwenderInnen sind sowohl auf Linkage Views als auch auf das „Aufblasen“ der Knoten nicht erforschend eingegangen, obwohl derartige Entwicklungen nach Rücksprache geschätzt wurden.

Sizing the Horizon: The Effects of Chart Size and Layering on the Graphical Perception of Time Series Visualizations (Heer, Kong & Agrawaka 2009)

Jeffrey Heer, Nicholas Kong, Maneesh Agrawala

Inhalt

Das Liniendiagramm wird mit einer neuen Form zur Darstellung von Zeitserien, dem *Horizon Graph*, verglichen. „A horizon graph is a relatively new chart type that increases the density of time series graphs by dividing and layering filled line charts“ (Heer, Kong & Agrawaka 2009, p. 1305). Somit werden Informationen weitestmöglich kompakt dargestellt. Gefüllte Liniendiagramme werden hierzu vertikal in sogenannte Bänder unterteilt. Diese Bänder werden anschließend übereinandergelegt, wobei mit Hilfe variierender Transparenz diese unterschieden werden können. Zwei Varianten des Horizon Graphs werden in der Studie behandelt. Negative Werte werden entweder am Nullpunkt der positiven Werte reflektiert, dann handelt es sich um ein *gespiegelteres Diagramm* oder der Nullpunkt der negativen Werte wird auf den oberen Bereich des Diagramms verschoben, dann wird von einer *Offset-Grafik* gesprochen.

Basierend auf den Ergebnissen der Studie, sollen Herangehensweisen für das Erhöhen der Datendichte diskutiert werden, sodass diese Erkenntnisse dazu verhelfen, zu erkennen, wie die graphische Wahrnehmung der Diagramme optimiert werden kann.

Visualisierungstechnik

- Liniendiagramm
- Horizon Graph

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Eine spezifische Interaktionsmöglichkeit wird nicht zur Verfügung gestellt

Evaluierungsvorgehen

- Messung der Schätzungsdauer und Fehlerrate

Ergebnisse der Studie

Die Analyse der Resultate der Studie hat ergeben, dass gespiegelte Diagramme ohne Überlagerungen an sich die Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen nicht behindern, dadurch grundsätzlich keinen negativen Einfluss auf die Analyse der Diagramme haben. Jedoch, sobald Überlagerungen vorkommen, benötigen BetrachterInnen mehr Zeit für das Vergleichen zweier Diagramme. Mit jedem zugefügten Band erhöht sich zunehmend der Zeitbedarf. Bezüglich der Fehler, die BetrachterInnen bei Bewertungen der Diagramme unterlaufen, konnte der gleiche Effekt festgestellt werden. Bei sinkender Anzahl an Überlagerungen von Bändern, nahm auch die Fehlerrate ab. Die Annahme, dass Offset-Grafik im Vergleich zum gespiegelten Diagramm eventuell eine schnellere Performance zulässt, konnte nicht bestätigt werden

Bezüglich Diagrammgröße wurde das Liniendiagramm mit einem *1-Band gespiegelten Diagramm* und einem *2-Band gespiegelten Diagramm* verglichen.

Solange das Diagramm hoch war, konnte die 1-Band gespiegelte Grafik die besten Ergebnisse liefern. Diese Darstellungsform war sogar in der Lage, das herkömmliche Liniendiagramm ein wenig zu übertreffen oder konnte BetrachterInnen zumindest gleichermaßen unterstützen.

Die 2-Band gespiegelte Grafik konnte mit ihren Resultaten nicht überzeugen. Erst bei niedrigeren Größen zeigte dieses Diagramm schließlich im Vergleich zu den anderen Diagrammartentypen bessere Ergebnisse. Abhängig von den Datenwerten, positiv oder negativ, wurden grundsätzlich zwei Farben eingesetzt. Bei mehreren Bändern variierte entsprechend die Intensität der Farbe, um die Bänder unterscheiden zu können. Bei der Untersuchung der 2-Band gespiegelten Grafik zeigte sich, dass je kleiner die Grafik wurde, BetrachterInnen sich immer mehr auf die Farbcodierung verlassen haben und nur diese Information für ihre Analysen nutzten.

Somit stellte sich heraus, dass grundsätzlich bei sinkender Diagrammgröße die Fehlerrate für die Analyse der Diagramme ansteigen und die Zeit, die dafür benötigt wird, sinkt. Bei entsprechend großen Diagrammen hat sich das 1-Band gespiegelte Diagramm bewährt und bei kleineren Diagrammen waren überlagerte Bänder vorteilhafter.

Um zu erreichen, dass BetrachterInnen schnell die Diagramme einschätzen können und zusätzlich eine möglichst geringe Fehlerrate erzielt wird, stellte sich heraus, dass jeder Diagrammtyp seine eigene optimale Darstellungsgröße hat.

Inhalt

Besonderes Interesse der Studie lag darin, mehr über *Graphzeichnungen* zu erfahren. Huang (2007, pp.97) erwähnt folgende Problematik:

Graphs are typically visualized as node-link diagrams. Although there is a fair amount of research focusing on crossing minimization to improve readability, little attention has been paid on how to handle crossings when they are an essential part of the final visualizations.

So liegt zwar das Bemühen Vieler darin, die Anzahl an Kreuzungen in einem Graphen zu minimieren. Die Forschungen dahingehend sind gut gemeint, doch einige Visualisierungen enthalten Unmengen an Verbindungslinien, auf die nicht verzichtet werden kann. Weitere Einblicke, wie Graphen gelesen werden und was für Folgen Kreuzungen haben, werden nun benötigt, um sich darauf konzentrieren zu können wie mit Kreuzungen umzugehen ist. „The specific purpose of this experiment was to test the effects of crossing angles and geometric-path tendency on eye movements and performance“ (Huang 2007, pp. 97).

Visualisierungstechnik

- Graphenzeichnung

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Interaktionsmöglichkeiten standen nicht zur Verfügung

Evaluierungsvorgehen

- *Eye-Tracking*
- *Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate*
- Fragebogen und kurzes Interview folgten, nachdem alle Aufgaben erfüllt wurden
- Einige ProbandInnen sollten die Aufnahmen ihrer Augenbewegungen kommentieren

Ergebnisse der Studie

Die Geometrische Pfad-Tendenz: Der *geometrische Pfad* kann als eine direkte, gedachte Verbindungslinie zwischen einem Startknoten und einem Endknoten gesehen werden. Die

geometrische Pfadtendenz verdeutlicht, dass ein Mensch zuerst in der Nähe des geometrischen Pfades nach dem kürzesten Weg zwischen den beiden Knoten sucht. Befindet sich demnach der gefragte Weg in der Nähe des geometrischen Pfades, können BetrachterInnen diesen am schnellsten erkennen. Nachteil ergibt sich, wenn der gesuchte Pfad weit weg ist, denn der strategische Verlauf, zuerst den nahen Umkreis des geometrischen Pfades zu analysieren, und anschließend entfernter zu suchen, bleibt immer gegeben. Aus den Testresultaten der Studie ist zu erkennen gewesen, dass viele ProbandInnen den Effekt der geometrischen Pfad-Tendenz bestätigen und tatsächlich stets anfänglich in der Nähe des geometrischen Pfades suchen.

Kreuzungen: Überkreuzen sich zwei Linien, so wurde das Maß der Wirkung auf den Menschen gemessen. Resultate haben wie erwartet ergeben, dass solange keine Kreuzungen auf dem Pfad liegen, ProbandInnen schnell den Pfad erfassen konnten und keine Verwirrungen auftraten. Der Zeitbedarf für die Analyse eines Graphen stieg, sobald eine höhere Anzahl an Kreuzungen gegeben war. Kreuzungen verursachten nicht nur eine höhere Fehlerrate, sondern veranlassten BetrachterInnen ebenfalls, sich länger auf solche Bereiche konzentrieren zu müssen, da diese verunsichert waren, welcher Weg tatsächlich gewählt werden sollte.

Die Analyse der Ergebnisse der Studie konnte wie erwartet zeigen, dass von Kreuzungen in Graphen grundsätzlich eine negative Wirkung ausgeht. Doch zusätzlich konnte aufgedeckt werden, dass der Grad des Winkels an Kreuzungspunkten eine spezifische Bedeutung hat. Beträgt der Kreuzungswinkel etwa 90 Grad, kann der Pfad zwischen zwei Knoten leichter erfasst werden. Enthält die Darstellung des Graphen vorwiegend spitze Kreuzungswinkel, so gestaltet sich die Suche nach dem Pfad als schwieriger. In diesem Fall war der Zeitbedarf zum Lösen von Aufgabenstellungen am höchsten.

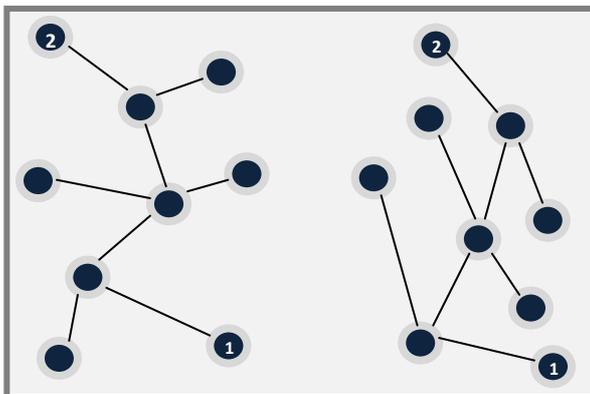


Abb. 1: Die Wirkung der geometrischen Pfadtendenz (Huang 2007, p. 100)

Die Abbildung verdeutlicht die Wirkung der geometrischen Pfadtendenz, „[...] that the path between nodes 1 and 2 in the left drawing should be easier to detect than that in the right“ (Huang 2007, p. 100).

Weiteres konnte festgestellt werden, dass die Fehlerrate ebenso von Markierungen abhängig ist. In Testaufgabenstellungen wurde untersucht wie stark sich die Fehlerrate ändert, wenn Knoten markiert sind. Jene Aufgabenstellungen, welche die geometrische Pfadtendenz testeten und bei denen keine markierten Knoten vorhanden waren, wiesen die höchste Fehlerrate auf.

Beide Aspekte – Kreuzungen und geometrische Pfadtendenz – haben sich als einflussreich und bedeutend erwiesen. Kreuzungen lösen primär Verwirrungen bei BetrachterInnen aus, und das Finden eines Pfades zwischen einem Startknoten und Zielknoten erwies sich in einigen Fällen als schwierig. Durch die geometrische Pfadtendenz können BetrachterInnen Kanten in der Nähe des geometrischen Pfades zwar leichter bzw. schneller wahrnehmen, jedoch müssen diese nicht zwingend Teil des gefragten Pfades sein. Eine Besonderheit ist, dass diese geometrische Pfadtendenz in allen Situationen zum Vorschein kommt – demnach unabhängig von der Art der Graphen aufscheint.

Der Autor empfiehlt selbst, weiter das Thema zu erforschen, wie BetrachterInnen grundsätzlich Graphen lesen und bei den Untersuchungen die Wirkung der geometrischen Pfadtendenz im Speziellen nicht außer Acht zu lassen.

Beyond Time and Error: A Cognitive Approach to the Evaluation of Graph Drawings (Huang, Eades & Hong 2008)

Weidong Huang, Peter Eades, Seok-Hee Hong

Inhalt

Die Evaluierung von *Graphzeichnungen* wird oftmals im Zuge der Messung der Ausführungszeit und Fehlerhäufigkeit durchgeführt und dabei belassen. Jedoch reicht eine einzige Evaluierungsmethode oftmals nicht aus, um ein tiefgehendes Verständnis für die Nützlichkeit von Graphzeichnungen zu erlangen und gleichzeitig auch Wissen zu sammeln, das allgemein für die Gestaltung von Visualisierungen genutzt werden kann. Hierfür sind zusätzliche Methoden notwendig, damit ein weitreichender Blick auf die Effektivität der Graphzeichnungen geworfen werden kann.

Um dem schlichten Messen der Ausführungszeit und Fehlerhäufigkeit zu entkommen und auf die Wirkung verschiedener Faktoren von Graphzeichnungen auf den Menschen näher einzugehen, wird ein kognitiver Ansatz für eine Evaluierung herangezogen.

Visualisierungstechnik

- Graphzeichnungen

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Interaktionsmöglichkeiten standen nicht zur Verfügung

Evaluierungsvorgehen

- Fragebogen
- *Eye-Tacking*
- Betrachtung der kognitiven Belastung
- *Thinking-aloud*
- Videoaufnahme
- ProbandInnen sollten Videoaufnahmen ihre Augenbewegungen erklären

Ergebnisse der Studie

Die Autoren verweisen grundsätzlich darauf, dass eine alleinige Messung der Performance von AnwenderInnen nicht ausreicht um nachvollziehen zu können, auf welche Weise die Aufgabenerfüllung tatsächlich erfolgt und wodurch sie beeinflusst wird. Mit Hilfe kognitiv-basierter Evaluationsmethoden – darunter fällt beispielsweise die Methode Eye-Tracking - kann tiefgehender auf Fragen über das „wie“ und „warum“ eingegangen werden.

Die Analyse der Resultate aus der Studie konnte allgemein die Gegebenheit aufdecken, dass die Position der Knoten und der Grad von Winkeln an Kreuzungspunkten mehr Einfluss zeigten als etwa Kreuzungen an sich. Auch konnte festgestellt werden, dass ProbandInnen Konventionen bezüglich der Wahrnehmung von Soziogrammen aufwiesen. Allgemein gingen sie etwa davon aus, dass im Zentrum bzw. am oberen Rand liegende Knoten bedeutender wären als andere Knoten. Ein weiterer Glaube lag darin, dass Knoten, welche nahe beieinander liegen, zu der gleichen Gruppe gehören würden. Diese hierarchische Konvention wurde zwar grundsätzlich bevorzugt, doch sie konnte keine optimale Leistung hervorrufen.

Obwohl primär Kreuzungen kaum Wirkung auf Augenbewegungen hatten, weil ProbandInnen fähig waren, diese während der Pfadsuche erfolgreich zu ignorieren, konnte dennoch festgestellt werden, dass die Leistung der TeilnehmerInnen unter dem Vorhandensein von Kreuzungen im Gegensatz zu Darstellungen ohne Kreuzungen litt. Dass sich Kreuzungen keinen deutlich negativen Einfluss auf den Arbeitsprozess haben, lässt sich möglicherweise durch den Grad von Winkeln im Bereich von Kreuzungen erklären. Je kleiner der Winkel wird, desto mehr Auswirkung hat die Kreuzung auf die Rückmeldungszeit der ProbandInnen, welche zunehmend länger wird.

Ein unerwartetes Ergebnis bezieht sich auf die so genannte *geodätische Pfad-Tendenz*. Der geodätische Pfad kann als eine gedachte Verbindungslinie zwischen einem Startknoten und einem Zielknoten gesehen werden. Die geodätische Pfad-Tendenz besagt nun, dass bei einer Pfadsuche zwischen zwei Knoten zuerst die Knoten nahe des geodätischen Pfades untersucht werden. Erst, wenn dieser Pfad nicht erfolgversprechend ist, werden Knoten, welche von dieser gedachten Linie weiter entfernt sind, überprüft. Dieses Analyseverhalten

kann bewirken, dass der Zeitaufwand steigt, insbesondere, wenn Knoten vom geodätischen Pfad weit entfernt liegen.

Zur Illustration der geodätischen Pfad-Tendenz:

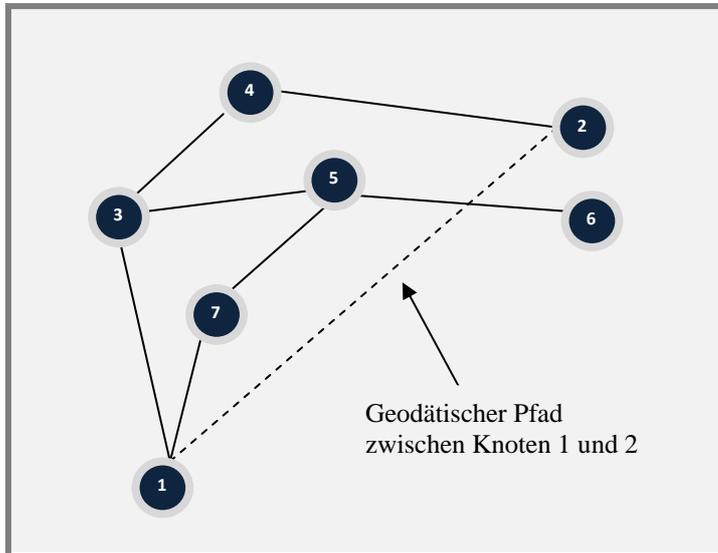


Abb. 2: Der geodätische Pfad (Huang, Eades & Hong 2008, p. 3)

„To find the path between nodes 1 and 2, if search always starts from node 1, people tend to follow the path 1-7-5-6 first, then the path 1-3-5-6, and finally the path 1-3-4-2“ (Huang, Eades & Hong 2008, p. 3).

So hat sich herausgestellt, dass nicht Kreuzungspunkte alleine der zeitaufwendige Faktor beim Lesen von Graphen ist.

Human perception of structure in shaded space-filling visualizations (Irani, Slonowsky & Shajahan 2006)

Pourang Irani, Dean Slonowsky, Peer Shajahan

Inhalt

Bei der Objekterkennung nimmt der Mensch sehr früh Informationen über die Schattierung auf und integriert diese Information schnell in den Wahrnehmungsprozess. Jedoch ist Schattierung ein zweiseitiges Schwert. Die Sichtbarkeit von Strukturen kann zwar verbessert werden, aber es ist möglich, dass die Beurteilung der Größen von Elementen in der Struktur erschwert wird.

In Visualisierungen, welche auf raumfüllenden Techniken basieren, kommt die zugrundeliegende hierarchische Struktur zumeist nicht eindeutig zum Vorschein und kann nur schlecht erfasst werden. In solchen Situationen kommt die besondere Stärke der Schattierung hervor, ein besseres Verständnis für die Struktur anbieten zu können.

Eine Untersuchung der Auswirkung dieses Effekts auf die Struktur in raumfüllenden Visualisierungen soll nun herausfinden, ob der Mensch in der Wahrnehmung einer Hierarchie tatsächlich unterstützt werden kann. Ein Vergleich der Visualisierungstechnik *Treemap* mit *CushionMap* soll darüber Aufschlüsse bringen.

Visualisierungstechnik

- Treemap
- CushionMap

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Schattierung soll BetrachterInnen in der Wahrnehmung unterstützen
- *Filter*-Funktion
- *Übersicht & Detail*

Evaluierungsvorgehen

- *Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate*
- Anschließend erhielten die ProbandInnen einen Fragebogen, in dem sie ihrer Präferenz bezüglich der Visualisierungen angeben können

Ergebnisse der Studie

Allgemein war die Schattierung in raumfüllenden Visualisierungen ein hilfreiches Mittel die Wahrnehmung von Hierarchien einfacher zu gestalten. Somit konnte das Erfassen der hierarchischen Struktur eines Baumes durchaus begünstigt werden. Insbesondere das Identifizieren von Strukturelementen innerhalb raumfüllender Visualisierungen konnte durch diese Information erleichtert werden. Wurden diese zur Verfügung gestellt, waren ProbandInnen im Stande Substrukturen schneller wahrzunehmen. Die Fehlerhäufigkeit blieb entweder konstant oder war geringer im Vergleich zu der Visualisierung ohne Schattierung. Sobald Informationen über die Größe von Elementen nötig waren, konnten die Resultate der Studie nicht signifikant darlegen, ob Schattierungen tatsächlich eine herkömmliche Visualisierung übertreffen können.

TeilnehmerInnen der Studie bevorzugten das Arbeiten mit CushionMap, welches Schattierung integriert. Einige ProbandInnen erwähnten insbesondere Gefallen an dem dreidimensionalen Eindruck, der durch Schattierung hervorgerufen wird. Dies würde erklären, dass CushionMap aufgrund des Erscheinungsbildes ansprechender wirkt und deshalb beliebter war.

Inhalt

Sechs bekannte Visualisierungstechniken zur Darstellung von Baumhierarchien wurden miteinander verglichen, um sowohl Unterschiede bezüglich Ausführungszeit, Genauigkeit und Zufriedenheit der AnwenderInnen festzustellen als auch mögliche Hinweise betreffend Design-Empfehlungen anzubieten.

Visualisierungstechnik

- *Treemap*
- *SequoiaView*
- *BeamTree*
- *Star Tree*
- *Tree Viewer*
- *Windows Explorer*

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Gesamt bieten die einzelnen Visualisierungstechniken diverse Interaktionsmöglichkeiten an – wie etwa Filter-Funktion, Neuordnung von Daten, Rotationen, *Multiple View*, *Zoom*-Funktion, Umsetzung des *Fokus & Kontext*-Prinzips, und dergleichen – um AnwenderInnen zu unterstützen.

Evaluierungsvorgehen

- Bildschirmaufzeichnungen
- Eine Videoanalyse wurde durch individuelle Beobachtungen der Handlungen der ProbandInnen durchgeführt: während TeilnehmerInnen sich mit den Visualisierungstechniken beschäftigten, wurden die Aufnahmen der Aktivitäten der ProbandInnen unabhängig von zwei Personen beobachtet und bewertet. Nach Beendigung der Analyse haben sich die BeobachterInnen zusammengesetzt und ihre Notizen verglichen und in Folge zu einer gemeinsamen Schlussfolgerung zusammengefügt.

Ergebnisse der Studie

Windows Explorer ist jene Visualisierung, welche bekannt und der Umgang damit vertraut ist. Grundsätzlich weist diese Darstellungsform auf eine gute Leistung hin, doch treten auch Mängel auf. Sobald etwa ein Baum weit aufgefüchert werden muss und dort unterschiedliche Bereiche untersucht werden müssen, um Informationen über tief liegende und spezifische Elemente ermitteln zu können oder das Vergleichen der Tiefen von Subbäumen verlangt ist, werden Einschränkungen sichtbar.

Treemap tritt als eine Visualisierungstechnik mit herausstechender Leistung hervor. Bis auf die Zufriedenheit der ProbandInnen, welche beim Windows Explorer am höchsten war, war Treemap in der Lage, allgemein ähnlich gute Resultate zu erzielen wie der Windows Explorer. Obwohl innerhalb der Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Visualisierungstechniken ermittelt werden konnten, könnte dies auf den vertrauten Umgang mit dem Windows Explorer zurückzuführen sein. Sofern AnwenderInnen mehr Erfahrung mit Treemap sammeln, könnte dieser Potential aufweisen, den herkömmlichen Windows Explorer tatsächlich zu übertreffen.

Filter und Farbskalierung haben sich als besonders beliebte Funktionalitäten von Treemap herausgestellt. Obwohl Informationen über die globale Struktur nicht bestens vermittelt werden konnten, liegt diese Visualisierungstechnik bei der Beurteilung aller in der Studie analysierten Visualisierungen im oberen Mittelfeld.

SequoiaView, Star Tree und Tree Viewer konnten durchschnittlich gute Ergebnisse liefern. SequoiaView ist jene Entwicklung, welche Treemap durch eine schattierte 3D-Betrachtung dahingehend verbessern sollte, dass die Struktur eines Baumes leichter wahrgenommen werden kann. Das Maß der positiven Wirkung hielt sich scheinbar doch in Grenzen, denn ProbandInnen hatten Probleme, strukturbasierte Aufgabenstellungen zu lösen.

Knoten eines Baumes, welche von Interesse sind, werden in einem Star Tree zentral und sichtbar dargestellt. Um den Kontext des Baumes aufrecht erhalten zu können, werden alle weiteren Elemente des Baumes, welche nicht im Fokus stehen, an den Rand der Visualisierung gedrängt und minimiert dargestellt. Der Fokus kann stets verändert werden. Die Visualisierungstechnik konnte jedoch etwa Vergleiche von Knoten nicht einfach gestalten. Knoten mit der gleichen Distanz zum Zentrum bedeutete nicht zwingend, dass sie auf der gleichen Ebene sind. Beobachtet wurde, dass dadurch TeilnehmerInnen manches

Mal gezwungen waren, Ebenen abzuzählen, um zu der entsprechenden Information zu gelangen.

Die Tree Viewer-Visualisierung richtet sich nach einem besonders natürlichen Erscheinungsbild. Die Beurteilung der Ästhetik dieser Baumvisualisierung lag etwas über dem Durchschnitt. Meinungen von ProbandInnen waren konträr und konnten sehr positiv, aber auch deutlich negativ sein.

Beam Tree ist jene Visualisierung, welche zu ernüchternden Ergebnissen geführt hat und grundsätzlich nicht überzeugen konnte.

TreePlus: Interactive Exploration of Networks with Enhanced Tree Layouts (Lee et al. 2006)

Bongshin Lee, Cynthia S. Parr, Catherine Plaisant, Benjamin B. Bederson, Vladislav D. Veksler, Wayne D. Gray, Christopher Kotfila

Inhalt

TreePlus ist eine Neuentwicklung, welche helfen soll, große Graphen effizient untersuchen zu können. Denn noch heute wird nach nützlichen interaktiven Darstellungsformen gesucht, welche die Analyse von großen Graphen tatsächlich erleichtern bzw. ermöglichen können. In Bereichen, wie Ontologie, Soziale Netzwerke oder auch bei der Untersuchung von Nahrungsnetzen – den so genannten Food Webs – werden durch ihre dichte Darstellungen und Okklusionen geeignete Visualisierungsmethoden unerlässlich, damit ein Verständnis für solche Graphen aufgebaut werden kann. *TreePlus* nutzt für die Darstellung eines Graphen eine Baumvisualisierung und bietet entsprechende Interaktionsmöglichkeiten an, sodass die Lesbarkeit erhalten bleibt. Ausgehend von einem Knoten kann anschließend durch beliebige Auffächerung tiefer der Graph ergründet werden.

Um sichtbar zu machen, ob der Ansatz der Neuentwicklung Potential haben könnte, herkömmliche Graphen-Visualisierungen zu übertreffen und um den Vorteilen der Visualisierung Ausdruck zu verleihen, wurde *TreePlus* mit einer traditionellen Darstellung eines Graphen verglichen.

Visualisierungstechnik

- *TreePlus*: basiert auf einer hierarchischer Darstellung
- *GraphPlus*: entspricht einer traditionellen Darstellung eines Graphen

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Filter*-Funktion
- *Übersicht & Detail*
- *Preview Panel*
- *Animation*
- *Zoom*-Funktion und Verschiebungen (Pan) stehen zur Verfügung
- Gruppierungen und Anordnungen nach verschiedenen Kriterien

Evaluierungsvorgehen

- Handlungen von ProbandInnen werden anhand von *Log Files* aufgezeichnet
- *Eye-Tracking*
- Um die subjektive Meinung festzuhalten, sollten ProbandInnen einen Fragebogen ausfüllen

Ergebnisse der Studie

Die Neuentwicklung TreePlus konnte durch ihre Eigenschaften einige positive Wirkungen erzielen. Die Ausführungszeit und die Fehlerrate sind im Vergleich zur traditionellen Graphen-Visualisierung gesunken und TeilnehmerInnen waren mit dieser Visualisierung äußerst zufrieden. Selbst die ungewohnte Form, einen Graphen als Baum darzustellen, löste weder Verwirrungen aus noch gab es von Seiten der ProbandInnen Ablehnungen.

Wählen AnwenderInnen einen Knoten in TreePlus aus, so werden in einem gesonderten Vorschauenfenster – dem sogenannten Preview-Panel – seine benachbarten Knoten angezeigt. In der Studie trat der Eindruck hervor, dass ProbandInnen diese Vorschau nicht nutzen würden, denn sie kommentierten lange ihre Eindrücke nicht. Stattdessen gebrauchten sie die Übersicht primär nur um Knoten auszuwählen. Ein Grund könnte darin liegen, dass die Vorschau keinen gesonderten Wert zugeschrieben bekommen hat und die AnwenderInnen eine derartige Vorschau nicht gewohnt waren. So haben die AutorInnen beschlossen, die Vorschau benachbarter Knoten optional anzubieten.

In GraphPlus, welches sich an der Form traditioneller Graphen richtet, stellen Okklusionen ein deutlich zu erkennendes Hindernis dar. Okklusionen bewirken insbesondere bei dichten Graphen, dass sich Knoten, Verbindungslinien und Bezeichnungen in einem derartigen Ausmaß zusammenschließen und verdecken, dass ProbandInnen zumeist schon bei einem ersten Blick auf die Darstellung zu verzweifeln begannen. Durch TreePlus entstanden keine derartigen Okklusionen und die Bewältigung von Testaufgabenstellungen erwies sich als deutlich einfacher. Während ProbandInnen nun mit TreePlus zu korrekten Antworten gelangten, versagte GraphPlus gänzlich und TeilnehmerInnen benötigten nicht nur mehr Zeit, sondern lieferten ebenfalls falsche Lösungen. Obwohl die Resultate der Studie vorlegen, dass Panning – die Möglichkeit, Bildausschnitte zu verschieben – bewirkten, dass AnwenderInnen erfolgreicher bei der Ausführung ihrer Aufgaben waren – in TreePlus mehr als in GraphPlus – waren sie bei den ProbandInnen vorwiegend unbeliebt. Komplexe Aufgabenstellungen mit großen Bäumen forderten oftmalige Verschiebungen, und TeilnehmerInnen begegnetem dem mehrmals mit einem „tiefen“ Seufzen.

An Empirical Evaluation of Chernoff Faces, Star Glyphs, and Spatial Visualizations for Binary Data (Lee, Reilly & Butavicius 2003)

Michael D. Lee, Rachel E. Reilly, Marcus A. Butavicius

Inhalt

Große Sammlungen von Daten sollen in eine visuell erfassbare Form gebracht werden, um die Analyse dieser bewältigbar zu gestalten. Das Ziel ist sowohl Muster, Cluster, als auch Ausreißer sichtbar zu machen, sodass ein Verständnis für diese große Anzahl an Daten entstehen kann. Zwar wurden einige Darstellungsformen im Laufe der Zeit entwickelt, doch wurde bislang selten ihre Wirkung und Effizienz untersucht. Um diese Lücke ein wenig zu füllen, wurden nun vier unterschiedliche Visualisierungstechniken näher betrachtet. Es soll festgestellt werden, in welchem Ausmaß diese AnwenderInnen im Umgang mit binären Daten unterstützen können. Zwei Darstellungsformen beruhen auf einer räumlichen Anordnung der Objekte nach spezifischen Kriterien. Im Mittelpunkt steht dabei die Ähnlichkeit der Elemente. Zwei weitere Visualisierungen nutzen einfach Symbole, wie Gesichter und Sternformen, für die Darstellung der Objekte.

Visualisierungstechnik

- *Chernoff faces*
- *Star Glyph*
- Zwei Formen räumlicher Visualisierungen

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Interaktionstechniken standen nicht zur Verfügung

Evaluierungsvorgehen

- Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate
- Beobachtung der ProbandInnen mit Schwerpunkt bezüglich der Aufzeichnungen von Ausführungsgeschwindigkeiten.

Ergebnisse der Studie

Hinsichtlich globaler Aufgabenstellungen - hierbei musste der gesamte Datensatz betrachtet werden, um eine korrekte Antwort zu finden – konnten TeilnehmerInnen der Studie gute

Ergebnisse erbringen, sofern eine räumliche Visualisierung zur Verfügung gestellt wurde. Aufgrund der enttäuschenden Testergebnisse konnten Glyphen bei solchen Aufgabenstellungen nicht überzeugen.

Erfahrungen mit Informationsvisualisierungen haben ergeben, dass visuell einfach gestaltete und räumliche Darstellungsformen oftmals die Leistung eines Menschen positiv beeinflussen. Da in räumlichen Visualisierungen jedes Element durch einen schlichten Punkt dargestellt wird und für die Feststellung von Ähnlichkeiten bloß die Euklidische Distanz erforderlich ist, wird eine solche Darstellung als simpler betrachtet. Im Gegensatz dazu wirken Glyphen durch den Einsatz diverser Linien und Formen komplexer. Weiteres sind räumliche Visualisierungen in der Lage, eine Vielzahl an Objekten darzustellen. Glyphen hingegen sind bezüglich dieses Aspektes Grenzen gesetzt.

Lee, Reilly & Butavicius (2003, p. 8) schlussfolgern:

In the end, we suspect that the best choice of representational technique and similarity model will almost certainly depend on the nature of the domain. Some data will be better suited to spatial representation in terms of underlying continuous domains, while others will be amenable to characterization in terms of the presence or absence of discrete features, or a hierarchical tree structure.

Evaluation Information Visualization Applications with Focus Groups: the CourseVis experience (Mazza 2006)

Riccardo Mazza

Inhalt

Lehrende Kräfte im Bereich *Web-based distance Education* sollen durch *CourseVis* unterstützt werden. Dabei können durch Einsatz von Informationsvisualisierungstechniken soziale und kognitive Aspekte, sowie Verhaltensaspekte von Distance-Students erforscht werden, um darauf basierend das Angebot von Kursen zu verbessern.

Visualisierungstechnik

Drei Visualisierungen werden betrachtet:

- *Accesses plot* → Kombination von Scatterplot und Histogramm
- *Discussion plot* → 3D Scatterplot
- *Behavior graph* → 2D metrischer Raum

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Rotationen
- Zoom-Funktion

Evaluierungsvorgehen

Die Diskussion der Ergebnisse der Fokusgruppe stand hier im Mittelpunkt, wobei zuvor zwei weitere Methoden angewendet wurden, im Speziellen aber nicht näher darauf eingegangen wurde.

- *Fokusgruppe*: Ein Mangel an universellen Empfehlungen für die Durchführung der Fokusgruppe wurde erwähnt. Unklar ist etwa die Teilnehmeranzahl pro Gruppe oder beispielsweise blieb auch die Frage einer passenden Anzahl an Gruppen offen. Trotz alledem, die Methode selbst hat sich als hilfreich erwiesen, unerwartete Schwächen aufzudecken.
- *Experimentelle Studie*
- *Semi-strukturiertes Interview*

Ergebnisse der Studie

Accesses plot, Discussion plot und Behavior graph wiesen neben positiven Aspekten auch Mängel auf. Einerseits wurden einige nützliche Werte vermisst, andererseits mussten in einer Darstellung zu viele Variablen auf einmal untersucht werden. Für ein unbeschwertes Arbeiten erwies sich die Rotation als hinderlich, da sie die Orientierung erschwerte.

- Accesses plot: Herausgestellt hat sich, dass ProbandInnen diese grafische Darstellung grundsätzlich sehr mochten und gerne damit gearbeitet haben.
- Discussion plot: Neben den Anmerkungen, dass die genaue Position der Sphären nur zu erahnen ist und einige relevante Informationen vermisst wurden, bezogen sich Kritikpunkte bezüglich dieser Darstellung insbesondere auf das Angebot von Rotationen. Diese Option erschien als zu kompliziert. Die einzige Rotationseinstellung, welche schließlich doch gern gewählt wurde, war jene, welche eine Dimension verdecken konnte und somit eine zweidimensionale Ansicht ermöglichte. Alles Weitere wurde gewissermaßen als unbrauchbar empfunden. Obwohl Rotationen grundsätzlich nicht bevorzugt wurden, boten sie eine Form der Flexibilität an, welche sich positiv auf die Untersuchung von Sphären auswirkte.
- Behavior graph: Zwar konnte hierbei positives Feedback gesammelt werden, doch wurde der Informationsgehalt als zu üppig eingestuft. Damit ist diese Darstellungsform zwar hilfreich, doch einzelne Informationen könnten weggelassen werden, ohne dabei auf wichtige Auskünfte verzichten zu müssen.

Der Einsatz der Evaluierungsmethode Fokusgruppe konnte positiv bewertet werden. Allein durch sie konnten unerwartete Aspekte aufgedeckt werden, die sowohl beim kontrollierten Experiment, als auch beim semi-strukturierten Interview nicht erkannt werden konnten.

Snap-Together Visualization: A User Interface for Coordinating Visualizations via Relational Schemata (North & Shneiderman 2000)

Chris North, Ben Shneiderman

Inhalt

Um eine schnelle Erforschung von komplexen Informationen zu gewährleisten, bieten sich multiple koordinierte Visualisierungen an. Allerdings erscheint in der Praxis oftmals die Notwendigkeit, dass AnwenderInnen individuelle Kombinationen von Visualisierungen für ein optimales Erforschen ihrer Daten benötigen würden. Die so genannte *Snap-Together-Visualisierung* soll dies ermöglichen. Ohne Programmierung und basierend auf relationalem Datenbankmodell, sind AnwenderInnen durch den neuartigen Ansatz in der Lage, nach beliebigen Visualisierungen zu wählen und nach persönlichem Bedarf miteinander zu verbinden. Ein genaueres Betrachten dieser neuen Methode durch eine Studie soll verdeutlichen, dass schnell und einfach leistungsfähige koordinierte Visualisierungen zusammengestellt werden können und AnwenderInnen in ihrem Analyseprozess durch die individuellen Anpassungen der Kombinationen an ihre Bedürfnisse unterstützt werden können.

Visualisierungstechnik

- Snap-Together Visualisierung: eine Wahl spezifischer Techniken steht dem AnwenderInnen offen

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Multiple Views*
- Nach persönlichem Bedarf kann beispielsweise folgendes umgesetzt werden:
 - *Brushing & Linking*-Funktion
 - *Übersicht & Detail*
 - Synchronisiertes *Scrolling*

Evaluierungsvorgehen

- Beobachtung der ProbandInnen, welche offen Meinungen abgeben konnten

Ergebnisse der Studie

ProbandInnen konnten das Konzept von koordinierten Ansichten schnell begreifen, waren durchwegs motiviert bzw. zeigten im Umgang damit, viel Kreativität.

Die Idee des Snap wurde zwar angenommen und positiv bewertet. Doch wie damit effizient zu arbeiten ist, konnte scheinbar nicht vollends erfasst werden. Schwierigkeiten gab es insbesondere dahingehend, die Verschiedenheit zwischen dem *Schema-Managements*, dem *Snap-Hauptmenü* und dem *Snap-Spezifikationsdialogfensters* nachzuvollziehen. Um schließlich tatsächlich jene koordinierten Visualisierungen zu erhalten, muss das Konzept zukünftig näher erläutert werden. Weiteres hat sich herausgestellt, dass AnwenderInnen eine Art Gedächtnisstütze benötigen, denn welche Visualisierungen derzeit miteinander verbunden sind, wird während des Arbeitens oftmals vergessen. Daher müssen Informationen zur Verfügung gestellt werden, welche zeigen, welche Koordinierungen zwischen den Visualisierungen zurzeit bestehen.

Snap erhielt von Seiten der ProbandInnen ein äußerst positives Feedback. Verwirrungen bezüglich der Koordinierung traten nicht auf. Doch erwähnten TeilnehmerInnen, dass sie eine solche Funktionalität erwartet hätten. Außerdem war die Zufriedenheit der AnwenderInnen hoch, weil zweierlei Aspekte das Wohlfühl besonders steigern konnten. North & Shneiderman (2000, p. 134) führen an:

Several stated that they had a gratifying sense of satisfaction and power in being able to both (a) so quickly snap powerful exploration environments together, and (b) with just a single click effect exploration across several visualizations and see the many parts operate as a whole. They commented that it made exploration seem effortless, especially in comparison to standard tools.

Snap konnte den Analyseprozess der AnwenderInnen je nach Aufgabestellung um 30-80% steigern. Wenn die Übersicht für eine Aufgabenbewältigung herangezogen werden muss, so unterscheiden sich unabhängige Ansichten (kein Einsatz von Koordinierungen) von *Snap*-Ansichten kaum. Sind dagegen bei Aufgabenstellungen Informationen über Details notwendig, so sticht der einzigartige und unterstützende Faktor der koordinierten Visualisierung hervor.

Graphical Encoding for Information Visualization: An Empirical Study (Nowell, Schulman & Hix 2002)

Lucy Nowell, Robert Schulman, Deborah Hix

Inhalt

Informationsvisualisierungen enthalten graphische Zeichencodierungen deren grundlegendes Ziel ist, anhand visueller Elemente Informationen über Objekte zu vermitteln. Die Anwendung wird oftmals diskutiert und versucht, entsprechende Empfehlungen aufzustellen. Bestehende Literatur wird bezüglich des Aspektes angezweifelt, dass die Effektivität graphischer Codierungen vorwiegend von der Art der Daten abhängig sein könnte. Spezifisch betrachtet, soll nun auf die Effektivität dreier visueller Elemente – Größe, Form und Farbe von Icons – eingegangen werden. In der Folge wurde in der Studie die Auswirkungskraft und Effektivität dieser Elemente und ihre Fähigkeit quantitative und nominale Daten zu vermitteln, untersucht.

Visualisierungstechnik

- Graphische Zeichenkodierung – visuelle Darstellung von Elementen

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Graphische Einstellungen können vorgenommen werden
- Suchanfragen können formuliert werden

Evaluierungsvorgehen

- *Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate*
- ProbandInnen sollten die kognitive Anstrengung während der Studie einschätzen und abwägen inwiefern sich Gegebenheiten als nützliche Informationsquelle herausstellen.

Ergebnisse der Studie

Nowell, Schulman & Hix (2002, p. 49) sind zu folgender Erkenntnisse gekommen:

While our studies consistently rank color as most effective, the rankings differ for shape and size. For nominal data, icon shape ranks ahead of icon size on tests of accuracy, but the order reverses for time for task completion, which places shape behind size. For quantitative data, we found that encoding with icon shape is more effective than with icon size in terms of time to task completion and accuracy. For both nominal and quantitative data, we found significantly greater accuracy in responses when redundant codes are used. However, we conclude that the nature of tasks performed and the relative importance of measures of effectiveness are more significant than the type of data represented for designers choosing among rankings.

Experimental Study on Evaluation of Multidimensional Information Visualization Techniques (Pillat, Valiati & Freitas 2005)

Raquel M. Pillat, Eliane R.A. Valiati, Carla M.D.S. Freitas

Inhalt

Aufgrund mangelnder Evaluierungen entstehen bei Informationsvisualisierungssystemen oftmals Schwächen bzw. Probleme bezüglich der Benutzerfreundlichkeit. Um mehr über ihre Eigenschaften zu erfahren, wird eine Evaluierung zweier Visualisierungstechniken – *Parallele Koordinaten* und *radiale Koordinatenvisualisierung* – durchgeführt. Es sollen Stärken und Schwächen identifiziert werden, sowie deren spezifischen Merkmale erkannt werden. Basierend auf den ergonomischen Kriterien von Bastien und Scapin sollen *Usability*-Probleme aufgedeckt werden können.

Visualisierungstechnik

- Parallele Koordinaten
- Radiale Koordinatenvisualisierung (Radviz)

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Filter*-Funktion
- Visuelle Einstellungsoptionen, wobei etwa Farbintensität verändert werden kann, die Größe der Elemente und dergleichen
- *Exzentrik*
- *Fischaug*

Evaluierungsvorgehen

- Beobachtung der ProbandInnen, wobei eine Person alle auffallenden Probleme bezüglich der Benutzerfreundlichkeit notiert und eine weitere Person sich auf individuelle Aktionen während der Aufgabenbewältigung konzentriert
- *Thinking-aloud*
- Identifizierte Probleme betreffend der Benutzerfreundlichkeit werden mit Hilfe der ergonomischen *Usability*-Kriterien nach Bastien und Scapin eingeteilt.

Ergebnisse der Studie

Parallele Koordinaten konnten durch ihr Erscheinungsbild das Identifizieren von Ausreißern in der Darstellung eines gesamten Datensatzes erleichtern. Gleichzeitig tritt dabei eine Schwäche der Visualisierungstechnik auf, denn weitere Informationen über die Daten sind schwierig herauszulesen, sobald eine größere Anzahl an Datenelementen visualisiert ist. AnwenderInnen sind durch die unzähligen überkreuzten Linien irritiert. Dies schränkt die Wahrnehmung diverser Details der Daten deutlich ein. Um ein wenig dem Effekt der erschwerten Orientierung entgegenzuwirken, haben sich Selektionsmechanismen als eine hilfreiche Funktion herausgestellt. Das Betrachten selektierter Bereiche bewirkt, dass AnwenderInnen spezifische Merkmale der Teilmengen leichter erkannt werden können.

Cluster und konzentrierte Bereiche können durch die radiale Koordinatenvisualisierung besonders gut identifiziert werden. Die Visualisierung erwies sich jedoch als problematisch bezüglich der Layout-Auslegung, sobald eine spezifische Anordnung der Datenelemente gefragt ist.

SpaceTree: Supporting Exploration in Large Node Link Tree, Design Evolution and Empirical Evaluation (Plaisant, Grosjean & Bederson 2002)

Catherine Plaisant, Jesse Grosjean, Benjamin B. Bederson

Inhalt

Aufbauend auf konventionellen Knoten-Kanten-Diagrammen, wurde ein neuartiger *Tree-Browser* entwickelt. In der Hoffnung, dass die gewohnte Ansicht eines Baumes durch die Neuentwicklung nur mäßig verloren geht und dadurch eine grundlegende Ablehnung vermieden werden kann, soll die Betrachtung von Bäumen durch eine alternative Darstellungsform erleichtert werden.

Das konventionelle Layout von Bäumen wird durch eine zoomfähige Umgebung erweitert, das Anlegen von Zweigen des Baumes wird entsprechend der verfügbaren Bildschirmfläche umgesetzt und das Vorhandensein eines so genannten *Preview-Icons* zur Andeutung nicht aufgeklappter Zweige wird angeboten.

Bei einem kontrollierten Experiment wurde *SpaceTree* mit zwei weiteren Layouts – dem *Windows Explorer* und der *Hyperbolic Tree*-Visualisierung – verglichen, um dessen Vor- und Nachteile deutlich zu machen.

Visualisierungstechnik

- Windows Explorer
- Hyperbolic
- SpaceTree

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Dynamic Queries
- Filter-Funktion
- Orientierungspunkte: markierte Knoten, sowie deren Verbindung zur Wurzel, werden farblich hervorgehoben.
- Sobald ein Knoten ausgewählt wird, wird die maximale Anzahl an Ebenen geöffnet, solange Raum zur Verfügung steht. Zweige, welche nicht komplett geöffnet sind, weil nicht ausreichend Darstellungsraum zur Verfügung steht, werden in Form eines Dreiecksymbols angezeigt.

- Animation in drei Schritten:
 - *Trim* (kürzen), *translate* (verschieben), *grow* (anwachsen)
 - Orientierungspunkte bleiben nach der Animation grundlegend erhalten

Evaluierungsvorgehen

- Kontrolliertes Experiment
- Abschließend Fragebogen
- Offenes Feedback
- Beobachtung

Ergebnisse der Studie

Der Windows Explorer ist zwar eine bekannte Darstellungsform, doch war die Begeisterung beim Arbeiten mit SpaceTree höher. Grundsätzlich konnten mit SpaceTree gute Ergebnisse erzielt werden. Außerdem konnte der Wunsch eine Verbesserung interaktiver Visualisierungen von Knoten-Kanten-Diagrammen zu erreichen, mit SpaceTree durchaus verwirklicht werden.

SpaceTree betreffend traten zweierlei Aspekte in den Resultaten der Studie insbesondere hervor. Zum einen wurde die farbliche Kennzeichnung des Pfades in der Darstellung positiv angemerkt. Zum anderen, wurden durch ein spezifisches Icon Verwirrungen bei ProbandInnen hervorgerufen. Ein in der Visualisierung vorkommendes Dreieck legt AnwenderInnen durch Form und Größe Informationen über darunterliegende Zweige offen. Dieses icon wurde teils fehlinterpretiert. Dies wirkte sich negativ auf den Erforschungsprozess aus. Diesbezüglich muss entsprechend darauf reagiert werden und das Icon derart gestaltet werden, sodass dieses korrekt verstanden wird.

Der Windows Explorer war den ProbandInnen vertraut. Dadurch, dass beim Explorer mehrere Zweige offen gehalten werden können, ergab sich ein Vorteil, wenn ein langer Weg zwischen zwei bekannten Positionen rückverfolgt werden musste. Beobachtungen deckten jedoch auf, dass das angebotene „+“-Symbol, welches zum Aufklappen des Baumes genutzt werden kann, gemieden wurde. Stattdessen wurde in der Ordnerübersicht durch Klicken auf Labels das Aufklappen umgesetzt. Zweige zu vergleichen, um etwa jenen zu entdecken, der die größte Anzahl an Knoten enthält, stellte sich als weitere Schwäche vom Windows Explorer heraus, da eine solche Information – betreffend die Topologie des Baumes – durch die Art der Darstellung nicht optimal angeboten wird.

Inhalt

Multi-dimensionale Daten können mit Hilfe von *Animation* untersucht werden. Animationen helfen Trends in den Daten erkennen zu können und haben, vor nicht all zu langer Zeit, begonnen im Bereich von Präsentationen an Bedeutung zu gewinnen. In Präsentationen werden Resultate aus diversen Analysen von Daten vorgeführt und Zusehern vermittelt. Bislang ist jedoch noch unklar, ob *Trend-Animation* eventuell für die Analysen von Daten effizient eingesetzt werden könnte.

Um die Auswirkungen von Animation auf den Menschen hervorheben zu können, wurden für die Evaluierung zwei statistische Darstellungen von Trends herangezogen. Die eine Variante präsentiert *Traces* von allen Trends gleichzeitig in einer einzigen Darstellung, während die andere Variante die *Traces* der Trends in nebeneinandergereihten *Small Multiples* anzeigt – zu sehen als eine Anordnung kleiner Visualisierungen auf einer einzigen Darstellungsfläche, wobei jede Darbietung eine einzelne *Trace* abbildet.

So wurden drei Darstellungsformen, *Animation*, *Trace-Visualisierung* und *Small Multiples* hinsichtlich ihrer Nützlichkeit sowohl bei Präsentationen, als auch in der Analysesituation näher betrachtet und beurteilt.

Visualisierungstechnik

- Traces-Visualisierung
- Small Multiples-Visualisierung
- Animations-Visualisierung
- Scatterplot

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Transparenz-Unterschiede in Traces-Visualisierung
- Farbeinsatz für das Erkennen von Traces
- Animations-Steuerelemente

Evaluierungsvorgehen

- Informelle Gruppendiskussion
- Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate

Ergebnisse der Studie

Anforderungen an die Die Problematik der Trend-Visualisierungen liegt darin, eine exakte Analyse von großen Datensätzen zu erreichen. Eine Small Multiples-Visualisierung führte zu weniger Fehlern bei kleinen Datensätzen. Ergebnisse bei großen Datensätzen sind jedoch noch enttäuschend, denn, je größer ein Datensatz wird, desto kleiner werden die Einzelbilder. Andererseits ist bei dieser Visualisierungsform vorteilhaft, dass unüberschaubare Ansammlungen von Traces nicht zu Stande kommen können, da jede Trace einzeln dargestellt wird. Das Problem bei Animation und der Trace-Visualisierung ist nun, dass genau diese Anhäufung nicht vermieden werden kann.

Entscheidend ist nicht allein die Feststellung, in welcher Form Animation AnwenderInnen grundlegend unterstützen kann, sondern vor allem, welche Auswirkung Animation in unterschiedlichen Situationen mit sich bringt. Der Einsatz von Animationen in Präsentationen, sowie in Analysesituationen wurde daraufhin im Speziellen untersucht.

Gezeigt hat sich, dass Animation für Präsentationen durchaus nützlich sein kann. Aus den Resultaten der Studie konnte doch festgestellt werden, dass es sich für Analysen zurzeit nicht eignet. Verständlich ist, dass AnwenderInnen mehr Zeit in Anspruch nehmen, wenn Animation zur Verfügung gestellt wird. Denn, da Animation AnwenderInnen diverse Interaktionen bieten kann, haben BenutzerInnen entsprechend länger für die Erforschung der Daten gebraucht. Insbesondere die Möglichkeit, eine Animation mehrmals zu wiederholen, kostet schlicht Zeit. Die Ernüchterung liegt nun darin, dass trotz dieser zusätzlichen Zeit, die Fehlerrate im Vergleich zu Animationen bei Präsentationen nicht merklich gesunken ist.

Ein weiterer Aspekt, welcher gegen Animation spricht ist, dass statistische Darstellungsformen vertraut und noch ein wenig beliebter sind als Trend-Animation. Animation bei Analysen kann zwar zurzeit nicht den gleichen Status erlangen wie statische Alternativen, doch für Präsentationen konnte Potential erkannt werden.

Aus den in dieser Studie gesammelten Ergebnissen, empfehlen Robertson et al. (2008, p. 1332):

An analyst should consider examining their data with a small multiples view, but then presenting it with animation. A presenter must ensure that observers do not feel overwhelmed by the data. In part, this depends on the behaviour of the data: points that follow trends smoothly will be easier to follow than those that reverse themselves or jump around. To the extent that the data fits the presenter's story well, the visualization will be easier to understand.

Visualization of Search Results: A Comparative Evaluation of Text, 2D, and 3D Interfaces (Sebrechts et al. 1999)

Marc M Sebrechts, Joanna Vasilakis, Michael S. Miller, John V. Cugini, Sharon J Laskowski

Inhalt

Information Retrieval konzentriert sich auf die Problematik von Informationssuchen in wenig strukturierten Datenbeständen, wie etwa Text und kann heutzutage von einer nennenswerten Anzahl an Entwicklungen von Visualisierungen unterstützt werden. Ziel ist, die Suche nach Texten oder Dokumenten zu erleichtern und Ideen wurden umgesetzt, um dies auch zu erreichen. Doch werden Vorteile und unterschiedliche Merkmale der Visualisierungen an sich kaum betrachtet und bewertet. Die Entwicklung namens *NIRVE* wurde untersucht, da sie sich mit der Darstellung von Suchresultaten beschäftigt. Das Erscheinungsbild von *NIRVE* wird derart angepasst, sodass drei verschiedene Varianten zur Verfügung stehen – eine Text-, 2D- und 3D-Version. Durch den Vergleich der drei Formen sollen spezifische Wirkungen auf AnwenderInnen identifiziert werden.

Visualisierungstechnik

- Text-, 2D- und 3D-Visualisierung von *NIRVE*

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Scroll-Funktion*
- *Übersicht & Detail*
- *Zoom-Funktion*
- Dokumente oder gesamte Cluster können mit einer Art gefärbter Flagge versehen werden. AnwenderInnen können damit das Objekt mit „gut“ (grüne Flagge), „schlecht“ (rote Flagge) oder „unsicher“ (gelbe Flagge) bewerten und ihre Beurteilung signalisieren.

Evaluierungsvorgehen

- Audio- und Videoaufnahmen der Tätigkeiten der TeilnehmerInnen der Studie
- *Thinking-aloud*: wobei ProbandInnen gebeten wurden, alle Gedanken zu verbalisieren
- Ein anschließender Fragebogen wurde angeboten, um auflisten zu können, was individuell gemocht wurde und was unbeliebt war
- Messung der Ausführungszeit

Ergebnisse der Studie

Die Gegenüberstellung der Testergebnisse der drei Visualisierungsformen aus der Studie zeigte, dass ProbandInnen – voraussichtlich auf Grund der Vertrautheit – mit der textuellen Darstellung schneller arbeiten konnten, als wenn eine 2D- oder 3D-Visualisierung vorlag. Die Einbindung von Farbe wirkte sich auf alle drei Darstellungsvarianten positiv aus. Insbesondere die textbasierte Variante konnte davon profitieren, da der optische Reiz mehr zum Tragen kam. Zusätzlich konnte der Analyseprozess erleichtert werden, da Farbe eine Art räumliche Orientierungsinformation übermittelt und der geistige Eindruck von Gruppierungen hervorgerufen werden kann.

Obwohl das Durchforsten nach spezifischen Titeln mit Hilfe einer Textliste grundsätzlich einfacher war als zuerst Cluster zu identifizieren und anschließend den Titel zu lokalisieren, traten Schwächen dieser Visualisierungsform auf. Sobald Dokumente Verbindungen zu Nachbarclustern aufwiesen, war es deutlich vorteilhafter, mit einer 2D- oder 3D-Ansicht zu arbeiten. Dagegen trat sowohl bei einer 2D-, als auch 3D-Ansicht ein anderes Hindernis auf. Im Darstellungsbereich der Visualisierungen befindet sich Text, welcher spezifische Informationen zur Verfügung stellt. Die Größe des Textes kann stärker variieren, sobald mehr oder auch weniger Raum für die eigentliche Visualisierung genutzt wird. Die Lesbarkeit verschlechtert sich somit zunehmend, wenn mehr Raum für die Visualisierung eingenommen wird, da der Text immer kleiner wird. Bei einer rein textbasierten Visualisierung tritt diese Problematik nicht auf.

Ein grundlegendes Verständnis für die 3D-Visualisierung von Dokumenten war gegeben, doch den Dokumentenraum zu durchforsten erwies sich als ein schwierigeres Vorhaben. Rotationen waren das Basiskriterium. Ein effizientes Navigieren durch den Raum litt durch die Hindernisse, dass AnwenderInnen Mühe hatten sich an räumliche Beziehungen zu erinnern – insbesondere dann, wenn diese nicht mehr sichtbar waren. Weiteres musste darauf geachtet werden, die Orientierung nicht zu verlieren. Obwohl in der Visualisierung so genannte „landmarks“ angeboten wurden, wurde diese Hilfestellung von den ProbandInnen zumeist ignoriert. Außerdem ist bei einer dreidimensionalen Darstellung besonders darauf zu achten, dass eine schnelle und flüssige Visualisierung gewährleistet werden kann. Ein ständiges Ruckeln bzw. Verzögerungen sind ein unangenehmer Störfaktor und wirken sich deutlich negativ auf den Arbeitsprozess aus.

Can Smooth View Transitions Facilitate Perceptual Constancy in Node-Link Diagrams? (Shanmugasundaram, Irani & Gutwin 2007)

Maruthappan Shanmugasundaram, Pourang Irani, Carl Gutwin

Inhalt

Die Integration von Animationen für Übergänge von einer Ansicht in eine andere – auch bekannt als *Smooth-Transition* – ist eine von Entwicklern gern gewählte Methode, um die so genannte *perceptual constancy* aufrecht zu erhalten. Informationen über zugrundeliegende Strukturen sollten trotz veränderter Ansichten nicht verloren gehen.

In dieser Studie werden *node-link Diagramme* betrachtet, wobei drei Varianten von Übergangsgeschwindigkeiten eingesetzt werden, um Auswirkungen von Smooth-Transition festzustellen. Zweimal sind die Übergänge animiert – unterteilt in langsam (zwei Sekunden) und schnell (eine halbe Sekunde) – und eine dritte Übergangsvariante weist keine Animation auf.

Visualisierungstechnik

- Graphen und Bäume

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Betrachten von Ansichten durch animierte Übergänge

Evaluierungsvorgehen

- *Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate*
- Anschließender Fragebogen, um die Präferenz für Übergangsvarianten festzustellen

Ergebnisse der Studie

Verbindungen zwischen Knoten in einem Graphen zu erfassen und deren Verläufe zu erforschen, ist für BetrachterInnen wichtig. Bei animierten Übergängen ist die passende Geschwindigkeit ein sensibler Faktor, damit die Orientierung nicht verloren geht und Verbindungen wahrgenommen werden können. Denn BetrachterInnen müssen sich daran erinnern können wie bzw. welche Knoten miteinander verbunden sind. Getestet wurde die Auswirkung der Animation, indem ein Graph ProbandInnen vorgelegt wurde, jedoch nur ein Teilbereich - begrenzt durch eine Art Fenster, das herumgeschoben wird – sichtbar war. Die

Übergänge von einer Ansicht in eine neue Ansicht wurden dann entsprechend der drei Varianten gestaltet. Aus den Resultaten der Studie ist eindeutig zu erkennen, dass Animation sowohl bei kleinen Graphen als auch bei großen Graphen zu einer geringen Fehlerrate führt, während, wenn Übergänge ohne Animation zur Verfügung stehen, die Fehlerrate um einiges höher ist. Ursache dafür ist, dass BetrachterInnen Verbindungen zwischen Knoten bei Animationen mitverfolgen konnten und damit wussten, welche Knoten tatsächlich miteinander verbunden waren. Hingegen, wenn keine Animation zur Verfügung stand, war Unsicherheit gegeben. BetrachterInnen mussten zwischen Ansichten hin- und herwechseln, um ihre Erinnerung an Verbindungen zu bestätigen. Positiv überrascht haben schnelle Übergänge bei großen Graphen. Hierbei war die Fehlerrate am geringsten. Die Ausführungszeit zwischen den drei Varianten schwankte zwar grundsätzlich eher gering, doch stellen auch hier wieder schnelle Übergänge eine Ausnahme dar, denn diese weisen insbesondere bei großen Graphen erneut bessere Ergebnisse auf.

Ob die zugrundeliegende Struktur eines Baumes erfaßt werden kann, während abermals nur Teilbereiche sichtbar sind und BetrachterInnen in der Lage sind, sich anhand dieser Informationen an strukturelle Beziehungen zu erinnern, stand ebenfalls in Diskussion.

Deutlich war aus den Ergebnissen der Studie zu erkennen, dass die Fehlerrate bei Animationen geringer war, als in Situationen, in denen Animation nicht angeboten wurde. ProbandInnen konnten sich gut an Teilbereiche des Baumes erinnern und sich gedanklich die Gesamtstruktur vorstellen und wiedererkennen, wenn ihnen Darstellungen von Bäumen ohne Sichteinschränkung vorgelegt wurden. Zwischen schnellen Übergängen und langsamen Übergängen konnten sowohl bezüglich der Fehlerrate als auch der Ausführungszeit kaum Unterschiede festgestellt werden. Dennoch waren Ergebnisse generell bei Bäumen mit geringer Tiefe besser.

Allgemein kann daraus geschlossen werden, dass Smooth-Transition die Wahrnehmung der Verbundenheit von Knoten und der Struktur in node-linked-Diagrammen aufrecht erhält. Obwohl TeilnehmerInnen der Studie allgemein Smooth-Transition gegenüber Übergänge ohne Animation bevorzugten, ist unschlüssig ob langsame oder schnelle Übergänge zwischen Ansichten effizienter sind. Dies scheint von Grund auf von der Komplexität der Aufgabenstellung abhängig zu sein. Je schwieriger eine Testaufgabenstellung war desto mehr bevorzugten ProbandInnen langsamere Übergänge und umgekehrt. Zusammenhänge zwischen der Komplexität der Aufgabenstellung und der Geschwindigkeit von Übergängen sollte noch näher untersucht werden. Ansonsten ist zu empfehlen, dass AnwenderInnen die Übergangsgeschwindigkeit selbst nach Bedarf einstellen können.

Inhalt

Eine Hierarchie kann durch unterschiedliche visuelle Baumrepräsentationen dargestellt werden. Jede dieser Repräsentationen bietet individuelle und damit verschiedenartige Sichtweisen auf die gleichen Daten und führt dazu, dass BetrachterInnen unterschiedliche Informationen erhalten und folglich daraus auch ungleiches Wissen bzw. Erkenntnisse schöpfen können. Da nun eine einzige Visualisierungsform nicht in der Lage ist alle Informationen optimal darzustellen, wird nach einer Lösung dafür gesucht. Mehrere Baumvisualisierungen NutzerInnen zur Verfügung zu stellen, könnte verhindern, dass wichtige Informationen nicht wahrgenommen werden können bzw. von BetrachterInnen vermisst werden.

Basierend auf diesem Ansatz wurde Tree-Panel entwickelt, welches nun vier Varianten von Baumvisualisierungen gleichzeitig darstellt. Die Untersuchung des Baumvisualisierungssystems soll Klarheit über die Merkmale der einzelnen Repräsentationen bieten und verdeutlichen, welche Informationen herausgelesen werden können.

Visualisierungstechnik

- *RINGS*
- *Radialer Baum*
- *Treemap*
- *Hierarchischer Baum*

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Multiple View*
- *Übersicht & Detail*
- *Fokus & Kontext*
- *Zoom*

Evaluierungsvorgehen

- Statische Bilder wurden vorgelegt, welche anhand von Fragebögen beurteilt wurden

Ergebnisse der Studie

Durch das Herausfiltern von Unterschieden sollen Vorzüge und Mängel einzelner Visualisierungstechniken erkannt werden, sodass durch eine entsprechende Kenntnis der Fähigkeiten der Techniken die Analyse von Daten sinnvoll unterstützt werden kann.

Folgende allgemeine Erkenntnisse konnten gewonnen werden:

- RINGS eignet sich, verglichen mit den anderen Visualisierungstechniken, am besten für das Erkennen struktureller Informationen des Baumes. Sofern Teilbäume eine größere Anzahl an „Kindern“ einschließen, erhalten sie einen entsprechend großen Raum zur Darstellung. Dadurch können ähnliche Muster gut erkannt werden.
- Während der hierarchische Baum seine Knoten von links nach rechts anordnet, werden diese im radialen Baum von innen nach außen organisiert. Dies hat zur Folge, dass Bezeichnungen der Knoten im radialen Baum öfters verdeckt werden. Andererseits können im radialen Baum Positionen von Knoten – bezogen auf die Tiefe – leichter erkannt werden. Genauso, wie auch der hierarchische Baum werden Beziehungen zwischen Knoten nachvollziehbar dargestellt.
- Die Verschiedenheit zwischen einer Visualisierung, in der Knoten durch Kanten miteinander verbunden sind und einer Visualisierung mit ineinander verschachtelten Rechtecken ist im Vergleich von Treemap und dem hierarchische Baum nicht zu übersehen. Während Treemap besser Größeninformationen der Knoten vermitteln kann, ist der hierarchische Baum besser im Offenbaren von Beziehungen.

Die gleichzeitige Darstellung mehrere Visualisierungen war hilfreicher und effizienter als sequenzielle Visualisierungen. Der Wissenszugang konnte schlussendlich erweitert werden, da der Zugang zu diversen Informationen durch unterschiedliche Visualisierungen ergänzt wird. Mängel einzelner Visualisierungstechniken konnten durch andere Visualisierungen ausgeglichen werden.

Inhalt

Spatializations – zu verstehen als eine Art Verräumlichung – „[...] represent non-spatial data using a spatial layout similar to a map“ (Tory et al. 2007, p. 1262).

Nun sollen verschiedene Formen von visuellen Präsentationen miteinander verglichen werden – dazu gehören Darstellungen, welche sich allein auf Punkte konzentrieren, sowie zweidimensionale und dreidimensionale Informationslandschaften – um herauszufiltern, welche dieser Varianten sich am optimalsten eignet, grundsätzlich die Wahrnehmung des Menschen zu unterstützen und BetrachterInnen Informationen so anzubieten, dass diese schnell erfasst werden können.

Visualisierungstechnik

- *Punktendarstellung*
 - Bunt eingefärbte Punkte (farbige Punkte)
 - Grau gefärbte Punkte
- *Information Landscape* (Informationslandschaften)
 - 2D-Repräsentation, wobei Landschaft einmal bunt und einmal grau ist
 - 3D-Repräsentation, wobei Landschaft einmal bunt und einmal grau ist
 - Landschaft nur mit Höheninformation (ohne Färbung)

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Einsatz von Farbe bzw. Graustufen
- *Rotation, Translation* und *Zoom*-Funktion
- Vordefinierte Ansichten können gewählt werden: zur Verfügung steht Vogelperspektive und geneigte Ansicht.

Evaluierungsvorgehen

- *Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate*
- Fragebogen zum Einholen von Kommentaren zu den Visualisierungsformen

Ergebnisse der Studie

ProbandInnen waren in der Lage bei der Darstellungsform „farbige Punkte“ am schnellsten zu gegebenen Testaufgabenstellungen zu antworten, während bei der Darstellung, in der nur die Höhe visualisiert war, die längste Antwortzeit gemessen wurde. Auch bewerteten ProbandInnen allgemein die Darstellung „farbiger Punkte“ positiv. Jene Darbietung, welche nur Höheninformationen zur Verfügung stellte, wurde abgelehnt. Generell waren zweidimensionale Darstellungen und Farbeinsatz etwas beliebter, als dreidimensionale Visualisierungen und Graufärbungen.

Mit farbigen und graugefärbten Punkten war die Fehlerrate der ProbandInnen geringer, als bei allen anderen Formen der Visualisierungen. Farbe an sich war hilfreicher und führte zu weniger Fehlern, als Graustufen. Insgesamt erreichten Punktdarstellungen eine kürzere Rückmeldungszeit als Landschaften. Hinsichtlich der Dimension bei den Landschaften, führte die dreidimensionale Visualisierung zu längeren Antwortzeiten als die zweidimensionale Darstellung. Signifikante Unterschiede bezüglich der Fehlerrate konnten nicht festgestellt werden.

So genannte *Target Levels* bezeichnen Wertebereiche, welche in der Regel durch einen spezifischen Farb- oder Grauwert angegeben wurden. TeilnehmerInnen sollten nun jenen räumlichen Bereich einer Darstellung finden, welcher die meisten Punkte eines vorgegebenen Zielwertes enthält. Die niedrigsten und die höchsten Targe Levels stellten für TeilnehmerInnen der Studie bei allen Visualisierungsformen keine große Schwierigkeit dar, denn in solchen Situationen mussten sie nur nach Gipfeln und Tälern Ausschau halten, um gewünschte Informationen zu erhalten. Allerdings, während die Antwortzeiten bei farbigen Punkten bezüglich der fünf Target Levels sich kaum änderten, unterscheiden diese sich am deutlichsten in dreidimensionalen Darstellungen – insbesondere bei 3D Landschaften mit Graustufen.

Ein ähnliches Muster konnte bezüglich der Fehlerrate festgestellt werden. Fehler häuften sich bei mittleren Target Levels, wobei farbige Punkte eine Ausnahme darstellten, denn hier ist die Fehlerrate überwiegend gleich geblieben.

Je höher der Grad der Datenkomplexität war, desto größer war der Einfluss auf die Antwortzeit und Fehlerrate der ProbandInnen. Je komplexer eine Landschaft war, desto mehr Zeit wurde benötigt und Fehler wurden häufiger gemacht. Gesondert sind Messungen der

Rückmeldungszeit, sowie Fehlerrate der Visualisierung „farbige Punkte“ zu betrachten, welche in allen Komplexitätsgraden vorwiegend gering blieben.

Somit konnten farbige Punkte überzeugen und AnwenderInnen am Besten unterstützen. Farbige 2D-Landschaften weisen ebenfalls gute Ergebnisse auf. Obwohl 2D-Landschaften nur Farbe einbeziehen und 3D-Landschaften zusätzlich Höheninformationen heranziehen, konnten mit der zweidimensionalen Visualisierung bessere Resultate bezüglich Antwortzeit erzielt werden. Ergebnisse hinsichtlich der Fehlerrate konnten keine deutlichen Unterschiede hervorbringen. Resultate der Studie lassen den Schluss zu, dass Höheninformationen alleine nicht ausreichen um AnwenderInnen zu bestmöglichen Ergebnissen zu führen.

An Empirical Study of Task Support in 3D Information Visualizations (Wiss & Carr 1999)

Ulrika Wiss, David A. Carr

Inhalt

3D-Informationsvisualisierungen und das Wissen darüber, welche Faktoren hierbei für die Benutzerfreundlichkeit von Bedeutung sein könnten, ist noch gering. Um hier Abhilfe zu schaffen, wurden drei dreidimensionale Visualisierungstechniken näher betrachtet.

Gewählt wurde die Visualisierung *Information Landscape*, *Information Cube* – welches hierarchische Strukturen als ineinander verschachtelte Würfel zeigt – und *Cam Tree* – ein senkrecht dargestellter Hierarchiebaum.

Der Vergleich soll herausfiltern, welcher dieser Techniken allgemein Potential zeigt, AnwenderInnen zu unterstützen und weiteres sollen möglicherweise relevante Einflussfaktoren identifiziert werden.

Visualisierungstechnik

- Cam Tree
- Information Landscape (Informationslandschaften)
- Information Cube

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Zoom-Funktion
- Übersicht & Detail
- Rotation
- Der Verlauf von Aktionen wird angezeigt, sodass *Undo*-Aktionen, Wiederholungen und dergleichen unterstützt werden.

Evaluierungsvorgehen

- Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate
- Beobachtung der ProbandInnen durch die StudienleiterInnen, welcher Notizen über das Verhalten der AnwenderInnen sammelte und deren Kommentare zwischendurch vermerkte.
- TeilnehmerInnen hatten die Gelegenheit, anschließend die Visualisierungen anhand eines Fragebogens zu bewerten.

Ergebnisse der Studie

Informationslandschaften erwiesen sich grundsätzlich als nützliche Visualisierungstechnik und wurden von TeilnehmerInnen der Studie auch bevorzugt. Information Cube dagegen konnte bezüglich Ausführungszeit, Fehlerrate und Zufriedenheit der ProbandInnen aufgrund minder guter Resultate nicht überzeugen.

Im Laufe der Studie konnten Faktoren festgestellt werden, welche deutlichen Einfluss auf die Beurteilung der Nutzbarkeit der Visualisierungen hatte. Ein Faktor war Navigation. Zu erforschen, wie eine effiziente Navigationsmethode verwirklicht werden kann, lohnt sich, denn dadurch kann der Analyseprozess durchaus verbessert werden. Der Faktor Übersicht hatte erheblichen Einfluss auf die Nützlichkeit von dreidimensionalen Visualisierungen. Der Bedarf an einer guten Übersicht war groß. Durch Übersichtlichkeit konnten AnwenderInnen positiv unterstützt werden. Daher ist bei dreidimensionalen Darstellungen insbesondere darauf zu achten, eine gute Übersicht anzubieten, sodass das Arbeiten mit einer solchen Art von Visualisierung erleichtert werden kann.

Inhalt

Die interaktive Exploration eines Graphen soll durch eine neue Animationstechnik unterstützt werden. Die bekannte radiale Darstellungsform wird eingesetzt, wobei die Ansicht durch das Wählen eines Fokusknotens bestimmt wird. Ziel ist, wenn ein neuer Fokusknoten gewählt wird, Übergänge so zu gestalten, dass Veränderungen – damit sind Positionsänderungen von Knoten gemeint – leicht nachvollzogen werden können. Um dies ohne Kontextverlust bei der Erforschung der Graphen zu verwirklichen, werden drei überlegte Techniken eingesetzt, welche sich auf den Zeitverlauf von Übergängen, den Übergangspfad, sowie Übergangseinschränkungen beziehen. Anhand sozialer Netzwerke, sowie dem Gnutella Filesharing-Netzwerk wird der durchdachte Ansatz erprobt und untersucht.

Visualisierungstechnik

- Graph mit radialer Darstellung

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Drei Techniken werden genutzt, um eine reibungslose Animation anbieten zu können
- *Fokus & Kontext*

Evaluierungsvorgehen

- Erfahrungen der AnwenderInnen wurden anhand informeller Interviews gesammelt

Ergebnisse der Studie

Drei spezifische Techniken wurden angewandt, um eine effektive Gestaltung der Animation gewährleisten zu können.

- Zeitverlauf von Übergängen: Hierbei wurde die so genannte *Slow-in slow-out timing*-Technik eingesetzt. Die Animation verläuft derartig, dass sie langsam beginnt, sich stetig beschleunigt und bis zum Ende hin wieder verlangsamt. Diese Art der Übergänge gibt AnwenderInnen die Möglichkeit, Bewegungen „erwarten“ und nachverfolgen zu können und wird damit nicht durch sprunghafte Veränderungen irritiert. Rückmeldungen von AnwenderInnen bestätigten die positive Wirkung dieser Technik.

- Übergangspfad: Ein Knoten kann unterschiedlich von der Position vor der Animation zu jener nach der Animation wandern. Ein Übergang kann etwa durch einen geradlinigen Pfad von der Anfangsposition zu der Endposition erfolgen. Diese Variante einer linearen Interpolation kann ungewollte Störungen beim Mitverfolgen von Veränderungen auslösen, denn Knoten müssen eventuell den aktuellen Ring verlassen und möglicherweise auch weite Wege zu ihrer neuen Position zurücklegen. Bevor Knoten schließlich zu ihrer Endposition gelangen, begegnen sich diese während ihrer Wanderung mittig und bilden eine Art mächtigen Klumpen. Um solche Anhäufungen zu vermeiden, erwies sich eine andere Technik – die so genannte lineare Interpolation der Polarkoordinaten – als nützlich. Die Wanderung eines Knotens erfolgt nun spiralförmig von einem Ring zu einem anderen Ring. Für kleine Graphen ist eine Interpolation der Polarkoordinaten laut Studie nicht notwendig. Die herkömmliche Variante wurde von AnwenderInnen bevorzugt, denn sie erwarteten, dass sich ein Knoten direkt zu der neuen Position bewegt. War dies nicht der Fall, löste die ungewohnte Umsetzung mehr Unsicherheiten aus als das eine ungestörte Knotenwanderung bewirkt wird. Lineare Interpolation der Polarkoordinaten hat sich dagegen bei großen Graphen bewährt und wurde von AnwenderInnen bevorzugt, insbesondere aufgrund des nicht Auftretens von störenden Anhäufungen vieler Knoten.
- Übergangseinschränkungen: Um weiteren Störfaktoren für die Wahrnehmung des Graphen nach einer Animation zu entgehen, bleibt die Grundstruktur eines vorliegenden Graphen trotz Animation weitestgehend bestehen. Einschränkungen beziehen sich darauf, dass die zugrunde liegende Orientierung der Verbindungen zwischen Knoten im Graphen nach einer Animation erhalten bleiben soll und die Anordnung der Nachbarn eines Knoten nicht verändert wird.

Die Darstellung eines Graphen in radialer Form erwies sich als nützlich und wurde von AnwenderInnen positiv angenommen. Die Notwendigkeit des Vorhandenseins von Animation wurde insbesondere durch die Präferenz der ProbandInnen sichtbar. Animationen in kleinen Graphen sind scheinbar nicht explizit notwendig, vermutlich, da ein kleiner Graph unabhängig von der Anwesenheit von Animation in seiner Gesamtheit betrachtet werden kann. Hingegen befürworteten ProbandInnen Animation bei der Darstellung großer Graphen. Mithilfe dieser konnten Verwirrungen vermieden werden und die Erforschung des Graphen dahin gehend erleichtert werden, da der Kontext aufrecht erhalten blieb. Die Vorteile von Animation wurden mit wachsender Größe des Graphen immer deutlicher.

2.2. Medizin-bezogene Studien

Design and Evaluation of Tiled Parallel Coordinate Visualization of Multichannel EEG Data (Caat, Maurits & Roerdink 2007)

Michael ten Caat, Natasha M., Maurits, Jos B. T.

Inhalt

Daten aus verschiedensten Bereichen können mit Hilfe einer Vielzahl an Visualisierungen entsprechend interpretiert werden. Eine besondere spezifische Anforderung stellen EEG-Daten dar. Bislang wurde keine Methode entwickelt, welche „[...] successfully visualize simultaneous information from all channels in use at all time steps“ (Caat, Maurits & Roerdink 2007, p. 70).

Aus diesem Bedürfnis heraus wurde eine neuartige Methode, beruhend auf parallelen Koordinaten und Einsatz einer „gekachelten“ Organisation, verwirklicht. Damit soll ein schnelleres Arbeiten ohne Informationsverlust erzielt werden.

Die Nützlichkeit der *gekachelten parallelen Koordinaten-Methode (tiled parallel coordinates, TPC-method)* soll durch den Vergleich mit einer existierenden klinischen Mehrkanal-Visualisierungsmethode – für die Studie als Standardmethode deklariert – hervorgehoben werden. Die TPC-Methode wurde dahin gehend gestaltet, dass sie für andere zeit-veränderliche multivariate Datentypen ebenso anwendbar wäre.

Visualisierungstechnik

- „gekachelte“ Parallele Koordinaten

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Das Betrachten von so genannten TPC-Mappen ist möglich, wobei keine konkreten Interaktionen verfügbar sind

Evaluierungsvorgehen

- Audioaufnahme
- Fragebogen mit Skala-Bewertung betreffend die Visualisierung, um eine subjektive Beurteilung einzuholen
- ProbandInnen konnten anschließend ein offenes Feedback abgeben

Ergebnisse der Studie

Die Neuentwicklung namens tiled parallel coordinates ist in der Lage, AnwenderInnen mehr Informationen über EEG-Daten anzubieten. Gegenüber existierenden Visualisierungsmethoden übertrifft die TPC-Methode andere etwa mit der Fähigkeit mehr Elektroden und mehr Zeitabschnitte gleichzeitig darstellen zu können.

AnwenderInnen werden in der Betrachtung der Darstellung in der Form unterstützt, dass die so genannten Kacheln, welche die Position der Elektroden wieder spiegeln, so angeordnet sind, dass sie einer natürlichen Anordnung von Elektroden entsprechen.

Sowohl die Standardmethode, als auch die TPC-Methode konnten Visualisierungselemente und Eigenschaften anbieten, welche AnwenderInnen erfolgreich unterstützen konnten.

Beispielsweise war die TPC-Methode gegenüber der Standardmethode vorteilhafter, einen schnellen Überblick über die Symmetrie der EEG-Daten zu erhalten. Dadurch können BetrachterInnen leichter erste Anomalien wahrnehmen und einen Eindruck über den Gesundheitszustand der PatientInnen gewinnen.

Hingegen war beispielsweise die topographische Karte bei der Standardmethode ein äußerst beliebtes Visualisierungselement. Die Darbietung in der TPC-Methode konnte von einigen ProbandInnen nicht nachvollzogen werden. Dies könnte jedoch daran liegen, dass TeilnehmerInnen mit der topographischen Karte vertrauter waren.

Das Feedback der ProbandInnen über die neuartige TPC-Methode war grundsätzlich positiv und hinsichtlich der Einfachheit überzeugte sie ebenfalls. Das Arbeiten mit der TPC-Methode konnte im Vergleich zur Standardvisualisierungsmethode um durchschnittlich 40% gesteigert werden. Dieser Schnelligkeitszuwachs konnte ohne Informationsverlust erreicht werden. Bezüglich der Geschwindigkeit stellten Caat, Maurits & Roerdink (2007, p. 79) weiteres fest:

There were clear speed differences between the individual participants, but from task to task there was not much difference within a single participant. For the TPC method, speed did generally not depend on the amount of information which was retrieved from the visualization. However, with the standard visualization method the speed sometimes decreased with an increasing amount of information.

Caleydo: Design and Evaluation of a Visual Analysis Framework for Gene Expression Data in its Biological Context (Lex et al. 2010)

Alexander Lex, Marc Streit, Ernst Kruijff, Dieter Schmalstieg

Inhalt

Caleydo soll Experten aus der Bioinformatik helfen Hypothesen betreffen der Funktion von Genen in Krankheitszuständen aufstellen zu können. Lex et al. (2010, p. 57) fassen zusammen:

For a deeper understanding of the complex interdependencies between genes, it is important to bring gene expressions (measurements) into context with pathways. Pathways, which are models of biological processes, are available in online databases. In these databases, large networks are decomposed into small sub-graphs for better manageability. This simplification results in a loss of context, as pathways are interconnected and genes can occur in multiple instances scattered over the network. Our main goal is therefore to present all relevant information, i.e., gene expressions, the relations between expression and pathways and between multiple pathways in a simple, yet effective way.

Um dies zu verwirklichen integriert das *System Caleydo* die so genannte *Bucket-Ansicht*, welches das *Multiple-View-Prinzip* in Form einer 3D-Repräsentation umsetzt und visuelle Verbindungen, welche die Identifikation relevanter Informationen erleichtern soll, beinhaltet. Für die Evaluierung wurde schließlich eine traditionelle listenbasierte Pfadanalyse-Methode herangezogen und mit dem neuen Bucket-Ansatz verglichen.

Visualisierungstechnik

- Bucket-Ansicht bietet eine 3D-Repräsentation
- *Parallele Koordinaten*
- *Heat-Map*

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Multiple View
- Ansichten sind miteinander verbunden, wobei ausgewählte Daten in allen Ansichten markiert sind
- *Fokus & Kontext*
- Zoom-Funktion

Evaluierungsvorgehen

- Videoaufnahmen
- Fragebogen mit Skala-Bewertung betreffend die Visualisierung
- Anschließend offene Diskussion, bei der ProbandInnen über alle ihre Erfahrungen sprechen konnten

Ergebnisse der Studie

Bucket stellt eine neuartige Form dar, BioinformatikerInnen in deren Analysen von Genen zu unterstützen. Die Ergebnisse der Evaluierung ergaben, dass diese Darbietung die Pfadanalyse durchaus verbessert und gegenüber einer traditionellen listenbasierten Darstellung von AnwenderInnen bevorzugt wird. Der dreidimensionale Aspekt wurde von BetrachterInnen von vornherein angenommen und einige ProbandInnen erwähnten, dass sie in ihrem Arbeitsprozess unterstützt werden konnten. Sie hatten das Gefühl, sie müssten sich beim Arbeiten mit Bucket weniger konzentrieren und die visuellen Verbindungen waren durchaus hilfreich, wenn nach relevanten Informationen gesucht wurde.

In der Studie wurde ebenfalls untersucht, wie ProbandInnen reagieren würden, wenn diese mit mehreren Bildschirmen arbeiten. Obwohl die Leistung der ProbandInnen mit mehreren Bildschirmen besser war, bevorzugten sie einen Bildschirm. Ein solches Resultat kann erwartet werden, denn die meisten AnwenderInnen sind es gewohnt, nur einen Bildschirm zur Verfügung zu haben. Die Präferenz könnte sich eventuell ändern, sofern NutzerInnen vertrauter mit dem Arbeiten mit mehreren Bildschirmen werden.

An Animated Multivariate Visualization for Physiological and Clinical Data in the ICU (Ordòñez et al. 2010)

Patricia Ordòñez, Marie desJardins, Michael Lombardi, Christoph U. Lehmann, Jim Fackler

Inhalt

Ordòñez et al. (2010, p.771) fassen den Schwerpunkt der Untersuchung folgend zusammen:

Current visualizations of electronic medical data in the Intensive Care Unit (ICU) consist of stacked univariate plots of variables over time and a tabular display of the current numeric values for the corresponding variables and occasionally an alarm limit. The value of information is dependent upon knowledge of historic values to determine a change in state. With the ability to acquire more historic information, providers need more sophisticated visualization tools to assist them in analyzing the data in a multivariate fashion over time. We present a multivariate time series visualization that is interactive and animated and has proven to be as effective as current methods in the ICU for predicting an episode of acute hypotension [...].

Visualisierungstechnik

- Eine Star Plot-Visualisierung wird grundlegend eingesetzt, wobei drei Ansichten mit unterschiedlichen Möglichkeiten angeboten werden:
 - *Personalized View* – diese Ansicht soll etwa helfen, Beziehungen zwischen Variablen zu erkennen.
 - *Standard View* – insbesondere Veränderungen der Parameter können betrachtet werden.
 - *Customized View* – individuellen Darstellungswünschen der AnwenderInnen werden dahingehend nachgegangen, indem parameterspezifische Einstellungen für jede Achse vorgenommen werden können.

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Einsatz von Farbe
- *Selektionsmechanismus*
- *Animation*

Evaluierungsvorgehen

- *Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate*
- Beantwortung der Frage, wie sicher sich TeilnehmerInnen der Studie bei ihren Antworten auf die Aufgaben sind
- Feedback der ProbandInnen wurden gesammelt

Ergebnisse der Studie

Die Resultate aus der Studie zeigten, dass sich die traditionelle Visualisierung – die Darstellung von Tabellen und Plots – und die neuartige Visualisierung – basierend auf einem *Star Plot* – in der Effizienz ähneln. Herausgestellt hat sich, dass schon mit etwas Übung, AnwenderInnen im Umgang mit der Visualisierung beinahe problemlos zurechtgekommen sind und schon bald immer schneller und genauer die Daten analysieren konnten. Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass die neue Visualisierung eine äußerst nützliche Alternative zu der herkömmlichen Variante ist und noch mehr und neue Möglichkeiten eröffnet.

Aus den Kommentaren der TeilnehmerInnen der Studie ist zu erkennen, dass durchaus die neue Ansichten AnwenderInnen in der Analyse der Daten unterstützen, dennoch ebenso einige Mängel aufgetaucht sind, welche auf Ansätze für Verbesserungen hinweisen. Positiv angemerkt wurde etwa, dass die Wahrnehmung von Trends, insbesondere durch die *Personalized View* erleichtert wird oder, dass Informationen durch die Darstellung leicht interpretiert werden können. Negative Anmerkungen bezogen sich beispielsweise darauf, dass die Anzahl an Variablen bzw. die Geschwindigkeit der Veränderung noch nicht optimal angepasst ist. Dies spornt zur Überlegung an, wie viele Variablen sich tatsächlich gleichzeitig verändern sollten und wie schnell der Wandel durchgeführt werden kann, sodass von BetrachterInnen solche Veränderungen optimal mit verfolgt werden können. Außerdem wurde erwähnt, dass der neue Ansatz zwar scheinbar vorteilhaft ist, doch die Einführung in die alltägliche Anwendung Zeit benötigt. Die Gewohnheit, mit einer traditionellen Visualisierung zu arbeiten, kann nicht schlagartig aufgegeben werden, sondern kann nur schrittweise abgelegt werden. Der an die traditionelle Darstellung gebundene beinahe automatisierte Analyseprozess muss sich erst nach und nach an die neue Visualisierungsform gewöhnen.

An Insight-Based Methodology for Evaluating Bioinformatics Visualizations

(Saraiya, North & Duca 2005)

Purvi Saraiya, Chris North, Karen Duca

Inhalt

So genannte Mikroarray-Experimente, welche zur Untersuchung der Genexpression durchgeführt werden, führen schnell zu Unmengen an Daten. Um nun diese Sammlung an Daten analysieren zu können und auch biologisch relevante Einblicke in die Fülle von Daten zu ermöglichen, bedarf es passender Visualisierungen, welche folglich auch nach und nach entwickelt wurden.

Nun wurde eine Evaluierung gängiger Mikroarray-Datenvisualisierungstools durchgeführt, um einige Aufschlüsse über die Fähigkeiten der Visualisierungstechniken oder deren Wirkungskraft auf AnwenderInnen zu erhalten. Der Schwerpunkt der Evaluierung liegt auf dem Aspekt der Einblicke bzw. Einsichten in die Daten – auch bekannt als *Insights*.

Visualisierungstechnik

- Fünf Systeme – *Clusterview*, *TimeSearcher*, *HCE*, *Spotfire* und *GeneSpring* – wurden untersucht, wobei unter anderem folgende Visualisierungstechniken zum Einsatz gekommen sind:
 - Heat-Map
 - Parallele Koordianten
 - Liniendiagramm
 - 2D- und 3D-Scatterplot
 - Histogramm,
 - Balken- und Kreisdiagramm,
 - Tabellenansicht

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Übersicht & Detail*
- *Dynamic Queries*
- *Zoom-Funktion*
- *Linking & Brushing-Methode*

Evaluierungsvorgehen

- Videoaufnahmen
- *Thinking-aloud* in Form eines Verbalisierens jeglicher Beobachtungen, Feststellungen und dergleichen.
- ProbandInnen wurden zwischenzeitlich Fragen bezüglich der Insight-Generierung gestellt. TeilnehmerInnen sollten einschätzen, wie viel der insgesamt möglichen Insights sie durch die Daten bisher vermutlich erhalten konnten. Anschließend sollten sie ihre allgemeinen Erfahrungen mitteilen.

Ergebnisse der Studie

Spotfire konnte generell sowohl in der einfachen Handhabung, als auch hinsichtlich der Leistungsfähigkeit überzeugen. AnwenderInnen werden reichliche, relevante und schnelle Einsichten in die Daten geboten. Sofern zeitbasierte Daten analysiert werden, kann Spotfire als eine hilfreiche Anwendung gesehen werden.

Sowohl in GeneSpring, als auch in Spotfire können parallele Koordinaten und eine Heat-Map-Visualisierung genutzt werden. Obwohl grundlegend parallele Koordinaten bevorzugt werden, wurde überraschenderweise in Spotfire vorzugsweise die Heat-Map-Visualisierung gewählt. Es stellte sich heraus, dass ein fundamentaler Bedarf für AnwenderInnen der Bioinformatik das Selektieren und Gruppieren von Genen ist. Die parallelen Koordinaten in Spotfire wiesen einen offensichtlichen Mangel bezüglich Selektionsmechanismen auf, da die Streckenzüge in der Darstellung nicht zu unterscheiden waren und schließlich die große Anzahl an Linien nur ein großen „Klumpen“ bildeten. So entsprach die Visualisierungstechnik nicht den Bedürfnissen der AnwenderInnen und wurden schließlich abgelehnt. In GeneSpring dagegen tauchten keine derartigen Selektionsschwächen auf und deshalb wählten TeilnehmerInnen der Studie vorwiegend die parallelen Koordinaten. Obwohl GeneSpring an sich Potential für AnwenderInnen demonstriert, waren ProbandInnen oftmals mit der Komplexität dieses Systems überfordert. Dadurch beschäftigten sie sich hauptsächlich mit dem sinnvollen Umgang diverser Funktionalitäten, statt mit der Analyse der Daten. Folglich war die Zeitspanne bis Einsichten gewonnen werden konnten groß.

Bei Clusterview und TimeSearcher trennen sich die Meinungen. Sie scheinen sich auf eine schnelle Insight-Generierung zu konzentrieren. Doch ihre Leistungsfähigkeit sind Grenzen gesetzt. Zwar bietet etwa Clusterview grundlegende Informationen an, jedoch wären zusätzliche Methoden für die Analyse notwendig, um weitere Informationen von den Daten zu erhalten. Für die Untersuchung zeitbasierter Daten zogen ProbandInnen, welche TimeSearcher nutzten, parallele Koordinaten der Heat-Map-Visualisierung vor. Aber es stellte sich heraus, dass bei der Zunahme an Datenpunkten, die deutliche Erkennung dieser fortwährend schwieriger wird und äußerst hinderlich für Analysen wird. Daher ist der Nützlichkeit der parallelen Koordinaten Grenzen gesetzt und von der Art der Daten abhängig.

HCE konnte teils gute Resultate erzielen, war aber allgemein nicht in der Lage sich gegenüber den anderen Visualisierungen durchsetzen.

Die Einsichtnahme in die Daten war in der Studie allgemein betrachtet mehr „breit“ als „tief“. Ursache könnte darin liegen, dass ProbandInnen weder mit den Visualisierungssystemen, noch mit den spezifischen Genen gut vertraut waren. Um tiefere Einsichten gewinnen zu können, ist daher ein höheres Maß an Vertrautheit mit den Daten erforderlich.

Ergebnisse der Studie deuten weiteres darauf hin, dass die Motivation der AnwenderInnen ein wichtiger Faktor in der Insight-Gewinnung ist. Sobald ProbandInnen eine hohe Motivation zeigten, suchten diese tiefgehender nach Details in den Daten, während weniger motivierte TeilnehmerInnen an der Oberfläche verharrten und nur allgemeine Effekte in den Daten ausforschten.

Comparing Benchmark Task and Insight Evaluation Methods on Timeseries Graph Visualizations (Saraiya, North & Duca 2010)

Purvi Saraiya, Chris North, Karen Duca

Inhalt

Eine Aufgabe der BioinformatikerInnen ist es Unmengen von Daten aus so genannten *Microarray-Experimenten* zu untersuchen, um Genexpressionsdaten erforschen zu können. Eine passende Visualisierung soll die Analyse der Daten erleichtern. Drei Varianten von Graphen wurden näher betrachtet. Dargestellt werden Gene, deren Zustände zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen werden. Abhängig von den Werten der Gene, erhalten diese eine entsprechende Färbung. Insgesamt wurden in dieser Studie die Zustände der Gene zwölf Mal gemessen – somit gibt es zwölf Timepoints.

Die *Single Timepoint-Visualisierung* zeigt einen einzigen Timepoint. Alle weiteren Timepoints sind in diesem Augenblick nicht sichtbar, doch kann jeder Timepoint separat durch die Nutzung eines Schiebreglers analysiert werden. Die *Multiple Timepoint-Visualisierung* bietet in einer einzigen Darstellung alle zwölf Timepoints an. Die *Multiple Graph-Visualisierung* unterscheidet sich dahingehend, dass zwar alle zwölf Timepoints gleichzeitig vorliegen, doch diese durch zwölf getrennte Darstellungen auf der Bildschirmfläche repräsentiert werden.

Zusätzlich zur Untersuchung der Graphen-Visualisierungen sollten Stärken und Schwächen in unterschiedlichen Evaluierungsmethoden gefunden werden. Schwerpunkt lag auf der *Benchmark Task-Methode* – diese bezieht sich auf die Messung der Ausführungszeit sowie Fehlerrate von ProbandInnen bei der Erfüllung von Testaufgabenstellungen – und der so genannten *Insight-Methode* – diese sammelt jene Informationen, die den Aspekt „Einblicke in die Daten“ abdecken sollen. Der Frage, welche Evaluierungsmethode mehr Auskünfte über die Effizienz gegebener Informationsvisualisierungen anbieten kann, sollte in dieser Studie nachgegangen werden.

Visualisierungstechnik

- Drei Formen von Graphenvisualisierungen
 - Single Timepoint
 - Multiple Timepoint
 - Multiple Graphs

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- Fokus & Kontext
- Scrollen

Evaluierungsvorgehen

- Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate
- *Thinking-aloud*

Ergebnisse der Studie

Aus den Ergebnissen der Studie konnte allgemein herauskristallisiert werden, dass positive Knoten in den Visualisierungen offensichtlicher waren als negative Knoten, die Kennzeichnungen der Timepoints nicht offensichtlich waren und die Wahl der Farbskala für TeilnehmerInnen der Studie doch ungewohnt war und seltsam erschien.

Werden die drei Visualisierungen genauer betrachtet, so hat sich ergeben, dass die Single Timepoint-Visualisierung vorteilhaft ist, wenn einzelne Timepoints untersucht werden müssen. Somit wird insbesondere die Timepoint-Analyse unterstützt. Unabhängig von den Testaufgabenstellungen war das Arbeiten mit dieser Visualisierungsform durchwegs gut und ProbandInnen befassten sich gerne und auch länger mit dieser. Dass sich AnwenderInnen mehr Zeit hierbei nahmen, lässt sich daraus erklären, da die Darstellung interaktiver war als die anderen beiden Visualisierungen und die Testpersonen dies sehr mochten.

Das schnelle Finden von Ausreißern ist die Stärke der Multiple Timepoint-Visualisierung. Dagegen ist die Darstellung für die Timepoint-Analyse nicht geeignet. Da alle zwölf Timepoints auf einmal und in Form eines einzigen Graphen gezeigt werden, ist das Gesamtbild einzelner Timepoints schwierig zu erkennen. Daher bietet diese Visualisierung zwar eine hilfreiche Übersicht auf alle Timepoints, sodass zugrunde liegende Strukturen gut sichtbar werden, doch besteht ein Mangel in der Darbietung von Details, welche tiefergehend auf die Untersuchung der einzelnen Timepoints eingehen sollten.

Die Multiple Graph-Visualisierung war weitestgehend enttäuschend. Die einzig zu erwähnenden Stärken sind, dass interessante Timepoints entdeckt und grundlegende Aussagen über die Experimentzustände gemacht werden können. Beispielsweise sind Unterschiede in der Genexpression zwischen Rauchern und Nicht-Rauchern erkennbar und Schlussfolgerungen wie etwa „Insgesamt haben Nicht-Raucher eine positivere

Genexpression als Raucher“ können aufgestellt werden. Grenzen sind gesetzt, wenn BetrachterInnen auf einzelne Gene eingehen wollen.

Zusammengefasst können beide Evaluierungsvorgehensweisen – die Benchmark Task-Methode und die Insight-Methode – zu wertvollen Erkenntnissen führen. Nichtsdestotrotz hat die Studie auch zeigen können, dass sie hinderliche Faktoren mit sich bringen.

Für die Benchmark Task-Methode ist ein wohl durchdachter Satz an die Testaufgabenstellungen unerlässlich und stellt die Basis der Methode dar. Die Ergebnisse beziehen sich auf den Aspekt, ob die Eigenschaften von Visualisierungen in der Lage sind, spezifische Aufgaben zu unterstützen. Die vorgegebenen Testaufgaben kennzeichnen auch die Grenzen dieser Evaluierungsmethode. Durch die strikte Ausführung und den Aufgabenstellungen, welche sich auf konkrete Faktoren beziehen, sind unerwartete Ergebnisse, welche sich möglicherweise nicht explizit auf die Aufgabe beziehen, selten. Damit kann die Methode auf Detailinformationen von Visualisierungen besser eingehen als eine breite Untersuchung vorzunehmen.

Die Insight-Methode will verdeutlichen, wie AnwenderInnen die Visualisierungen nutzen, um Daten zu analysieren und worauf sich diese eventuell besonders konzentrieren oder Informationen nicht wahrnehmen. Zu beachten ist, dass nur, weil möglicherweise Insights von AnwenderInnen nicht genannt werden, das nicht heißt, dass die Visualisierung die Insightgenerierung nicht unterstützt. Es heißt viel mehr, dass die Insightgenerierung variiert. Manche Insights können durch die Visualisierung besonders offensichtlich und schnell gewonnen werden, hingegen andere werden weniger unterstützt und deshalb vielleicht nicht so häufig erwähnt.

Die Resultate der Insight-Methode sind davon abhängig, was TeilnehmerInnen der Studie tatsächlich erwähnen. Die Gefahr besteht, dass ProbandInnen Kommentare aus Gründen der Selbstverständlichkeit oder dem Eindruck, eine Information sei nicht wirklich relevant, nicht verbalisieren. Folglich könnten positive oder negative Eigenschaften der zu untersuchenden Visualisierung nicht aufkommen oder gar falsche Erkenntnisse entstehen.

Vorteilhaft ist, dass bei dieser Methode der Grad der Motivation von ProbandInnen leichter zu erkennen ist. Das ist wichtig, um einschätzen zu können, ob TeilnehmerInnen der Studie sich tiefgehender mit den Visualisierungen beschäftigen oder oberflächlich nach Antworten auf Testaufgabenstellungen suchen.

Aligning Temporal Data by Sentinel Events: Discovering Patterns in Electronic Health Records (Wang et al. 2008)

Taowei David Wang, Catherine Plaisant, Alexander J. Quinn, Roman Stanchak, Ben Shneiderman, Shawn Murphy

Inhalt

Zeitlich orientierte Datenbanken – darunter fallen auch elektronische Patientenakten – beinhalten für reichliche Informationen, welche für diverse Bereiche der Medizin relevant sind. Doch Hinweise auf Muster in den Daten sind oftmals nicht eindeutig zu erkennen. Solche versteckten Muster sind ausschlaggebend für das Entdecken von Ursache-Wirkungs-Phänomenen. Zumeist werden für die Suche traditionelle Anfragesprachen und tabellarische Darstellungen genutzt. Allerdings können solche Hilfsmittel nur begrenzt Unterstützung bieten. Durch eine neue Idee sollte die Herausforderung der Suche nach Mustern erleichtert werden. So wurden Anfrageformulierungen durch weitere Operationen – dem sogenannten *Alignment*, dem *Ranking* und dem *Filtern* der Ergebnisse erweitert. Ein zusätzliches Angebot sind *Gültigkeitsintervalle*. Diese werden dargestellt, um Schätzungen von Intervallen der Gültigkeit der Daten sichtbar zu machen. Die daraus entstehenden Vorteile sollen mittels einer Evaluierung, bestehend aus zwei Teilen, zum Vorschein kommen. Anhand einer quantitativen Studie werden grundlegende Vorzüge der neuen Operationen festgestellt, sowie Strategien der AnwenderInnen beobachtet. Darauffolgend werden Meinungen, Vorschläge oder sonstige Kommentare von erfahrenen MedizinerInnen durch Interviews gesammelt.

Visualisierungstechnik

- *Lifelines2* (Zeitlinienvisualisierung)

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Alignment, Ranking, Filter*
- *Zoom & Pan*
- *Scroll-Funktion*

Evaluierungsvorgehen

- Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate
- Beobachtung der ProbandInnen
- Anschließend sollen ProbandInnen einen Fragebogen zum Festhalten ihrer Zufriedenheit ausfüllen
- Interview von erfahrenen MedizinerInnen
- *Thinking-aloud*

Ergebnisse der Studie

Die Visualisierung von elektronischen Patientenakten war bald zu verstehen und das Erscheinungsbild ansprechend. Insbesondere von Seiten erfahrener MedizinerInnen konnte durch ihr Feedback festgestellt werden, dass das Interface so gestaltet war, dass schnell und einfach nachvollzogen werden konnte, wie damit zu arbeiten ist und wie nach Informationen gesucht werden kann.

Alignment stellte sich als eine äußerst hilfreiche Methode heraus, um Daten schnell und effizient analysieren zu können. Beobachtungen konnten aufdecken, dass ProbandInnen der Studie, Alignment gegenüber Filterung und Ranking prinzipiell bevorzugten. Falls diese Funktion nicht verfügbar war, wurde zumeist auf Filterung zurückgegriffen. Ranking wurde weitestgehend nicht eingesetzt. Obwohl die Testresultate keine eindeutigen Hinweise liefern, dass Alignment herausragend ist, hat sich gezeigt, dass AnwenderInnen doch zu weniger Fehlern tendieren.

Geltungsintervalle (intervals of validity) waren zwar meist hilfreich, jedoch wurde ihnen in Bezug auf die Unterstützungskraft für die Wahrnehmung nicht derartiges Gewicht zugeschrieben, wie Alignment. Aus Interviews mit erfahrenen MedizinerInnen ging hervor, dass der grundlegende Einsatz dieser Geltungsintervalle durchaus von Vorteil sein kann, doch Unsicherheiten würden entstehen, da nicht bekannt ist, von wem diese Intervalle aufgestellt wurden. Günstiger wäre, wenn die Möglichkeit angeboten wird, selbst Intervalle definieren und hinzufügen zu können.

Allgemein konnten die Resultate aus der Studie darlegen, dass Alignment AnwenderInnen helfen konnte, Daten schneller untersuchen zu können. Ein Geschwindigkeitszuwachs von etwa 60% konnte erreicht werden.

Visual Information Seeking in Multiple Electronic Health Records: Design Recommendations and a Process Model (Wang, Wongsuphasawat, & Plaisant 2010)

Taowei David Wang, Krist Wongsuphasawat, Catherine Plaisant, Ben Shneiderman

Inhalt

Einleitend beschreiben Wang, Wongsuphasawat, & Plaisant (2010, p. 46) die derzeitige Situation bezüglich des Umgangs mit elektronischen Patientenakten übersichtlich:

Current electronic health record (EHR) systems facilitate the storage, retrieval, persistence, and sharing of patient data. However, the way physicians interact with EHRs has not changed much. More specifically, support for temporal analysis of a large number of EHRs has been lacking. A number of information visualization techniques have been proposed to alleviate this problem. Unfortunately, due to their limited application to a single case study, the results are often difficult to generalize across medical scenarios.

Mit der Untersuchung von *Lifelines2* in Form von acht medizinischen Fallstudien soll nun diese Lücke ein wenig gefüllt werden. *Lifelines2* stellt dabei eine Visualisierung dar, welche sich auf die Bewältigung einer Vielzahl an elektronischen Patientenakten konzentriert und durch ihre Eigenschaften die Analyse der zeitbasierten und vorwiegend kategorischen Daten erleichtern soll. Die Ergebnisse der Studie sollen insbesondere für zukünftige Anwendungen Nutzen bringen und vor Augen führen, welche Problematiken und Bedürfnisse von Seiten der AnwenderInnen im Raum stehen und eventuell weiter erforscht werden sollten.

Visualisierungstechnik

- *Lifelines2*

Interaktionstechnik /unterstützende Faktoren

- *Alignment, Rank, Filter*
- *Temporal Summary*
- *Vergleiche*
- *Selektion, Gruppierung*
- *Zoom-Funktion*
- *Scroll-Möglichkeit*
- *Time Range Slider, verändere Detailgenauigkeit, Collapse, Aufspannung*

Evaluierungsvorgehen

- Beobachtung über zweieinhalb Jahre, wobei das Handlungsverhalten der ProbandInnen dokumentiert und Kommentare gesammelt werden

Ergebnisse der Studie

Das so genannte *ARF-Framework* setzt sich aus drei Interaktionsoptionen zusammen – dem Alignment, dem Ranking und dem Filter. Diverse Ranking-Optionen sowie Filteroptionen stehen für die Analyse der Patientenakten zur Verfügung. Alignment ist eine zusätzliche Technik, welche bewirkt, dass sich eine Ansammlung von PatientInnen nach spezifischen Kriterien, welche von AnwenderInnen gewählt werden können, ausrichten. Diese Ausrichtung hilft MedizinerInnen, sich müheloser orientieren zu können und Daten entlang der Ausrichtung schneller und effizienter zu untersuchen bzw. PatientInnen leichter miteinander vergleichen zu können

Obwohl der Filter grundsätzlich am Häufigsten angewendet wurde, erwies sich Alignment als vorteilhaft und war ebenso ein äußerst beliebtes Mittel für Analysen. Rangordnungen wurden zwar nicht abgelehnt, jedoch schienen sie zumeist für die Untersuchungen der Daten nicht notwendig zu sein. Daher wurden sie entsprechend selten genutzt. Die Bedeutsamkeit des Alignments trat zusätzlich in der Anwendungshäufigkeit von Kombinationen der drei Optionen in den Vordergrund. Sobald in Kombination Alignment zur Verfügung stand, wurden diese gegenüber anderen Varianten ohne Alignment bevorzugt.

Die Möglichkeit der Ausrichtung der Daten durch spezifische Merkmale scheint eine nützliche Funktion für das Arbeiten mit zeitbasierten Daten zu sein. Die AutorInnen schlagen vor diesen Ansatz weiter zu verfolgen.

Nichtsdestotrotz nehmen Detaildarstellungen ausgewählter Daten einen eigenen Stellenwert ein. Analysten brauchen wie es scheint, gesonderte Bestätigung dafür, dass Daten tatsächlich komplett vorhanden sind und Informationen nicht verloren gegangen sind. Sie schenken primär dem Vertrauen, was sie selbst überprüft und gesehen haben. Aus diesem Bedürfnis heraus nutzten ProbandInnen auffallend häufig das Scrolling. In keiner Testphase der Studie verzichteten TeilnehmerInnen auf diese Option. Ebenso wurde häufig die Option Zoom in ausgeführt, welches bestätigt, dass ins Detail gehende Informationen über die Daten für die Analyse von einer großen Anzahl von elektronischen Patientenakten relevant sind - insbesondere für das oben genannte bestätigende Gefühl, alle Daten vorliegen zu haben und zusätzlich diverse Nachforschungen vornehmen zu können.

Generell sollte daher der Notwendigkeit für die Darstellung von Details in Informationsvisualisierungen, welche sich auf die Erforschung elektronischer Patientenakten konzentrieren, ebenfalls nachgegangen werden.

Zu einer Übersicht gelangten ProbandInnen in Form der temporal Summaries. Diese war jedoch die einzige Option, welche den Aspekt der Übersicht umgesetzt hat. Die Resultate der Studie zeigten, dass eine solche Ansicht oftmals erwünscht war und TeilnehmerInnen lange in dieser Darstellung verweilten, um sich etwa mit Veränderungen der Daten durch Filteroptionen vertraut machen zu können. Da nun die Neigung zu Tage gekommen ist, dass AnwenderInnen eine gute Übersicht für das allgemeine Verständnis der Daten, sowie für das Nachvollziehen der Bedeutung von Neuordnungen nach Durchführungen diverser Operationen brauchen, sollten zukünftig weitere Optionsmöglichkeiten dahingehend angeboten werden.

Um eine tiefe Suche nach bedeutsamen Informationen in den Daten zu gewährleisten, stehen mehrere Datenoperationen zur Verfügung. Diese haben den Zweck eine Art verzweigte Erforschung der Daten zu ermöglichen – unterschiedliche Wege sollen damit eröffnet werden. Besonders gerne wurden die Operationen Save Group und Change Group angewendet. Laut den Resultaten der Studie wurde Save Group eindeutig öfters gewählt als Change Group. Um Unklarheiten zu entgehen, sei darauf hingewiesen, dass sobald eine neue Gruppe erzeugt wurde, die Operation Change Group nicht zusätzlich explizit ausgeführt wurde, da die Gruppe schon automatisch geöffnet wurde. Damit gebrauchten AnwenderInnen die Operation Change Group nicht so oft wie Save Group. Die angebotenen Operationen stellen zwar erste Schritte für die Unterstützung des Analyseprozesses dar, doch sind diese allein noch nicht ausreichend. Weitere und effizientere Möglichkeiten sollten erforscht werden.

Eine bekannte Problematik in der Informationsvisualisierung stellt die große Menge an Daten und deren sinnvolle Darstellung dar. Analysten, welche sich mit der Untersuchung elektronischer Patientenakten auseinandersetzen, wünschen sich – wie auch andere, welche mit zeitbasierten Daten konfrontiert werden – alle Informationen auf der verfügbaren Bildschirmfläche auf einen Blick und mit einer hohen Informationsdichte dargelegt zu bekommen. Es lohnt sich daher, Verbesserungen bezüglich der Darstellung hoher Informationsdichten finden zu wollen, sodass damit etwa ein unentwegtes Scrollen vermieden werden kann.

3. Die Evaluierung

Im Laufe der Zeit hat die Bedeutung der Informationsvisualisierung deutlich zugenommen, und um dem Wunsch nachzugehen, zukünftig fähige Techniken erwarten zu können, sind Evaluierungen unentbehrlich.

Durch Evaluierungen von Informationsvisualisierungen gelangen Forscher zu Kenntnissen betreffend der Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit diverser Visualisierungen. Dieses Wissen wird benötigt, um festzustellen, inwiefern eine Technik in der Lage ist, AnwenderInnen in ihrem Arbeitsprozess zu unterstützen. Es gilt zu entdecken, wo Möglichkeiten, aber auch Grenzen von Darstellungsvarianten liegen, soll schließlich zeigen, in welchem Ausmaß die Interpretation und das Verständnis von Daten erleichtert werden kann und soll Ideen für Verbesserungen bestehender Techniken oder neue Visualisierungsformen aufkeimen lassen (Pillat, Valiati & Freitas 2005).

In diesem Kapitel soll ein Überblick geschaffen werden, der zeigt Evaluierungen von Informationsvisualisierungen grundlegend gestaltet werden, welche und wie häufig Evaluierungsmethoden genutzt werden und welche spezifischen Methoden Potential zeigen, um die Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit von Informationsvisualisierungen festzustellen.

3.1. Evaluierungsvorgehen – die Gestaltung

Informationsvisualisierungen werden entwickelt, um Einblicke – so genannte *Insights* - in eine große Menge von Daten zu ermöglichen. Inwieweit sie dazu fähig sind und wo Ansätze für Verbesserungen zu finden sind, soll durch Evaluierungen festgestellt werden.

Für zufriedenstellende Beurteilungen von Visualisierungen sind jene Informationen wesentlich, welche dem Verständnis für die Art und Weise, wie ein Mensch zu Einsichten gelangt und welche Faktoren ihn auf diesem Weg beeinflussen, nachgehen. Um nachvollziehen zu können, wann und warum eine Visualisierungstechnik besser oder schlechter ist, ist es wichtig Bedürfnisse der AnwenderInnen herauszufinden.

Nach dem Erscheinen einiger Visualisierungstechniken wurden erste Evaluierungen von Informationsvisualisierungen durchgeführt. Jedoch zeigten Versuche schon bald, dass das

Erfassen der Benutzerfreundlichkeit und Effizienz sich als eine unvorhergesehene Herausforderung entpuppte.

Bis heute steht in Diskussion, welche Evaluierungsmethoden eingesetzt werden sollten, damit ein Blick hinter die Kulissen geworfen werden kann und festgestellt werden kann, welche Informationsvisualisierungen Potential aufweisen.

Gesammelte Auskünfte darüber, welche Methoden für eine Evaluierung eingesetzt werden, sind äußerst hilfreich, sodass erkannt werden kann, welche Methoden oft oder selten zur Anwendung kommen und ob neue Möglichkeiten der Evaluierung fähig sind, nützliche Informationen bieten zu können.

In der Tat werden zwar Evaluierungen durchgeführt, doch ist oftmals nur zu erahnen, welche spezifischen Methoden eingesetzt wurden. Dies erschwert den Weg herauszufinden wie gut Evaluierungsmethoden darin sind, einen Zugang zum Verständnis des Erkenntnisprozesses des Menschen bei Analysen zu schaffen und Informationen zur Beurteilung von Visualisierungen zu bieten. Bereits bestehendes Wissen bleibt somit vielleicht im Verborgenen.

3.1.1. Allgemeine Betrachtung

Die meisten Studien fanden im Zeitraum von 2000 bis 2010 statt, wobei fortwährend weitere durchgeführt werden. Vorwiegend konzentrieren sich diese auf Grundlagenforschungen, um spezifische Aspekte von Visualisierungen zu ergründen. Wenige erwähnen, in welchen Bereichen eine Informationsvisualisierung eventuell zum Einsatz kommen könnte. Wäre es zu erkennen, dass Einsatzgebiete wie etwa Information Retrieval oder Soziologie gestreift werden. Einmal wird das Anwendungsgebiet Medizin angesprochen.

Das folgende Diagramm (Abb. 3) illustriert, dass durchschnittlich 19 Personen an Studien teilnehmen. Sowohl Personen, welche entweder keine oder geringe Fachkenntnisse, Computerkenntnisse bzw. Erfahrungen mit Informationsvisualisierungen vorweisen können, als auch Personen, welche Experten in ihrem Gebiet sind, werden herangezogen. Vorwiegend nehmen Studierende teil, welche in die erste Kategorie fallen – demnach zumeist unerfahren sind.

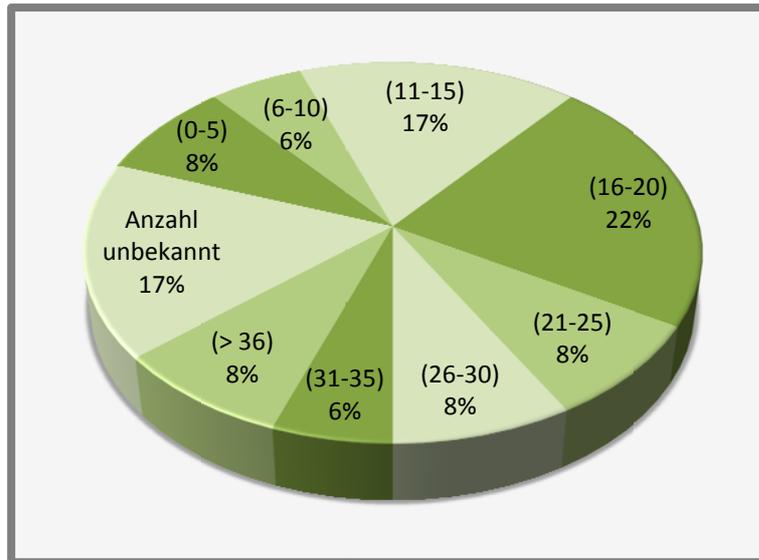


Abb. 3: Anzahl von ProbandInnen von 36 Studien

In welcher Form einer grundlegenden Fragestellung der Studie nachgegangen wird, variiert. In den meisten Fällen werden mehrere Visualisierungstechniken oder Visualisierungssysteme miteinander verglichen. Eine Variante ist, eine Neuentwicklung mit einer traditionellen Darstellungsform zu vergleichen, um die zu eigen liegenden Fähigkeiten und Grenzen der Neuentwicklung in den Vordergrund bringen zu können. Solche Ergebnisse sind nützlich, um sowohl Vor- und Nachteile aller in der Evaluierung begutachteten Informationsvisualisierungen aufzudecken, als auch neue Ideen für zukünftige Gestaltungen von Techniken aufkeimen zu lassen. Beispielsweise wurde TreePlus entwickelt und mit der Informationsvisualisierung GraphPlus verglichen (Lee et al. 2006). GraphPlus stützt sich auf eine herkömmliche Darstellungsform eines Graphen, während für TreePlus als Basis eine Baumstruktur für die Darstellung gewählt wurde. Trotz der vielfältigen integrierten Eigenschaften, welche das Lesen des Graphen in Form eines Baumes erleichtern würde, herrschten von Seiten der EntwicklerInnen Unsicherheiten, ob eine derartige Umsetzung tatsächlich zufriedenstellend sei. Damit war die Gestaltungsform ein ungewöhnlicher Ansatz, welcher jedoch schlussendlich von AnwenderInnen nicht abgelehnt wurde. Die neuartige Herangehensweise wirft interessante Aspekte auf. Die Erfahrungen damit können durchaus dienlich sein.

Eine andere Möglichkeit ist, mehrere bereits länger genutzte Visualisierungen nebeneinanderzustellen. Verschiedene Darstellungstechniken zu betrachten, hilft grundlegende Stärken und Schwächen einzelner Informationsvisualisierungen herauszufiltern. Steht etwa der Wunsch im Raum, eine passende Visualisierung finden zu wollen, können in Frage stehenden Darstellungsformen gegenübergestellt und analysiert werden. Barlow &

Neville (2006) haben beispielsweise eine geeignete kompakte Ansicht zur Darstellung von Bäumen entdeckt, indem vier Varianten untersucht wurden. Sollten eventuell allgemeine Zweifel oder Unschlüssigkeit bezüglich der Brauchbarkeit von bestehenden Visualisierungstechniken auftauchen, so kann diese Form der Untersuchung ebenfalls hinweisende Informationen bieten.

Etwas weniger häufig werden Informationsvisualisierungen alleinstehend – damit ohne Vergleich mit anderen Visualisierungstechniken – untersucht. Dabei stehen des Öfteren spezifische oder neuartige Merkmale bzw. Funktionen der Visualisierungen im Mittelpunkt, wie in der Studie von Wang et al. (2008). Hierbei wird insbesondere auf das in die Visualisierung integrierte Angebot des *Alignments* und des so genannten *Intervals of Validity* (Gültigkeitsintervalls) eingegangen. Der Wirkung der Dimension auf den Grund zu gehen, wie beispielsweise in den Studien von Cockburn & McKenzie (2001) oder Sebrechts et al. (1999), wird ebenso manches Mal erforscht. Ein weiterer Schwerpunkt könnte die Untersuchung der Auswirkung von Animation auf den Menschen sein. Auf diesen Aspekt gehen etwa Bladh, Carr & Kljun (2005) und Donskoy & Kaptelinin (1997) ein.

3.1.2. Die Bedeutung der Motivation

Aus den Evaluationen ging hervor, dass für einen positiven Verlauf einer Studie der Aspekt der Motivation nicht außer acht gelassen werden sollte.

Saraiya, North & Duca (2005) merken etwa an, dass sich Motivation auf den Prozess der Insight-Gewinnung auswirkt. Das aufmerksame Durchforsten der Testdaten, sowie die Bereitschaft, tiefer in den Daten nach Antworten zu suchen, ist abhängig von der Art der Daten. Das Interesse kann gehoben werden, sobald vertraute, eigene oder spannende Daten in der Studie verwendet werden. So nutzten etwa Burch et al. (2008) einen gut bekannten und leicht zu erklärenden Datensatz als Motivation für ProbandInnen der Studie.

Um die Teilnahme an einer Studie grundsätzlich reizvoll zu gestalten, wurde des Öfteren Geld angeboten. Die positive Reaktion ist, dass sich Personen bereit erklären, an der Studie teilnehmen zu wollen. Ein Gefahrenpunkt ist, wenn beobachtet wird, dass die Testpersonen scheinbar allein wegen des Geldes teilnehmen und kein großes Bemühen in der Bewältigung der Testaufgaben investiert wird. Eine Möglichkeit letztgenannten entgegenzuwirken, wäre, eine Art Wettkampf vorzuschlagen. Lee et al. (2006) boten für die Teilnahme an der Studie Geld an und zusätzlich wurde jener Person, welche die höchste Ausführungszeit und die geringste Fehlerrate erreicht, ein Bonus in Aussicht gestellt.

Ebenso ist das Wohlbefinden ein wichtiger Teil der Motivation und geht einher mit Verhaltensgewohnheiten. Basiert die Evaluation etwa auf *Eye-Tracking*, muss eine entsprechende Apparatur am Kopf befestigt werden. ProbandInnen können eventuell ihren Kopf nicht bewegen oder sind in der Bewegungsfreiheit eingeschränkt (Burch et al. 2008; Calitz, Pretorius & Darelle Van Greunen 2009). Diese Gegebenheit kann die Resultate der Studie beeinflussen. So kann auch die Aufforderung, laut zu denken, ProbandInnen ungewöhnlich erscheinen. Unsicherheiten entstehen, was gesagt werden sollte. Einiges wird eventuell auch nicht angesprochen, da es als selbstverständlich gesehen wird. Der Bedarf an Bestätigung tritt hervor. Zusätzlich vergessen immer wieder Testpersonen tatsächlich alles zu erzählen. Sie fallen in ihre alte Gewohnheit, nicht beim Arbeiten zu reden, zurück (Usability-Diplomarbeit.de).

Zu empfehlen ist, das Wohlbefinden zu steigern, indem beispielsweise die Apparatur für die Blickerfassung erklärt wird und damit die Anstrengung nicht zu groß wird, in der Testphase kurze Pausen einzuplanen (Calitz, Pretorius & Darelle Van Greunen 2009). Hinsichtlich des laut Denkens sollten TeilnehmerInnen der Studie – wie oben erwähnt – beispielsweise immer wieder darauf hingewiesen werden, auf das Sprechen nicht zu vergessen und darin bestärkt werden, alles frei sagen zu können (Usability-Diplomarbeit.de).

3.1.3. Der Mangel an Empfehlungen

Für die Durchführung hinsichtlich einzelner Evaluierungsmethoden sind Empfehlungen bzw. Leitlinien vorteilhaft, sodass mit einem Erfolg der Studie zu rechnen ist. So sollte StudienleiterInnen bewusst sein, worauf sie sich einstellen müssen, wenn eine Evaluation bevorsteht. Es sollte klar definiert sein, auf welche Aspekte zu achten ist und auf welchen Vorerfahrungen sie aufbauen können, um die Durchführung erfolgreich zu gestalten. Schlussendlich sollen mit derartigen Informationen aufschlussreiche Ergebnisse von Informationsvisualisierungen gewonnen werden können. Mazza (2006) spricht jedoch beispielsweise einen Mangel von Empfehlungen bezüglich Fokusgruppen an. In der vorhandenen Literatur konnten keine universellen Empfehlungen für die Anzahl an Personen pro Gruppe und für die Anzahl an Gruppen gefunden werden. Daher besteht diesbezüglich noch ein Mangel.

3.2. Die Evaluierungsmethoden

Verschiedenste Methoden wurden für die Evaluierung von Informationsvisualisierungen herangezogen. Einige dieser werden oft für Studien genutzt, andere wiederum selten. Wie häufig Evaluierungsmethoden genutzt werden, soll einerseits Einblicke geben, welche spezifischen Methoden eingesetzt werden und andererseits, welche anderen Methoden Potential zeigen, weitere Informationen über die Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit von Informationsvisualisierungen aufdecken zu können.

3.2.1. Die Verteilung der Methoden

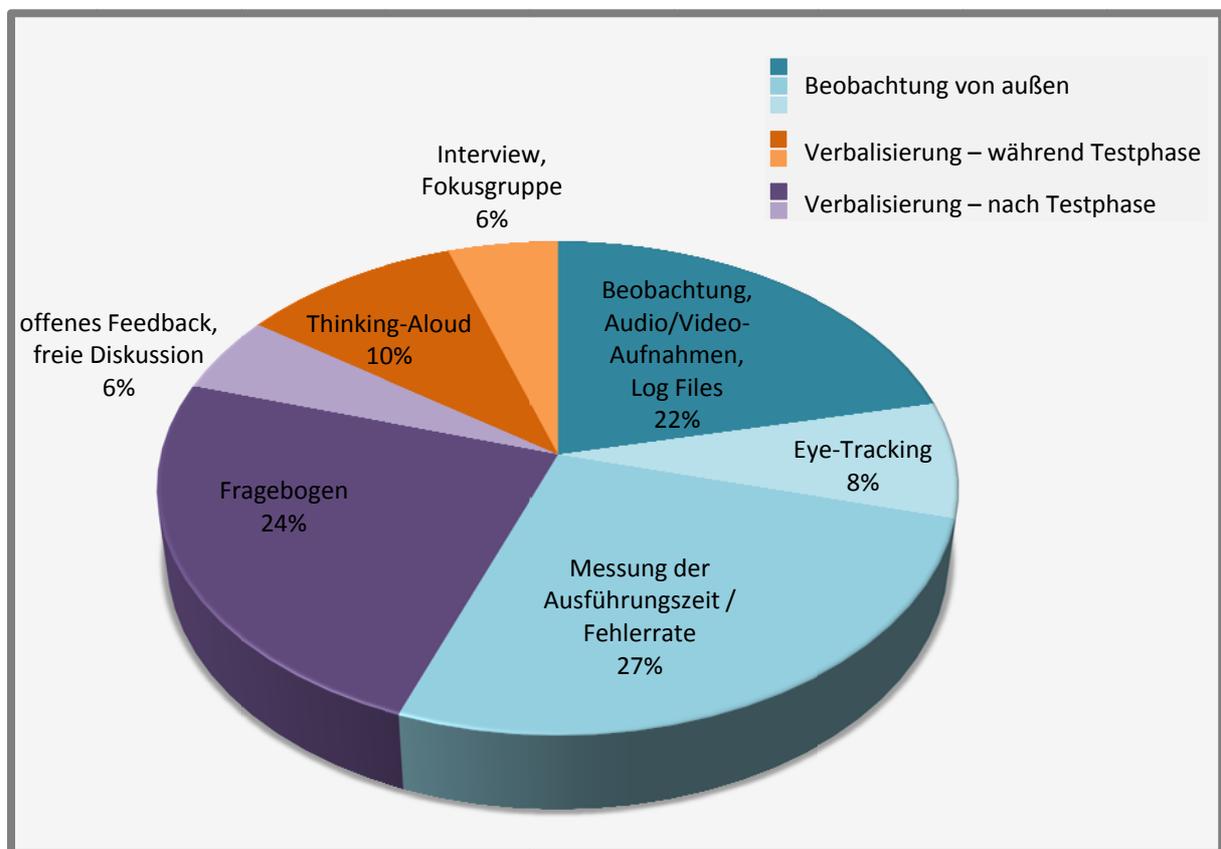


Abb. 4: Verteilung der Evaluierungsmethoden

Dieses Diagramm (Abb. 4) gibt einen Überblick jener Evaluierungsmethoden, welche vorwiegend zum Einsatz gekommen sind. Drei Gruppen – *Beobachtung von außen*, *Verbalisierung – während Testphase* und *Verbalisierung – nach Testphase* – dienen einem leichteren Verständnis für die Gegebenheit, zu welchem Zeitpunkt genannte Methoden durchschnittlich zur Anwendung gekommen sind. Die Gruppen unterscheiden sich durch die

Aspekte, ob TeilnehmerInnen einer Studie von anderen Personen beobachtet werden bzw. ihre Tätigkeiten aufgenommen und gemessen werden oder ob ProbandInnen von sich aus Kommentare abgeben und diese gesammelt und ausgewertet werden.

Beobachtung von außen – Verhaltensweisen von ProbandInnen können von außen beobachtet und gemessen werden.

Die *Messung der Ausführungszeit und Fehlerrate* wird seit Anbeginn der Evaluierungen von Informationsvisualisierungen gerne und überwiegend als Methode gewählt. Grund dafür ist sowohl die Vertrautheit im Umgang mit dieser Methode, als auch der geringe Aufwand und Materialbedarf.

Für ein tieferes Verständnis der Aktivitäten von AnwenderInnen stellen *Beobachtungen, Audio/Video-Aufnahmen und Log-Files* ein hilfreiches und ebenfalls beliebtes Mittel dar. Um relevante Details nicht zu verpassen und ein möglichst umfassendes Bild der Handlungen von ProbandInnen zu erhalten, werden entweder TeilnehmerInnen der Studie von mehr als einer Person beobachtet oder Audio/Video-Aufnahmen bzw. Log-Files werden geführt, um eine spätere Analyse vorzunehmen. Eine Kombination der Methoden kann ebenso gegeben sein. *Eye-Tracking* – die Blickerfassung, welche Augenbewegungen aufzeichnet – erwies sich als nützliche Methode, um den Analyseprozess beim Betrachten von Visualisierungen erfassen zu können. Aus dieser Information heraus können gemeinsam mit Resultaten anderer Evaluierungsmethoden, wichtige Erkenntnisse über Ursachen von Problematiken von Darstellungsformen erhalten werden (Calitz, Pretorius & Darelle Van Greunen 2009). Aus dem Diagramm ist zu erkennen, dass Eye-Tracking eher selten eingesetzt wurde. Dies könnte aufgrund des hohen Aufwandes sein. Aus den Evaluationen, in denen Eye-Tracking eingesetzt wurde, ist nachzuvollziehen, dass einiges beachtet werden muss, um einen reibungslosen Ablauf gewährleisten und alle Faktoren, welche Einfluss auf die Resultate der Studie haben könnten, mit einzubeziehen zu können.

Obwohl diese Methode einen vielleicht etwas erschreckenden, negativen Beigeschmack bezüglich des Aufwandes mit sich bringt, erwähnen Studienleiter, dass die Analyse der Augenbewegungen förderlich für das Erfassen der Benutzerfreundlichkeit von Informationsvisualisierungen ist (Calitz, Pretorius & Darelle Van Greunen 2009; Goldberg & Helfman 2010). Nach Angabe der zitierten AutorInnen würde sich demnach der Aufwand lohnen.

Verbalisierung – Gedanken sind ein wertvolles Gut. Um Strategien und Handlungen von Personen besser nachvollziehen zu können und zu begreifen, warum ein Merkmal oder eine Eigenschaft einer Visualisierung hilfreich oder doch störend für den Analyseprozess ist, sollen Gedanken und Meinungen niedergeschrieben oder ausgesprochen werden. Entweder werden ProbandInnen durch konkrete Fragestellungen geleitet, welche verbal oder schriftlich beantwortet werden, oder sie sollen sprichwörtlich „alles sagen, was ihnen durch den Kopf geht“.

- **Verbalisierung – während Testphase:** Einige Methoden werden eingesetzt, sodass Überlegungen und Begründungen für Handlungen vorwiegend während des Tests verbalisiert werden.

Obwohl die Auswertung mit höherer organisatorischer Mühe und mehr Zeitaufwand verbunden ist, wird *Thinking-Aloud* gelegentlich eingesetzt, um den Gedankenprozess und Vorgehensweisen ergreifen und besser verstehen zu können, indem ProbandInnen während der Interaktion mit einer Visualisierung mitsprechen. *Interviews* oder *Fokusgruppen* wurden selten durchgeführt.

- **Verbalisierung – nach Testphase:** Visualisierungen werden für den Menschen entwickelt – daher wird seine persönliche Ansicht auch geschätzt.

Diese Methoden bieten Raum, Vorgehensweisen Revue passieren zu lassen und Erklärungen für Handlungen zu finden. Insbesondere kann eine subjektive Meinung über die Effizienz und Benutzerfreundlichkeit von Visualisierungen erfasst werden. Folglich wird in vielen Fällen am Ende der Studie ein *Fragebogen* ausgeteilt. Um Auswertungen einfach zu gestalten, werden zumeist Antwortmöglichkeiten in Form einer Skala vorgelegt. Weniger häufig wird die Möglichkeit von *offenem Feedback* und *freie Diskussionen* angeboten.

3.2.2. Neue Wege der Evaluierung von Informationsvisualisierungen

Die Eigenschaften und Grenzen der Fähigkeiten von Informationsvisualisierungen werden erst seit einigen Jahren kritischer als zuvor unter die Lupe genommen, da Informationsvisualisierungen an Bedeutung gewonnen haben und mittlerweile schon weitreichend zur Anwendung kommen.

Umso wichtiger ist nun, alle Möglichkeiten einzelner Techniken messen zu können, sodass mit Hilfe dieses Wissens die Effektivität und Nützlichkeit von Informationsvisualisierungen

erkannt werden kann und darauf aufbauend, verbesserte oder neue Visualisierungstechniken entwickelt werden können.

Die Annahme, die Messung der Ausführungszeit und/oder Fehlerrate würde ausreichende Informationen bieten können, stellte sich schnell als Irrtum heraus. Schon bald war zu erkennen, dass weitere Methoden zu suchen sind. Unklar ist bis heute, wie eine Evaluierung nun gestaltet sein sollte, sodass die Tauglichkeit von Visualisierungstechniken effizient und umfassend untersucht werden kann.

Nur eine einzige Methode für die Evaluierung zu wählen und dabei ein umfassendes Bild der Tauglichkeit einer Visualisierung zu erhalten, ist primär unrealistisch. Die in dieser Arbeit betrachteten Evaluierungen zeigen, dass eine beliebte Kombination die Messung der Ausführungszeit und/oder Fehlerrate mit einem anschließenden Fragebogen ist. Da Ausführungszeit und Fehlerrate zwar nützliche Informationen bieten, aber das Verhalten und die Gedanken von AnwenderInnen ausschlaggebender sind, werden mittlerweile weitere Methoden in das Evaluierungsvorgehen integriert.

Demzufolge werden Methoden, wie etwa Eye-Tracking, Thinking-aloud und Fokusgruppe mittlerweile hervorgehoben und als eine mögliche gute Wahl beurteilt. Immer wieder wird erwähnt, dass sie fähig wären zusätzliche Faktoren aufzudecken, welche mit herkömmlichen Methoden nicht entdeckt wurden. Unter Faktoren sind weitere Vor-, sowie Nachteile von Informationsvisualisierungen oder Begründungen für die Ursache von Stärken und Schwächen einzelner Techniken zu verstehen.

Fokusgruppen helfen, Einstellungen und Empfindungen bezüglich Informationsvisualisierungen zu sammeln. Sofern die Nützlichkeit von besonderem Interesse ist, ist diese Methode in der Lage, neue Problemstellungen aufzudecken. Mazza (2006) erwähnt, dass neben einer experimentellen Studie und einem semi-strukturierten Interview, zusätzlich die Methode Fokusgruppe zur Anwendung gekommen ist. Durch ein Gruppeninterview konnten erwartete Erkenntnisse gewonnen werden, welche durch die anderen beiden Methoden nicht herausgefiltert werden konnten.

Zwar scheint eine Evaluierung basierend auf einer Fokusgruppe durchaus Informationen bieten zu können, doch kann eine Einschätzung ihrer Fähigkeit erst dann genauer erfasst werden, wenn diese Methode öfters angewendet wird. Zurzeit kann in der Betrachtung der hier untersuchten Evaluationen nur ein Ansatz ihrer Zweckdienlichkeit erahnt werden.

Eye-Tracking ist eine Methode, welche einen vorteilhaften Status einnimmt. Gezeigt hat sich, dass sie neben Informationen bezüglich der Zeitdauer und Fehleinschätzungen weitere Informationen darüber bieten kann, wo in einer Visualisierung BetrachterInnen nach Informationen suchen, um Antworten auf Testfragen zu finden. Zu wissen, welche Regionen in der Darstellung durchforstet werden, gibt Hinweise auf unterstützende oder störende Faktoren der Visualisierungen. Calitz, Pretorius & Darelle Van Greunen (2009) erwähnen, dass durch weitere Einblicke in das Strategieverhalten von AnwenderInnen, erkannt wurde, dass der Umgang mit einer dreidimensionalen Landschaftsdarstellung nicht einfach ist. Die 3.Dimension war in dieser Situation nicht angebracht, da falsche Bereiche von ProbandInnen betrachtet wurden. Folglich wird in dieser Studie eine zweidimensionale Visualisierung empfohlen. In der Studie von Burch et al. (2008) konnte entdeckt werden, dass die Peripherie, insbesondere die vier Ecken der Bildschirmfläche, von Grund auf ignoriert wurde, obwohl dort gleichermaßen relevante Informationen verteilt waren. Durch diese Erkenntnis konnte ein Vorteil einer radialen Darstellungsform gegenüber einer kartesischen Visualisierung hervortreten, denn diese nutzt die Peripherie nicht.

Zwar kann die Analyse von Augenbewegungen primär das Strategieverhalten von AnwenderInnen erkenntlich machen, doch konkrete Antworten auf das „Warum“ können nicht geboten werden. Daher sind Huang, Eades & Hong (2008) der Meinung, für die offen stehende Frage würde sich die Methode Thinking-Aloud anbieten. Alle Beiträge der ProbandInnen werden gesammelt und das daraus entstehende verbale Protokoll wird analysiert. Infolge können gedankliche Vorgänge ergründet werden.

Die Problematik dahinter ist, dass ein Tempounterschied zwischen Augenbewegungen und dem Denken herrscht. Gedankengänge haben ein geringeres Tempo, während die Bewegungen des menschlichen Auges schneller sind. Der langsamere Gedankenverlauf würde das Bewegungsmuster der Augenbewegungen verzerren. Zusätzlich ist die Durchführung der Methode des Laut-Denkens mit Zeit und organisatorischem Aufwand verbunden. Eine mögliche Lösung für diese Problematik wäre ein an die Untersuchung anschließendes Gespräch durchzuführen, das eventuell als eine Art Verknüpfung der Methode Thinking-Aloud und Interview gesehen werden kann. Hierbei begründen im Nachhinein ProbandInnen Videoaufnahmen ihrer Augenbewegungen.

Nachteil des Eye-Trackings ist der insgesamt hohe Aufwand. Zunächst sind entsprechende Geräte notwendig, um diese Methode für eine Evaluierung in Betracht ziehen zu können. Die Vorbereitungen auf die Testphase sind ebenso mit technischem Aufwand verbunden.

Probleme ergeben sich beispielsweise aus Kopfbewegungen der ProbandInnen, Brillen- oder

Kontaktlinsenträger oder das irritierende Gefühl, etwas auf dem Kopf zu haben. All dies kann Ergebnisse verfälschen. Kalibrierungen können Verfälschungen weitestgehend verhindern, jedoch sind diese eventuell immer wieder vorzunehmen. Ebenso sollten Pausen für TeilnehmerInnen der Studie angeboten werden, sodass Verkrampfungen und ein Unwohlsein zumindest gemindert werden können (Calitz, Pretorius & Darelle Van Greunen 2009). Obwohl Eye-Tracking mit Aufwand und Mühe verbunden ist, erwähnen etwa Calitz, Pretorius & Darelle Van Greunen (2009) und Goldberg & Helfman (2010) ihr erkennbares Potential, Usability-Evaluationen gewinnbringend ergänzen zu können.

Obwohl nicht stets aus Evaluationen eindeutig herauszulesen ist, dass die Methode Thinking-Aloud zum Einsatz gekommen ist, ist zu vermuten, dass sie häufiger als erwartet verwendet wird. Hierbei werden TeilnehmerInnen einer Studie gebeten, all ihre Handlungen, Überlegungen und ihre Empfindungen während sie eine Informationsvisualisierung nutzen, zur Sprache zu bringen.

Beobachtungen von ProbandInnen und ein Thinking-Aloud-Protokoll sind gängige Merkmale von *Usability*-Studien, welche Problematiken von Visualisierungen aufdecken sollen. So notieren BeobachterInnen jegliches, das auf eine falsche Nutzung der Visualisierungen hindeutet. Alle Aufzeichnungen werden schließlich mit vordefinierten Usability-Spezifikationen verglichen und Schlussfolgerungen daraus gezogen (Hartson & Hix, zitiert in Saraiya, North & Duca 2005, p.444). Saraiya, North & Duca (2005) erwähnten, dass die Analyse der verbalisierten Gedanken tiefere qualitative Erklärungen für quantitative Resultate bieten kann.

Das Sammeln der Kommentare der TeilnehmerInnen der Studie bzw. die Auswertung der Daten, welche mit Thinking-Aloud eingeholt wurden, geschah grundlegend durch BeobachterInnen oder durch Audio/Video-Aufnahmen, welche für spätere Analysen herangezogen werden. Pillat, Valiati & Freitas (2005) berichten beispielsweise, dass zwei Personen TeilnehmerInnen der Studie beobachtet haben. Eine Person konzentrierte sich auf beobachtete oder von AnwenderInnen genannte Usability-Probleme und eine weitere Person vermerkte individuelle Aktionen, sowie die Ausführungszeit für die Aufgabenbewältigung. Obwohl die in dieser Arbeit untersuchten Evaluationen hier und da erwähnen, dass Audio/Video-Aufnahmen gemacht werden, werden scheinbar häufiger BeobachterInnen, welche während der Testphase Notizen machen, eingesetzt. Nachteil ergibt sich daraus, dass relevante Informationen eventuell nicht erfasst werden, da sie in der Schnelle nicht notiert wurden. Vorteil ist, dass die Anwesenheit von BeobachterInnen eher akzeptiert wird, als

Audio/Video-Aufnahmen, welche möglicherweise ein derartiges Unwohlsein hervorrufen, sodass das Analyseverhalten von ProbandInnen beeinflusst wird.

Genauere Angaben über die Häufigkeit von Beobachtungen durch Personen oder Audio/Video-Aufnahmen können grundsätzlich nicht aufgestellt werden, denn zu häufig wird nicht erwähnt, in welcher Form eine Beobachtung durchgeführt wird. Dies fällt insbesondere in jenen Studien auf, in denen eine Messung der Ausführungszeit und/oder Fehlerrate vorgenommen wird, aber keine Hinweise über die Art der Beobachtung gemacht werden. Zu vermuten ist, dass sofern nicht explizit erwähnt wird, dass Audio/Video-Aufnahmen gemacht werden, stets eine Beobachtung durch Personen durchgeführt wird.

Hinweise über die Vorgehensweise betreffend Thinking-Aloud sind eher karg. Öfters berichtet eine Evaluation nur, dass TeilnehmerInnen der Studie ihre Gedanken verbalisieren sollen. Oben genannte Informationen sind seltener zu finden, obwohl derartige Einblicke doch hilfreich sind, sowohl Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Evaluierungsmethoden leichter erkennen zu können, als auch Faktoren festzustellen, welche die Ergebnisse der Studie beeinflussen könnten. So sollte beispielsweise zusätzlich beachtet werden, dass wenn AnwenderInnen gebeten werden, dauerhaft mitzureden, diese Situation für sie ungewohnt und damit irritierend ist. Sie werden vergessen, alles und durchwegs auszusprechen und müssen entsprechend erinnert und motiviert werden, weiter zu machen und auch eventuell selbstverständliche Details zu nennen (Usability-Diplomarbeit.de). Ein kurzer Vermerk über etwaige Erfahrungen diesbezüglich, erscheint nicht unwichtig, um schlussendlich eine Evaluation reibungsloser gestalten zu können und weitestgehend unbeeinflusste Resultate zu erzielen.

4. Visualisierungstechniken

Schwerpunkt dieses Kapitels ist eine zusammenführende Betrachtung und Diskussion über Visualisierungstechniken sowie spezielle Merkmale, welche in den hier betrachteten Evaluationen zur Sprache gekommen sind. Dies soll zu einem gesammelten Überblick der evaluierten Visualisierungen sowie zu Erkenntnissen über ihre Eigenschaften führen. Nach einer Einteilung der einzelnen Visualisierungen in sieben Kategorien, soll darauffolgend auf das Anwendungsgebiet Medizin eingegangen werden. Anschließend werden allgemeine Erkenntnisse über jene Eigenschaften von Visualisierungen erläutert, welche sowohl grundsätzliche Relevanz für zukünftige Entwicklungen zeigen, als auch für das Anwendungsgebiet Medizin Bedeutung haben.

4.1. Die Vielfalt an Visualisierungstechniken

Die Vielzahl an Visualisierungstechniken in der betrachteten Literatur wird, je nach Eigenschaften, in sieben Kategorien eingeteilt (Abb. 5). Jede dieser Darstellungen hat ihre zu eigen liegenden Stärken und Schwächen. Nach der Kategorisierung stellt sich die Frage, auf welche Ergebnisse unabhängige Evaluationen gekommen sind, wenn gleiche Visualisierungen untersucht wurden. Jene Visualisierungstechniken, welche mehrmals in Evaluationen angesprochen wurden oder erwähnenswerte Erkenntnisse offen legen konnten, werden herausgegriffen, um einen kurzen Überblick der Übereinstimmungen, sowie Gegensätze und Merkmale der Techniken zu schaffen.

Das folgende Diagramm (Abb. 5) soll kurz darbringen, in wie vielen Evaluationen Visualisierungstechniken aus den einzelnen Kategorien erwähnt wurden. Zu erkennen ist, dass vorwiegend geometrische Visualisierungstechniken und hierarchische Darstellungen in Studien genannt oder als Schwerpunkt deren Nützlichkeit getestet wurde. Unter anderem lässt sich diese Gegebenheit dadurch erklären, da in diese beiden Kategorien neben neuartigen Techniken ebenso Visualisierungen fallen, welche schon länger genutzt werden und damit häufiger für Evaluationen herangezogen werden konnten. Dagegen konnten junge Visualisierungstechniken – insbesondere pixelorientierte Techniken – noch nicht im gleichen Ausmaß evaluiert werden.

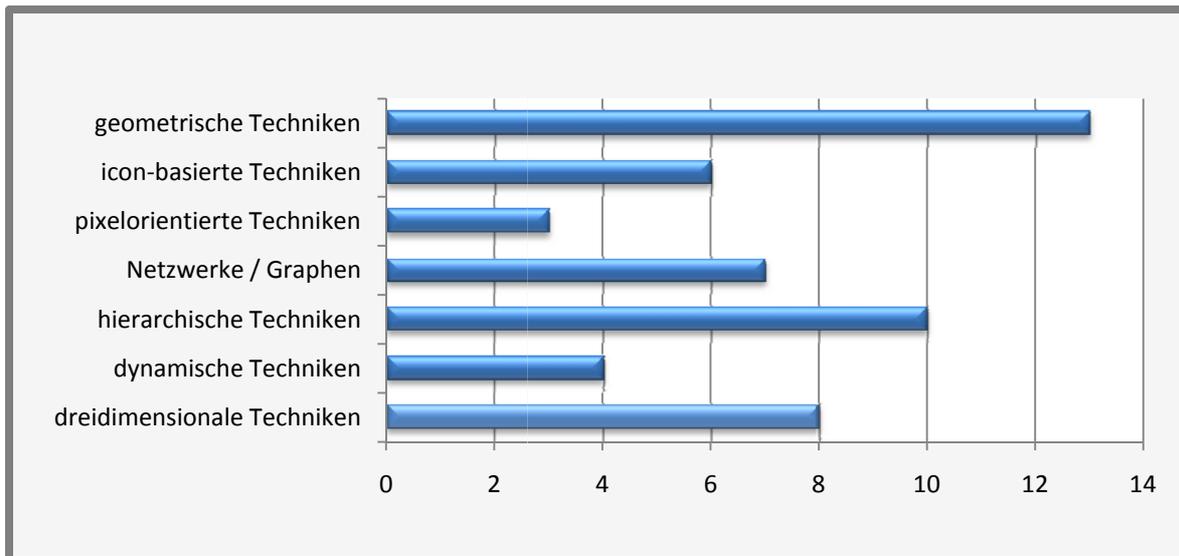


Abb. 5. Verteilung der evaluierten Visualisierungstechniken

Geometrische Techniken – In die Kategorie geometrische Techniken fallen jegliche Formen zweidimensionaler Visualisierungen, welche schon seit langem geläufig und als einfache Darstellungen bekannt sind (Keim 2002). Außerdem integrieren geometrische Techniken diverse durchdachte Darstellungsvarianten von multidimensionalen Daten. In den hier analysierten Studien kommen das *Liniendiagramm*, *Histogramm*, *Balkendiagramm*, eine *Tabellenansicht*, *Data Mountain*, sowie *Windowsumgebungen*, der so genannte *Horizon Graph*, *parallele Koordinaten*, *Scatterplots* und *künstliche Landschaften* zur Sprache. Parallele Koordinaten wurden in einigen Studien genauer untersucht, wobei Vor- und Nachteile sichtbar wurden. Pillat, Valiati & Freitas (2005) entdeckten beim Vergleich der parallelen Koordinaten mit Radviz – welche die radiale Variante der parallelen Koordinaten darstellen – dass nicht nur jede Visualisierungstechnik spezifische Eigenschaften hat, die je nach Aufgabenstellung geeigneter oder weniger brauchbar für AnwenderInnen sein können, sondern, dass insbesondere die Identifizierung von Ausreißern möglich ist. Nachteilig ist, dass Analysen von großen Datenmengen nicht optimal unterstützt werden können. Eine Unmenge an Linien würde sich auf kleinem Raum anhäufen und nur einen großen Klumpen bilden, welcher kaum zu erfassen und zu untersuchen ist. Farbe und Transparenz kann ein hilfreiches Mittel sein, um einzelne Linien leichter erkennen zu können. Außerdem hebt dies die Notwendigkeit von passenden Selektionsmechanismen hervor, die bewirken, dass nur Teilmengen angezeigt werden und diese leichter untersucht werden können (Preim, Oeltze & Tönnies 2010). Saraiya, North & Duca (2005) bestätigen die Bedeutung der Selektionsfähigkeit, denn insbesondere für Bioinformatiker sind effiziente

Selektionsmechanismen ein ausschlaggebendes Kriterium für ihre Analysen. Waren gute Selektionsmechanismen verfügbar, so stellten parallele Koordinaten eine effiziente Visualisierungstechnik dar. Neuartige Visualisierungstechniken, welche auf den parallelen Koordinaten aufbauen, wurden auch im Bereich der Medizin entwickelt. So ist beispielsweise für die Analyse von EEG-Daten die so genannte Visualisierung *tiled parallel coordinates* entstanden (Caat, Maurits & Roerdink 2007).

Icon-basierte Techniken – Diese haben zum Ziel, Attributwerte auf die Merkmale eines *Icons* – graphische Objekte – abzubilden, sodass Eigenschaften und Charakteristiken von Daten schnell und leicht wahrgenommen werden können (Keim 2002). In der gesammelten Literatur werden *Radar Graph* – auch bekannt als *Star Plot*, *Spinnendiagramm* oder etwa *Star Glyph* – *graphische Zeichencodierungen*, *Chernoff-Faces* und *Varianten räumlicher Visualisierungen* genannt.

Lee, Reilly & Butavicius (2003) konnten klar zeigen, dass Glyphen-Visualisierungen schnell an ihre Grenzen stoßen. Doch einfach gestaltete Varianten, wie räumliche Visualisierungen, welche nur Punkte für die Darstellung von Elementen nutzen, führten zu deutlich besseren Ergebnissen. Offensichtlich erscheinen Glyphen-Visualisierungen durch das Vorhandensein diverser Linien und Formen als zu komplex. Dies lässt vermuten, dass icon-basierte Techniken auf schlichten Ideen basieren sollten und nach dem Prinzip „je einfacher, desto besser“ gestaltet werden sollten.

Pixelorientierte Techniken – Diese Techniken basieren auf der Abbildung von Datenwerten auf farbige Pixel, wobei die Pixel entsprechend der Dimensionen gruppiert werden. Je nach Art der Anordnung der Pixel wird primär zwischen der so genannten *Recursive Pattern-Technik* – gekennzeichnet durch Pixelgruppierungen in rechteckige Teilbereiche und in der Literatur manches Mal *HeatMap-Visualisierung* genannt – und der *Circle Segments-Technik* – Gruppierungen finden in Form von Kreissegmenten statt – unterschieden (Keim 2002). Pixelbasierte Techniken wurden in der gesammelten Literatur nur selten untersucht. Deren Beurteilung fiel nicht extrem negativ aus. Diese Technik wurde nur nicht so häufig in den Evaluationen betrachtet. Um deren Wirkungsweise besser verstehen und Ansätze für Verbesserung finden zu können, erscheinen weitere Studien notwendig.

Netzwerke / Graphen – Durch Knoten und Kanten können komplexe Beziehungen dargestellt werden, wobei Kanten als Verbindungen zwischen Knoten definiert sind. Diese Visualisierungstechnik wird etwa für die Analyse von sozialen Netzwerken oder im Bereich der Bioinformatik diese Visualisierungstechnik herangezogen. Studien beschäftigten sich

auch spezifischer mit Graphzeichnungen, um das Zusammenspiel von Verbindungslinien und Knoten, sowie Auswirkungen auf die menschliche Wahrnehmungsfähigkeit zu erforschen. Solche Informationen sind wichtig, um erkennen zu können, welche Faktoren das Lesen von Graphen beeinträchtigt. In der Literatur ist zu erkennen, dass allgemein großes Bemühen besteht, die Anzahl an Kreuzungen in einem Knoten-Kanten-Diagramm zu minimieren, da diese offensichtlich zu den größten Hindernissen beim Lesen eines Graphen zählen. Doch wird über die genaue Wirkung von Kreuzungen kaum diskutiert, Vorschläge für weitere Vorgangsweisen fehlen (Huang, Eades & Hong 2008). Huang (2007) und Huang, Eades & Hong (2008) erwähnten etwa diesbezüglich, dass scheinbar nicht Kreuzungen an sich die Ursache dafür sind, dass deutlich mehr Zeit für das Lesen von Graphen benötigt wird. Zwar erhöhen Kreuzungen den Zeitaufwand, doch der Grad des Winkels an Kreuzungspunkten bestimmt, wie sehr das Lesen des Graphen erschwert wird. Je kleiner der Winkel, desto mehr Zeit wird benötigt. Die so genannte *geodätische Pfad-Tendenz* ist ein weiterer Faktor, welche NutzerInnen in der Betrachtung eines Graphen beeinflussen und viel Zeit kosten kann. Um einen Pfad zwischen zwei Knoten zu finden, werden zuerst die Knoten nahe des geodätischen Pfades untersucht. Wenn kein Pfad gefunden wurde, dann werden erst weiter außen liegende Knoten genauer betrachtet. Dieses Analyseverhalten kann bewirken, dass der Zeitaufwand steigt, insbesondere, wenn Knoten vom geodätischen Pfad weit entfernt liegen.

Aus diesen neuen Erkenntnissen ist zu empfehlen, nicht allein Wege zu finden, die Anzahl an Kreuzungen zu minimieren, sondern die Suche nach weiteren spezifischen Einflussfaktoren fortzusetzen, sodass das Wissen darüber bei der Gestaltung von Graphenvisualisierungen herangezogen werden kann.

Darüber hinaus können auch gewagte Versuche weitere Einfälle für die Gestaltung liefern. So verfolgten etwa Lee et al. (2006) einen neuen Ansatz, indem ein Graph in Form eines Baumes dargestellt wurde. Obwohl Befürchtungen im Raum standen, diese Art der Darstellung würde zu Verwirrungen führen, waren BetrachterInnen nicht abgeneigt. Dennoch stellen allgemein große Graphen weiterhin eine Herausforderung dar. In den hier betrachteten Evaluationen konnte zwar noch keine optimale Lösung gefunden werden, nichtsdestotrotz helfen vereinzelte Ideen, wie beispielsweise die Integration von Animation oder Farbe, die Analyse zu erleichtern.

Hierarchische Techniken – Hierarchien veranschaulichen ebenfalls Beziehungen, wie Netzwerke /Graphen, mit der Einschränkung, dass nur Top-Down-Anordnungen gegeben sind (Keim 2002). Studien haben sich mit *Treemap*, *CushionMap*, dem *Organigramm*, *Icicle Plot*, grundlegenden *hierarchischen Bäumen*, dem *Windows Explorer*, sowie diverse radiale

Varianten, darunter der *Tree Ring*, *Hyperbolic Tree* – auch unter dem Namen *Star Tree* geläufig – und den so genannten *RINGS* auseinandergesetzt.

Treemap wurde überraschenderweise sehr unterschiedlich beurteilt. Einige Beurteilungen fielen sehr positiv aus. Teoh (2007) erwähnte, dass Treemap Größeninformationen von Knoten besser vermitteln kann, als eine traditionelle Baumdarstellung und Kobsa (2004) preist diese Visualisierungstechnik grundsätzlich hoch und ist davon überzeugt, dass diese Darstellungsform Potential aufweisen könnte, zukünftig vielleicht sogar den Windows Explorer zu übertreffen. Seine Meinung wird durch die dokumentierte Zufriedenheit der an der Studie Teilnehmenden unterstützt. Dagegen berichten Barlow & Neville (2006) über grundlegend schlechte Resultate und von ProbandInnen, welche Treemap ablehnten. Erklärungen für diesen Gegensatz könnten eventuell in den Schwerpunkten und Testaufgabenstellungen der Evaluationen gefunden werden. Kobsa (2004) verglich beispielsweise einige bekannte Baumvisualisierungen und ergründeten allgemein die einzelnen Darstellungen mit einer Reihe von Aufgabenstellungen. Dabei fand er heraus, dass eine Schwäche von Treemap darin liegt, dass Informationen über die globale Struktur nicht optimal vermittelt werden können. Barlow & Neville (2006) hegten hingegen den Wunsch, eine passende Visualisierung zu finden, welche sich für eine kompakte Ansicht eignet. Die Evaluation wurde dafür in zwei Teilstudien mit unterschiedlichen Schwerpunkten aufgeteilt. Die erste Teilstudie konzentrierte sich auf Aufgabenstellungen, die die Struktur betreffen. Diese Aufgaben waren denen in der Studie von Kobsa (2004) teils sehr ähnlich und genau hierbei konnte Treemap nicht überzeugen. Folglich wurde Treemap aufgrund der schlechten Ergebnisse in der zweiten Teilstudie von vornherein ausgeschlossen und nicht weiter analysiert. Demnach konnte in dieser Evaluation nur die Schwäche von Treemap bestätigt werden, aber durch den frühzeitigen Ausschluss mögliche Stärken nicht gefunden werden. Unklarheiten bestehen ebenso bezüglich der Visualisierungstechnik *CushionMap* bzw. auch *Sequoia View* genannt. *CushionMap* basiert auf Treemap und wurde durch das Hinzufügen von Schattierung, welches einen dreidimensionalen Eindruck vermittelt, erweitert. Laut Irani, Slonowsky & Shajahan (2006) liegt die Stärke dieser Technik insbesondere darin, dass das Erfassen von Strukturen einer Hierarchie erleichtert wird. ProbandInnen bewerteten *CushionMap* auch positiv und bevorzugten diese Darstellung wegen dem durch den von der Schattierung hervorgerufenen dreidimensionalen Effekt, verglichen zu Treemap. Doch der angebliche Vorteil, dass struktur-basierte Aufgabenstellungen mit *CushionMap* leichter zu bewältigen sind, hielt sich in der Evaluation von Kobsa (2004) in Grenzen. Äußerst überraschend war, dass TeilnehmerInnen dieser Studie bei struktur-basierten Aufgaben

Schwierigkeiten hatten, wo doch eigentlich der dreidimensionale Eindruck genau hierbei die meiste Unterstützung bieten sollte. Eine Erklärung für diese widersprüchlichen Ergebnisse ist aus den Evaluationen weder herauszulesen, noch zu erraten. Zu empfehlen wären weitere Studien, die die Effizienz dieser Visualisierung ergründen.

Der Windows Explorer ist gut bekannt und der Umgang damit ist vielseitig vertraut. Sowohl Plaisant, Grosjean & Bederson (2002) als auch Kobsa (2004) sind sich einig, dass diese Visualisierungstechnik durchaus gute Leistung erbringen kann und in manchen Situationen hilfreich ist. Beispielsweise, wenn viele Zweige offen sind, dann kann selbst ein langer Pfad einfach rückverfolgt werden. Dennoch weist der Windows Explorer auch Mängel auf. Etwa wird das Vergleichen von Zweigen nicht einfach gestaltet oder ist die Suche mit visueller Mühe verbunden, wenn tiefliegende Elemente von Interesse sind und dafür der Baum weit aufgefächert werden muss, um an die notwendigen Informationen zu gelangen.

Dynamische Techniken – Diese stellen jene Kategorie dar, welche Auswirkungen jeglicher Formen von Animationen erforschen bzw. sich mit veränderlichen Daten beschäftigen. Dabei kann sich Animation etwa konkret auf die Veranschaulichung und dem Verständnis zeitabhängiger Daten konzentrieren oder sich mehr auf den Bereich Interaktion und Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen beziehen. Im zweiten Fall werden beispielsweise die in Graph-Visualisierungen vorkommenden Übergänge von einer Ansicht in eine andere analysiert und überprüft, inwieweit BetrachterInnen solche Übergänge erfassen und nachvollziehen können. In der Literatur werden diverse *animierte Visualisierungstechniken*, *Traces*, *Animation zeitabhängiger Daten* oder etwa *Small Multiples* erwähnt.

Dreidimensionale Techniken – Darstellungsvarianten dieser Kategorie basieren zumeist auf ursprünglich zweidimensionale Visualisierungstechniken und repräsentieren diese dreidimensional. In den vorhandenen Studien werden Visualisierungen, wie *3D-Scatterplot*, *3D-Hyperbolic Tree*, *Cam Tree*, *Information Cube* oder *Information Landscape* angesprochen.

4.2. Das Anwendungsgebiet Medizin

Die Anwendbarkeit von Informationsvisualisierungen hängt nicht allein von der Erforschung der grundlegenden Nützlichkeit einzelner Visualisierungstechniken ab sondern ebenso vom Anwendungsgebiet und den Bedürfnissen der zukünftigen AnwenderInnen. Welche Techniken tatsächlich genutzt werden und welche Eigenschaften besondere Relevanz haben, ist individuell zu entscheiden.

Bezogen auf das Anwendungsgebiet Medizin erklären Preim, Oeltze & Tönnies (2010, p. 569):

In der Medizin fällt eine enorme Vielfalt an Daten an, die sich auf Diagnosen und die Behandlung von Erkrankungen, Therapien und Nachsorge bezieht. [...] Ein wesentliches Merkmal der Patientendaten ist ihre Zeitabhängigkeit. Diagnostische und therapeutische Entscheidungen basieren oft auf einer Abschätzung, wie schnell sich bestimmte Parameter ändern

Weiteres erwähnen Preim, Oeltze & Tönnies (2010, pp. 578-579):

Medizinische Daten fallen auch in der biomedizinischen Grundlagenforschung an, insbesondere in den sehr aktiven Gebieten der Genetik bzw. der molekularen Zellbiologie. Dabei geht es z.B. darum, Genexpressionsdaten zu analysieren, um zu verstehen, wie stark bestimmte Gene in bestimmten Zellen oder Zellgruppen exprimiert werden (Genexpressionsdaten) und wie die Genexpression normale Prozesse wie Wachstum, Zellteilung und Anpassung an veränderte Umweltbedingungen steuert bzw. sich bei krankhaften Veränderungen anpasst. [...] Genexpressionsdaten [werden] im Zusammenhang mit „biological pathways“ betrachtet [...], um Zusammenhänge krankhaften Veränderungen zu identifizieren. Diese pathways sind generische Modelle von biologischen Aktivitäten, wie Stoffwechsel oder Immunreaktionen und werden als Graphen dargestellt.

In den betrachteten Studien wurden Visualisierungen angesprochen, welche sich primär mit der Untersuchung von elektronischen Patientenakten, EEG-Daten oder der Analyse von Genexpressionsdaten beschäftigen.

Neben dem Heranziehen von etwa HeatMap-Visualisierungen, Scatterplot, Star Plot und diversen Diagrammen, darunter etwa das Balkendiagramm oder Liniendiagramm, ist die am häufigsten eingesetzte Visualisierungstechnik – vorwiegend für die Analyse von Genexpressionsdaten bedeutsam – die parallelen Koordinaten gewesen.

Vorkommende Interaktionstechniken bzw. unterstützende Hilfsmittel waren unter anderem *Overview&Detail-Technik, Dynamic Queries, Brushing&Linking-Technik, Zoom&Pan-Technik, Selektionsmechanismen* und Einsatz von *Farbe* – insbesondere für parallele Koordinaten hilfreich und wichtig –, *Animation* wurde angedeutet, *Scrolling, Fokus&Context-Technik* und das so genannte *ARF-Framework*, war bei der Analyse der Daten nützlich.

Die Notwendigkeit ausgereifter, visuell basierter Analysen ist gegeben, da die Menge an Daten ein Maß erreicht hat, welches eine effiziente Erforschung limitiert. Aus diesem Bedarf heraus sind einige, für die klinische Routine spezialisierte Visualisierungen mit ideenbehafteten Ansätzen und Eigenschaften entstanden. Etwa entwickelten Caat, Maurits & Roerdink (2007) auf dem Prinzip der parallelen Koordinaten die TPC-Visualisierung (tiled

parallel coordinates). Diese Darstellungsform könnte Potential aufweisen die traditionelle Methode zur Analyse von EEG-Daten abzulösen. Ordóñez et al. (2010) wählten für die Darstellung von physiologischen und klinischen Daten ein Star Plot und boten diverse Optionen an, in der Hoffnung diese Visualisierungstechnik könnte AnwenderInnen beim Betrachten der Daten viele Erkenntnisse ermöglichen. Wang et al. (2008) und Wang, Wongsuphasawat, & Plaisant (2010) evaluierten eine Visualisierung zur Untersuchung von elektronischen Patientenakten, welche das so genannte ARF-Framework integrierte – diese setzt sich aus den Interaktionstechniken Alignment, Ranking und Filter zusammen. Die Nützlichkeit des Ausrichtens von Daten festzustellen, welches durch den neuartigen Ansatz Alignment verwirklicht werden sollte, war hier von besonderem Interesse. Von den AutorInnen wird angemerkt, dass das Ausrichten von Daten für MedizinerInnen eine äußerst nützliche Option darstellt und dieser Aspekt genauer erforscht werden sollte bzw. weitere Möglichkeiten dahingehend entwickelt werden sollten.

Einige neue bzw. erweiterte Herangehensweisen wurden nun genannt, jedoch entsprechen diese nicht stets den Vorstellungen von MedizinerInnen. Jeder Versuch, eine neue Form der Visualisierung anzubieten, birgt die Gefahr, trotz möglicher Effizienz abgelehnt zu werden. Ursache scheint teilweise der Aspekt der Gewohnheit zu sein. Von Seiten der TeilnehmerInnen der Studie von Ordóñez et al. (2010) kamen Andeutungen auf, dass die Einführung neuer Visualisierungen nicht schlagartig stattfinden sollte. Ansonsten würde das AnwenderInnen überfordern, da sie eventuell schon jahrelang mit anderen Darstellungsformen arbeiten und der Umgang damit vertraut ist. Eine spezifische Art des Analyseverhaltens entsteht im Laufe der Zeit und, wenn nun eine andere Visualisierung angenommen werden soll, brauchen zukünftige AnwenderInnen unter Umständen eine Weile, um ihr Analyseverhalten daran anzupassen. Leicht verständliche Visualisierungstechniken sind von Grund auf beliebter, als jene, wo viel Energie investiert werden muss, um den Umgang mit diesen zu erlernen. Aus den Evaluationen von Wang et al. (2008), Ordóñez et al. (2010) und Caat, Maurits & Roerdink (2007) geht hervor, dass der Aspekt der Einfachheit dazu beitragen kann, dass andersartige Visualisierungen bzw. ungewohnte Eigenschaften schneller angenommen werden und folglich positives Feedback erhalten. Nichtsdestotrotz muss gleichzeitig jede Visualisierung leistungsfähig sein, da sie sonst von Grund auf nicht in der Lage wäre, AnwenderInnen in ihrem Arbeitsprozess zu unterstützen.

Zu empfehlen ist daher Visualisierungen zu entwickeln, welche sich zwar von traditionellen Methoden unterscheiden, dennoch, wenn möglich, leicht zu bedienen sind und der Umgang mit den Techniken schnell erlernbar ist. Zukünftige AnwenderInnen sollen motiviert bleiben,

sich mit der neuen Visualisierungstechnik zu beschäftigen. Außerdem sollte die Einführung dieser sanft stattfinden, sodass Raum und Zeit geboten wird, um sich mit veränderten Darstellungen vertraut zu machen.

AnwenderInnen aus der Bioinformatik betrachten Neuheiten scheinbar mit einem weniger kritischen Auge, als MedizinerInnen. BioinformatikerInnen werden ebenso mit einer überwältigenden Menge an Daten konfrontiert. Auch hier sind neue Ansätze durchaus erwünscht. Aus den Evaluationen von Saraiya, North & Duca (2005, 2010) ist zu erkennen, dass in den meisten Fällen für die Analyse von Genexpressionsdaten und Pathways überwiegend parallele Koordinaten, HeatMap-Visualisierungen und Graphen herangezogen werden.

Sofern AnwenderInnen eine Wahl zwischen dem Arbeiten mit parallelen Koordinaten oder einer HeatMap-Visualisierung haben, werden parallele Koordinaten üblicherweise vorgezogen. Obwohl anfänglich in der Studie von Saraiya, North & Duca (2005) bei dem Visualisierungssystem Spotfire, welches sowohl die HeatMap-Visualisierung als auch parallele Koordinaten anbietet, die HeatMap bevorzugt wurde, hat sich herausgestellt, dass dies aufgrund mangelnder Selektionseigenschaften der parallelen Koordinaten war. Wären effiziente Selektionsmechanismen verfügbar gewesen, hätten NutzerInnen mit den parallelen Koordinaten gearbeitet. Lex et al. (2010) boten oben genannte übliche Visualisierungstechniken ebenfalls an. Doch wollten sie die Genexpressions-Analyse und Pathway-Analyse mit dem so genannten Bucket-Konzept, welches eine dreidimensionale Ansicht erzeugt, erleichtern. Dies gelang ihnen auch, denn die TeilnehmerInnen der Studie reagierten sehr positiv darauf und erwähnten sogar, dass sie sich durch die Bucket-Ansicht weniger konzentrieren mussten und somit das Arbeiten einfacher gestaltete. Lex et al. (2010) testeten nicht nur die Wirkung der Bucket-Ansicht, sondern auch die doch ungewohnte Situation mit dem Arbeiten mit mehreren Bildschirmflächen. Obwohl die Leistung der AnwenderInnen durch Vorhandensein mehrerer Bildschirmflächen gesteigert werden konnte, gaben sie an, dennoch lieber nur mit einem Bildschirm arbeiten zu wollen. Hierbei ist sichtbar geworden, dass sich auch BioinformatikerInnen durchaus gerne an ihren Gewohnheiten festhalten.

Da parallele Koordinaten schon einen effizienten Grundstein für Genexpressions-Analysen bieten und Graphen ein unverzichtbares Mittel für Pathway-Analysen sind, ist zu empfehlen, neben der Suche nach neuen bzw. potentiellen Darstellungsformen, Wege zu finden, diese beiden Visualisierungstechniken weiter zu verbessern bzw. Möglichkeiten zu entdecken,

deren Effektivität noch zu verfeinern, sodass nach und nach das Arbeiten mit den Daten erleichtert werden kann.

4.3. Allgemeine Merkmale der Visualisierungstechniken

Konkrete Visualisierungstechniken wurden in den vorangegangenen Kapiteln diskutiert und ein Überblick geboten, welche Entwicklungen es für das Anwendungsgebiet Medizin gibt und welche Bedürfnisse zu Tage gekommen sind. In Folge werden einige allgemeine Eigenschaften von Visualisierungen herausgegriffen und Erkenntnisse erörtert, welche grundsätzlich für die Gestaltung von Informationsvisualisierungen Bedeutung haben.

4.3.1. Dreidimensionale Darstellungen

Als die ersten Visualisierungstechniken entwickelt wurden, waren diese primär zweidimensional. Dann sollte der nächste Schritt folgen und das Interesse kam auf, zu testen wie sich dreidimensionale Darstellungen auf die Wahrnehmung des Menschen auswirken und ob grundlegend positive oder doch negative Effekte auf den Arbeitsprozess zu erwarten sind. Von Mazza (2006) wurde die Nützlichkeit eines dreidimensionalen Scatterplots getestet. Dabei hat sich herausgestellt, dass AnwenderInnen am glücklichsten waren, sobald durch eine spezifische Rotationseinstellung gewissermaßen eine Dimension weggefallen ist und das Scatterplot zweidimensional erschien. Calitz, Pretorius & Darelle Van Greunen (2009) erwähnten, dass der dreidimensionalen Aspekt der Landscape-Metapher von AnwenderInnen nicht nachvollzogen werden konnte. Durch Eye-Tracking konnte festgestellt werden, dass die ProbandInnen sich auf falsche Bereiche konzentrierten. In der Studie von Sebrechts et al. (1999) wird gezeigt, dass bezüglich Dokumentenmanagementsysteme eine textbasierte Darstellung zwar vertraut ist und diverse Kennzeichnungen deutlich wahrnehmbar sind, doch im Gegensatz AnwenderInnen in der Analyse bzw. Suche nach Dokumenten nicht optimal unterstützt werden konnten. Eine zweidimensionale Lösung weist einige Mängel auf, jedoch ist eine derartige Darstellung noch am Vorteilhaftesten. Ein dreidimensionaler Ansatz erwies sich auch hier als problematisch, aber nicht ohne Hoffnungsschimmer für die Durchführungen für weitere Untersuchungen. Angesprochen wurde, dass ProbandInnen Schwierigkeiten hatten, sich an räumliche Beziehungen zu erinnern und auch die Orientierung nicht zu verlieren. Das deutet darauf hin, dass die Navigation entscheidend für die Nützlichkeit einer dreidimensionalen Visualisierung ist. Die durchdachtste dreidimensionale Darstellung

scheint niemals überzeugen zu können, solange keine ausgeklügelte Navigation zur Verfügung steht. Neben der Tatsache, dass Navigation wichtig ist, deuten Bladh, Carr & Kljun (2005) an, dass Animation das Navigationsverhalten in einer dreidimensionalen Umgebung durchaus erleichtern kann. Wiss & Carr (1999) untersuchten dreidimensionale Visualisierungen und stießen auf zwei Faktoren, welche starken Einfluss auf AnwenderInnen hatten – zum einen die schon angesprochene Navigation und zum anderen die Übersicht. Die Übersicht trägt dazu bei, dass das Arbeiten mit dreidimensionalen Darstellungsformen dahingehend unterstützt werden kann, dass auf die oben genannten Aspekte der räumlichen Beziehungen und die Orientierung eingegangen werden kann. Somit kann eine gut überlegte Übersicht helfen, dass BetrachterInnen sich an Beziehungen besser erinnern können, und grundsätzlich die Orientierung nicht verloren geht. Lex et al. (2010) haben eine Möglichkeit gefunden, eine Visualisierung, welche BioinformatikerInnen für die Genexpressionsanalyse und Pathway-Analyse nutzen, durch das Bucket-Konzept, welches eine dreidimensionale Ansicht vermittelt, zu verbessern. AnwenderInnen befürworteten diese Ansicht. Aus den Studien kann gefolgert werden, dass die dreidimensionale Ansicht nicht von Grund auf abgelehnt wird (Cockburn & McKenzie 2001). Ihre Neuheit kann die Neugierde wecken. Immer wieder werden weitere Versuche gestartet, effiziente dreidimensionale Visualisierungen zu entwickeln. Obwohl die Resultate aus Evaluationen zumeist noch ernüchternd sind und vorgelegt werden kann, dass der Umgang mit einer solchen Darstellung derweil noch mehr Zeit in Anspruch nimmt, konnte herausgefiltert werden, wodurch dreidimensionale Darstellungen beeinflusst werden (Cockburn & McKenzie 2001). Untersuchungen zeigen, dass Übersicht und Navigation jene Faktoren sind, welche größtenteils entscheiden, wie effizient eine dreidimensionale Visualisierung tatsächlich ist. Dies gibt neue und hoffnungsvolle Ansätze für EntwicklerInnen, an diesen Erkenntnissen anzuknüpfen.

4.3.2. Farbe

Die Auswirkung von Farbe ist selten der Schwerpunkt bei Untersuchungen von Visualisierungstechniken. Dennoch konnten so manche Hinweise über die Wirkungskraft entdeckt werden. In einigen Studien wird ihr Effekt mehr oder weniger angesprochen, in andern Evaluationen kann ihre Bedeutung erahnt werden.

So wollten beispielsweise Nowell, Schulman & Hix (2002) herausfinden, wie gut Form, Größe und Farbe von Icons quantitative und nominale Informationen vermitteln können.

Farbe wies dabei eindeutig die höchste Effektivität auf. Sofern Farben in Visualisierungstechniken eingesetzt werden, werden diese von BetrachterInnen gerne angenommen. Plaisant, Grosjean & Bederson (2002) erwähnten etwa, dass farblich gekennzeichnete Pfade in einer hierarchischen Visualisierung von ProbandInnen positiv bewertet wurden. Tory et al. (2007) ließen TeilnehmerInnen ihrer Studie unterschiedliche Formen von Punktdarstellungen und Information Landscapes betrachten. Darstellungen mit Farbe waren nicht nur von Seiten der ProbandInnen beliebter, sondern erzielten auch bessere Ergebnisse als jene Darstellungen, welche Graustufen aufwiesen oder nur Höheninformationen ohne Integration einer Farb- oder Grauskala angeboten haben. Welche Wirkungen Farbe hat, wurde in einzelnen Studien erwähnt. Sowohl Borgo et al. (2010), als auch Saraiya, North & Duca (2010) stellten fest, dass die Wahl eines Farbraumes nicht unüberlegt sein sollte. Abhängig davon, wie Daten wahrgenommen werden sollen, sind entsprechende Farben zu wählen. Dass in der Studie von Saraiya, North & Duca (2010) positive Knoten sichtbarer waren, als Negative, könnte daran liegen, dass die Farbskala von grün über gelb ins rot verlief, wobei negative Werte grün und positive Werte rot gekennzeichnet waren. Der optische Reiz kann durch Farbe nicht nur gesteigert werden, wie bei textbasierten Darstellungsformen, sondern die Farbe kann auch relevante Elemente hervorheben, den Eindruck von Gruppierungen übermitteln (Sebrechts et al. 1999), oder etwa, wie Lee et al. (2006) aufgefallen ist, kann durch farbliche Hervorhebungen von benachbarten Knoten eines selektierten Knotens die Exploration eines Graphen erleichtert werden. Ungewöhnliche Herangehensweisen, wie der von Heer & Boyd (2005) in die Visualisierung integrierte Röntgenmodus, eine Art Negativbild, für die Analyse von sozialen Netzwerken, können ebenso Nützlichkeit aufweisen.

Aus den Resultaten der Studien ist zu schließen, dass es vorteilhaft ist, Farbe bei Visualisierungstechniken einzusetzen. Manches Mal scheint dieser Faktor sogar ein notwendiges Mittel zu sein, um eine Visualisierung deutlich effizienter zu gestalten. Beispielsweise, wenn für Analysen parallele Koordinaten gewählt werden. Werden BetrachterInnen mit einer größeren Datenmenge konfrontiert, so hat sich Farbe und auch Transparenz bei parallelen Koordinaten bewährt, einzelne Linien bzw. Streckenzüge unterscheiden zu können. Ansonsten wird eine Analyse der Daten äußerst mühselig oder gar kaum durchführbar (Preim, Oeltze & Tönnies 2010).

Wenn Farbe angesprochen wird, dann treten zumeist positive Aspekte hervor. Aufgefallen ist aber, dass in den hier betrachteten Evaluationen kaum diskutiert wird, inwieweit der Analyseprozess von BetrachterInnen eventuell eingeschränkt werden könnte oder wo

mögliche Gefahren versteckt sind. Farbe stellt ein nicht zu unterschätzendes Mittel dar, das bedacht eingesetzt werden sollte und es empfiehlt sich, ihre unterstützende, aber auch hinderliche Wirkungskraft tiefgehender zu erforschen.

4.3.3. Radiale Visualisierungen

In den hier betrachteten Evaluationen fallen radiale Visualisierungen grundsätzlich in die Kategorien geometrische Techniken, icon-basierte Techniken, sowie Hierarchien. Eine Ausnahme stellt von Yee et al. (2001) entwickelten dynamischen Graph mit einem radialen Layout dar. Inspiriert durch rechtwinkelige Visualisierungstechniken, sind im Laufe der Zeit radiale Varianten entstanden. Beispielsweise basiert die radiale Darstellungsform Tree Ring auf dem Icicle Plot (Burch et al. 2008). Einige Studien haben für ihre Entwicklungen oder für die Evaluierung radiale Darstellungen herangezogen. Doch seltener werden Vor- und Nachteile von radialen Visualisierungen mit ihrem rechtwinkligen Gegenpart explizit untersucht. Dennoch konnten einige generelle und spezifische Erkenntnisse gewonnen werden.

Insbesondere auf hierarchische Techniken bezogen, unterscheiden sich radiale Visualisierungen von rechtwinkligen Formen dahingehend, dass sie nicht von links nach rechts bzw. Top-Down gelesen werden sondern von der Mitte nach außen analysiert werden. Obwohl AnwenderInnen sich erst ein etwas verändertes Analyseverhalten aneignen müssen und mehr Lernzeit benötigen, um mit radialen Darstellungen gut umgehen zu können (Barlow & Neville 2006), ist aus mehreren Studien herauszulesen, dass sie von dieser Form grundsätzlich nicht abgeneigt sind (Plaisant, Grosjean & Bederson 2002; Wang, Wongsuphasawat, & Plaisant 2010; Yee et al. 2001). Da sie durch ihre runde Begrenzungen die Bildschirmfläche nicht vollends ausfüllen, ergibt sich ein eigener Vorteil. Zwar muss auf Darstellungsraum verzichtet werden, doch konnten Burch et al. (2008) feststellen, dass die Ecken des Computerbildschirmes bei rechtwinkligen Visualisierungen zumeist für Analysen ignoriert oder zumindest deutlich weniger betrachtet werden. Da nun die Ecken bei radialen Visualisierungen für die Darstellung der Daten nicht genutzt werden, wird die Analyse begünstigt.

Spezifische Stärken und Schwächen radialer Visualisierungstechniken konnten durch die Evaluationen ebenfalls herausgefiltert werden. Etwa bietet die geometrische Visualisierungstechnik *Radviz* (radiale Koordinatenvisualisierung) die Möglichkeit Cluster und konzentrierte Bereiche gut erkennen zu können (Pillat, Valiati & Freitas 2005). Bei icon-

basierten Visualisierungen entstehen durch den radialen Verlauf von Linien Sternformen. Dadurch kann beispielsweise die Symmetrie von Werten effektiv untersucht werden (Goldberg & Helfman 2010). Dynamische Graphen in radialer Form zu wählen, konnte AnwenderInnen durchaus ansprechen und zeigte Potential, sodass es sich lohnt, die Effizienz der Visualisierung weiter zu erforschen (Yee et al. 2001). Mit RINGS, einer hierarchischen Technik können etwa strukturelle Informationen eines Baumes schnell erfaßt werden und folglich ähnliche Muster einfacher erkannt werden. Weitere hierarchische Techniken, wie Tree Ring und Hyperbolic Tree erwiesen sich als vorteilhaft, um Beziehungen zwischen Knoten wahrnehmen zu können und Positionen von Knoten leichter zu erkennen (Barlow & Neville 2006; Teoh 2007). Plaisant, Grosjean & Bederson (2002) erkannten zwar, dass Hyperbolic Tree sich gut für das Betrachten mehrere Ebenen eignet und diese Erkenntnis bestätigte Kobsa (2004) auch, doch erwähnte Kobsa (2004) gleichzeitig eine daraus entstehende Schwäche, denn das Vergleichen von Knoten wurde dadurch nicht einfacher gestaltet. Hyperbolic Tree realisiert eine Fokus&Kontext-Technik, indem im Fokus stehende Knoten im Zentrum betrachtet werden können, und für das Aufrechterhalten des Kontextes alle weiteren Knoten sich immer näher am Rand befinden bzw. tief liegende Knoten minimiert und direkt an den Rand gedrängt werden. Wenn einzelne Knoten gleichweit vom Zentrum entfernt sind, bedeutet dies nicht zwingend, dass sie auf der gleichen Ebene liegen. Um nun Knoten zu vergleichen, müssen demnach die Ebenen zuerst abgezählt werden, um sicherzugehen, dass es sich um die gleiche Ebene handelt.

Radiale Visualisierungen stellen eine interessante Variante für die Darstellung von Daten dar. Sie bieten neue Möglichkeiten, auf denen aufgebaut werden kann und Evaluationen konnten trotz vorhandener Mängel schon einige hilfreiche Eigenschaften aufdecken. Sofern ihre Grenzen beachtet werden und detaillierter ihre Stärken und Schwächen erforscht werden, zeigen radiale Darstellungsformen durchaus Potential das Analysieren von Daten effizient unterstützen zu können.

4.3.4. Interaktionstechniken

Einige Möglichkeiten von Interaktionstechniken stehen EntwicklerInnen zur Verfügung, um Visualisierungstechniken effizienter zu gestalten. Konkret soll nun auf zwei Techniken eingegangen werden, welche in Evaluationen gesondert angesprochen wurden.

Multiple Views

Ohne Ausnahme hat jede Visualisierungstechnik ihre Stärken und Schwächen. Kaum zu erwarten ist, dass zukünftig eine einzige Darstellungsform in der Lage sein wird, alle erdenklichen und für Analysen notwendigen Informationen der Daten offen legen zu können. Das ist im Grunde auch nicht erforderlich, denn die Nutzung mehrerer Arten von Darstellungsformen für Analysen von Daten ist durchaus üblich. Doch eine richtige Zusammenstellung von Visualisierungstechniken zu finden, ist abhängig von dem Wissen über die Eigenschaften der Darstellungsformen. Sofern diese bekannt sind, kann für AnwenderInnen eine passende Wahl getroffen werden, um die Daten so zu repräsentieren, dass gesamt schnelle und effiziente Analysen vorgenommen werden können.

Teoh (2007) war sich bewusst, dass jede Visualisierung einen spezifischen Blickwinkel auf die Daten bieten kann. Liegen gleiche Daten vor, so würden demnach verschiedenartige Visualisierungstechniken auch unterschiedliche Informationen vermitteln können. Mehrere Visualisierungen gleichzeitig darzustellen, welche sich durch ihre individuellen Fähigkeiten ergänzen, würde sich demnach lohnen. Aus der Evaluation war herauszulesen, dass Multiple Views sich als nützliche Technik erwies und die Darstellung mehrerer Visualisierungen gleichzeitig effizienter war, als sequentielle Visualisierungen. Früh setzten sich North & Shneiderman (2000) mit dem Thema Multiple Views – genauer, mit der Verknüpfung mehrerer Visualisierungen – auseinander. Die Autoren sahen den Bedarf der Möglichkeit, Visualisierungen miteinander verbinden zu können, da von AnwenderInnen oftmals eine an die persönlichen Bedürfnisse angepasste und individuell verknüpfte Zusammenstellung von Visualisierungen benötigt würde. Dieses Angebot an AnwenderInnen wirkte sich positiv auf den Arbeitsprozess aus und wurde auch von ProbandInnen sehr positiv beurteilt.

Aus den Erkenntnissen der Evaluationen ist zu schließen, dass Multiple Views ein hilfreiches Mittel ist, um verschiedenste Blicke auf die Daten bieten zu können. Eine passende Auswahl von Kombination der Visualisierungen ist jedoch gefordert. Mehrere Visualisierungstechniken gleichzeitig darzustellen ist zwar positiv bewertet worden, doch hängt dies wahrscheinlich unter anderem von der Größe der verfügbaren Bildschirmfläche ab, da mit wachsender Anzahl an Visualisierungen es zu Überschneidungen oder deutlich minimierten Darstellungen kommen würde. In den hier betrachteten Studien wird nicht ausdrücklich auf diese Problematik eingegangen, doch könnte beispielsweise das *Bucket-Konzept*, welches für die Analyse von Genexpressionsdaten und Pathways entwickelt wurde, ein interessanter, weiterführender Ansatz sein (Lex et al. 2010).

Animation

Noch ist unklar, inwieweit Animationen in der Lage sind, die menschliche Wahrnehmungsfähigkeit positiv zu unterstützen. Animation kann für unterschiedliche Zwecke genutzt werden. So soll etwa die Wahrnehmung von Übergängen – darunter ist der Wechsel von einer Ansicht in eine andere zu verstehen – erleichtert werden. AnwenderInnen bei Trend-Analysen durch Animation zu unterstützen, stellt einen weiteren Verwendungszweck dar. Von Visualisierungstechniken abhängig, stehen verschiedene Schwerpunkte im Raum, welche durch die Integration von Animation den Analyseprozess vereinfachen soll.

Sollen Graphen untersucht werden, werden üblicherweise Ansichten häufig gewechselt. Dies kann beispielsweise durch das Zoomen, Rotationen oder eine Fokus&Kontext-Technik bewirkt werden (Shanmugasundaram, Irani & Gutwin 2007). Von Animationen wird erwartet, dass die so genannte *perceptual constancy* aufrecht erhalten wird. Grundlegendes Ziel ist daher, dass die Orientierung in einem Graphen, sowie Informationen über die Struktur nicht verloren gehen. Die Orientierung bzw. Strukturinformationen nicht zu verlieren ist sowohl von der Geschwindigkeit abhängig, als auch, wie sehr sich die alte Ansicht von der Neuen unterscheidet. Die Geschwindigkeit kann von langsam bis schnell variieren.

Shanmugasundaram, Irani & Gutwin (2007) konzentrierten sich neben der grundsätzlichen Effizienz von Animation auch darauf, welche Übergangsgeschwindigkeit – schnell oder langsam – für BetrachterInnen hilfreich sein würde. Animierte Übergänge zeigten allgemein positive Auswirkungen, doch wann eine langsame oder eine schnelle Variante geeigneter wäre, steht doch noch in Frage. Obwohl diese Erkenntnis noch nicht evident ist und folgend näher untersucht werden sollte, scheint eine passende Übergangsgeschwindigkeit zwischen zwei Ansichten von der Komplexität der Aufgabenstellungen abhängig zu sein. Bei einfachen Aufgaben bevorzugten ProbandInnen eher schnellere Übergänge, während für schwierigere Aufgaben mehr langsame Übergänge erwünscht waren. Yee et al. (2001) wählten eine gemischte Technik, die so genannte *Slow-in slow out timing-Technik*. Der Übergang von einer Ansicht zu einer neuen beginnt langsam, wird schneller und verlangsamt sich bis zum Ende hin wieder. Eine durchaus hilfreiche Variante für das Mitverfolgen von Veränderungen. Bei der hier entwickelten Visualisierungstechnik, welche sich auf die Analyse dynamischer Graphen bezieht, musste nicht nur eine gute Wahl für die Übergangsgeschwindigkeit gefunden werden, sondern ebenso auf die Gestaltung des Übergangspfades zu der neuen Ansicht eingegangen werden. Alle Möglichkeiten sollten ausgeschöpft werden, sodass die Orientierung tatsächlich nicht verloren geht. Daher war das Ziel, dass sich die neue Ansicht so wenig wie möglich von der alten Ansicht unterscheiden sollte. Je weniger sich eine

Darstellung auf einmal verändert, desto leichter ist es für den Menschen, sich mühelos neu orientieren zu können und bewußt wahrzunehmen, was sich verändert hat. TeilnehmerInnen der Studie von Ordóñez et al. (2010) haben diesen Aspekt ebenfalls angesprochen. Nun stellt sich nicht nur die Frage, wie schnell Übergänge zwischen zwei Ansichten sein sollten, sondern ebenso, in welchem Ausmaß sich eine neue Ansicht von der Alten unterscheiden kann und wie viel sich bei einem Übergang verändern darf. Obwohl Yee et al. (2001) versucht haben, eine Visualisierungstechnik zu schaffen, die die Wahrnehmungsfähigkeit von AnwenderInnen unterstützen sollte, wurden generelle Grenzen in den hier betrachteten Studien nicht diskutiert. Dies lässt vermuten, dass dieser Aspekt noch nicht ausreichend untersucht wurde und noch offen steht, wieviel Veränderung in einer Darstellung stattfinden kann, damit BetrachterInnen keine Details übersehen oder überfordert werden.

Die Notwendigkeit von Animation scheint situationsabhängig zu sein. Große Datenmengen und deren Darstellung sind an sich bei allen Visualisierungstechniken eine bisher ungelöste Herausforderung und sind stets ein entscheidender Aspekt für die Nützlichkeit einzelner Techniken. Gesucht werden daher Darstellungsformen, die für höhere Datenkomplexitäten genauso geeignet sind, wie sie es schon für weniger komplexe Daten sind. Yee et al. (2001) stellten etwa fest, dass Animationen bei kleinen Graphen im Prinzip nicht notwendig sind und falls doch verfügbar, die Art und Weise der Animation den Gewohnheiten von AnwenderInnen entsprechen sollte. Dies ist aufgefallen, als in der Studie untersucht wurde, wie Knoten zu einer neuen Position wandern sollten – direkt oder spiralförmig. Die direkte Wanderung entsprach den Erwartungen der BetrachterInnen, während ein spiralförmiger Übergangspfad irritierend war. Bei großen Graphen erleichtern dagegen spiralförmige Übergänge die Wahrnehmung von Veränderungen und können die *perceptual constancy* aufrecht erhalten (Shanmugasundaram, Irani & Gutwin 2007).

Auch Robertson et al. (2008) entdeckten bei der Evaluation der Effektivität von Animation in der Trend-Visualisierung, dass die Nützlichkeit von Animation von der Situation abhängig ist. Sie stellten fest, dass Animationen für Präsentationen geeigneter sind als für Analysen. Obwohl durch Studien ersichtlich wurde, dass Animationen viele gute Eigenschaften aufweisen und die Integration dieser in Visualisierungen durchaus in Erwägung gezogen werden kann, sollten auch gewisse Gefahren berücksichtigt werden. Aus der Evaluation von Donskoy & Kaptelinin (1997) tritt beispielsweise ein Aspekt hervor, welcher beachtet werden sollte. Sie untersuchten in ihrer Studie drei Interaktionstechniken – Scroll, Zoom und das Fischeuge. Zuerst testeten sie deren Effizienz ohne Animation. Anschließend überprüften sie, ob sich die Effektivität durch Animation ändern würde. Dies war in diesem Fall kaum

gegeben. Dennoch wurden Tendenzen sichtbar, dass AnwenderInnen mehr Zeit beanspruchten, wenn Animation verfügbar war. Nichtsdestotrotz war Animation bei AnwenderInnen beliebt und so würden sie diese häufig bevorzugen, obwohl die Effektivität nicht gesteigert werden konnte. Hier liegt nun eine versteckte Gefahr, denn obgleich in dieser spezifischen Situation Animation beinahe keinen negativen Einfluss mit sich brachte, animierte Techniken AnwenderInnen oft beeindrucken und daher gern bevorzugt werden. Vielleicht würden sie sogar Visualisierungen mit Animation wählen, selbst wenn diese eine negative Wirkung auf den Arbeitsprozess mit sich bringen würden. Zu empfehlen ist daher, Animationen trotz hohem Beliebtheitsgrad nur einzusetzen, solange die Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen unterstützt werden kann bzw. der Arbeitsprozess von AnwenderInnen erleichtert wird. Ansonsten sollte darauf doch verzichtet werden, denn allein die Integration von Animation bedeutet, dass für Übergänge Zeit benötigt wird.

Diese ersten Andeutungen der Notwendigkeit von Interaktionsmöglichkeiten sollen Anregungen geben, sich künftig weiter damit auseinanderzusetzen. Um eine Vorstellung der Bedürfnisse nach Interaktionstechniken zu erhalten, fassten Ji Soo Yi et al. (2007, p. 1226) grundlegende Wünsche von Seiten der AnwenderInnen folgendermaßen zusammen:

- *Select: mark something as interesting*
- *Explore: show me something else*
- *Reconfigure: show me a different arrangement*
- *Encode: show me a different representation*
- *Abstract/Elaborate: show me more or less detail*
- *Filter: show me something conditionally*
- *Connect: show me related items*

AnwenderInnen brauchen daher zu sinnvoll gestalteten Darstellungsformen zusätzlich effiziente Interaktionstechniken, um tiefgehend Daten erforschen zu können. Neue Ideen und Möglichkeiten sind erwünscht, den genannten Anliegen nachzugehen.

5. Resümee

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 36 Evaluationen von Informationsvisualisierungen herangezogen und die aus den einzelnen Studien gesammelten Erfahrungen bezüglich der Gestaltung von Evaluationen für die Beurteilung von Informationsvisualisierungen und der Gestaltung von Visualisierungstechniken, sowie Erkenntnisse über Eigenschaften der Darstellungsformen zusammengefasst. Des Weiteren wurde spezifisch auf das Anwendungsgebiet Medizin eingegangen, um insbesondere darzulegen, worauf zu achten ist, wenn Informationsvisualisierungen in Diagnostik und Therapie einfließen sollen. Aus der Betrachtung der Sammlung an Evaluationen konnten einige aufschlussreiche Erkenntnisse gewonnen werden.

Die steigende Bedeutung der Informationsvisualisierung bewirkte eine rasante Entwicklung von Visualisierungstechniken in den letzten rund 20 Jahren. Das Evaluierungsvorgehen betreffend stellte sich heraus, dass die meisten Evaluationen im Zeitraum von 2000 bis 2010 stattgefunden haben. Die Tendenz deutet darauf hin, dass stetig neue Evaluationen durchgeführt werden, um der Frage nach der Anwendbarkeit der vielen entwickelten Informationsvisualisierungen nachzugehen. Mehrfach wurde erwähnt, dass die am häufigsten eingesetzten Evaluierungsmethoden – die *Messung der Ausführungszeit und/oder Fehlerrate*, sowie der *Fragebogen* – nicht ausreichen, um die Fähigkeiten und Grenzen von Visualisierungen umfassend erkennen zu können. Um mehr Informationen über ihre Eigenschaften zu erhalten, erwiesen sich insbesondere die noch selten eingesetzten Methoden *Eye-Tracking*, *Thinking-Aloud* und andeutungsweise die *Fokusgruppe* als nützliches Mittel. Obwohl Fokusgruppen scheinbar hilfreiche Informationen über die Merkmale von Visualisierungstechniken bieten können, ist eine Einschätzung ihres Potentials für die Evaluierung von Informationsvisualisierungen aufgrund zu seltener Anwendung nicht möglich. Zurzeit kann nur ein Ansatz ihrer Zweckdienlichkeit erahnt werden. *Eye-Tracking* und *Thinking-Aloud* erhielten grundsätzlich positives Feedback und werden als gute Ergänzung für die Evaluierung von Informationsvisualisierungen gesehen. Die mit Hilfe dieser Methoden gewonnenen Informationen über das Strategieverhalten und Gedankengänge können einige Hinweise auf Stärken und Schwächen von Visualisierungen bieten. Dennoch werden diese Methoden noch relativ selten eingesetzt. Ursache könnte dafür der höhere untersuchungstechnische Aufwand sein. So werden bei *Eye-Tracking* spezielle Geräte benötigt und eine intensive präanalytische Phase muss miteingerechnet werden. Aus den

dokumentierten Publikationen ist nicht konkret herauszulesen, dass die Methode Thinking-Aloud für die Evaluierung genutzt wurde. Doch in mehreren Fällen gibt es Andeutungen über den Einsatz dieser Methode und somit den Hinweis, dass die tatsächliche Anwendungsfrequenz deutlich höher ist. Dies hebt die Wichtigkeit hervor, Berichte über die Art der Durchführung detailreich zu gestalten, sodass leichter abzuschätzen ist, welche Methoden für die Evaluierung von Informationsvisualisierungen nützlich sind und wie das Evaluierungsvorgehen gestaltet werden kann, um zahlreiche Informationen über die Anwendbarkeit von Visualisierungstechniken zu erhalten.

Die Einteilung der einzelnen Visualisierungstechniken in sieben Kategorien konnte offen legen, dass geometrische Techniken am häufigsten für Evaluationen herangezogen wurden, pixelorientierte Techniken hingegen am seltensten. Ursache dafür ist, dass in die Kategorie der pixelorientierte Techniken sehr junge Visualisierungen hineinfallen, während geometrische Techniken einige Darstellungsformen integrieren, die schon eine deutlich längere Zeit benutzt werden.

Studien, welche sich auf das Anwendungsgebiet Medizin konzentrieren, zeigten, dass bei der Einführung neuartiger Informationsvisualisierungen der Aspekt der Gewohnheit beachtet werden sollte, da sonst eine Ablehnung die Folge sein könnte. Schlussfolgernd wurde ersichtlich, dass für zukünftige AnwenderInnen der Medizin eine Einführung von Informationsvisualisierungen nicht schlagartig stattfinden sollte. Weiters können sich die Techniken zwar von traditionellen Methoden unterscheiden, aber sie sollten grundsätzlich schnell und einfach erlernbar sein.

Die zusammengefassten Erkenntnisse aus den Evaluationen, die die allgemeine Gestaltung von Informationsvisualisierungstechniken betreffen, zeigten, dass dreidimensionale Darstellungen AnwenderInnen zwar noch keine optimale Unterstützung bieten können, jedoch insbesondere die Faktoren Navigation und Übersicht die Effizienz der Visualisierung steigern können. Farbe wurde zwar kaum in den Studien explizit untersucht, doch wurde immer wieder positiv hervorgehoben, dass Farbe einen unterstützenden Effekt hätte und die Analyse der Daten erleichtern kann. Scheinbar, von den positiven Aspekten der Farbe geblendet, werden mögliche Gefahren und negative Auswirkungen weitestgehend außer Acht gelassen, obwohl auch diese Seite beleuchtet werden sollte. Trotz vorhandener Mängel, bieten radiale Visualisierungen neue Möglichkeiten zur Darstellung von Daten dar. Ihre Stärken und Schwächen weiter zu erforschen, empfiehlt sich. Multiple Views bietet unterschiedlichste Ansichten auf Daten und stellt ein empfehlenswertes Mittel dar. Die Wahl der

Visualisierungen ist jedoch entscheidend, um tatsächlich tiefgehende Analysen ermöglichen zu können. Die primäre Nützlichkeit der Multiple Views hängt somit von einer passenden Wahl von Darstellungsformen ab. Animationen können durchaus hilfreich sein, sollten aber mit Bedacht gewählt werden. Wenn die Begeisterung für das Vorhandensein von Animation größer ist, als ihr Nutzen für die Wahrnehmung, so ist davon abzuraten, Animationen anzubieten.

Gesamt erlaubte die Zusammenführung der Ergebnisse aus den Einzelevaluationen weiterführende Erkenntnisse. Dieses gesammelte Wissen kann als wichtiger grundlegender Schritt und Wegweiser für Design dienen.

Literaturverzeichnis

- Barlow, T & Neville, P 2006, "A Comparison of 2-D Visualization of Hierarchies", In *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2001*, pp. 131-138.
- Bladh, T, Carr, D.A. & Kljun, M 2005, "The Effect of Animated Transitions on User Navigation in 3D Tree-Maps", In *Proceedings of 9th International Conference on Information Visualization (IV 2005)*, London, United Kingdom, pp. 297-305.
- Borgo, R, Proctor, K, Chen, M, Jänicke, H, Murray, T & Thornton, I.M. 2010, "Evaluating the Impact of Task Demands and Block Resolution on the Effectiveness of Pixel-based Visualization", In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 16, no.6, pp. 963-972.
- Burch, M, Bott, F, Beck, F & Diehl, S 2008, "Cartesian vs. Radial – A Comparative Evaluation of Two Visualization Tools", In *Proceedings of the 4th International Symposium on Visual Computing*, pp. 151-160.
- Caat, M, Maurits, N & Roerdink, J.B.T.M. 2007, "Design and Evaluation of Tiled Parallel Coordinate Visualization of Multichannel EEG Data", In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 13, no.1, pp. 70-79.
- Calitz, A.P., Pretorius, M.C. & Darelle Van Greunen 2009, "The Evaluation of Information Visualization Techniques Using Eye Tracking", *Conference and Workshop Reports (CIT)*, pp. 135-151.
- Cockburn, A & McKenzie, B 2001, "3D or not 3D? Evaluating the Effect of the Third Dimension in a Document Management System", In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Seattle, Washington, USA, pp. 434-441.
- Conati, C & Maclaren, H 2008, "Exploring the Role of Individual Differences in Information Visualization", In *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces (AVI '08)*, Napoli, Italy, pp. 199-206.

Donskoy, M & Kaptelinin, V 1997, "Window navigation with and without animation: a comparison of scroll bars, zoom, and fisheye view", *CHI '97 extended abstracts on Human factors in computing systems: looking to the future*, Atlanta, Georgia, pp. 279-280.

Goldberg, J.H. & Helfman, J.I. 2010, "Comparing Information Graphics: A Critical Look at Eye Tracking", In *Proceedings of the 2010 conference on BEyond time and error: novel evaluation methods for Information Visualization (BELIV '10)*, Atlanta, Georgia, USA.

Heer, J & Boyd, D. 2005, "Vizster: Visualizing Online Social Networks", In *Proceedings of the 2005 IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis 2005)*, Minneapolis, Minnesota, USA, pp. 32-39.

Heer, J, Kong, N & Agrawala, M 2009, "Sizing the Horizon: The Effects of Chart Size and Layering on the Graphical Perception of Time Series Visualizations", In *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems (CHI'09)*, Boston, Massachusetts, USA, pp. 1303-1312.

Huang, W 2007, "Using Eye Tracking to Investigate Graph Layout Effects", In *Proceedings of the 6th International Asia-Pacific Symposium on Visualization (APVIS '07)*, Sydney, New South Wales Australia, pp. 97-100.

Huang, W, Eades, P & Hong, Seok-Hee 2008, "Beyond Time and Error: A Cognitive Approach to the Evaluation of Graph Drawings", In *Proceedings of the 2008 conference on BEyond time and error: novel evaluation methods for Information Visualization (BELIV '08)*, Florence, Italy, pp. 1-8.

Irani, P, Slonowsky, D & Shajahan, P 2006, "Human perception of structure in shaded space-filling visualizations", *Information Visualization*, vol. 5, no.1, pp. 47-61.

Keim, D.A. 2002, "Datenvisualisierung und Data Mining", In *Datenbank-Spektrum 2*, pp.30-39.

Kobsa, A 2004, "User Experiments with Tree Visualization Systems", In *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization*, Austin, Texas, USA, pp. 9-16.

Lee, B, Parr, C.S., Plaisant, C, Bederson, B.B. & Veksler, V.D., Gray, W.D. & Kotfila, C 2006, "TreePlus: Interactive Exploration of Networks with Enhanced Tree Layouts", In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 12, no. 6, pp. 1-12.

Lee, M.D., Reilly, R.E. & Butavicius, M.A. 2003, "An Empirical Evaluation of Chernoff Faces, Star Glyphs, and Spatial Visualizations for Binary Data", In *Proceedings of the Asia-Pacific symposium on Information visualization (APVis '03)*, Adelaide, Australia, vol. 24, pp. 1-10.

Lex, A, Streit, M, Kruijff, E & Schmalstieg, D 2010, "Caleydo: Design and Evaluation of a Visual Analysis Framework for Gene Expression Data in its Biological Context", In *Proceedings Pacific Visualization Symposium (PacificVis)*, Taipei, pp. 57-64.

Mazza, R 2006, "Evaluating Information Visualization Applications with Focus Groups: the CourseVis experience", In *Proceedings of the 2006 AVI workshop on BEyond time and errors: novel evaluation methods for information visualization*, Venice, Italy, pp. 1-6.

North, C & Shneiderman, B 2000, "Snap-Together Visualization: A User Interface for Coordinating Visualizations via Relational Schemata", In *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces (AVI '00)*, Palermo, Italy, pp. 128-135.

Nowell, L, Schulman, R & Hix, D 2002, "Graphical Encoding for Information Visualization: An Empirical Study", In *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis '02)*, pp. 43-50.

Ordóñez, P, desJardins, M, Lombardi, M, Lehmann, C.U. & Fackler, J 2010, "An Animated Multivariate Visualization for Physiological and Clinical Data in the ICU", In *Proceedings of the 1st ACM International Health Informatics Symposium (IHI'10)*, Arlington, Virginia, USA, pp. 771-779.

Pillat, R.M., Valiati E.R.A. & Freitas, M.D.S. 2005, "Experimental Study on Evaluation of Multidimensional Information Visualization Techniques", In *Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-computer interaction (CLIHC' 05)*, Cuernavaca, Mexico, pp. 20-30.

- Plaisant, C, Grosjean, J & Bederson, B.B. 2002, "SpaceTree: Supporting Exploration in Large Node Link Tree, Design Evolution and Empirical Evaluation", In *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis'02')*, pp. 57 – 64.
- Preim, B, Oeltze, S & Tönnies, K 2010, "Visuelle Analyse medizinischer Daten", In *Informatik-Spektrum*, 33(6), pp. 569-579.
- Robertson, G, Fernandez, R, Fisher, D, Lee, B & Stasko, J 2008, "Effectiveness of Animation in Trend Visualization", In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 14, no. 6, pp. 1325-1332.
- Saraiya, P, North, C & Duca, K 2005, "An Insight-Based Methodology for Evaluating Bioinformatics Visualizations", In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 11, no. 4, pp. 443-456.
- Saraiya, P, North, C & Duca, K 2010, "Comparing Benchmark Task and Insight Evaluation Methods on Timeseries Graph Visualizations", In *Proceedings of the 2010 conference on BEyond time and error: novel evaluation methods for Information Visualization (BELIV '10)*, Atlanta, Georgia, USA.
- Schumann, H & Müller, W 2004, "Informationsvisualisierung: Methoden und Perspektiven", In: *it - Information Technology*, 46(3), pp. 135-141.
- Sebrechts, M.M., Vasilakis, J, Miller, M.S., Cugini, J.V. & Laskowski, S.J. 1999, "Visualization of Search Results: A Comparative Evaluation of Text, 2D, and 3D Interfaces", In *Proceedings of the 22nd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval (SIGIR '99)*, Berkeley, California, United States, pp. 3-10.
- Shanmugasundaram, M, Irani, P & Gutwin, C 2007, "Can Smooth View Transitions Facilitate Perceptual Constancy in Node-Link Diagrams?", In *Proceedings of Graphics Interface Conference 2007 (GI '07)*, Montréal, Canada, pp. 71-78.

Teoh, S.T. 2007, "A Study on Multiple Views for Tree Visualization", In *Proceedings of SPIEIS&T Electronic Imaging, Visualization and Data Analysis (VDA)*, vol. 6495, pp. 99-110.

Tory, M, Sprague, D.W., Wu Fuqu, Wing Yan So & Munzner, T 2007, "Spatialization Design: comparing Points and Landscapes", In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 13, no. 6, pp. 1262-1269.

Wang, T.D., Plaisant, C, Quinn, A.J., Stanchak, R, Shneiderman, B & Murphy, S 2008, "Aligning Temporal Data by Sentinel Events: Discovering Patterns in Electronic Health Records", In *Proceedings of SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Florence, Italy, pp. 457-466.

Wang, T.D., Wongsuphasawat, K, Plaisant, C & Shneiderman, B 2010, "Visual Information Seeking in Multiple Electronic Health Records: Design Recommendations and a Process Model", In *Proceedings of the 1st ACM International Health Informatics Symposium (IHI'10)*, Arlington, Virginia, USA, pp. 46-55.

Wiss, U & Carr, D.A. 1999, "An Empirical Study of Task Support in 3D Information Visualizations", In *Proceeding of the 1999 International conference on Information Visualization (IV'99)*, pp. 1-9.

Yee, K, Fisher, D, Dhamija, R & Hearst, M 2001, "Animated Exploration of Dynamic Graphs with Radial Layout", In *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS '01)*, San Diego, California, pp. 43-50.

Yi, J.S., Kang, Y.a., Stasko, J.T. & Jacko, J.A. 2007, "Toward a Deeper Understanding of the role of Interaction in Information Visualization", In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 13, no. 6, pp. 1224-1231.

Internetquellen

Usability-Diplomarbeit.de

<http://www.usability-diplomarbeit.de/7421-thinking-aloud-methode-tam/> [Zugriff am 18.April 2011]