

Visuelle Recherchesysteme zur Unterstützung der Wissensverarbeitung

Harald Reiterer

Universität Konstanz
Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft
78457 Konstanz
harald.reiterer@uni-konstanz.de

Zusammenfassung

Dieser Beitrag fasst Erfahrungen bei der Konzeption und Entwicklung von visuellen Recherchesystemen, die zur Exploration von digitalen Datenräumen genutzt werden können, zusammen. Sie spielen im Prozess der Wissensverarbeitung eine wichtige Rolle, da sie dem Wissensverarbeiter dabei helfen, die für seine Frage- bzw. Aufgabestellung relevanten Informationen zu finden, um beispielsweise Entscheidungsprozesse vorzubereiten. Es wird gezeigt, dass das Medium Computer durch die Kombination von interaktiven Visualisierungen und leistungsfähigen Retrieval bzw. Data Mining Techniken ein großes Potential bietet, den Wissensgewinnungsprozess effektiver und effizienter zu gestalten. Entscheidend für den Erfolg derartiger Systeme ist dabei ein medienadäquate Designprozess, wie „Denken am Modell“, das systematische Anknüpfen an und die Übertragung von bisherigen Designideen sowie ein strikt benutzerzentrierter Entwicklungsprozess.

1 Einführung

Eines der Ziele des vom Autor mitgegründeten Knowledge Media Design (KMD-)Forums (siehe www.kmd-forum.de) besteht darin, Informationssysteme für die Wissensverarbeitung zu entwickeln, die sich in einigen wichtigen Aspekten von herkömmlichen Informationssystemen unterscheiden. Ein solcher Aspekt ist der Einsatz von *innovativen visuellen Repräsentationen*, die den Wissensverarbeitungsprozess in neuartiger Weise unterstützen. Die Herausforderung besteht darin, die für die jeweiligen Zielgruppen und deren Aufgabenstellungen und den damit verbundenen zu explorierenden Datenbestand geeignete Visualisierungen zu entwickeln.

Ein weiterer Anspruch des KMD-Forums besteht darin, bei der Entwicklung von wissensverarbeitenden Systemen, den Erkenntnissen der Forschungsdisziplin Mensch-Computer Interaktion besonderes Augenmerk

zu schenken. Hier wird vor allem die benutzerzentrierte Entwicklung von *gebrauchstauglichen* Systemen adressiert. Dazu gilt es neuartige Interaktions- und Navigationskonzepte zu entwickeln, die in Kombination mit innovativen Visualisierungen den Benutzer in die Lage versetzen, eine neue Qualität im Wissensverarbeitungsprozess zu erfahren.

Der Beitrag folgt in seiner Darstellung den drei Gestaltungsgegenständen des KMD-Forums: Wissen, Medien und Design. Im Abschnitt „Von digitalen Datenräumen zum Wissen“ wird auf die Bedeutung von digitalen Datenräumen für den Wissensverarbeitungsprozess eingegangen. Die wesentlichen Phasen des Wissensverarbeitungsprozesses werden kurz vorgestellt. Im Abschnitt „Der Computer als neues Medium der Wissensverarbeitung“ werden die Möglichkeiten des Mediums Computers aufgezeigt, Wissen visuell und interaktiv erfahrbar zu machen. Im Abschnitt „Das Design von visuellen Recherchesystemen“ werden auf zahlreichen Projekten basierende Erfahrungen im Zusammenhang mit der medienadäquaten Entwicklung von visuellen Recherchesystemen dargestellt. Diese Praktiken sind grundlegend für die Entwicklung von Wissensmedien und in diesem Sinne verallgemeinerbar. Ein Resümee beschließt diesen Beitrag.

2 Von digitalen Datenräumen zum Wissen

Das Schlagwort von der „Wissengesellschaft“ prägt nun schon seit vielen Jahren die wissenschaftliche Diskussion in der Informationswissenschaft. Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, dass für den Menschen des 21. Jahrhunderts der Rohstoff Wissen zum wichtigsten Produktionsfaktor geworden ist. Gerade in rohstoffarmen Ländern wie Deutschland, ist ein Bestehen im internationalen Wettbewerb entscheidend davon geprägt, ob die Bevölkerung in professioneller Art und Weise mit diesem „Produktionsfaktor“ umzugehen in der Lage ist und ob sie leistungsfähige Werkzeuge – von uns als Knowledge Media bezeichnet – zur Verfügung gestellt bekommt. Ausgangspunkt für Wissen ist heute vielfach ein oft recht umfangreicher digitaler Datenbestand, etwa in Form von Online-Datenbanken oder Dokumenten im Web.

2.1 Der Prozess der Wissensverarbeitung

Es gibt eine Fülle von Modellen, die den Prozess der Wissensverarbeitung in idealtypischer Weise darzustellen versuchen. Exemplarisch seien hier die Modelle von Davenport und Prusak (1998) sowie Nonaka und Takeuchi (1997) erwähnt. Diese Modelle stammen aus der betriebswirtschaftlichen Literatur und sind naturgemäß stark an ökonomischen As-

pekten, im Zusammenhang mit der Wissensverarbeitung, interessiert. Im Folgenden wird ein Modell vorgestellt, das aus der Sicht der Forschungsdisziplin Informationsvisualisierung (siehe Abschnitt „Informationsvisualisierung“) den Wissensverarbeitungsprozess beleuchtet und dabei den Beitrag von Visualisierungen zur Steigerung der Erkenntnisfähigkeit behandelt. Das Modell steht in der Tradition der Disziplin Mensch-Computer Interaktion, wie dessen explizite Benutzer- und Aufgabenorientierung zeigt.

Das von Card (2003) unter der Bezeichnung „Knowledge Crystallization Tasks“ vorgestellte Modell hat Aufgabenstellungen im Fokus, die sich durch eine Reihe von Eigenschaften auszeichnen. Es wird oft ein schlecht strukturierbares Ziel verfolgt (z.B. das Schreiben eines wissenschaftlichen Beitrages; die Durchführen einer Investitionsentscheidung; die Auswertung von Kundendaten zur Ableitung von Marketingmaßnahmen); die Beschaffung und Auswertung von umfangreichen Datenbeständen ist erforderlich (z.B. Recherchen im Web oder in digitalen Bibliotheken; Analysen großer Unternehmensdatenbanken; Auswertung von umfangreichen Logdateien der Webnutzung); die Ergebnisse finden ihren Niederschlag in einem Wissensprodukt (z.B. einem wissenschaftlichen Artikel), in einer Entscheidung (z.B. konkrete Investitionsentscheidung die Anlage A zu beschaffen) oder in einer Reihe von Aktionen (z.B. Veranlassen von kundenspezifischen Marketingmaßnahmen). Das Modell gliedert den Wissensverarbeitungsprozess grob in vier Phasen:

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

In all diesen Phasen können Visualisierungen eine wertvolle Hilfestellung für den Wissensverarbeiter bieten, wie Card (2003) sehr anschaulich beschreibt und wie im Abschnitt „Informationsvisualisierung“ noch ausführlicher gezeigt wird.

2.2 Digitale Daten als wichtiger Rohstoff für das Wissen

Im Rahmen der Gewinnung von Wissen spielt die Erkundung bereits existierender Daten zu einer bestehenden Problemstellung eine wichtige Rolle. Dies hat beispielsweise im heutigen Sprachgebrauch dazu geführt, dass sich für die Durchführung einer Recherche der Begriff „googeln“ eingebürgert hat. Dabei stand der Name einer populären Suchmaschine (www.google.de) des Webs Pate. Dies zeigt in sehr deutlicher Weise, welchen Stellenwert man heute der Recherche in digitalen Datenräumen – im besonderem dem Web - zubilligt. Dies gilt sowohl für berufliche Zwecke (z.B. Recherchen über Produkteigenschaften von Mitbewerbern, Informationen über mögliche Geschäftspartner) als auch für private Zwecke (z.B. Reiseinformationen, Produktinformationen). Wenngleich das Internet mit seinem umfassenden Datenbestand sicher eine herausragende Informationsquelle darstellt, so existieren heute auch eine Vielzahl von digitalen Daten in unterschiedlichen Datenbanken bzw. Dokumentenmanagementsystemen, die ebenfalls für viele Problemstellungen hilfreich sind. Vielfach verfügen diese Datenbanken bzw. Dokumentenmanagementsysteme über eine Webschnittstelle, so dass der Benutzer über seinen Web Browser auf diese Datenbestände via Internet bzw. Intranet zugreifen kann.

Hinsichtlich der Art der Daten in digitalen Datenbeständen kann man grob in Originaldaten (oft auch als Rohdaten bezeichnet) und in Metadaten unterteilen. Originaldatenbestände umfassen das eigentliche Datenobjekt (z.B. ein Webdokument, eine digitale Landkarte, ein digitalisiertes Video). Metadaten beschreiben diese Originaldaten (z.B. Titel und Autor des Dokuments; grafische Region und Name des Anbieters der digitalen Landkarte; Titel, Schauspieler und Regisseur eines digitalen Videos).

Die Originaldatenbestände müssen aber nicht zwangsläufig in digitaler Form vorhanden sein. Beispielsweise werden in Bibliotheken die vorhandenen Medien (z.B. Bücher, Zeitschriften, Videos) anhand von Metadaten in elektronischen Datenkatalogen beschrieben, die Medien selbst aber traditionell in Regalen aufbewahrt. Die digitalen Metadaten helfen den Besuchern einer Bibliothek dabei, in der großen Masse an Medien, dass für ihre Fragestellungen relevante zu finden. Damit übernehmen digitale Metadaten heute eine wesentliche Funktion beim Finden von nicht digitalen Originaldaten. Diese „Stellvertreterfunktion“ wird sicher auch noch in Zukunft bedeutsam sein, da man auch mittelfristig nicht davon ausgehen kann, dass alle für den Wissensverarbeitungsprozess interessanten Daten in digitaler Form vorliegen werden und die Recherchen unmittelbar in den Originaldatenbeständen erfolgen können (z.B. Volltextsuche in einer digitalen Bibliothek). Ein weiterer wichtiger Grund bezüglich der Bedeutung von Metadaten besteht darin, dass die digitalen Originaldaten oft

sehr umfangreich sind (z.B. oft Hunderte MBs oder sogar GBs an Datenvolumen aufweisen) und ein online Zugriff darauf sich aus Kapazitätsgründen verschließt (z.B. bedingt durch die geringe Bandbreite des Zugangs zum Internet). Damit übernehmen die Metadaten – ähnlich wie bei den traditionellen Medien in Bibliotheken – die Funktion der Rechercheunterstützung („Stellvertreterfunktion“). Hat der Wissensverarbeiter die für seine Fragestellung relevanten Daten gefunden, werden diese auf traditionellem Wege (z.B. auf CD-ROMs oder DVDs) übermittelt.

2.3 Information Retrieval und Data Mining – oder wie findet man relevante Daten

Der Web Browser ist heute für die meisten Benutzer von Computertechnologie zum „Fenster“ zur Welt der elektronischen Datenbestände geworden. In den Browser eingebettet bieten dann entweder Suchmaschinen die notwendige Funktionalität, um im Web selbst suchen zu können oder eingebettete Suchformulare ermöglichen die Abfrage von über das Web zugänglichen Datenbanken. Ein wesentlicher - die Relevanz von Suchergebnissen maßgeblich beeinflussender - Faktor ist die Qualität der von einer Suchmaschine oder einer Datenbank angebotenen Verfahren zum Finden der Ergebnisse, basierend auf dem Informationsbedürfnis des Benutzers. Mit den wissenschaftlichen Disziplinen „Information Retrieval“ (Baeza-Yates und Riberiro-Neto 1999) und „Data Mining“ (Han und Kamber 2000) haben sich im Bereich der Informatik und Informationswissenschaft Forschungsdisziplinen entwickelt, die derartige Verfahren entwickeln. Unter Rückgriff auf Verfahren aus der Mathematik (z.B. Boolesche Algebra, Mengentheorie, Neuronale Netze), der Statistik (z.B. Wahrscheinlichkeitsrechnung, Entscheidungsbäume) und der Künstlichen Intelligenz (z.B. maschinelles Lernen) wurden eine Reihe von Algorithmen entwickelt, die mittlerweile für die Exploration großer Datenbestände unerlässlich sind.

Data Mining Verfahren kommen in der Regel dort zum Einsatz, wo wenig über die Originaldaten bekannt ist und man nicht genau weiß, wonach man suchen soll. Der Wissensverarbeiter kann am Anfang oft erst undeutlich eine Struktur in den Daten erkennen. Beispielsweise über das typische Benutzungs- oder Kaufverhalten von Besuchern einer E-Commerce Web Site, basierend auf umfangreichen Auswertungen von Logdateien, die ihm von einem visuellen Werkzeug präsentiert werden. Er kann nun eine andere Präsentationsform wählen, die diese Struktur klarer zeigen soll, erkennt daraufhin mehr Struktur in den Daten, und so weiter. Dadurch stellt er Hypothesen über die Daten auf, die das Data Mining Verfahren, das dem visuellen Werkzeug zugrunde liegt, bestätigt – oder auch nicht. In diesem Prozess ist die schnelle und bequeme Interaktion mit dem

Computer außerordentlich wichtig. Visuelle Datenexploration ist somit ein Prozess zur Erzeugung von Hypothesen im Wissensgenerierungsprozess (Keim 2002).

3 Der Computer als neues Medium der Wissensverarbeitung

Wissensmedien haben eine lange Tradition – von den mit Keilschrift versehenen Steinplatten der alten Ägypter bis hin zu den digitalen Medien der Gegenwart. Sie waren für die kulturelle Weiterentwicklung der Menschheit von entscheidender Bedeutung. Was sind nun die neuen Möglichkeiten, die das Medium Computer zur Unterstützung der Wissensverarbeitung bieten kann? Der Computer hat im Vergleich zu den herkömmlichen Medien vor allem einen entscheidenden Vorteil - seine Interaktivität – die ihm eine neue Qualität als Wissensmedium verleiht. Die mit der Interaktivität verbundenen Möglichkeiten, in Kombination mit den Möglichkeiten der Informationsvisualisierungen, sollen in den weiteren Ausführungen im Mittelpunkt stehen.

3.1 Informationsvisualisierung – oder wie kann man Wissen visuell und interaktiv erfahrbar machen

Neben der Qualität der verwendeten Retrieval- und Data Mining Verfahren ist auch die Art und Weise der Präsentation der Ergebnisse eine Suchanfrage oder der freien Erkundung eines Datenbestandes für das Finden der für den Benutzer relevanten Daten bzw. der Generierung von Hypothesen von maßgeblicher Bedeutung. Dieser Umstand hat dazu geführt, dass sich im Bereich der Informatik und Informationswissenschaft mit der Disziplin „Information Visualization“ (Informationsvisualisierung) eine wichtige Schwesterdisziplin zu den Disziplinen „Information Retrieval“ und „Data Mining“ entwickelt hat. Wobei in den letzten Jahren eine starke Zusammenarbeit dieser Disziplinen unter dem Begriff „Visual Data Mining“ zu verzeichnen ist¹. Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, dass die, durch die Zusammenführung der Erkenntnisse dieser Disziplinen, entstehenden Synergieeffekte eine, dem Medium Computer adäquate, Wissensverarbeitung ermöglichen.

¹ Im Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft der Universität Konstanz besteht ein Graduiertenkolleg namens „Exploration und Visualisierung von großen Informationsräumen“, das genau diese Zusammenarbeit der Disziplinen fördert und entsprechenden wissenschaftlichen Nachwuchs ausbildet (www.inf.uni-konstanz.de/gk).

„Information visualization is the use of computer-supported, interactive, visual representations of abstract data in order to amplify cognition (Card, et al. 1999).“ Aus dieser Definition ergibt sich zwangsläufig eine Orientierung an den Zielen und Aufgaben des Benutzers bei der computerbasierten interaktiven Aufbereitung von abstrakten Daten, den nur der Nutzungskontext (bestehend aus dem Benutzer, seinen Aufgaben und deren Einbettung in einen bestimmten Arbeitskontext) kann schlussendlich entscheiden, ob die gewählten visuellen Darstellungen auch tatsächlich in der Lage sind, neue Einsichten und Erkenntnisse zu vermitteln. Damit zeigt sich eine starke Orientierung an den allgemeinen Zielen der Mensch-Computer Interaktion. Card et al. (1999) haben dies auch sehr anschaulich im sogenannten Referenzmodell der Informationsvisualisierung zum Ausdruck gebracht (siehe Abbildung 1).

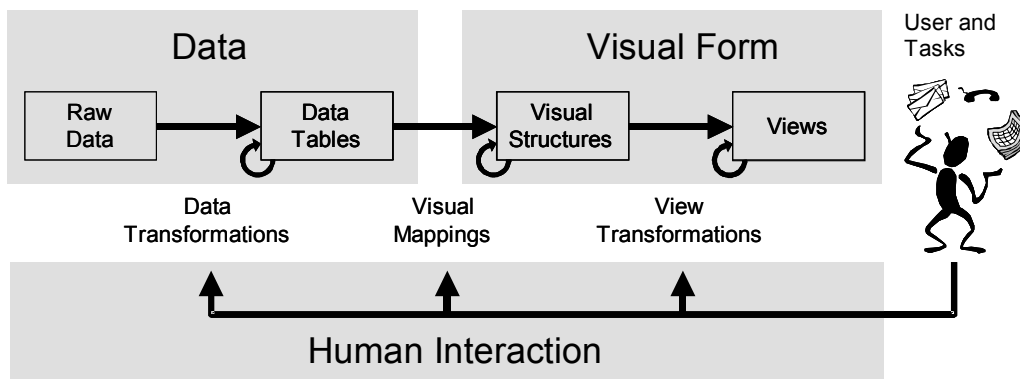


Abbildung 1: Referenzmodell der Informationsvisualisierung (Card et al. 1999)

Ausgangspunkt aller Überlegungen bei der Erstellung von Visualisierungen sind die Eigenschaften des Benutzers, hier vor allem die physiologischen Eigenschaften der visuellen Wahrnehmung und die sich daraus ergebenden Gestaltungsprinzipien (Ware 2000), sowie die konkreten Aufgabenstellungen und Handlungsziele des Benutzers. Benutzer und Aufgaben zusammen bilden gemeinsam mit den Umgebungsbedingungen der Nutzung den sogenannten Nutzungskontext. Die Gebrauchstauglichkeit (usability) einer Visualisierung wird daher maßgeblich dadurch definiert, ob der Benutzer seine Aufgabenstellungen untern den vorhandenen Umgebungsbedingungen effektiv, effizient und zu seiner subjektiven Zufriedenstellung erbringen kann.

Wie im Abschnitt „Der Prozess der Wissensverarbeitung“ beschrieben, beginnt der Wissensverarbeitungsprozess in der Regel mit der Informationsbeschaffung. Dazu muss ein oft sehr umfangreicher Datenraum entweder durchsucht oder überwacht werden. Um den Zugang zu den Inhalten dieser Daten benutzergerecht zu gestalten, werden diese nun mit Hilfe von sogenannten Data Tables beschrieben. Ähnliche einem konzeptionellen Datenmodell bei der Modellierung einer Datenbanken werden hier die

für die jeweilige Aufgabenstellung interessierenden Attribute der Wissensobjekte (z.B. demographische Kundendaten, Titel und Autoren von wissenschaftlichen Publikationen, wesentliche Produktmerkmale) definiert. Dabei helfen vor allem sogenannte Metadatenstandards (z.B. Dublin Core bei Web Dokumenten², MAB 2 bei Bibliotheken³, EDIFACT bei Produktdaten⁴) bei der Beschreibung der Wissensobjekte. Der anspruchsvollste Schritt besteht in der Überführung dieser Schemata (Data Tables) in konkrete visuelle Strukturen (Visual Structures). Dieser visuelle Abbildungsvorgang (Visual Mapping) repräsentiert die verschiedenen Attributwerte der Wissensobjekte mit Hilfe eines Vokabulars an visuellen Elementen – wie Platzierung im Raum, Grafikprimitive (Punkte, Linien, Flächen, Volumen) oder grafische Eigenschaften (Form, Farbe, Textur). Schlussendlich wird dem Benutzer die Möglichkeit geboten, verschiedene Sichten (Views) auf die visuellen Strukturen einzunehmen, wie beispielsweise durch das Zoomen in ein 2D Punktdiagramm oder durch die Änderung des Standpunktes in einem 3D Punktdiagramm. Der entscheidende Vorteil der computerbasierten Visualisierung besteht nun darin, dass der Benutzer die verschiedenen Abbildungsvorgänge *interaktiv* beeinflussen kann. Beispielsweise kann durch visuelle Filter oder dynamische Abfragen (Dynamic Queries) festgelegt werden, welche Daten überhaupt angezeigt werden sollen (beeinflusst die Datentransformation - Data Transformation). Durch die Veränderung der Achsenbelegung eines Punktdiagramms kann die visuelle Abbildung (Visual Mapping) oder durch das Zoomen in eine Punktwolke kann die Sicht auf die visuellen Strukturen (View Transformation) beeinflusst werden. Damit muss man als Benutzer nicht mit vorgefertigten visuellen Darstellungen das Auslangen finden, sondern kann interaktiv die visuellen Darstellungen an seine konkreten Bedürfnisse anpassen. Dies ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber den statischen, nicht computerbasierten Darstellungen von abstrakten Daten, wie man sie aus Grafiken in Zeitungen, Unternehmensberichten oder Statistischen Jahrbüchern kennt.

3.2 Visuelle Recherchesysteme – Werkzeuge zur Unterstützung des Wissensverarbeitungsprozesses

Anhand von Erfahrungen, die im Rahmen von verschiedenen, in meiner Arbeitsgruppe Mensch-Computer Interaktion (siehe hci.uni-konstanz.de) durchgeführten Forschungsprojekten gewonnen worden sind, soll nun exemplarisch gezeigt werden, welche Möglichkeiten visuelle Recherche-

² <http://dublincore.org/> [6.2.2004]

³ <http://www.ddb.de/professionell/mab.htm> [6.2.2004]

⁴ <http://www.unece.org/trade/untidd/welcome.htm> [6.2.2004]

systeme bei der Unterstützung der Phasen des Wissensverarbeitungsprozesses bieten.

3.2.1 Die Darstellung von Rechercheergebnissen mit Hilfe unterschiedlicher visueller Repräsentationen

Das erste Forschungsprojekt⁵, das hier vorgestellt werden soll, hatte die Entwicklung eines visuellen Suchsystems für das Web zum Gegenstand (Reiterer et al. 2000; Reiterer et al. 2001). Zielgruppe dieses INSYDER genannten Systems waren professionelle Rechercheure in Unternehmen, die sich unter Verwendung eines speziellen visuellen Suchsystems Informationen aus dem Web beschaffen konnten (z.B. Informationen über Mitbewerber, aktuelle Ausschreibungen, technische Fachinformationen). Nachdem der Benutzer des visuellen Suchsystems seine Suchanfrage mit Hilfe konkrete Suchbegriffe spezifiziert hatte, wurde unter Verwendung eines Thesaurus eine Suchanfrage an das Netz gestartet. Der jeweils anwendungsdomänenspezifische Thesaurus wurde mit Hilfe eines semantischen Netzes modelliert. Durch diese leistungsfähige Retrievaltechnik konnten dem Benutzer relevantere Suchergebnisse für seine Anwendungsdomäne geliefert werden, als dies mit herkömmlichen Suchmaschinen der Fall war (Mußler 2002). Die Ergebnisse der Suchanfragen wurden nicht als traditionelle Liste dargestellt, wie man dies von konventionellen Suchmaschinen her kennt, sondern es wurden statt dessen eine Reihe von visuellen Darstellungen der Treffermenge angeboten. Ein besonderes Anliegen des Projekts war es, die Gebrauchstauglichkeit von verschiedenen, alternativ dargebotenen, Visualisierungen zu erkunden. Wie Abbildung 2 zeigt, bot das System in seiner Endversion neben einer tabellarischen Darstellung der Suchergebnisse, eine Darstellung der Ergebnisse mit Hilfe eines Punktdiagramms, eines Balkendiagramms und schließlich mittels sogenannter TileBars. Die Tabelle, das Punktdiagramm und die Balkendiagramme ermöglichten vor allem einen raschen Überblick über die oft umfangreiche Treffermenge einer Suchanfrage und standen damit in unmittelbarer Konkurrenz zueinander. Die Balkendiagramme hatten gegenüber den beiden anderen überblicksartigen Visualisierungen den Vorteil, dass sie sehr anschaulich die Verteilung der Gesamt- und Einzelrelevanzen (Relevanzen der einzelnen Suchbegriffe) über alle gefunden Treffer darstellen konnten, weiter interessante Metadaten (z.B. Datum, Größe des Dokumentes, etc.) konnten jedoch nicht unmittelbar dargestellt werden. Die TileBars hingegen zeigen vor allem die Verteilung der Einzelrelevanzen der verschiedenen Suchbegriffe innerhalb eines Dokumentes. Damit wird die gezielte Erkundung von Einzel-

⁵ INSYDER, EU Eureka Project No. 29232, www.insyder.com [6.2.2004]

dokumente unterstützt, ohne dass man das gesamte Dokument lesen muss.

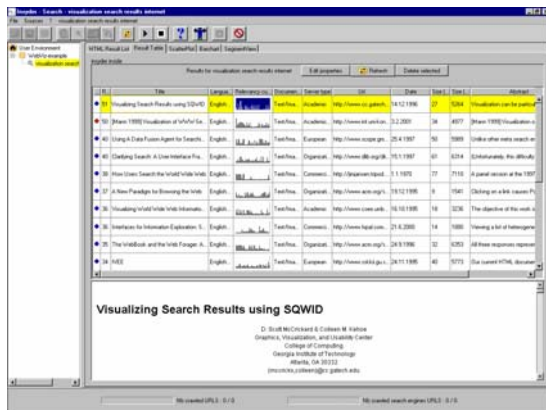


Abbildung 2a: Tabelle

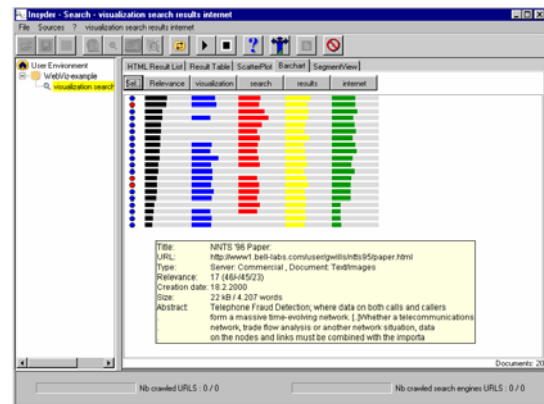


Abbildung 2b: Balkendiagramm

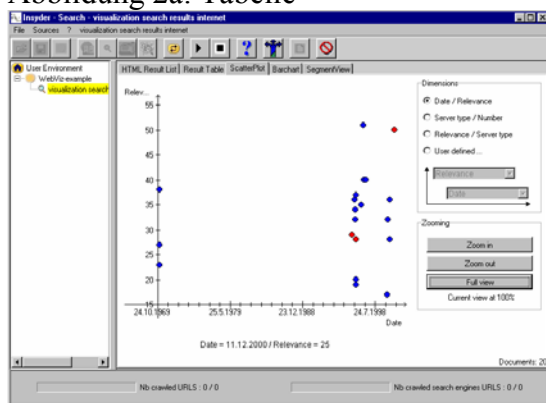


Abbildung 2c: Punktdiagramm

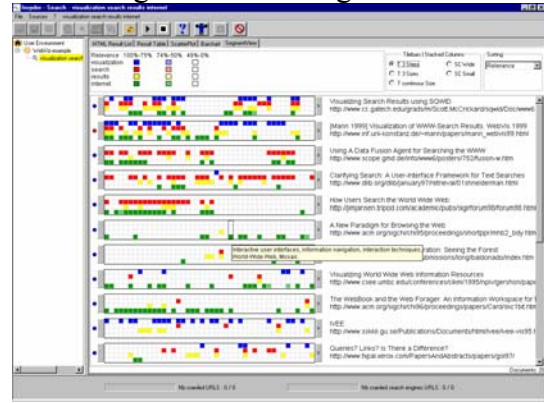


Abbildung 2d: TileBars

Der Weg zum Originaldokument führte somit über eine der oben genannten Visualisierungen. Dieser „Umweg“ über die Visualisierungen sollte dazu führen, dass die Benutzer die für ihre Fragestellungen wirklich relevanten Dokumente auch tatsächlich (im Sinne von Effektivität) und vor allem auch schneller (im Sinne von Effizienz) gefunden haben.

Um nun zu empirisch gesicherten Erkenntnissen bezüglich der Gebrauchstauglichkeit dieser verschiedenen visuellen Darstellungen zu kommen, wurden im Usability Labor der Forschungsgruppe „Mensch-Computer Interaktion“ der Universität Konstanz ein umfassender Benutzertest mit 40 Benutzern durchgeführt (Mann 2002). Neben den oben dargestellten Visualisierungen enthielt das getestete System auch eine traditionelle Listendarstellung der Suchergebnisse, wie man sie von herkömmlichen Suchmaschinen des Webs kennt. Dies wurde zu Vergleichszwecken vorgenommen, um eine vergleichende Aussage hinsichtlich Effektivität, Effizienz und subjektiver Zufriedenstellung vornehmen zu können. Die Ergebnisse der Evaluation waren sehr aufschlussreich. Bei der subjektiven Beurteilung hatten die visuellen Darstellungen der Suchergebnisse durchwegs signifikant besser abgeschnitten, als die Listendar-

stellung. Die Benutzer hatten deutlich mehr Spaß (im Sinne von Joy of Use) mit den Visualisierungen zu arbeiten. Damit wiesen die Visualisierungen durchaus „hedonische“ Qualitäten auf (Hassenzahl 2000). Allerdings vom Standpunkt der Effektivität und Effizienz betrachtet, konnten keine signifikanten Unterschiede zur Listendarstellung erzielt werden. Im Gegenteil, in absoluten Zahlen (Aufgabenerfüllungsgrad, Zeit im Verhältnis zum Aufgabenerfüllungsgrad) schnitt die Listendarstellung am besten ab. Betrachtet man das Ergebnis allerdings im Lichte der Tatsache, dass alle Benutzer über keinerlei Erfahrung in der Benutzung des visuellen Recherchesystems verfügten, aber sehr wohl über teilweise sehr ausgeprägte Erfahrungen im Umgang mit traditionellen Suchmaschinen (und deren Listendarstellung), so kann man dieses Ergebnis durchaus als ermutigend betrachten. Zumal den Benutzern nur eine sehr kurze Trainingsphase vor Beginn der Tests (max. 20 Minuten) zugestanden wurde. Grundsätzlich bleibt aber festzuhalten – und dies deckt sich auch mit andern empirischen Evaluation von komplexen visuellen Suchsystemen (Sebrechts et al. 1999) – benötigen komplexe Visualisierungen einen gewissen Trainingsaufwand, bis sie von Benutzern auch wirklich effektiv und effizient genutzt werden können. Hier ist die vertraute Listendarstellung sicher klar im Vorteil. Ein weiteres interessantes Ergebnis war, dass alle Benutzer die tabellarische Ergebnisdarstellung sehr gut bewerteten und damit auch sehr effektiv und effizient arbeiten konnten. Was von den Benutzern als irritierend empfunden wurde, war der Umstand, dass die verschiedenen visuellen Darstellungen nur alternativ angeboten wurden (im Sinne eines entweder oder) und nicht parallel bzw. integriert.

3.2.2 Die Darstellung von Rechercheergebnissen mit Hilfe integrierter visueller Repräsentationen

Die Erkenntnisse der Evaluation führten zu einem totalen Redesign unseres visuellen Recherchesystems INSYDER. Das neu entwickelte System namens VisMeB (Visuelle Metadaten Browser) wurde wiederum im Rahmen eines von der EU geförderten Projekts⁶ entwickelt (Reiterer et al. 2003). VisMeB ist als visuelles Suchsystem konzipiert, das nicht zur unmittelbaren Suche im Web genutzt werden kann, sondern dem Benutzer bei der Exploration von digitalen Datenräumen unterschiedlichster Anwendungsdomänen (z.B. Geometadatenbank, Filmdatenbank, Bibliotheksdatenbestand, lokal verwaltete Webdokumente) unterstützt. Die Daten sind in einer Datenbank gespeichert. Die im Rahmen von VisMeB neu entwickelten Visualisierungen zur Rechercheunterstützung greifen ein klassisches Thema der Informationsvisualisierung auf: Einerseits soll ein einzelnes Datenobjekt hinreichend detailliert dargestellt werden, um

⁶ INVISIP, EU Project No. IST-2000-29640, www.invisip.de [6.2.2004]

es interpretierten zu können. Andererseits sollte das jeweilige Datenobjekt im Kontext des gesamten Datenraumes sichtbar bleiben, um Vergleiche mit anderen Datenobjekten durchführen zu können. Nur dadurch kann eine Interpretation eines Datenobjektes im Kontext ermöglicht werden. Die größte Herausforderung hinsichtlich der Gestaltung der Visualisierungen besteht nun darin, die konzeptionelle Verknüpfung zwischen der Detailansicht (ein bzw. wenige Datenobjekte) und dem Überblick (möglichst alle Datenobjekte) in einer intuitiven Art und Weise zu ermöglichen. Dieses grundlegende Problem der Informationsvisualisierung hat viele Lösungsansätze erfahren, wie beispielsweise Focus & Context Techniken, Multiple-Window User Interfaces und viele weitere mehr.

Da bei der empirischen Evaluation des visuellen Recherchesystems INSYDER die Tabelle zur Darstellung der Suchergebnisse sehr gut bewertet worden war, wurde nun der Ansatz der weitgehenden Integration von unterschiedlichen Visualisierungen in dieser Tabelle verfolgt. Die von uns gewählte Vorgehensweise zur Entwicklung neuer innovativer Designideen wird im Abschnitt „Das Design von visuellen Recherchesystemen“ näher dargestellt. Die von uns neu entwickelte Tabelle - von uns als SuperTable bezeichnet - folgt dem Lösungsansatz der Focus & Context Techniken und wurde von der TableLense (Rao und Card 1994) inspiriert. Nach Möglichkeit werden alle Ergebnisse einer Suchanfrage in kompakter Art und Weise in der SuperTable angezeigt, um einen Gesamtüberblick zu ermöglichen. Um dies zu erreichen, müssen die auf der ersten Darstellungsebene genutzten Visualisierungen eine kompakte, wenige Pixel an Höhe benötigende Darstellung ermöglichen. Dazu werden Balkendiagramme genutzt (siehe Abbildung 3). Beim Überfahren der jeweiligen Zeilen der Tabelle mit der Maus (Fokus) ermöglicht eine Art Vorschaufunktion das Einblenden der zweiten Darstellungsebene (die mehr Details bietet), wobei aber der Kontext mit den anderen Datenobjekten der Tabelle erhalten bleibt (siehe Abbildung 3, erste Zeile oben). Jede weitere Detaillierungsebene bringt neue, in die Zelle der Tabelle integrierte, Visualisierungen, die eine immer detailliertere Darstellung der Daten ermöglichen, allerdings um den Preis des höheren Platzbedarfes. Gestapelte Balkendiagramme bzw. TileBars wurden in die Zellen der Tabelle integriert und stehen daher nicht mehr alternativ zu Verfügung. Die ersten Spalten der Tabelle zeigen somit die Gesamtrelevanz und die Einzelrelevanzen der Suchbegriffe in grafischer Form. All diese Visualisierungen vermitteln einen schnellen Überblick über die Ergebnismenge.

Der Weg vom Überblick zum eigentlichen Datenobjekt wird nun durch eine visuelle Drill-down Funktionalität unterstützt. Diese Drill-Down Funktionalität ist ein mehrstufiger Prozess, in dem dem Benutzer immer mehr Detailinformation geboten wird, um schlussendlich zu entscheiden, ob er dieses Datenobjekt als interessant empfindet und daher zum Origi-

naldatensatz vordringen oder ob er den Weg verlassen möchte um ein anderes Datenobjekt in Betracht zu ziehen. Diese unterschiedlichen Detaillierungsgrade – von uns als Granularitätskonzept bezeichnet - ermöglichen den Benutzern eine auf das jeweilige Informationsbedürfnis angepasste Informationspräsentation. Die Idee des Granularitätskonzepts entstand in Diskussionen mit Maximilian Eibl und basiert auf seinen Erfahrungen bei der Entwicklung des visuellen Recherchesystems DEViD (Eibl 2002). Der Begriff Granularität orientiert sich vom Terminus an der Photographie. Hier versteht man darunter die Auflösung bzw. Körnung eines Films.

In dem neu entwickelten visuellen Recherchesystem werden jetzt die Tabelle und das Punktdiagramm parallel angeboten (und nicht alternativ, wie bei INSYDER) und mittels „Brushing and Linking“-Techniken miteinander synchronisiert. Wenn der Benutzer bestimmte Veränderungen in einer visuellen Darstellung vornimmt, wirkt sich dies auf die anderen visuellen Darstellungen unmittelbar aus. Beispielsweise werden in Abbildung 3 mittels eines beweglichen Filters (grünes Rechteck) Dokumente im Punktdiagramm herausgefiltert. Das korrespondierende Dokument wird in der Tabelle grün eingefärbt.

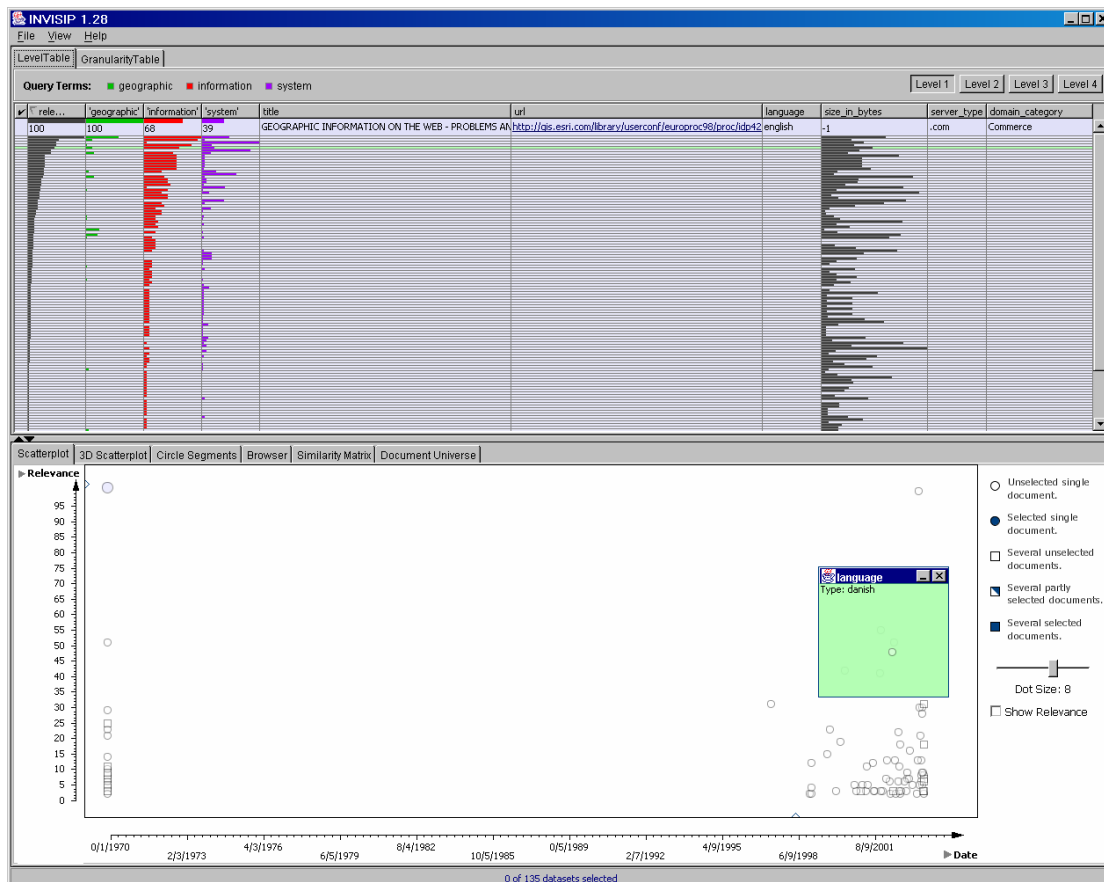


Abbildung 3: LevelTabel (1. Detaillierungsebene) + 2D Punktdiagramm

Für die SuperTable wurden zwei Designvarianten des Granularitätskonzepts entwickelt, die *LevelTable* und die *GranularityTable*.

Bei der *LevelTable* können die Suchergebnisse (z. B. Dokumente) in vier verschiedenen Detaillierungsgraden betrachtet werden, wobei ein Wechsel des Detaillierungsgrades die Darstellung aller Suchergebnisse betrifft. Abbildung 3 zeigt die Inhalte der *LevelTable* auf der Detailebene 1, durch Aktivieren einer der rechts oben positionierten Druckknöpfe kann der Benutzer die Detaillierungsebene wechseln.

Die zweite Designvariante, von uns *GranularityTable* genannt, ermöglicht die gleichzeitige Betrachtung von Suchergebnissen in unterschiedlichen Detaillierungsgraden (siehe Abbildung 4). Zwischen der ersten Ergebnisvisualisierung (geringe Granularität) und dem letztendlichen Darstellen des Originaldatensatzes (höchste Granularität) gibt es je Datenobjekt sechs unterschiedliche Detaillierungsgrade – die Visualisierungen wandeln sich ständig und können, wenn von den Benutzern gewünscht, in verschiedenen Schritten dem Originaldatensatz entgegengehen.

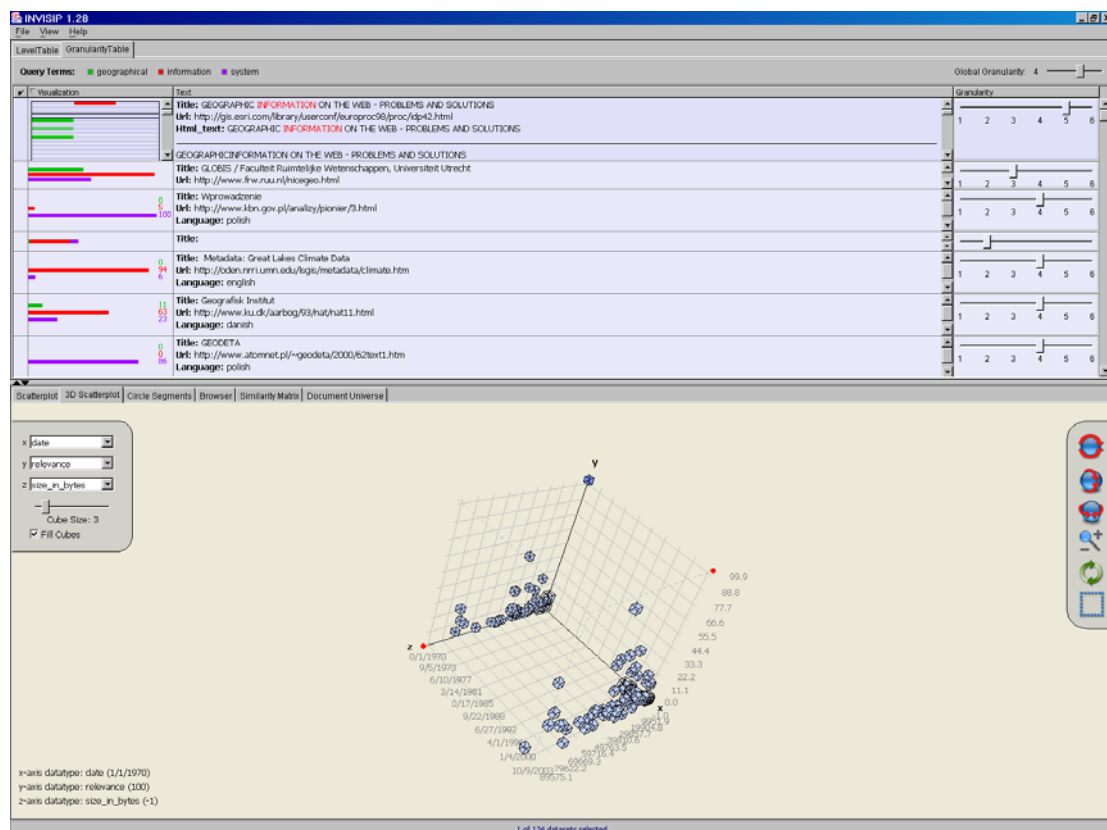


Abbildung 4: GranularityTable und 3D Punktdiagramm

Abbildung 4 zeigt, das VisMeB als Alternative zum 2D Punktdiagramm auch ein 3D Punktdiagramm anbietet. Die Idee ein 3D Punktdiagramm zur Darstellung von Suchergebnissen zu nutzen, basiert auf dem Three-Keyword Axes Display des visuellen Recherchesystems NIRVE (Cugini et al. 2000). Der Benutzer kann mittels Karteireiter wählen, ob er kom-

plementär zur Tabelle das 2D oder 3D Punktdiagramm angeboten bekommt. Das 3D Punktdiagramm ermöglicht die gleichzeitige Betrachtung von 3 Dimensionen, beispielsweise in Abbildung 4 das Datum (x-Achse), die Relevanz (y-Achse) und die Größe des Dokuments (z-Achse). Der Vorteil der Betrachtung von mehr Dimension geht aber mit dem Nachteil des komplexeren Interaktionsaufwandes einher. Im Rahmen von Benutzertests soll geklärt werden, ob und unter welchen Bedingungen das 3D Punktdiagramm der 2D Variante überlegen ist.

Das Granularitätskonzept in Kombination mit der Tabelle und der in dieser eingebetteten visuellen Darstellungen, jeweils in Abhängigkeit von der gerade gewählten Granularitätsstufe, bieten eine interessante Möglichkeit, dem Benutzer die Inhalte eines digitalen Datenbestandes nahe zu bringen. Der Benutzer entscheidet schlussendlich selbst, wie weit er in den digitalen Datenbestand „eintauchen“ möchte. Wird er eher zielgerichtet an die Thematik herangehen, so wird er möglichst schnell anhand der dargebotenen Information entscheiden wollen, ob das Datenobjekt für ihn relevant ist oder nicht. Ist der Benutzer eher auf eine freie Erkundung des Datenbestandes aus, kann er die dargebotene Information dazu nutzen, den digitalen Datenbestand anhand der immer konkreter werdenden Metadaten explorativ zu erkunden, ohne dabei aber gleich auf das Originaldatenobjekt zugreifen zu müssen.

4 Das Design von visuellen Rechervesystemen

Im folgenden werden drei erprobte Vorgehensweisen des von uns verfolgten Designprozesses bei der Entwicklung von visuellen Rechervesystemen beleuchtet, die für eine benutzer- und aufgabenzentrierte Entwicklung unverzichtbar sind. Methodisch basieren die vorgeschlagenen Vorgehensweisen auf den Erkenntnissen der Forschungsdisziplin Mensch-Computer Interaktion, neuerdings auch als Interaction Design bezeichnet (Preece et al. 2002). Diese Disziplin hat es sich zum Ziel gesetzt, interaktive Produkte zu entwickeln, deren Benutzung von den Benutzern sowohl als gebrauchstauglich (usability) als auch als erfreulich (pleasurable im Sinne von Joy of Use) empfunden wird.

4.1 Denken am Modell

Am Beginn eines Designprozesses ist es außerordentlich hilfreich sich ein Modell über das zu entwickelnde System zu verschaffen. Stephan (2000) zeigt die Möglichkeiten, die der methodisch geleitete Umgang mit Modellen im Gestaltungsprozess bietet und spricht von „Gestaltung als Denken am Modell“.

Im Falle der hier beschriebenen visuellen Recherchesysteme haben wir uns am Referenzmodell der Informationsvisualisierung (siehe Abbildung 1 im Abschnitt „Informationsvisualisierung“) orientiert. Es bietet alle notwendigen Voraussetzungen für ein „Denkmodell“, da es alle wesentlichen Gestaltungskomponenten beinhaltet. Es ermöglicht einerseits eine Gliederung des komplexen Gestaltungsbereichs in überschaubare Einzelkomponenten, gleichzeitig beinhaltet es auch eine sinnvolle Vorgehensweise beim Gestaltungsprozess. Ausgangspunkt des Modells sind die Charakteristika der Benutzer und die von ihnen verfolgten Handlungsziele bzw. Aufgaben (Schritt 1). Die sich daraus ergebenden Anforderungen beeinflussen maßgeblich alle weiteren Gestaltungskomponenten. Als nächste muss der Datenbereich gestaltet werden (Schritt 2). Mit Hilfe von Metadaten wird eine benutzer- und aufgabengerechte Modellierung des Datenraumes vorgenommen. Anhand dieser Metadaten, ergänzt um leistungsfähige Verfahren aus dem Bereich Information Retrieval und Data Mining, kann der Benutzer für ihn relevante Datenobjekte erkennen bzw. Zusammenhänge in den Daten entdecken. Der nächste Schritt ist der vom Standpunkt des visuellen Designs interessanteste, nämlich die Abbildung der Charakteristika des Datenraumes auf visuelle Darstellungen, die expressiv sind und eine effektive und effiziente Nutzung ermöglichen (Schritt 3). Dieser hochgradig kreative Prozess kann durch das Anknüpfen an bisherige Designerfahrungen unterstützt werden (siehe dazu den folgenden Abschnitt). Im letzten Schritt gilt es die gewählten visuellen Darstellungen durch geeignete Interaktionstechniken für den Benutzer in vielfältiger Art und Weise manipulierbar zu machen (Schritt 4).

4.2 Anknüpfen an und Übertragen von Designideen

Eine bewährte Strategie von Designern besteht darin, die kreative Phase des Designprozesses durch Rückgriff auf erprobte Ideen, Techniken, Materialien bzw. Produkte zu unterstützen. Diese Vorgehensweise hat die bekannte amerikanische Designagentur IDEO (siehe www.ideo.com) geradezu perfektioniert⁷. Sie haben eine sogenannte TechBox entwickelt, in der ca. 200 verschiedene Artefakte (z.B. konkrete Produkte, Materialien) aufbewahrt werden. Sie sind in verschiedene Kategorien eingeteilt (z.B. amazing materials, cool mechanisms, interesting manufacturing processes, electronic technologies) und werden noch zusätzlich auf einer umfassenden Web Site dokumentiert. Diese Web Site nutzt IDEO primär für interne Zwecke, stellt sie aber interessierten Kunden auch gegen Bezahlung zur Verfügung. Die TechBox hat sogar eigene Kuratoren, die für die

⁷ IDEO hat beispielsweise eine der ersten kommerziell verfügbaren Computermäuse entwickelt, sowie das Design für den PalmPilot V gemacht.

Pflege und Erweiterung derselben verantwortlich sind. Im Rahmen des Designprozesses (z.B. bei Brainstorming Sitzungen aber auch vom einzelnen Designer) werden dann unter Rückgriff auf die TechBox konkrete Artefakte in den Designprozess eingebracht und deren Anwendbarkeit für das konkrete Designproblem überlegt. Die umfassenden Informationen auf der Web Site zum jeweiligen Artefakt stellen dabei die notwendigen Hintergrundinformationen zur Verfügung. Damit stellen die Artefakte eine wichtige Inspirationsquelle dar, wobei nach Auskunft der Agentur die wirklich spannenden Lösungen durch die Übertragung von Ideen, Techniken und auch Materialien auf neue - vorerst als unmöglich erscheinende - Anwendungsdomänen entstehen.

Die Arbeiten von Mann (2002) bildeten den Grundstock für eine umfassende Sammlung von erprobten Ideen im Zusammenhang mit der Realisierung visueller Recherchesysteme. Diese Sammlung wurde im Rahmen von nachfolgenden wissenschaftlichen Abschlussarbeiten weiterentwickelt und steht uns heute als ausführliche Dokumentation von Visualisierungsideen zur Verfügung. Jede von uns als interessant erachtete Lösung wurde nach einem einheitlichen Schema beschrieben (z.B. Metaphern, Visualisierungen, Interaktionstechniken, Systeme) und durch eine Vielzahl von Abbildungen erläutert. Wir greifen auf diese „Box Full of Visualization Ideas“ immer dann zurück, wenn wir uns für einen konkreten Datenraum neue visuelle Abbildungen und innovative Interaktionstechniken überlegen. Auch wir haben dabei die Erfahrung gemacht, dass gerade die Übertragung von Lösungen aus oft ganz anderen Anwendungsbereichen zu neuen kreativen Lösungen führen kann.

4.3 Benutzerzentriertes Design

Ein bekanntes Defizit bei der Entwicklung von visuellen Suchsystemen, ja bei Systemen im Bereich der Visualisierung ganz allgemein, ist die mangelnde Benutzerzentrierung bei deren Entwicklung. Die meisten Systeme entstanden im Rahmen von Forschungsprojekten, bei denen die technische Machbarkeit einer Visualisierungsidee im Vordergrund stand. Inwieweit die Systeme auch gebrauchstauglich sind, stand oft nicht im Mittelpunkt des Forschungsinteresses.

Im Gegensatz dazu wurde bei der Entwicklung der vorhin vorgestellten visuellen Recherchesysteme ein stringent benutzerzentrierter Entwicklungsprozess verfolgt. Die Umsetzung der Ideen erfolgte in einem iterativen und evaluationszentrierten Entwicklungsprozess unter Verwendung von Methoden und Techniken des Usability Engineering (Rosson und Carroll 2002).

Umfassende Benutzertests - 40 Benutzer testeten das Vorläufersystem INSYDER - und deren Ergebnisse standen am Anfang der Entwicklung

von VisMeB. Die Erkenntnisse aus diesen Benutzertests führten zu einer völligen Neuentwicklung. Zur Überwindung von erkannten Defiziten ließen wir uns von bisherigen Designideen inspirieren (siehe vorherigen Abschnitt). Die von uns neu konzipierten Visualisierungen und Interaktionskonzepte wurden zuerst mittels Papierprototypen veranschaulicht und mit 8 Benutzern getestet. Daraus ergaben sich weitere Ideen für neue Designvarianten. Anschließend wurden alle Designvarianten als elektronische Prototypen (basierend auf HTML-Technologie) erstellt. Auch diese wurde mit 8 Benutzer im Labor getestet und boten vor allem die Möglichkeit, die jeweiligen Interaktionskonzepte zu beurteilen. Die ersten Prototypen waren von Anfang an als Wegwerfprototypen konzipiert und dienten nur dazu, die prinzipielle Machbarkeit und Gebrauchstauglichkeit der verschiedenen Designideen zu überprüfen. Der nächste Prototyp (entwickelt in der Programmiersprache Java) war dann ein vollfunktionsfähiges System und wurde ebenfalls einer Reihe von Benutzertests im Usability Labor unterzogen. Die Ergebnisse der verschiedenen Tests führten jeweils zu einem Redesign bestimmter Bereiche des Systems. So erfolgte eine inkrementelle Weiterentwicklung des in Java implementierten Forschungsprototyps.

Gerade bei der Entwicklung von Anwendungen im Bereich Wissensmedien ist ein stringent benutzer- und aufgabenzentrierter Entwicklungsprozess von entscheidender Bedeutung für den späteren Erfolg des Systems. Dies gilt insbesondere, wenn die Benutzer dieser Medien Computerlaien sind (z.B. Benutzer von Bibliotheken). Hier muss von Anfang an ein möglichst intuitiver Zugang zu den Wissensinhalten möglich sein.

5 Resümee

Wie der Beitrag zeigt, können visuelle Recherchesysteme einen wichtigen Beitrag zur Unterstützung des Wissensverarbeitungsprozesses leisten. Sie stellen ein typisches Beispiel für von uns so bezeichnete Wissensmedien (Knowledge Media) dar. Sie helfen dem Wissensverarbeiter (Knowledge Worker) die für seine Handlungsziele bzw. Aufgabestellung relevanten Informationen zu finden, um beispielsweise Entscheidungsprozesse vorzubereiten. Die vorgestellten visuellen Recherchesysteme belegen, dass die Kombination von expressiven, interaktiven Visualisierungen sowie leistungsfähigen Retrieval bzw. Data Mining Techniken ein großes Potential bietet, den Wissensverarbeitungsprozess effektiver und effizienter zu gestalten. Entscheidend für den Erfolg derartiger Systeme ist jedoch der medienadäquate Designprozess. Hier haben sich aufgrund unserer Erfahrungen Vorgehensweisen, wie „Denken am Modell“, das systematische Anknüpfen an und die Übertragung von bisherigen Designideen sowie ein

strikt benutzerzentrierter Entwicklungsprozess als erfolgsversprechend erwiesen. Diese Praktiken sind unserer Einschätzung nach grundlegend für die Entwicklung von Wissensmedien und in diesem Sinne verallgemeinerbar.

Literaturverzeichnis

- Baeza-Yates, R. A.; Ribeiro-Neto, B. (Eds.): *Modern Information Retrieval*. Reading, MA (Addison Wesley Longman), 1999.
- Card, Stuart K.: *Information Visualization*. In: Jacko Julie A.; Sears Andrew (Eds.): *The Human-Computer Interaction Handbook*. Mahwah, NJ (Lawrence Erlbaum), 2003, pp.544-582.
- Card, Stuart K.; Mackinlay, Jock D.; Shneiderman, Ben (Eds.): *Readings in Information Visualization. Using Vision to Think*. San Francisco, CA (Morgan Kaufmann) 1999.
- Cugini, John V.; Laskowski, Sharon L.; Sebrechts, Marc M.: *Design of 3-D Visualization of Search Results: Evolution and Evaluation*. In: *Proceedings of IST/SPIE's 12th Annual International Symposium: Electronic Imaging 2000: Visual Data Exploration and Analysis (SPIE 2000) Conference: San Jose, CA, 23-28 January 2000* p. 23-28. Davenport T.H., Prusak L.: *Working Knowledge*. (Harvard Business School Press), 1998.
- Eibl, M.(2002): *DEViD: a media design and software ergonomics integrating visualization for document retrieval*, in: *Information Visualization (2002)* 1, pp.139-157
- Han Jiawei, Kamber Micheline: *Data Mining: Concepts and Techniques*. (Morgan Kaufmann), 2000.
- Hassenzahl, Marc; Axel Platz; Michael Burmester; Katrin Lehner. *Hedonic and Ergonomic Quality Aspects Determine a Software's Appeal*. In: *Proceedings of the CHI 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems*. pp. 201-208.
- Keim Daniel A.: *Information Visualization and Visual Data Mining*. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 8, No. 1, January-March 2002, pp. 1-8.
- Mann, Thomas M.: *Visualization of Search Results from the World Wide Web*, Dissertation, Universität Konstanz, 2002,
<http://www.ub.uni-konstanz.de/kops/volltexte/2002/751/>
- Mußler, Gabriela: *Retrieving Business Information from the WWW*. Dissertation, Universität Konstanz, 2002,
<http://www.ub.uni-konstanz.de/kops/volltexte/2002/844/>
- Nonaka I., Takeuchi H.: *Die Organisation des Wissens*. Frankfurt a.M. (Campus) 1997.
- Preece Jennifer, Rogers Yvonne, Sharp Helen: *Interaction design: beyond human-computer interaction*. (John Wiley & Sons), 2002
- Reiterer H., Limbach T., Müller F., Klein P., Jetter C.: *Ein visueller Metadaten Browser für die explorative Erkundung großer Datenmengen*. In: Ziegler J., Szwillus G. (Hrsg.): *Mensch & Computer 2003*, Stuttgart (Teubner), S.165-176.

- Reiterer, H.; Mußler, G.; Mann, T.: *A visual Information seeking system for Web search*. In: Oberquelle H., Oppermann R., Krause J. (Hg.), *Mensch & Computer 2001*, Stuttgart (Teubner), 2001, pp.297-306
- Reiterer, H.; Mußler, G.; Mann, T.; Handschuh, S.: *INSYDER – An Information Assistant for Business Intelligence*. In: Proceedings of the 23 Annual International ACM SIGIR 2000 Conference on Research and Development in Information Retrieval, New York (ACM Press), 2000, pp.112-119.
- Rosson M., Carroll J., *Usability Engineering – Scenario-based Development of Human-Computer Interaction*. (Morgan Kaufmann), 2002
- Sebrechts, Marc M.; Vasilakis, Joanna; Miller, Michael p.: *Visualization of Search Results: A Comparative Evaluation of Text, 2D, and 3D Interfaces*. In: Hearst, Marti A. (Eds.): *SIGIR 1999: Proceedings of the 22nd Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval Conference*: Berkeley, CA, August 15-19 1999. New York (ACM Press) 1999. p. 3-10.
- Stephan P. F.; *Denken am Modell – Gestaltung im Kontext bildender Wissenschaft*. In: Bürdek B. E. (Hrsg.); *Der digitale Wahn*, Frankfurt/M. (Suhrkamp), 2000.
- Ware C.: *Information Visualization: Perception for Design*. (Morgan Kaufmann), 2000.