

Universität Konstanz
FB Informatik und Informationswissenschaft
Bachelor-Studiengang Information Engineering

Bachelorarbeit

Design und Umsetzung eines Multi-Touch Scatterplot Design and Implementation of a Multi-Touch Scatterplot

*zur Erlangung des akademischen Grades eines
Bachelor of Science (B.Sc.)*

Studienfach: Information Engineering
Schwerpunkt: Computer Science
Themengebiet: Angewandte Informatik

von

Stephan Huber

Matr.-Nr.: 01/620144

Erstgutachter: Prof. Dr. Harald Reiterer

Zweitgutachter: Prof. Dr. Oliver Deussen

Betreuer: Mathias Heilig

Einreichung: 27.04.2010

Zusammenfassung

In der heutigen Zeit fassen Bibliotheken die Informationen über ihren Bestand an Büchern und anderen Medien in digitalen Katalogsystemen zusammen. Mittels Suchanfragen und daraus hervorgehenden Trefferlisten erhalten die Benutzer in diesen Systemen Zugriff auf die Informationen über den Datenbestand einer Bibliothek. Die Ergebnisdarstellung in Form von Trefferlisten machen es dem Benutzer schwer, einen Überblick über die gesamten Treffer zu erhalten. Diese sind, in Abhängigkeit von der Anfrage, oft über mehrere HTML-Seiten verteilt. In dieser Arbeit wird der Scatterplot als Visualisierung zur Lösung dieser Probleme vorgestellt. Er ermöglicht einen Überblick über die Ergebnisse einer Suchanfrage und eine Analyse der Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen den Treffern. Ein Problem der bisherigen Navigationskonzepte in Scatterplots ist, dass kein direkter Vergleich zwischen verschiedenen Fokusansichten ermöglicht wird. Hierzu wird in dieser Arbeit ein neues Navigationskonzept für eine Scatterplot-Visualisierung identifiziert, welches die Erstellung von multifokalen Sichten im Datenraum ermöglicht. Des Weiteren unterstützen die Terminals in den Bibliotheken keinen simultanen Zugriff oder soziale Interaktionen mehrerer Benutzer während des Suchprozesses. Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Multi-Touch-Tisch als Lösungsansatz für das Interaktionsproblem solcher Terminals vorgestellt. Der Multi-Touch-Tisch unterstützt mehrere Benutzer dabei, gleichzeitig interaktiv in eine Anwendung einzugreifen. Für das neue Navigationskonzept der Scatterplot-Visualisierung werden Gesten zur direkten Interaktion auf dem Display des Multi-Touch-Tisches identifiziert. Diese Gesten stellen in Verbindung mit dem Navigationskonzept eine natürliche Interaktion mit der Scatterplot-Visualisierung dar.

Abstract

Nowadays libraries collect information on their stock of books and other media in digital catalog systems. In these systems the users get access to the information on the database of a library by means of queries and the hit lists resulting from the search process. The presentation of the results in the form of hit lists makes it difficult for the user to gain an overview of all the hits. Depending on the type of query, these are distributed over several html pages. In this thesis the scatterplot is presented as a visualization to solve these problems. It facilitates an overview of the results of a query and an analysis of the relations and the dependencies among the hits. The concepts of navigation in scatterplots developed so far entail the problem that is impossible to directly compare various focal views. In order to solve this problem a new concept of navigation for a scatterplot visualization is identified in this thesis. This concept enables the creation of multifocal views in the data space. Furthermore, the library terminals do not support simultaneous access or social interaction among multiple users during the search process. Within this thesis a multi-touch table is presented as a path towards a solution to the problems of such terminals. The multi-touch table supports multiple users in interacting simultaneously in an application. For the new concept of navigation of the scatterplot visualization gestures for direct input on the display of the multi-touch table are identified. In combination with the concept of navigation these gestures represent a natural interaction with the scatterplot visualization.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Motivation.....	6
1.2	Fokussierung der Arbeit.....	7
1.3	Inhalt der Arbeit.....	8
2	Verwandte Arbeiten	9
2.1	Definition 2D Scatterplot.....	9
2.2	Dynamische Filter in Scatterplots.....	10
2.3	Verteilung der Datenpunkte in einem Scatterplot.....	15
2.4	Details on Demand in Scatterplots.....	18
2.5	Navigation in Scatterplots.....	20
2.5.1	ZUI-Scatterplot.....	20
2.5.2	Fisheye-Scatterplot.....	25
2.6	Multiple-Data-Points in Scatterplots.....	27
2.7	Multifokale Sichten.....	28
2.8	Multi-Touch.....	30
2.8.1	Einführung und Definition.....	30
2.8.2	Multi-Touch-Gesten – die natürliche Interaktion.....	32
2.8.3	Treffsicherheit und Präzision der Finger.....	34
2.9	Multi-Touch Anwendung - DATEV Interact.....	36
3	Design und Konzept	38
3.1	Zielsetzung.....	38
3.2	M3 Scatterplot im Kontext der Bibliothek.....	39
3.3	Aufbau des M3 Scatterplots.....	40
3.4	Rubber-Sheet-Navigation.....	41
3.4.1	Natürliche Verzerrung durch Gesten.....	42
3.4.2	Zweidimensionale Verzerrung.....	42
3.4.3	Eindimensionale Verzerrung.....	43
3.4.4	Visuelles Feedback.....	44
3.4.5	Resultat einer Verzerrung.....	45

3.4.6	Multifokale Verzerrung.....	48
3.4.7	Auflösen einer Verzerrung.....	48
3.5	Änderung der Achsenattribute	50
3.6	Details on Demand	52
3.7	Dynamischer Filter	55
4	Umsetzung.....	59
4.1	Verwendete Technologien	59
4.1.1	Multi-Touch Tisch	59
4.1.2	Datengrundlage	60
4.2	Aufbau und Kommunikation	60
4.3	Fisheye-Gitternetz.....	62
4.3.1	Klasse DimensionDictionary	62
4.3.2	Klasse GridController	63
4.3.3	Klasse ObjectDictionary	63
4.4	Interaktion.....	64
4.4.1	Event Controller	64
4.4.2	Verzerrung	65
4.4.3	Animation.....	66
5	Zusammenfassung und Ausblick	67
	Eidesstattliche Erklärung	70
	Abkürzungsverzeichnis.....	71
	Abbildungsverzeichnis	72
	Literaturverzeichnis.....	75

1 Einleitung

1.1 Motivation

Große Sammlungen von Medien wie Bücher, DVDs oder CDs einer Bibliothek werden heute in digitalen Katalogen zusammengefasst. Jedes Medium wird hierzu in einer Datenbank indexiert und, je nach System, mit einer Anzahl von Informationen versehen. Diese Informationen bestehen bei einer Film-DVD z. B. aus dem Titel, dem Regisseur, dem Erscheinungsjahr, den Schauspielern und einem kurzen Abstract. Welche Informationen eines Mediums indexiert werden, entscheiden die Experten und Entwickler eines Systems, gelegentlich unter Beteiligung der Nutzer.

In den Bibliotheken der heutigen Zeit werden Computer-Terminals eingesetzt, um in digitalen Katalogen nach Medien zu suchen. Abgesehen von einer komplexen Infrastruktur zur Verwaltung mehrerer Terminals und anderen technischen Voraussetzungen, besteht ein Terminal aus der Sicht eines Benutzers aus einem Bildschirm mit Maus und Tastatur. Der Zugang zu digitalen Katalogen ist generell über eine Sucheingabemaske möglich, in welcher eine Suchanfrage definiert und an das Katalogsystem übergeben werden kann. Zusätzlich wird in vielen Systemen eine erweiterte Suche angeboten, die aus einer Eingabemaske mit mehreren Feldern besteht oder vordefinierte Kriterien zur Anfrageformulierung bereitstellt. Zu den vordefinierten Kriterien zählen z. B. das Erscheinungsjahr eines Films oder die Sprache, in der die Dialoge im Film verfasst sind.

Nach der Anfrageformulierung erhält der Benutzer eine Ergebnisdarstellung der Treffermenge. Ein Großteil der digitalen Katalogsysteme der Bibliotheken wie auch viele Internetsuchmaschinen (z. B. Google¹, Yahoo!² oder Bing³) verwenden eine Liste zur Ergebnisdarstellung aller Suchtreffer. In Abhängigkeit von der Anzahl der Treffer verteilen sich die Ergebnislisten über mehrere HTML-Seiten. Diese Listen können schließlich vom Benutzer manuell analysiert werden. Eine Analyse zwischen Treffern auf unterschiedlichen Seiten wird nicht unterstützt. Stattdessen müssen die Informationen verschiedener Treffer außerhalb der Kataloganwendung gespeichert oder auf einem Blatt Papier notiert werden, um einen Vergleich durchführen zu können.

Die Anordnung der Treffer, d. h. welche Treffer an vorderer Stelle stehen, ist nur selten transparent und für den Benutzer oft nicht ersichtlich. Die erfolgreichen Suchmaschinen des Internets nutzen ein proprietäres Ranking und vermeiden bewusst eine vollständige Transparenz ihrer Bewertungskriterien. Hierdurch wird verhindert, dass die Betreiber einer Internetseite durch Manipulation ein hohes Ranking erhalten. In der digitalen Katalogsuche einer Bibliothek wird ebenfalls ein Bewertungssystem

¹ Deutsche Internetadresse der Suchmaschine von Google: <http://www.google.de>

² Deutsche Internetadresse der Suchmaschine von Yahoo: <http://de.yahoo.com/>

³ Deutsche Internetadresse der Suchmaschine von Bing: <http://www.bing.com/?cc=de>

eingesetzt. Analog zu den Internetsuchmaschinen fehlt es jedoch auch hier oft an Transparenz.

Zudem bieten viele Katalogsysteme entweder keine oder nur wenige weiteren Funktionen an, um die Treffer einer Suche zu bearbeiten. Die wenigen Funktionen die in einigen Katalogsystemen angeboten werden, dienen nicht zu einer inhaltlichen Exploration, sondern lediglich zur Sortierung und Filterung der Suchtreffer. Oft ist die Anzahl der gefunden Treffer die einzige Information, über die gesamte Treffermenge, die dem Benutzer zugänglich ist. Allgemeine bzw. übergreifende Informationen zu den Suchergebnissen müssen durch die Betrachtung der Treffer im Einzelnen ermittelt werden. Nur bei einer geringen Anzahl an Treffern, ist eine effektive Analyse über die Suchtreffer möglich.

Des Weiteren wird eine kollaborative Suche mit mehreren Personen von den meisten Katalogsysteme in Bibliotheken nicht unterstützt. Wie zu Anfang beschrieben, ist ausschließlich die solitäre Interaktion eines einzelnen Benutzers mit dem Terminal vorgesehen. Die Eingabegeräte Maus und Tastatur können nur eingeschränkt von mehreren Benutzern vor dem gleichen Terminal genutzt werden, da die meisten Bildschirme nur einen begrenzten Betrachtungswinkel ermöglichen. Es ist somit nicht für alle Personen in einer Gruppe möglich, interaktiv und simultan in den Suchprozess einzugreifen. Aus einem schlechten Betrachtungswinkel ist es zudem nahezu unmöglich die eigenen Eingaben oder die eines anderen Benutzer im System nachvollziehen zu können. Nielson und Molich [NM90] zeigen hierzu in einer Studie, dass ein visuelles Feedback wichtig für den Benutzer während der Interaktion mit einem System ist.

Evans und Chi haben zeigen zudem in einer Studie [EC08], dass gerade die sozialen Interaktionen während der Recherchetätigkeit äußerst wichtig sind, z. B. um die Relevanz der Suchergebnisse zu diskutieren oder eine Suchanfrage gemeinsam zu formulieren.

1.2 Fokussierung der Arbeit

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Konzept vorgestellt, welches einen Großteil der genannten Probleme eines Computer-Terminals lösen soll wie sie in Kapitel 1.1 aufgezeigt werden. Ausgehend von der Motivation sind in diesem Abschnitt die einzelnen Ziele definiert.

Das grundlegende Ziel dieser Arbeit ist es, den Benutzer in der **Analyse eines Datenraums** unter Verwendung eines Scatterplots zu unterstützen. Der Fokus liegt dabei auf heterogenen Daten, wie z. B. Informationen zu Büchern, Zeitschriften, Filmen oder andere Medien einer Bibliothek. Verwandte Arbeiten in diesem Forschungsgebiet zeigen, dass sich der Scatterplot zur Analyse und Suche in einem heterogenen Datenraum eignet [AS94, Bür07, Dem07, FD05, SFR00, UHJ05]. **Auf der Basis der**

verwandten Arbeiten soll in dieser Arbeit das M3 Scatterplot-Konzept entwickelt werden.

Während der Analyse soll der Benutzer unterstützt werden, **verschiedene Cluster von Datenpunkten auflösen und vergleichen** zu können. Im Rahmen dieser Arbeit wird hierzu ein Navigationskonzept zur Erzeugung multifokaler Sichten identifiziert und auf eine Scatterplot-Visualisierung übertragen.

Evan und Chi motivieren zudem [EC08], die sozialen Interaktionen von mehreren Benutzern im Suchprozess zu unterstützen. Ein Tabletop unterstützt auf Grund des Formfaktors eine kollaborative Suche, in welcher mehrere Benutzer zusammen den Datenraum explorieren können [MLW10]. Der **Prototyp des M3 Scatterplots** soll aus diesem Grund auf einem Multi-Touch Tisch eingesetzt werden und eine **direkte Eingabe über das Display** unterstützen.

1.3 Inhalt der Arbeit

In Kapitel 2 wird eine Auswahl an verwandten Arbeiten vorgestellt, welche sich mit der Thematik Scatterplot-Visualisierung auseinandersetzen. Hierbei werden Lösungsansätze beschrieben, die eine Suche und Exploration des Datenraums unterstützen. Zudem werden entwickelte Lösungsansätze zur Erstellung von multifokalen Sichten vorgestellt, um verschiedene Fokusbereiche in einer Visualisierung vergleichen zu können. Abschließend wird ein Einblick in die Möglichkeiten eines Multi-Touch-Displays gegeben, welches zur Entwicklung der Interaktionskonzepte dieser Arbeit verwendet wurde. Der Fokus liegt dabei auf der Identifizierung von Gesten, welche sich für das Navigationskonzept des M3 Scatterplots eignen.

In Kapitel 3 werden vor der ausführlichen Beschreibung des Lösungskonzepts M3 Scatterplot die genauen Anforderungen an die Visualisierung erläutert.

Im darauf folgenden Kapitel 4 wird schließlich ein Einblick in die Implementierung des Lösungskonzepts M3 Scatterplot in einem Prototyp gegeben. Neben dem grundlegenden Aufbau und der Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten innerhalb des Prototyps, wird der Ablauf einer ausgewählten Interaktion näher beschrieben.

In Kapitel 5 werden abschließend die erreichten Ziele dieser Arbeit abstrahiert und zusammengefasst und ein Ausblick auf eine mögliche Weiterentwicklung des M3 Scatterplots gegeben.

2 Verwandte Arbeiten

In diesem Kapitel wird als erstes der grundlegende Aufbau und Nutzen eines zweidimensionalen Scatterplots näher beschrieben (siehe Kapitel 2.1). Anschließend wird ein Einblick in die bisherigen Forschungsarbeiten im Bereich zweidimensionaler Scatterplots gegeben. Hierbei werden verschiedene Lösungsansätze vorgestellt, die eine tiefere Analyse der Daten in einem Scatterplot unterstützen.

Des Weiteren werden Lösungskonzepte zur Erstellung multifokaler Sichten in einer ZUI- sowie Fisheye-Visualisierung vorgestellt (siehe Kapitel 2.7), durch welche verschiedene Fokusbereiche einer Visualisierung verglichen werden können.

Abschließend werden die Möglichkeiten und Herausforderungen neuer Multi-Touch Eingabegeräte näher beschrieben (siehe Kapitel 2.8) und durch ein abschließendes Beispiel eines Multi-Touch Balkendiagramms ergänzt.

2.1 Definition 2D Scatterplot

Unter zahlreichen zweidimensionalen Diagrammen, wie z. B. Balken-, Kuchen- und Kurvendiagrammen, eignet sich ein zweidimensionales Streudiagramm (2D-Scatterplot) zur Betrachtung und Analyse eines heterogenen Datensatzes. Im Gegensatz zur Ergebnisliste einer Suchanfrage werden alle Treffer als Datenpunkte im Scatterplot dargestellt. Der Betrachter erhält somit eine Übersicht aller Treffer und muss nicht über mehrere HTML-Seiten durch die Ergebnislisten navigieren.

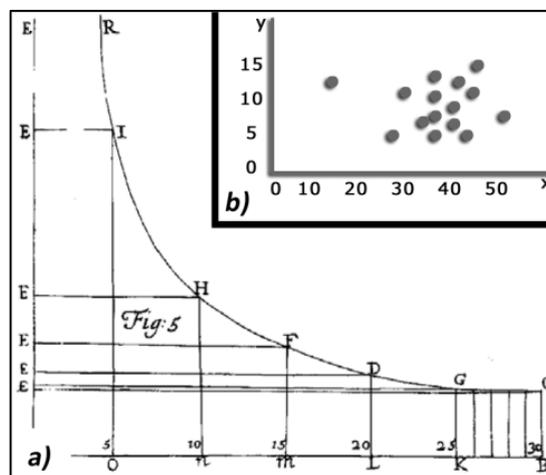


Abbildung 1: a) zeigt ein Diagramm [FD05], welches die Beziehung zwischen Höhe und Luftdruck darstellt; b) zeigt ein zweidimensionales Streudiagramm

Bereits 1686 entwickelte Edmund Hally [FD05] den Vorgänger des heute bekannten 2D Scatterplots. Hierbei wurde die Beziehung zwischen Luftdruck und Höhe visualisiert (siehe Abbildung 1a). Durch einzelne Messpunkte zeichnete er eine theoretische Kurve, um die Zusammenhänge beider Attribute veranschaulichen zu können.

In den heutigen 2D Scatterplots bestimmen weiterhin die zugrundeliegenden Daten den Wertebereich der beiden vorhandenen Achsen. Der Wertebereich eines Attributs

wird hierzu auf eine der Achsen gelegt (siehe Abbildung 1b). Zusammen bilden die beiden Achsen ein kartesisches Koordinatensystem, auf welchem die Datenpunkte gemäß ihrer Eigenschaften verortet werden. Durch die Anordnung der Datenpunkte kann der Betrachter Beziehungen und Abhängigkeiten im Datenraum identifizieren. Diese Aussagen stehen immer in einem direkten Bezug zu den gewählten Achsenattributen und lassen den Betrachter zwei Eigenschaften der Datenpunkte ermitteln. Im Beispiel von E. Hally sind das Luftdruck und Höhe eines Datenpunktes auf einer Kurve [FD05].

2.2 Dynamische Filter in Scatterplots

In diesem Kapitel wird eine Filtermethode vorgestellt, um die Ausgangsansicht des Scatterplots auf eine Teilmenge des Datenraums zu reduzieren. Eine Filterung des gesamten Datenbestandes verschafft dem Benutzer einen besseren Überblick und zeigt ihm ausschließlich die auf seine Filterkriterien zutreffenden Datenpunkte im Scatterplot an. Diese Methode eignet sich zur Suche von Datenpunkten mit spezifischen Eigenschaften und ermöglicht eine tiefere Analyse des Datenraums.

Anstelle einer Suchanfrage, um Treffer eines Datenraums zu erhalten, entwickelten Shneiderman et al. [AWS92] ein neues Konzept zur Filterung der Datenpunkte in einem Scatterplot. Dieses Konzept erfordert keine Kenntnisse über eine komplexe Anfragesprache und ein damit zusammenhängendes Verständnis über spezifischen Parametereingaben.

Stattdessen werden Dynamic Queries [AWS92] als Alternative zu komplexen Suchanfragesprachen vorgestellt. Zur Umsetzung des Konzepts wurde ein Slider verwendet (siehe Abbildung 2). Shneiderman et al. bezeichnen ihn als Dynamic Query Slider (DQ Slider), durch welchen schließlich eine Suchanfrage definiert werden kann.



Abbildung 2: Dynamic Query Slider aus einer Visualisierung von Shneiderman et al. [AWS92].

Linear entlang des DQ Sliders ist der Wertebereich eines Attributs abgebildet. Unmittelbar links von dem DQ Slider wird das Minimum des Wertebereichs dargestellt und rechts das Maximum. Durch die dargestellten Wertgrenzen wird die Funktion des DQ Sliders bereits vor der Interaktion für den Benutzer visuell sichtbar. Über die Bewegung eines Schiebereglers zwischen den beiden Extremen, kann eine neue Wertobergrenze gewählt werden, welche zusätzlich weiter links angezeigt wird.

Als erstes wurde der DQ Slider in einer Visualisierung des Periodensystems der Chemie eingesetzt (siehe Abbildung 3). Diese beinhaltet die Abkürzungen der chemischen Elemente. Über vordefinierte Eigenschaften der DQ Slider kann die Darstellung der

Elemente in der Visualisierung zur Laufzeit geändert werden. Die Veränderungen der visuellen Darstellung des Periodensystems sind während der Interaktion mit einem DQ Slider für den Benutzer sichtbar. Während der Verschiebung des Reglers, werden die chemischen Elemente, welche nicht innerhalb der eingestellten Bereiche liegen, halb transparent dargestellt. Über zwei zusätzliche Buttons rechts innerhalb der Anwendung kann definiert werden, ob durch die Schieberegler die Wertober- oder die Wertuntergrenze der DQ Slider definiert werden soll.

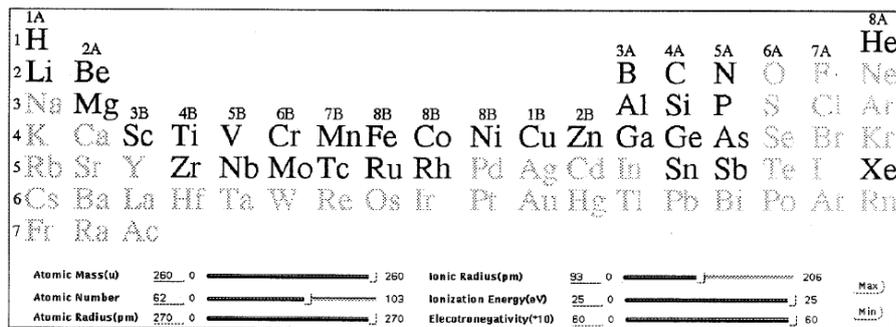


Abbildung 3: Abbildung des Systems von Shneiderman welches ein Periodensystem darstellt [AWS92].

Der FilmFinder [AS94a] ist eine 2D Scatterplot-Visualisierung, in der ebenfalls die DQ Slider zur Filterung des Datenraums genutzt werden (siehe Abbildung 4). Jeder Film ist als Datenpunkt in Form eines Rechtecks im Scatterplot der Visualisierung verortet. Über die Farben der Datenpunkte wird eine visuelle Zuordnung zu einem Genre ermöglicht. Eine Legende unterhalb des Scatterplots ordnet die verschiedenen Farben einem Genre zu. Zusätzlich haben die einzelnen Genres in der Legende die Funktion eines Filters. Ähnlich einer Schaltfläche kann der Benutzer Filme eines Genres ein- und ausblenden, was wiederum ein Suchanfrage nach Genres ersetzt. Im rechten Teil der Visualisierung sind die DQ Slider positioniert. Ahlberg und Shneiderman bezeichnen die oberen vier DQ Slider „Title“, „Actor“, „Actress“ und „Director“ als Alpha Slider. Entlang des Alpha Slider können verschieden Buchstaben eines Alphabets ausgewählt werden. Das Alphabet ist hierzu unterhalb des Sliders aufgeführt und zeigt dem Benutzer, bei welchem Buchstaben sich der Regler je nach Einstellung befindet.

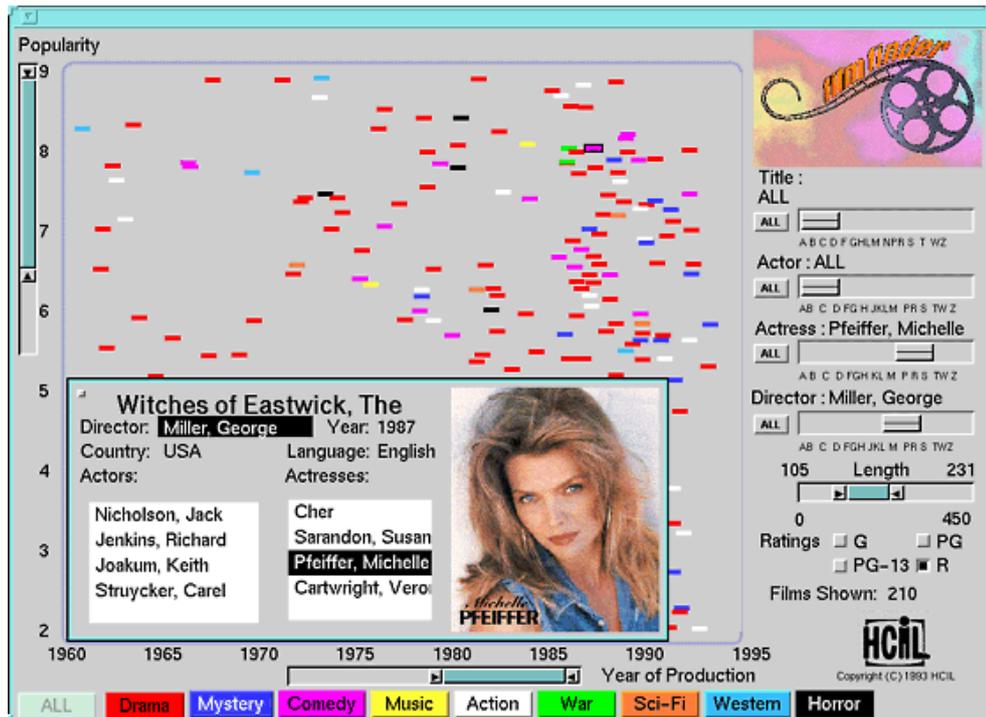


Abbildung 4: Screenshot des FilmFinders [AS94a].

Durch die Verschiebung der Alpha Slider werden die Datenpunkte auf ein gewähltes Kriterium reduziert. Alle Filme die nicht auf die Einstellungen der Alpha Slider zutreffen, verschwinden aus der Visualisierung.

Ein weiterer Vorteil des direkten visuellen Feedbacks ist es, das Ergebnis mit der vorherigen Ansicht vergleichen zu können. Sind z. B. ein Großteil der Filme in der Datenbank vom selben Regisseur, werden bei einer Veränderung des Reglers „Director“ auf dessen Buchstaben sichtbar mehr Filme dargestellt, als bei einem anderen Buchstaben.

Diese Suchanfragen lassen sich durch die Kombination mehrerer DQ Slider erweitern und unterstützen dadurch den Benutzer in einer komplexen Suche im Datenraum [AS94a].

In einer Studie wurde der DQ Slider HomeFinder [WS92], einer Kartenvisualisierung, mit alternativen Möglichkeiten zur Suche in einem Datenraum verglichen. Im HomeFinder werden Datenpunkte auf einer Karte verortet, welche jeweils ein Haus darstellen sollen. Ebenso wie im FilmFinder kann die Menge der sichtbaren Datenpunkte durch eine Veränderung der DQ Slider angepasst werden. Zu den Alternativen des HomeFinders in der Studie gehörte ein System, in welchem eine Suchanfrage über eine Anfragesprache formuliert werden konnte. Die zweite Möglichkeit für eine Suche waren drei Seiten Papier mit den Listen aller Häuser. Die Papierlisten enthielten jeweils die gesamten Daten und unterschieden sich in der Sortierung der Häuser nach gewählten Kriterien. Das Ergebnis dieser Vergleichsstudie

zeigt, dass der HomeFinder mit dem Konzept der DQ Slider weniger Zeit für die Durchführung einer Suche in Anspruch nimmt [WS92]. Lediglich bei der einfachsten Aufgabe ist die Suche mit der Liste auf dem Papier schneller durchgeführt worden, wobei die zeitliche Differenz zur Lösung der Aufgabe unter Verwendung der DQ Slider als nicht signifikant angesehen wird [WS92].

Eine Weiterentwicklung des DQ Sliders ist der Double Box Range Selector (DBR Selector) [AS94b]. Das Konzept des DBR Selectors erweitert die Funktion des DQ Sliders um einen zusätzlich Schieberegler. Durch die erweiterte Funktionalität ist es möglich, Wertober- und Wertuntergrenze im gleichen Slider zu definieren. Der DBR Selector wurde ebenfalls in eine weiterentwickelte Version des HomeFinders integriert. Hierüber ist es im HomeFinder z. B. möglich, die minimale und maximale Anzahl an Schlafräumen in einem Slider zu bestimmen (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: Double Box Range Selector des HomeFinders zur Bestimmung der Anzahl der zur Verfügung stehender Schlafzimmer in einem Haus [AS94b].

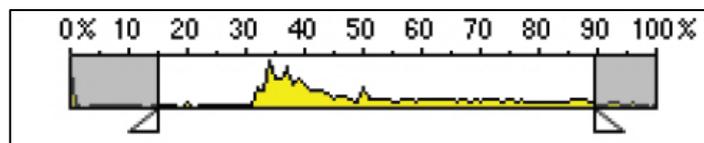


Abbildung 6: DBR Selector einer Scatterplot-Visualisierung mit Histogramm zur Darstellung der Verteilung der Daten über einen Attributraum [Bür07].

Das Konzept DBR Selector wurde schließlich bis hin zu einer eigenständigen Visualisierung entwickelt [Bür07]. Bisher hatte der Benutzer lediglich die Grenzen des vorhandenen Wertebereichs eines Attributs ablesen können. In einer weiteren Iterationsstufe wurde ein Histogramm in den DBR Selector integriert (siehe Abbildung 6). Hierdurch können neben Aussagen zu Abhängigkeiten in einem Scatterplot bereits vor einer Filterung des Datenraums, Erkenntnisse im Bezug auf die Verteilung der Daten in einem Attributraum ermittelt werden [Bür07]. Die Filterung des Datenbestandes kann zudem zielgerechter durchgeführt werden, da durch das Histogramm, des DBR Selectors, ein Vorwissen über den Datenbestand ermöglicht wird.

Im Bereich der Tangible User Interfaces⁴ (TUI) wurde das Konzept der Dynamic Queries ebenfalls untersucht und in einer Studie mit einer Variante eines Graphical User Interfaces (GUI) verglichen [UHJ05].



Abbildung 7: a) zeigt ein Token, welches in den dafür vorgesehenen Bereich zur Bestimmung des Attributs der y-Achse eingesetzt werden kann; b) zeigt den Aufbau mit Bildschirm und Scatterplot Visualisierung [UHJ05].

Alternativ zu einem DQ Slider in der Visualisierung, wurde eine greifbare Lösung in Form eines Tokens (siehe Abbildung 7a) entwickelt. Das Token besteht aus einem zylinderförmigen Baustein und kann, je nach Anforderung, zusammen mit anderen Tokens zu einer Suchanfrage kombiniert werden. Zur Aktivierung eines Tokens muss es in einen dafür vorgesehenen Bereich unterhalb des Bildschirms platziert werden (siehe Abbildung 7b). Nach dem Einsetzen hat der Benutzer die Möglichkeit durch eine Drehbewegung einen Bereich in der Visualisierung hervorzuheben. Analog zu den in die GUI integrierten DQ Slidern lassen sich Veränderungen in der Visualisierung direkt verfolgen. Über eine digitale Anzeige oberhalb des eingesetzten Tokens kann der Attributname und die Spannweite des Auswahlbereichs abgelesen werden.

Ein zweites Token, die Parameter Bar (siehe Abbildung 8), kann als die TUI Lösung des DBR Selectors von Shneiderman et al. [AS94b] gesehen werden. Dieses Token ermöglicht analog zu dem DBR Selector des HomeFinder [AS94b] eine freie Auswahl der Ober- und Untergrenze eines Wertebereichs des jeweiligen Attributs. Zudem besitzt die Parameter Bar ebenfalls ein Histogramm, welches die Verteilung der Daten innerhalb des Wertebereichs zeigt. Mit Hilfe von zwei physischen Reglern kann ein Wertebereich vom Benutzer bestimmt werden.

⁴ Definition nach Ishii und Ulmer: TUIs sind Benutzerschnittstellen, welche Objekte der realen Welt, durch die Kopplung von zusätzlichen digitalen Informationen erweitern. [IU97]



Abbildung 8: „Parameter Bar“ Token zur Eingrenzung eines Bereichs und der darin enthaltenen Menge an Datenpunkten innerhalb einer Scatterplot-Visualisierung [UHJ05].

Während der Interaktion mit beiden Varianten der Tokens wird die Anzahl der sichtbaren Datenpunkte nicht verändert. Stattdessen wird die Ergebnismenge durch eine gestrichelte Linie markiert oder farblich unterlegt (siehe Abbildung 7b).

In nachfolgenden Tests beider DQ Slider-Lösungen, GUI und TUI, stellte sich keine Verbesserung durch den Einsatz der Tokens heraus, wobei der Testaufbau beider Varianten als nicht vollständig vergleichbar angesehen wird [UHJ05]. Die Begründung ist, dass der Benutzer bei der Tokens zur Lösung der Aufgaben die Dynamic Query erst aufgebaut werden musste. Bei der GUI-Lösung hingegen waren die Slider schon vorhanden. Dies sorgte für eine zeitliche Differenz bei der Erfüllung der Aufgaben.

2.3 Verteilung der Datenpunkte in einem Scatterplot

Neben den Dynamic Queries zur Filterung der Datenpunkte in einem Scatterplot, wird in diesem Kapitel das Konzept zur Änderung der Achsenattribute in einem 2D Scatterplot vorgestellt. Hierdurch wird es dem Benutzer ermöglicht verschiedene Sichten auf den Datenraum zu erhalten, ohne die Visualisierung verlassen zu müssen. Zudem wird beschrieben, wie die Bestimmung der Eigenschaften eines Datenpunktes unterstützt werden kann.

Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, werden alle Datenpunkte auf dem Gitternetz des Scatterplots verortet. Diese Anordnung erfolgt durch die auf den Achsen dargestellten Wertebereichen der Attribute. Erhält der Benutzer die Möglichkeit die Anordnung der Datenpunkte in einem Scatterplot zu verändern, können verschiedene Sichten auf den Datenraum erstellt werden. Hierzu werden unterschiedliche zur Verfügung stehende numerische Attribute gegenübergestellt, um die Ergebnisansichten vergleichen zu können. In bisherigen Konzepten wird eine Combo Box (siehe Abbildung 9) eingesetzt,

um die Funktion in einem Scatterplot zu integrieren (z. B. im ZUIScat [BR05] oder HyperScatter [Dem07]).

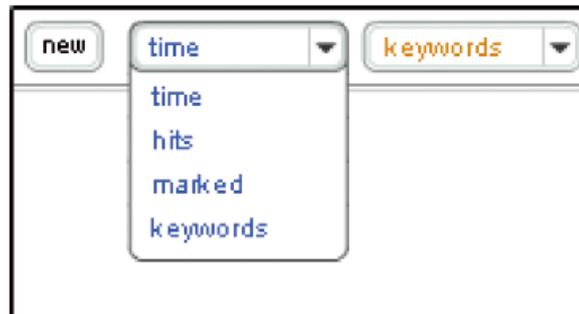


Abbildung 9: Combo Box des ZUIScat [BR05].

Je Achse ist in der Scatterplot-Visualisierung eine Combo Box vorhanden. Wählt der Benutzer ein Attribut aus der Combo Box aus, wird der Wertebereich der betreffenden Achse auf das gewählte Attribut geändert. Durch den neuen Wertebereich der Achse ändert sich eine Dimension im Scatterplot. Die Datenpunkte werden folglich neu verortet und ermöglichen eine neue Sicht auf den Datenraum.

Zur Interpretation verschiedener Ansichten ist es erforderlich, die Eigenschaften der Datenpunkte bestimmen zu können. Diese Eigenschaften beziehen sich auf die Attribute der beiden Achsen eines zweidimensionalen Scatterplots. Zur Bestimmung des numerischen Wertes eines Attributs, wird die Position eines Datenpunktes mit dem Wertebereich der gewählten Achse verglichen.

Ein visuelles Gitternetz erleichtert es dem Benutzer, die Position eines Datenpunktes bestimmen zu können. Die Anzahl der Linien hängt dabei von der Anzahl der auf der Achse dargestellten Werte eines Attributs ab. Dabei können beim Ablesen der Eigenschaften eines Datenpunktes Abweichungen und Ungenauigkeiten entstehen. Wenn z. B. nicht jeder einzelne Wert eines Attributs auf der Achse abgebildet ist oder der Datenpunkt genau auf einer Linie liegt, kann der numerische Wert des Datenpunktes vom Benutzer nur geschätzt werden.

Ein Interaktionskonzept in einem ZUI Scatterplot von Büring [BGH06a] zeigt die genaue Position eines Datenpunktes an, sobald der Benutzer den Fokus auf das Objekt legt (siehe Abbildung 10). Während des Zooms auf einen Datenpunkt werden zwei Linien und die dazu passende Achsenbeschriftung eingeblendet. Die Linien unterscheiden sich durch die rote Farbe visuell von den anderen Linien des Gitternetzes. Sie gehen direkt von dem fokussierten Datenpunkt aus und zeigen über die zusätzliche Achsenbeschriftung die genauen Eigenschaften des Datenpunktes an. Die Beschriftung wird durch eine andere visuelle Darstellung von der restlichen Achsenbeschriftung hervorgehoben.

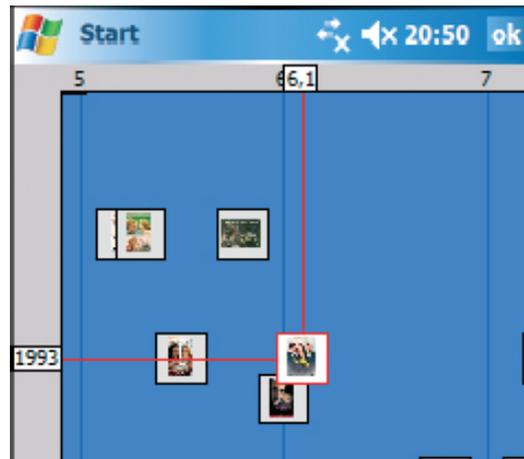


Abbildung 10: Fokussierung eines Datenpunktes innerhalb eines ZUI Scatterplots [BGH06a].

Abgesehen von verschiedenen numerischen Attributen enthält ein Film weitere nominale Eigenschaften wie z. B. Name, Regisseur, Schauspieler. Diese Attribute haben in ihren Ausprägungen keine bestimmte Reihenfolge, wie z. B. Jahreszahlen oder eine Bewertungsskala. Für ein Streudiagramm zur Abbildung von numerischen Eigenschaften eignen sich diese Attribute nicht.

Ein Lösungsansatz von Shneiderman et al. [SFR00] zeigt einen Scatterplot, in welchem neben numerischen Attributen auch nominale Attribute auf den Achsen abgebildet werden können (siehe Abbildung 11). Dabei werden Daten der ACM Library⁵ als Datenpunkte visualisiert. Die nominalen und numerischen Attribute teilen den Scatterplot in verschiedene Kästchen ein. Jedes Kästchen steht für zwei Eigenschaften, die wiederum über die Attribute der Achsen bestimmt werden können. Innerhalb der Kästchen werden die Datenpunkte, welche auf die Eigenschaften zutreffen, gruppiert.

Über eine Legende können die farblich unterschiedlichen Datenpunkte einer weiteren Eigenschaft zugeordnet werden. Die Legende teilt die Datenpunkte farblich in Bücher, Ph.D. Dissertationen, Berichte und technische Dokumentationen ein. Übersteigt die Anzahl der Datenpunkte die Größe eines Kästchens, werden diese in einem Balkendiagramm zusammengefasst. Hierbei wird das Verhältnis zwischen Büchern, Ph.D. Dissertationen, Berichten und technischen Dokumentationen im Kästchen angezeigt. Ohne die farbliche dritte Dimension wäre die Zusammenfassung in einem Balkendiagramm nicht möglich.

⁵ Internetadresse der ACM Library: <http://portal.acm.org/dl.cfm>

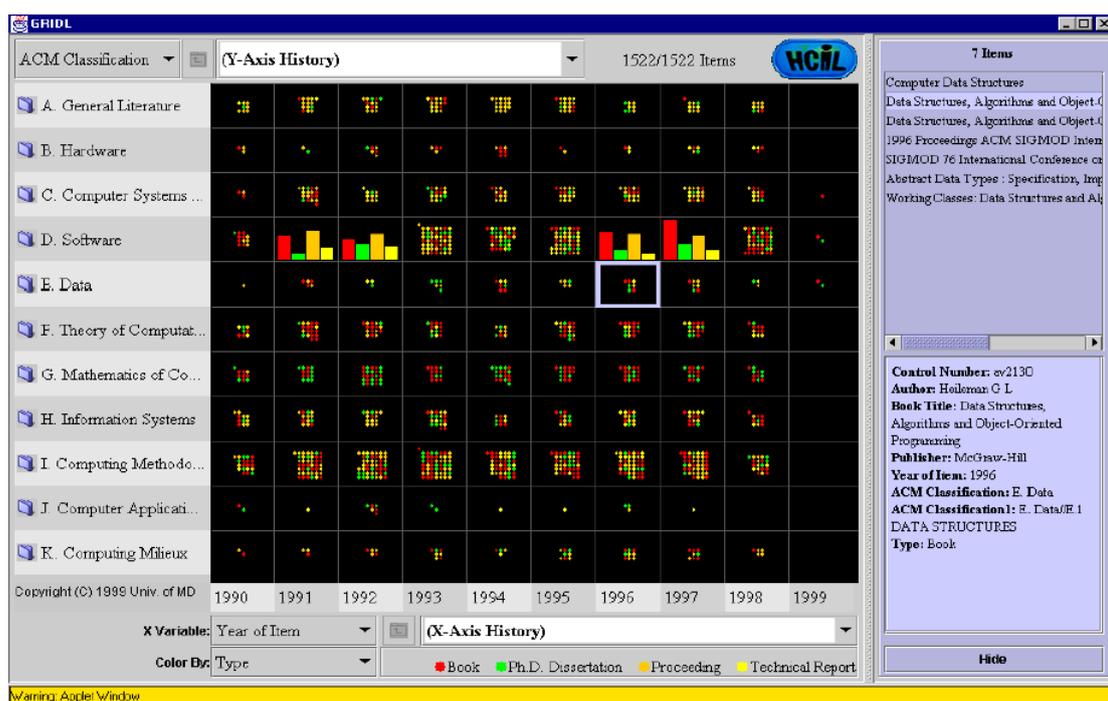


Abbildung 11: Scatterplot-Visualisierung zur Suche in einer digitalen Bibliothek [SFR00].

2.4 Details on Demand in Scatterplots

Abgesehen von der Bestimmung der Eigenschaften eines Datenpunktes über die Achsen in einem Scatterplot, wurden Lösungsansätze entwickelt, um auf die Detailinformationen eines Datenpunktes zugreifen zu können. In diesem Abschnitt werden zwei Konzepte näher beschrieben.

WIMP Ansatz zur Ansicht von Detailinformationen Eine mögliche Lösung Detailinformationen zu einem Datenpunkt zu erhalten, ist es, per Mausklick ein gewähltes Objekt in einem neuen Fenster vergrößert darzustellen. Dieses Interaktionskonzept funktioniert wie das Öffnen eines Dokumentes innerhalb des WIMP Paradigmas⁶, wie es z. B. in MAC-OS X oder Windows 7 eingesetzt wird. In WIMP-Anwendungen wird nach dem Öffnen eines Dokuments ein zusätzliches Fenster verwendet, welches die Informationen des Dokuments im Detail angezeigt. Über verschiedene Funktionen, wie z. B. das X-Symbol rechts im Rahmen des Fensters, kann die Detailansicht oder Anwendung wieder geschlossen werden.

Im FilmFinder [AS94a] (siehe auch Kapitel 2.2), wird ein ähnliches Konzept eingesetzt. Über einen Klick auf den Datenpunkt mit der linken Maustaste werden die vorhandenen Detailinformationen in einem zusätzlichen Fenster angezeigt (siehe Abbildung 12a). Ein erneuter Klick auf ein Symbol im linken oberen Bereich der Detailansicht schließt das Fenster des Datenpunktes.

⁶ Windows, Icons, Menus, Pointing Device (WIMP)

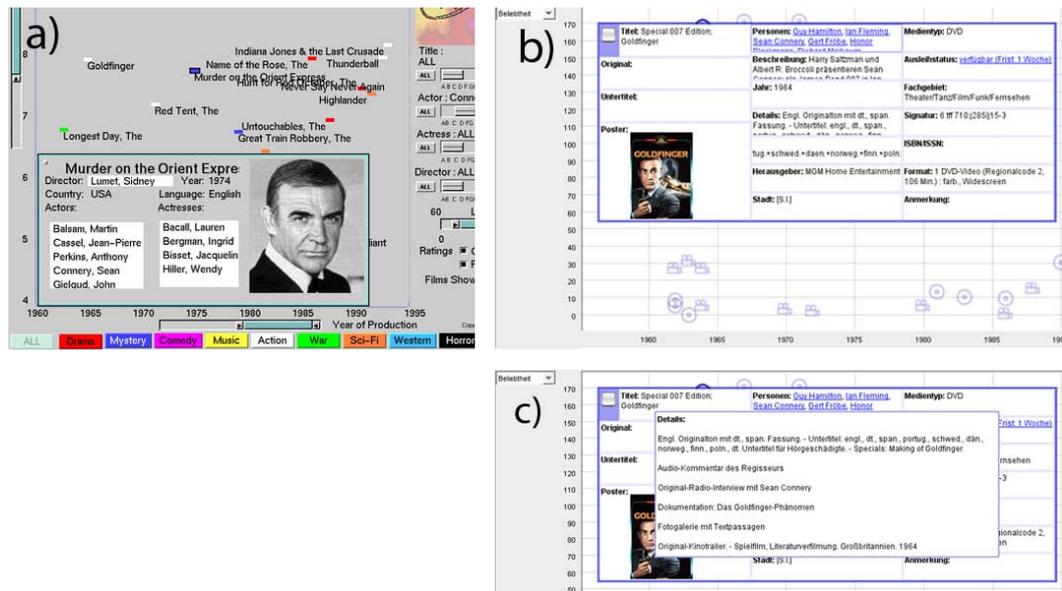


Abbildung 12: a) zeigt die Detailansicht eines Films im FilmFinder [AS94]; b) zeigt den HyperScatter von Demamels mit einem vergrößerten Datenpunkt [Dem07]; c) zeigt ein im HyperScatter vergrößertes Kästchen eines Attributs aus den Detailinformationen des Datenpunkts [Dem07].

Der HypeScatter [Dem07], eine Scatterplot Visualisierung zur Analyse von Inhalten einer Mediathek, erweitert dieses Konzept um eine Animation. Durch einen Klick mit der linken Maustaste wird der gewählte Datenpunkt größer gezoomt. So entsteht ein sichtbarer Übergang zwischen beiden Zuständen (siehe Abbildung 12b). Ein erneuter Rechtsklick auf den Datenpunkt oder ein Klick in das Gitternetz hat eine Verkleinerung des Datenpunktes auf seine ursprüngliche Größe zur Folge. Durch die animierte Vergrößerung oder Verkleinerung zwischen den beiden Zuständen bleibt der Datenpunkt im Kontext der Visualisierung erhalten. Zusätzlich wird der vergrößerte Datenpunkt leicht transparent dargestellt, um weiterhin auf den dahinterliegenden Bereich sehen zu können.

Das Detailfenster des HyperScatters [Dem07] ist in unterschiedliche Abschnitte unterteilt, welche jeweils eine spezifische Information, wie z. B. den Titel oder die Beschreibung des Films enthalten. Auf Grund der Größe der Detailansicht und der Vielzahl an Attributen erhalten alle Abschnitte nur einen geringen Platz und zeigen gegebenenfalls nur einen Ausschnitt der Information an. Für die vollständige Ansicht aller Informationen eines Attributs klickt der Benutzer erneut mit der linken Maustaste auf ein Feld. Daraufhin wird dieser Abschnitt in einer weiteren Detailansicht in einer Animation vergrößert (siehe Abbildung 12c). Analog zur Interaktion, zum Verkleinern eines Datenpunktes, kann auch das zusätzliche Detailfenster über einen Rechtsklick der Maus verkleinert werden.

2.5 Navigation in Scatterplots

Alternativ zum Detail on Demand Konzept aus Kapitel 2.4, können die Detailinformationen der Datenpunkte auch über die Navigation in einem ZUI-Scatterplot zugänglich gemacht werden.

In diesem Kapitel werden neben Navigationskonzepten in einem ZUI-Scatterplot, auch ein Fisheye-Scatterplot zur Analyse des Datenraums vorgestellt. Hierbei werden die Vorteile beider Konzepte verdeutlicht.

2.5.1 ZUI-Scatterplot

Für einen direkten Vergleich von Datenpunkten und deren Detailinformationen innerhalb eines Scatterplots, wurde ein ZUI-Konzept zur Navigation eingesetzt [Bür07]. Im Gegensatz zum WIMP Ansatz des FilmFinders [AS94a] oder HyperScatters [Dem07] (siehe Kapitel 2.4) wird kein zusätzliches Fenster zur Darstellung der Detailinformationen in einem ZUI Scatterplot verwendet. Stattdessen werden die Detailinformationen eines Datenpunktes über die Vergrößerung eines Bereichs im Gitternetz sichtbar. Hierzu werden die Datenpunkte während des Zooms innerhalb des Fokusbereichs geometrisch vergrößert.

Semantischer Zoom Durch das Konzept des semantischen Zooms [PF93] sind je nach Größe des Datenpunktes mehr Informationen sichtbar und der zur Verfügung stehende Platz wird zu jedem Zeitpunkt ausgenutzt. Büring liefert in verschiedenen ZUI-Scatterplots [Bür07] Lösungsansätze zur Erstellung aufeinander folgender Detailstufen für kleinere Displays. In einem der Konzepte [BGH06a] erhält jeder Datenpunkt drei unterschiedliche visuelle Detailstufen (siehe Abbildung 13). In der Ausgangsansicht sind weiße Quadrate ohne zusätzliche Detailinformationen zu erkennen. Eine darauffolgende Detailstufe enthält das Poster des Films, welches bis zur nächsten Stufe mit dem Datenpunkt zusammen größer skaliert wird. Genaue Angaben zu Produktionsjahr, Bewertung und weiteren Informationen werden in der tiefsten Zoomstufe sichtbar.

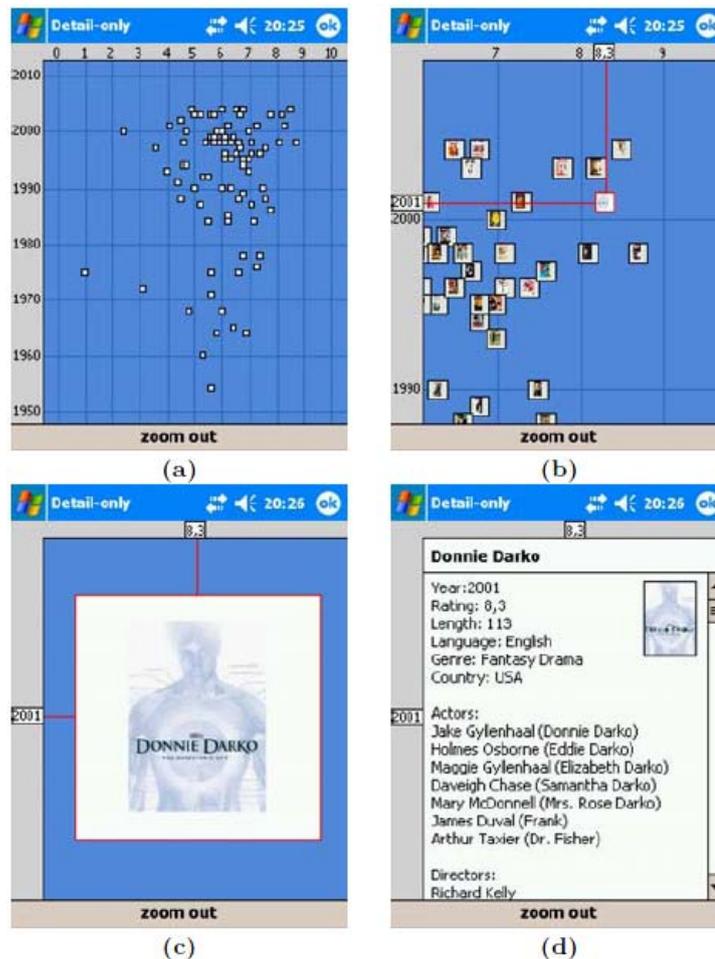


Abbildung 13: Darstellung aufeinander folgender Detailstufen des semantischen Zooms in einem ZUI-Scatterplot [BGH06a]. Der Fokusbereich wird von a nach d vergrößert.

Der semantische Zoom ist nicht nur zur Betrachtung von Detailinformationen hilfreich. Er ermöglicht zusätzlich einen direkten Vergleich zwischen naheliegenden Objekten innerhalb eines Scatterplots und dies auf verschiedenen Detailstufen der Datenpunkte. Zur Ausführung eines Zooms in einem ZUI-Scatterplot [Bür07, Dem07] wurden verschiedenen Interaktionskonzepte eingesetzt und im folgendem näher beschrieben.

Point-Directed Zoom Durch das Konzept des Point-Directed Zoom kann der Benutzer gleichzeitig den Fokuspunkt und die Zoomtiefe in einem ZUI bestimmen [Bür07]. Beide Parameter können vom Benutzer frei definiert werden und geben dem ihm eine fast vollständige Kontrolle über die Navigation in einer ZUI-Visualisierung.

Für den Personal Computer wird generell die Maus zur Ausführung eines Zooms verwendet. Mit Hilfe des Mauszeigers lassen sich Fokusbereiche frei definieren und durch eine Drehbewegung des Mauseisens vergrößern oder verkleinern. Diese Zoom-

Interaktion wird in verschiedenen Kartenvisualisierungen eingesetzt und hat sich bis heute in Webanwendungen, wie z. B. Google Maps⁷ oder Bing Maps⁸, etabliert.

In Jazz [BMG00], einem Toolkit für Java zur Programmierung von ZUIs, wurde eine Alternative Ausführung eines Zooms über die Maus entwickelt. Hierzu setzt der Benutzer wiederum den Fokuspunkt mit dem Mauszeiger und hält die linke Maustaste gedrückt. Durch eine Bewegung der Maus nach links oder rechts, wird schließlich heraus- oder hineingezoomt.

Selection-By-Proximity Zoom Ein Weiteres Konzept ist die Selektion eines Datenpunktes in der Nähe des Fokuspunkts und wird von Büring in verschiedenen ZUI-Scatterplots eingesetzt. Die „Selektion durch die Nähe“ ergänzt das Konzept des Point-Directed Zoom und unterstützt den Benutzer während der Navigation in einem ZUI. Im Gegensatz zur Eingabe über eine Maus verwendet der Benutzer zur Interaktion, bei den eingesetzten PDAs von Büring [Bür07], einen Stylus.

Durch das Berühren der Displayoberfläche des PDAs wird in einem ZUI-Scatterplot von Büring [Bür07] sowohl Fokuspunkt definiert als auch gleichzeitig in den fokussierten Bereich im Scatterplot gezoomt. Für die Dauer der Interaktion wird der Fokusbereich solange vergrößert bis der Benutzer schließlich zu einem einzelnen Datenpunkt gelangt. Das Interaktionskonzept ermöglicht, ähnlich dem Point-Directed Zoom, eine gleichzeitige Definition von Fokuspunkt und Zoomtiefe. Jedoch wird der eigentliche Fokuspunkt durch die Scatterplot-Visualisierung angepasst. Trifft der Benutzer mit dem Stylus keinen Datenpunkt auf dem Gitternetz, wird der Fokus auf ein naheliegendes Objekt verschoben. Durch das Konzept Selection-By-Proximity wird somit verhindert, dass der Benutzer in einen Bereich ohne Datenpunkte zoomt, was von Furnas et al. als Desert-Fog-Problem [JF98] bezeichnet wird.

Desert-Fog-Problem nach Furnas [JF98]: *„Dieses Problem tritt ein, wenn durch die Navigationsentscheidungen des Benutzers eine Sicht auf einen Teil des Informationsraums ohne Informationen entsteht.“*

Der Zoom auf einen Datenpunkt kann jederzeit durch das Anheben des Stiftes unterbrochen werden, um z. B. den vom System korrigierten Fokus auf einen anderen Datenpunkt zu verschieben. Herauszoomen kann der Benutzer im ZUI Scatterplot über einen Zoom-Out Button unterhalb der Visualisierung.

Neben dem Zoom kann in dem ZUI-Scatterplot von Büring [BGH06b] das fokussierte Gitternetz zusätzlich bewegt werden. Das Interaktionskonzept unterscheidet sich von einem Panning-Konzept, in welchem der Informationsraum festgehalten und verschoben wird. Der Benutzer bestimmt stattdessen durch die Bewegung des Stylus die Richtung und Geschwindigkeit, in welche sich das Sichtfeld im Scatterplot bewegt

⁷ Deutsche Internetseite von Google Maps: <http://maps.google.de/>

⁸ Internetseite von Bing Maps: <http://www.bing.com/maps/>

wird. Der Benutzer positioniert hierzu den Stift im Scatterplot und bewegt ihn über das Gitternetz. Je nach Distanz zum Ursprung (Auflegen des Stylus) verändert sich die Geschwindigkeit der Bewegung.

Bounding-Box Zoom Der HyperScatter von Demamles [Dem07] nutzt eine Bounding-Box Interaktion, um im Gitternetz zoomen zu können. Anstelle eines Fokuspunkts definiert der Benutzer im HyperScatter den gesamten Fokusbereich (siehe Abbildung 14). Hierbei wird ein Rechteck über einem Teil des Gitternetzes erstellt und in einem nächsten Schritt dieser Bereich vergrößert. Diese Interaktion kann beliebig oft wiederholt werden bis die Fokusansicht den Anforderungen des Benutzers entspricht. Über einen Zoom-Out Button wird in die Ausgangsansicht des Scatterplots herausgezoomt. Dies unterscheidet die Technik von der zuvor beschriebenen Zoom-Technik Point-Direct Zoom und beinhaltet auch kein Selection-By-Proximity Konzept.



Abbildung 14: a) zeigt die Selektion eines Fokusbereichs durch eine Bounding-Box und b) die Ergebnisdarstellung nach der Ausführung eines Zooms [Dem07].

Im Gegensatz zu verschiedenen ZUI-Scatterplots von Büring werden die Datenpunkte im HyperScatter durch einen Zoom auf einen Bereich nicht geometrisch vergrößert. Stattdessen behalten die Datenpunkte während der Navigation ihre visuelle Repräsentation bei, was den Vorteil hat, dass Cluster von Objekten aufgelöst werden können [Dem07]. Zur Erhaltung von Detailinformationen eines Datenpunktes wird auf das Objekt geklickt, woraufhin der Datenpunkt in einer Animation vergrößert wird. Dieses Konzept wird in Kapitel 2.4 näher beschrieben.

Gesten-basierter Zoom Unter der Verwendung von Multi-Touch Displays wie sie das Apple iPhone⁹ oder der Multi-Touch Tische Microsoft Surface¹⁰ besitzen, wurden Gesten zur Navigation für ZUI-Anwendungen entwickelt. Die Spread-Geste fungiert dabei zum Vergrößern und die Pinch-Geste zum Verkleinern eines Bereichs [Saf09] und kann als alternatives Interaktionskonzept, neben dem Mausrad oder den entwickelten PDA- und Stylus-Lösungsansätzen, gesehen werden. In Kapitel 2.8.2 dieser Arbeit werden die Gesten zur Navigation näher beschrieben.

Overview+Detail Konzept Alle zuvor beschriebenen Navigationskonzepte ermöglichen die nähere Betrachtung der Detailinformationen von Datenpunkten in einem ZUI-Scatterplot. Mit Ausnahme des HyperScatters von Demamels [Dem07] wurde gezeigt, dass diese Konzepte einen direkten Vergleich und eine Analyse von naheliegenden Datenpunkten ermöglichen. Ein Nachteil dieser Zoomkonzepte ist es jedoch, den Überblick über den Informationsraum zu verlieren. Während des Zooms auf einen Bereich innerhalb der ZUI Scatterplots wechselt der Benutzer von einer Übersicht in eine Detailansicht der Visualisierung [BGH06a]. Alle außerhalb des Fokusbereichs liegenden Objekte sind nicht weiter sichtbar.

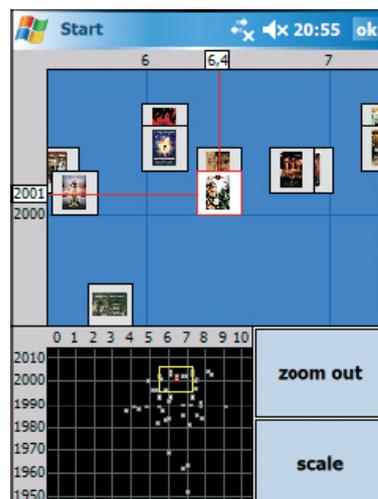


Abbildung 15: Overview+Detail ZUI Scatterplot von Büring [BGH06A].

Ein weiterer Lösungsansatz verhindert den Verlust der Übersicht in einem ZUI-Scatterplot. Dieser wird als Overview+Detail Konzept bezeichnet [CKB08]. In einem Scatterplot von Büring [BGH06a] wird ein zusätzliches Fenster links unterhalb des Gitternetzes positioniert (siehe Abbildung 15). Es zeigt zu jedem Zeitpunkt eine Übersicht des Datenraums an. Über eine Markierung innerhalb dieses Fensters wird der nach einem Zoom erzeugte Fokusbereich dargestellt, in welchem der Benutzer sich gerade befindet. Durch das Übersichtsfenster geht ein Teil des zur Verfügung

⁹ iPhone Internetreferenz des Herstellers Apple: <http://www.apple.com/de/iphone/>

¹⁰ Produktseite des Microsoft Surface: <http://www.microsoft.com/surface/en/us/Default.aspx>

stehenden Platzes verloren, der nicht für die eigentliche Scatterplot-Visualisierung genutzt werden kann. Dieses Problem wirkt sich auf mobilen Geräten mit einem kleinen Display und geringer Auflösung stärker aus, als bei größeren Desktopbildschirm mit einer höheren Auflösung.

2.5.2 Fisheye-Scatterplot

In Scatterplot-Visualisierungen können sich Cluster von Datenpunkten bilden, welche durch die beschriebenen ZUI-Navigationstechniken, ausgenommen des HyperScatters [Dem07], nicht aufgelöst werden können (siehe Kapitel 2.5.1). Zur Auflösung von Clustern und Erhaltung der Übersicht eignet sich eine Fisheye-Verzerrung des Gitternetzes in einem zweidimensionalen Scatterplot [BGH06b].

Die Grundlagen einer Fisheye-Visualisierung legte Furnas mit der Definition des „Degree of Interest“ (DOI) [Fur86]. Dieser Faktor bestimmt die Fisheye-Verzerrung in einer Visualisierung und nutzt die Nähe zum Fokuspunkt als Maß zur Berechnung verschiedener verzerrter Bereiche. In einem Beispiel zeigt Furnas die Verzerrung verschiedener Spalten in einer Tabelle. Der Fokusbereich kann dabei mit Hilfe des Mauszeigers bestimmt werden, welcher von einem Benutzer Tabellenspalten bewegt wird. Die Spalte, über welcher sich der Mauszeiger befindet wird vergrößert, so dass der gesamte Inhalt sichtbar ist. Weiter entfernte Spalten werden wiederum kleiner dargestellt. Je größer die Distanz zum Fokuspunkt ist, desto kleiner ist der DOI und schließlich die Spalte.

Neben der Position der Maus kann auch die Geschwindigkeit während der Bewegung des Mauszeigers für eine Verzerrung genutzt werden [Gut02], um bei langsamer Bewegung eine höhere und bei schneller Bewegung eine geringere Verzerrung des Fokusbereichs zu erzeugen. Das Zentrum des fokussierten Bereichs, liegt bei dem Lösungsansatz von Gutwin [Gut02] wie bei Furnas [Fur86] auf der Position des Mauszeigers. Gutwin bezeichnet sein Konzept als speed-coupled flattening fisheye und zeigt in einer Studie, dass im Gegensatz zu einem Fisheye ohne Berücksichtigung der Geschwindigkeit weniger Fehler während der Interaktion entstehen.

Abgesehen von Unterschieden in der Interaktion und Form der Verzerrung lassen sich die resultierenden Fisheye-Verzerrungen verschiedener wissenschaftlicher Arbeiten, auf Grund symmetrischer Eigenschaften der Objekte, in zwei weitere Kategorien einteilen.

Zum einen gibt es die Verzerrung eines Fokusbereichs, welche die Symmetrien der Objekte in einem Informationsraums verändert. Dazu gehört z. B. ein hemisphärisches Fisheye (siehe Abbildung 16b) [GF04], welches eine Wölbung des verzerrten Bereichs und der Objekte zur Folge hat und als dreidimensionale Verzerrung wahrgenommen wird. Dies ist z. B. auch bei der Perspective Wall [MRC91] der Fall, welche einen Informationsraum außerhalb des Fokusbereichs dreidimensional in die Tiefe abfallen

lässt (siehe Abbildung 16a). Alle Objekte rechts und links außerhalb des Fokusbereichs in der Perspective Wall werden symmetrisch verzerrt.

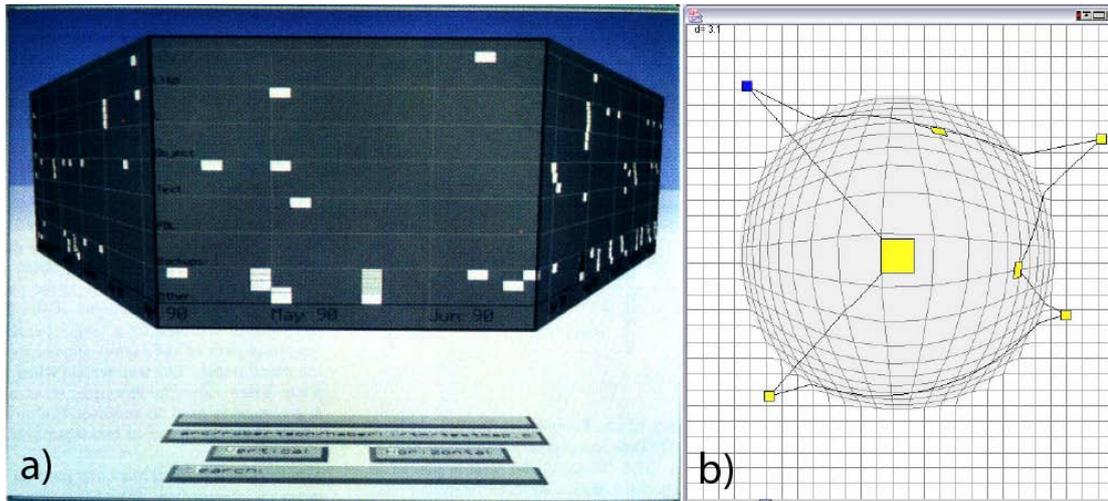


Abbildung 16: Dreidimensionale Fisheye-Visualisierung; a) zeigt den Kalender Perspective Wall [MRC91]; b) zeigt ein hemisphärisches Fisheye [GF04].

Zum anderen gibt es die Möglichkeit die Symmetrien der Objekte bei der Fisheye-Verzerrung in einer Visualisierung zu erhalten. Büring z. B. entscheidet sich in seiner Fisheye-Scatterplot-Visualisierung [BGH06b] für die Erhaltung der Symmetrien der Datenpunkte. In diesem Fisheye-Scatterplot muss der Benutzer zur Definition eines Fokusbereichs eine Bounding-Box zeichnen. Die Funktion Bounding-Box wird über einen Button unterhalb der Visualisierung aktiviert. Außerhalb des fokussierten Bereichs entstehen jeweils vier gestauchte Teile der Visualisierung (siehe Abbildung 17). Hierdurch bleiben der Kontext und Übersicht fast vollständig erhalten. Die umliegenden Bereiche enthalten je nach Stärke der Verzerrung mehr oder weniger des eigentlichen Gitternetzes.

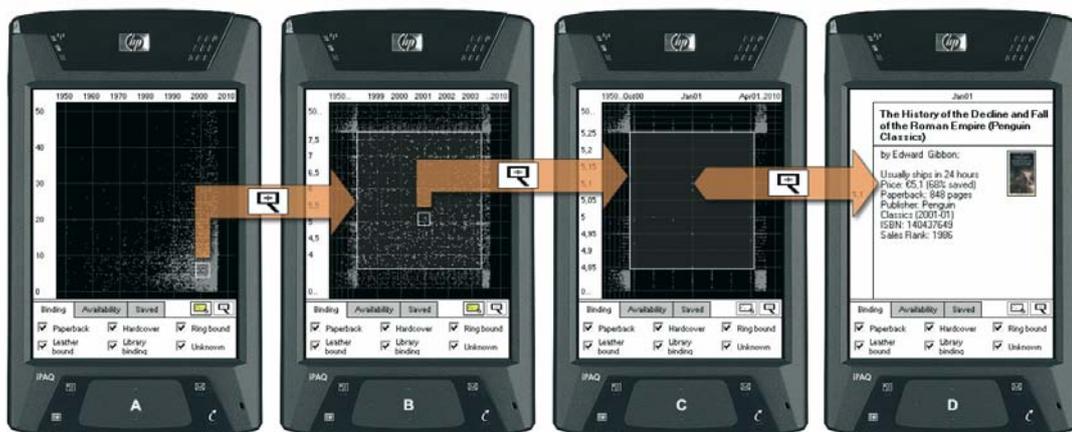


Abbildung 17: Verzerrung in einem Fisheye-Scatterplot von Büring [BGH06b].

Detailinformationen der Datenpunkte können durch ein Antippen des Datenpunktes vergrößert werden und basieren auf dem Konzept des semantischen und geometrischen Zooms (siehe Kapitel 2.5.1). Über einen Zoom-Out Button kann der Benutzer wiederum schrittweise in die Ausgangsansicht zurück gelangen und die einzelnen Phasen der Verzerrung rückwärts durchlaufen.

In einer Studie wurden der Fisheye-Scatterplot und ein ZUI-Scatterplot und deren Interaktionskonzepte verglichen [BGH06b]. Dabei unterschieden sich beide Anwendungen in der Ergebnisdarstellung der Fokusansicht und in der grundlegenden Navigationstechnik.

Der ZUI-Scatterplot beinhaltet einen semantischen Zoom und eine stufenlose Navigation innerhalb der Visualisierung. Gemäß dem Konzept Selection-By-Proximity Zoom (siehe Kapitel 2.5.1) wird die Navigation zur Fokussierung eines Bereichs und schließlich eines Datenpunktes durch die Visualisierung unterstützt. Analog zur Fisheye-Variante wurde ein Zoom-Out Button eingesetzt, um in die Ausgangsansicht zurück zu gelangen.

Das Ergebnis der Studie zeigt, dass keine signifikanten zeitlichen Differenzen in der Lösung der Aufgaben auftraten. Wie aus den Interviews hervorgeht präferieren die Benutzer dennoch den Fisheye-Scatterplot gegenüber dem ZUI-Scatterplot. Laut der Aussagen der Benutzer fundiert dies auf einer besseren Orientierung in der Fisheye-Visualisierung und der Bounding-Box als Navigationskonzept.

2.6 Multiple-Data-Points in Scatterplots

Der Fisheye-Scatterplot aus Kapitel 2.5.2 ermöglicht die Auflösung von Clustern. Hierbei entstehen visuell sichtbare Objektgruppen, in welchen Datenpunkte nahe zueinander liegen und sich teilweise überdecken. Wenn mehrere Datenpunkte im Scatterplot auf der gleichen Position liegen spricht man von Multiple-Data-Points.

Ein ZUI Scatterplot von Bühring [BGH06b] verhindert Multiple-Data-Points, indem die Objekte aneinander gereiht werden (siehe Abbildung 18a). Das Problem dieser Methode ist, dass durch eine falsche Verortung der Datenpunkte die Position mit den Werten der Achse nicht mehr genau übereinstimmen. In der Übersicht aller Datenpunkte kann dies zu falschen Ergebnissen in der Interpretation des Datenraums führen. Es entstehen Beziehungen die möglicherweise bei einer korrekten Darstellung nicht vorhanden wären.

Der HyperScatter von Demamels [Dem07] löst stattdessen dieses Problem, indem mehrere Datenpunkte in einem zusammengefasst werden. Neben einer Vielzahl an Glyphen zur visuellen Darstellung von Datenpunkten, für z. B. DVDs, VHS-Kassetten und andere Medien, entspricht ein Multiple-Data-Point im HyperScatter einem Stern. Mit Hilfe einer Legende kann der Benutzer feststellen, bei welchen Datenpunkten es sich um Multiple-Data-Points oder ein einzelnes Medium handelt.

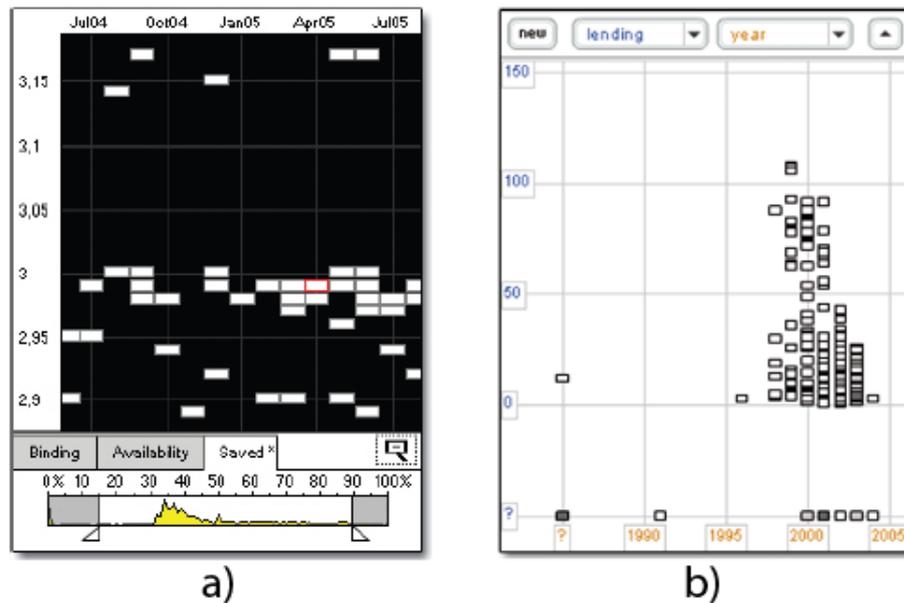


Abbildung 18: a) zeigt aneinander gereihte Datenpunkte in einem ZUI-Scatterplot um eine Überdeckung zu vermeiden [BGH06b]; b) zeigt Datenpunkte mit unterschiedlichen Farben zur visuellen Erkennung von Multiple-Data-Points [BR05].

Ein weiterer Lösungsansatz zur visuellen Darstellung von Multiple-Data-Points beinhaltet verschiedene farbliche Abstufungen eines Datenpunkts [BR05]. Hierzu setzt Büring in einem Scatterplot verschiedene Graustufen für die im Gitternetz positionierten Datenpunkte ein (siehe Abbildung 18b). Handelt es sich um einen einfachen Datenpunkt, so bleibt der Datenpunkt weiß. Ist es stattdessen ein Multiple-Data-Point, wird der Farbton von der Anzahl der darin enthaltenen Datenpunkte bestimmt. Je mehr Datenpunkte in einem Multiple-Data-Point zusammengefasst sind, desto dunkler wird die Farbe eines Datenpunktes.

2.7 Multifokale Sichten

Beide Arten von Scatterplot-Anwendungen, ZUI und Fisheye, haben gezeigt, dass es möglich ist, Objektmengen untersuchen zu können ohne die Visualisierung verlassen zu müssen. Direkte Vergleiche sind aber nur zwischen naheliegenden und innerhalb des fokussierten Bereichs vorhandenen Datenpunkten möglich und verhindern so einen Vergleich von entfernten Objekten.

Weiterentwickelte Fisheye-Visualisierungen ergänzen ihre Interaktionskonzepte und ermöglichen das Erstellen von multifokalen Sichten. Shoemaker und Gutwin zeigen zwei Konzepte [SG07], mit welchen mehrere Fisheye-Ansichten in einer Informationslandschaft erstellt werden können.

In einem der beiden Konzepte wird die Sicht auf den Informationsraum automatisch gezoomt oder gepannt und die Fisheye-Verzerrungen erzeugt. Der zu Anfang sichtbare Bereich ist ein Ausschnitt innerhalb des Informationsraums (siehe Abbildung 19a). Über zwei bewegliche Kontrollpunkte in der Landschaft kann der Benutzer die

betreffende Fokusbereiche definieren. Wird einer der Kontrollpunkte über den sichtbaren Bereich hinaus bewegt, zoomt und pamt die Visualisierung automatisch und erzeugt an den Kontrollpunktes eine Fisheye-Linse (siehe Abbildung 19b).

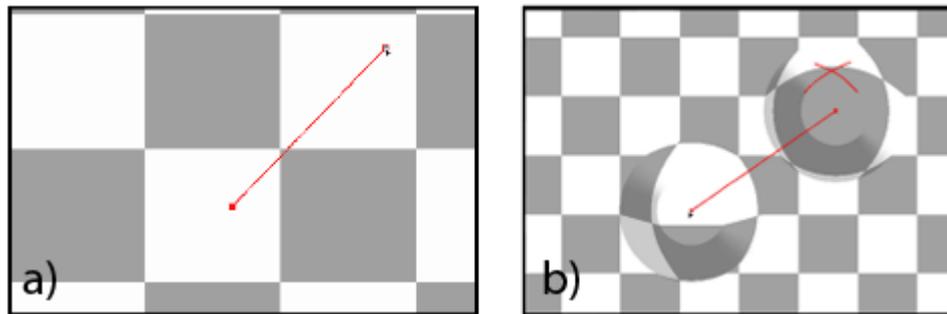


Abbildung 19: a) zeigt die Verschiebung zweier Kontrollpunkte in einer Detailansicht; b) zeigt das Ergebnis, bestehend aus zwei Fisheye-Verzerrungen [SG07].

Das zweite Konzept zeigt bereits zu Anfang eine Übersicht des gesamten Informationsraums. Darin sind wiederum zwei Fokuspunkte vorhanden, welche jeweils eine Fisheye-Verzerrung enthalten. Über die Bewegung der Punkte kann der Benutzer die Fokusbereiche verschieben. Der Unterschied zur ersten Technik ist, dass die Landschaft nicht automatisch gezoomt oder gepant wird und während der Interaktion immer der gesamte Informationsraum sichtbar ist.

In einem Versuch wurden die beiden Fisheye-Konzepte mit einer Zooming und Panning Navigation verglichen. Das Ergebnis der Studie zeigt, dass beide Fisheye-Lösungen signifikant besser abgeschnitten haben. Die Benutzer haben die Aufgaben schneller lösen können und waren bei Fehlern weniger frustriert.

In einer auf Vektoren basierenden Kartenvisualisierung der USA von Sarkar et al. [SSTR93] wird eine andere Technik angewandt, um verschiedene Fokusbereiche zu definieren. Hierzu wurde eine Rubber-Sheet-Navigation entwickelt, welche es dem Benutzer ermöglicht, verschiedene Bereiche der Visualisierung verzerren zu können. Dieses Konzept entspricht der Metapher eines Gummituchs und wird in der Anwendung von Sarkar et al. mit den digitalen Möglichkeiten der Kartenvisualisierung verbunden. Über horizontale und vertikale Linien markiert der Benutzer einen oder mehrere Fokusbereiche, welche anschließend verzerrt werden können (siehe Abbildung 20). Im Fokus befinden sich Kästchen, welche je nach Stärke einer Streckung geometrisch vergrößert werden und so mehr Detailinformationen anzeigen.

Mit Hilfe der Rubber-Sheet-Navigation hat der Benutzer eine fast vollständige Kontrolle über die Stärke der einzelnen Verzerrungen und den dafür notwendigen Bereich in der Visualisierung. In einem Fisheye-Scatterplot von Büring [BGH06b] (siehe Kapitel 2.5) kann zwar ein Fokusbereich ebenfalls frei definiert werden, allerdings hat der Benutzer keinen Einfluss auf die darauffolgende Verzerrung der Fokusansicht.

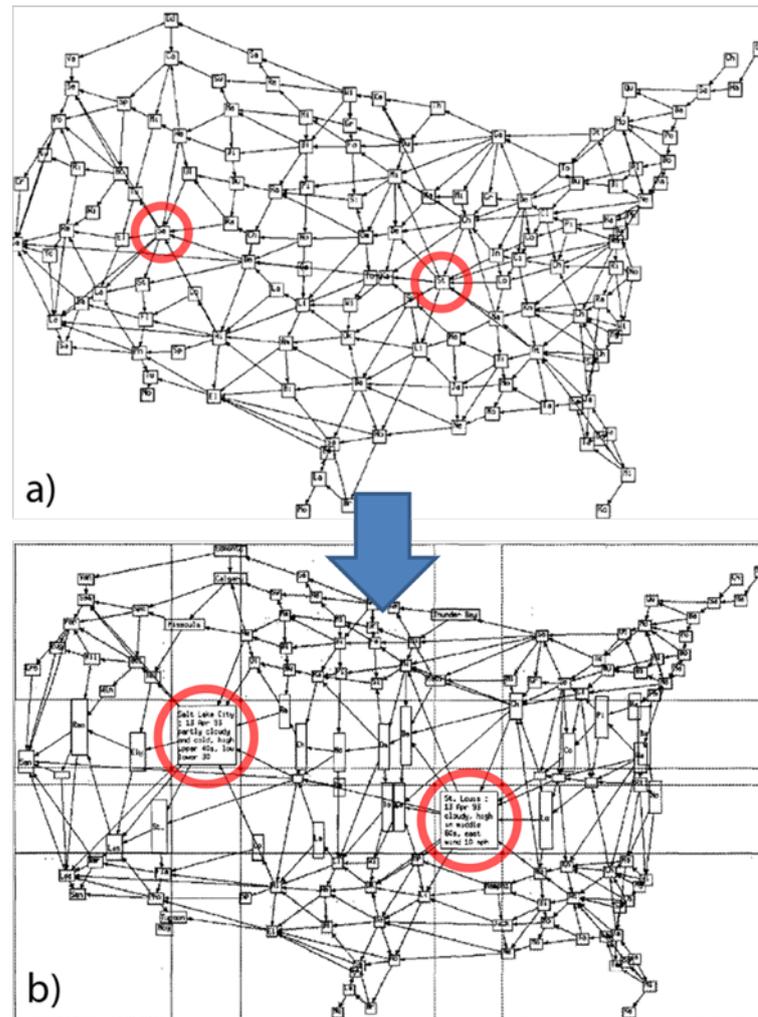


Abbildung 20: Verzerrung zweier Bereiche in einer auf Vektoren basierenden Kartenvisualisierung [SSTR93].

2.8 Multi-Touch

Die beschriebenen Scatterplot-Visualisierungen der verwandten Arbeiten wurden hauptsächlich für die Bedienung über eine Maus oder einen Stylus entwickelt. In diesem Kapitel wird eine Auswahl von möglichen Multi-Touch-Interaktionen vorgestellt, welche zu einem Teil in das Interaktionskonzept des M3 Scatterplots einfließen.

Neue Multi-Touch Ein- und Ausgabegeräte ermöglichen eine direkte Interaktion mit der Anwendung und dem System. D. Widgor et al. sind der Meinung, dass Entwickler sowie Designer diese Möglichkeiten in neue Interaktionstechniken überführen sollen [WFM09].

2.8.1 Einführung und Definition

Zurzeit setzt sich die direkte Bedienung über die Oberfläche eines Displays in vielen Bereichen durch. Neben den schon seit geraumer Zeit existierenden Kartenautomaten

der Deutschen Bahn¹¹ oder den Geldautomaten vieler Banken, sind auch immer mehr elektronische Geräte für den Endverbraucher innerhalb des privaten Bereichs verfügbar, welche mit den Fingern bedient werden können. Durch das iPhone¹² der Firma Apple kam es zu einem bedeutsamen Umschwung in der Mobilfunkindustrie. Immer mehr Anbieter statten ihre Geräte mit der neuen Eingabetechnik Multi-Touch aus und entwickeln neue Software, welche in der Bedienung so natürlich wie möglich sein sollen. Multi-Touch Interaktion bedeutet, dass Benutzer mit mehreren Fingern gleichzeitig mit einem System interagieren können. Zur Erkennung von mehreren Fingern auf einer Oberfläche werden unterschiedliche technische Mittel eingesetzt. Neben speziellen Touch-Overlays für Mobiltelefone oder größeren berührungsempfindlichen Displays (z. B. dreaMTouch¹³ der Firma Citron), wird bei Multi-Touch Tischen, wie z. B. dem Microsoft Surface, eine Infrarottechnik eingesetzt. In Abbildung 21 sind die wichtigsten Komponenten zur Beschreibung der Infrarottechnik des Microsoft Surface abgebildet:

Markierung 1 zeigt die Displayoberfläche, auf welcher mit Fingern und Objekten Eingaben ausgeführt werden können. Eine genaue Beschreibung der Eingabe über die Finger wird in Kapitel 4.1.1 gegeben.

Markierung 2 zeigt eine Lampe, welche die Displayoberfläche mit Infrarotlicht bestrahlt.

Markierung 3 ist eine von mehreren Kameras, die einen Teil der Oberfläche filmt und Reflektionen durch Finger oder Gegenstände sichtbar macht.

Markierung 4 stellt einen Beamer dar, welcher das Computerbild auf die Oberfläche des Microsoft Surface durch Rückprojektion projiziert.

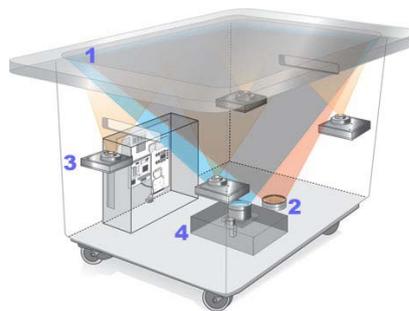


Abbildung 21: Skizzierung des Microsoft Surface [Quelle?].

Ein Nachteil der Infrarottechnik sind Störquellen wie das Sonnenlicht, welches einen Anteil an Infrarot-Strahlung enthält oder andere infrarotausstrahlende Lichtquellen. Sie erschweren die Erkennung der Finger erschweren, da das System nicht mehr genau

¹¹ Internetreferenz des Kartenautomaten der Bahn:

<http://www.bahn.de/p/view/service/vertriebswege/automat/nta.shtml>

¹² iPhone Internetreferenz des Herstellers Apple: <http://www.apple.com/de/iphone/>

¹³ Produktseite des dreaMTouch der Firma Citron: <http://www.citron.de/index.php?id=127>

zwischen verschiedenen Reflektionen differenzieren kann. Ein gleichbleibendes Licht in der Umgebung ist Voraussetzung für den Einsatz der Infrarottechnik und eine zu Anfang durchgeführte Kalibrierung, in welcher das bestehende Licht berücksichtigt werden kann.

2.8.2 Multi-Touch-Gesten – die natürliche Interaktion

“The coolest interactive gesture in the world is empty unless it has meaning for the person performing it;[...]” [Saf09]

Abgesehen von der technischen Umsetzung und den Problemen der Infrarottechnik bieten Multi-Touch-Displays neue Möglichkeiten zur Entwicklung von grafischen Benutzerschnittstellen. Gesten werden als intuitive Lösung zur Bedienung einer Multi-Touch-Anwendung gesehen. Eine gute Geste nach D. Saffer [Saf09] muss nicht auf einen spezifischen Benutzer zugeschnitten werden. Stattdessen sollen Gesten allgemein auf unterschiedlichen Gebieten ihre Gültigkeit haben.

Ein Finger hat im Gegensatz zu einer Maus keine zusätzlichen Funktionen, wie z. B. die linke oder rechte Maustaste oder das Mousrad. Über ein berührungsempfindliches Display können stattdessen Informationen wie die Position eines Fingers oder in welche Richtung der Finger gerade zeigt ermittelt werden. Schlussendlich kann ein Finger die Oberfläche des Multi-Touch-Displays berühren oder nicht und zusätzlich über die Oberfläche schweben (z. B. [CCYCLHH07, EHK08]). Dies wird als hovering bezeichnet. Basierend auf diesen Möglichkeiten sind Entwickler aufgefordert, neue Interaktionstechniken zu entwickeln, welche die fehlenden Funktionen der bestehenden Eingabegeräte durch natürliche Eingaben ersetzen.

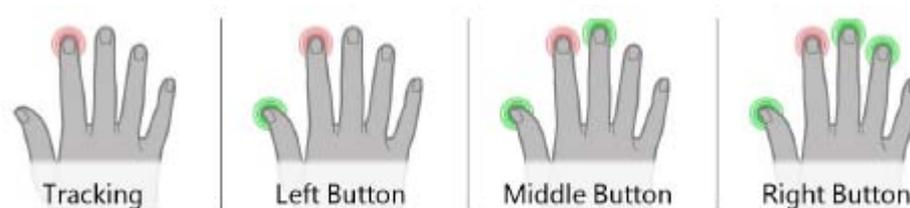


Abbildung 22: Skizze verschiedener Fingerkonstellationen zur Emulation einer Maus [MGLF09].

Maus Emulation Matejka et al. zeigen verschiedene Ansätze zur Emulation einer Maus über mehrere Finger auf einem Multi-Touch-Display [MGLF09] (siehe Abbildung 22). Hierzu werden vier Funktionen einer Maus mit drei Tasten durch eine bestimmte Konstellation der Finger emuliert. Zu diesen Funktionen zählen die Bewegung des Mauszeigers, das Mousrad sowie die linke und rechte Maustaste. In Abbildung 22 ist ein Lösungsansatz dargestellt, durch den die Funktionen einer Maus über die Multi-Touch-Eingabe genutzt werden können. In einer Studie wurden schließlich sieben verschiedene Interaktionskonzepte untersucht, welche sich alle als anwendbare Multi-

Touch-Alternativen zu den Funktionen einer Maus erwiesen haben. Jedoch handelt es sich um eine Pilotstudie, die noch weiter präzisiert werden muss [MGLF09].

Alternativ zur Emulation der Maus durch die einzelnen Finger einer Hand existiert ein weiteres Konzept zur Interaktion mit Multi-Touch-Displays. Über Gesten wird versucht, eine natürliche Interaktion zu entwickeln, welche aus Metaphern der realen Welt abgeleitet werden können. D. Saffer listet in seinem Buch [Saf09] hierzu eine Eigenschaft die besagt, dass eine Geste clever sein soll.

“Another way to be clever is through interactive gestures that match well the action the user is trying to perform.” [Saf09]

Eine interaktive Geste – so Saffer – ist dann clever, wenn sie bestmöglich zu der Aktion passt, die der Benutzer auszuführen versucht. Er benötigt in diesem Fall kein Vorwissen über das System und die zur Interaktion erforderlichen Gesten, sondern überträgt die Informationen einer Aktion aus der realen Welt direkt auf die Interaktion des Systems.

Pinch-Geste und Spread-Geste Zur Ausführung eines Zooms in einem ZUI können die Pinch-Geste und Spread-Geste eingesetzt werden. Diese Gesten lassen sich mit einer oder zwei Händen ausführen und eignen sich zum Vergrößern oder Verkleinern eines Bereichs oder Objekts in einer Anwendung. In einer visuellen Definition von Gesten in Abbildung 23 sind beide Gesten, Spread und Pinch, für die Interaktion mit einer Hand skizziert.

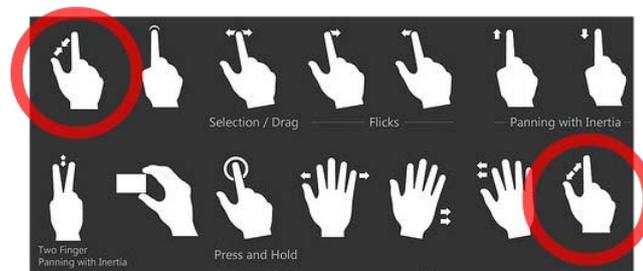


Abbildung 23: Gesturecons Legende¹⁴ verschiedener Multi-Touch Interaktions-Gesten. Links oben ist die Pinch-Geste und rechts unten die Spread-Geste rot umrandet.

Zur Ausführung einer Spread-Geste spreizt der Benutzer zwei Finger voneinander ab. Dies kann wahlweise mit zwei Fingern einer Hand oder einem Finger pro Hand gemacht werden. Gemäß der Abbildung 23 können hierzu der Daumen und den Zeigefinger einer Hand verwendet werden. Zum Herauszoomen wird in beiden Fällen, der Ein- oder Zwei-Hand Interaktion, eine Pinch-Geste angewandt. Hierzu führt der

¹⁴ User Experience Blog von MSDN:
<http://blogs.msdn.com/clemenslutsch/archive/2010/02/23/gesturecons-legende-f-r-multitouch-interaction-design.aspx>

Benutzer zwei Finger aufeinander zu und kann wiederum wahlweise eine oder zwei Hände benutzen.

Ein kommerzielles Anwendungsbeispiel für die beiden Gesten ist das iPhone. Hier können Anwendungen wie z. B. der Safari Internet-Browser und Fotos über die Spread-Geste und die Pinch-Geste vergrößert oder verkleinert werden.

Zum Öffnen und Selektieren eines Objekts eignet sich die Tap-Geste. Diese kann sowohl auf Multi-Touch-Displays wie auch auf Single-Touch-Displays ausgeführt werden, da nur ein Finger benötigt wird [Saf09]. Das betreffende Objekt wird hierzu über ein Antippen eines Fingers selektiert und von der Anwendung geöffnet.

2.8.3 Treffsicherheit und Präzision der Finger

Eine weitere Herausforderung neben der Entwicklung natürlicher Gesten ist es, eine gute Treffsicherheit durch die Eingabe über die Finger zu gewährleisten. Eine Maus und deren visueller Zeiger bieten für Anwendungen eine präzise Interaktion. Fast pixelgenau kann der Mauszeiger in einer Anwendung bewegt werden, um auch in kleineren Menüs interagieren zu können. Bei einem Finger ist die Auflagefläche im Vergleich zur Spitze des Mauszeigers nicht sehr pixelgenau. Je nach Auflösung und Größe des Multi-Touch-Displays trifft der Benutzer mehrere Pixel gleichzeitig. Sind die Bedienelemente einer Anwendung kleiner als die Auflagefläche des Fingers und liegen nah beinander, wird es schwer für den Benutzer einen Eintrag genau zu treffen.

Eine Studie von Forlines et al. [FWSB07] bestätigt dieses Problem. Sie zeigt auf, dass mit einer Maus, im Vergleich zu einer Finger-Eingabe über einen Tabletop-Display, präziser gearbeitet werden kann und weniger Interaktionsfehler entstehen. Dies gilt sowohl für die Selektion von Objekten mit unterschiedlicher Distanz, wie auch für die Manipulation der Objekte in ihrer Größe oder Position. Jedoch zeigt die Studie auch, dass eine Multi-Touch-Oberfläche für eine Eingabe über zwei Finger, statt der Eingabe über zwei Mäuse, schneller zum Ziel führt und intuitiver in der Bedienung ist. Als Alternative zur Multi-Touch-Eingabe wurden zwei Mäuse eingesetzt. Nach der Aussage einer Versuchsperson der Studie ist es, schwer die zweite Maus über die nicht dominante Hand zu bedienen (siehe Abbildung 24).

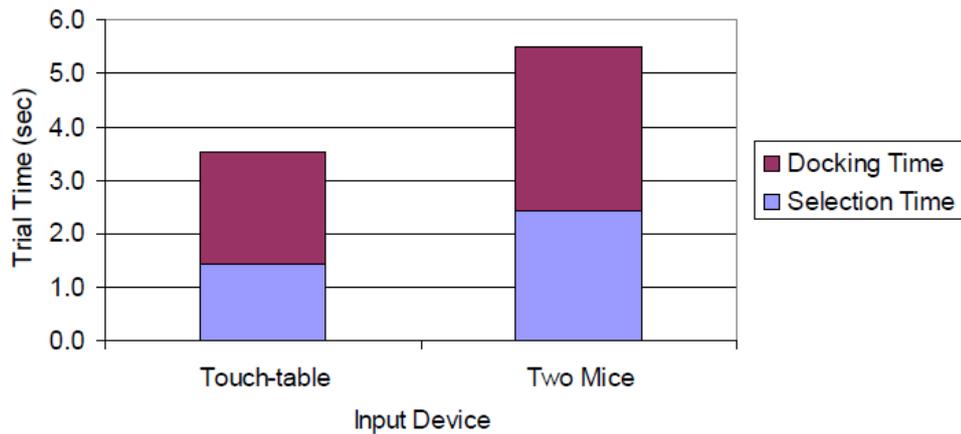


Abbildung 24: Durchschnittliche Zeit zur Lösung einer Aufgabe mit Hilfe von zwei Fingern bzw. zwei Mäusen [FWSB07].

Eine Übertragung von bisherigen Desktop Anwendungen auf einen Multi-Touch-Tisch kann nicht ohne Anpassung durchgeführt werden und erfordert je nach Komplexität ein Re-Design der grafischen Oberflächen. Bei kleineren und wenig komplexen Anwendungen, wie z. B. einem Programm zum Abspielen von Videos, können interaktive Schaltflächen wie Buttons zur Steuerung der Wiedergabe und Konfiguration des Players vergrößert werden. Zur Verringerung des Aufwands bei funktional größeren Anwendungen wird eine Lupe zur Vergrößerung der grafischen Bedienelemente als Lösungsansatz genutzt (z. B. [Schm09, BWB06]). Diese Lupe wird vom Benutzer über eine Geste an der betreffenden Stelle aktiviert. Hierzu tippt der Benutzer mit seinem Finger auf den zu vergrößernden Bereich (siehe Abbildung 25) oder führt eine Spread-Geste oberhalb des Bereichs aus (siehe Abbildung 26).

Das TapTap Design [BWB06] und weitere Konzepte zeigen, dass Menüs und Buttons für die Bedienung über Multi-Touch-Displays nicht unbedingt angepasst werden müssen. Stattdessen können Hilfestellungen, wie z. B. eine Lupe zur Vergrößerung der grafischen Bedienelemente eingesetzt werden, um kleinere Objekte zu treffen.

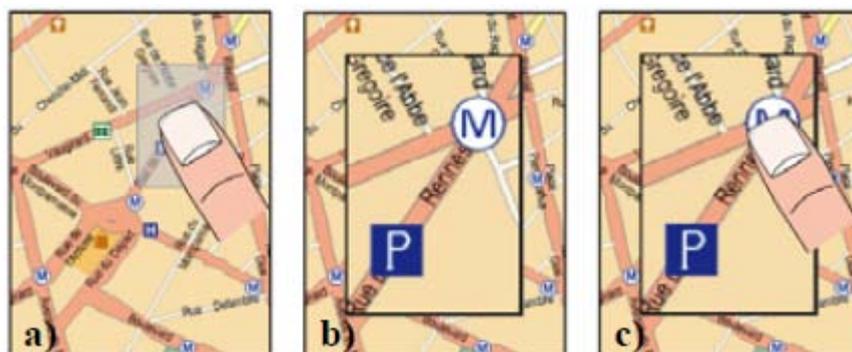


Abbildung 25: TapTap Design [BWB06].

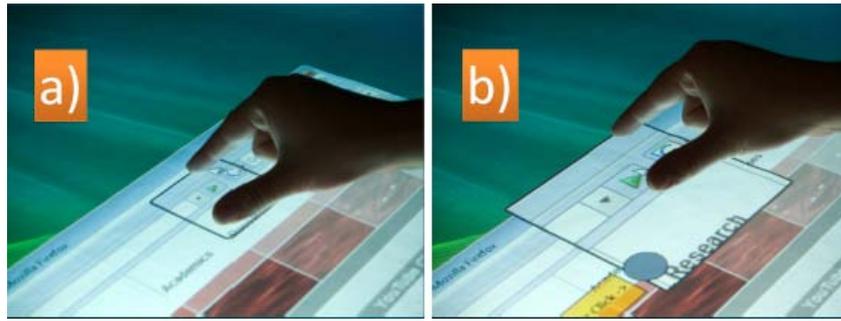


Abbildung 26: Zoom Tap Design [Schm09].

2.9 Multi-Touch Anwendung - DATEV Interact

In diesem Abschnitt wird ein Lösungsansatz vorgestellt, in dem die Kollaboration durch den Einsatz eines Multi-Touch-Tisches unterstützt werden soll. Das Konzept wurde von der Agentur designaffairs GmbH entwickelt und ging aus einem Pilotprojekt der Firma DATEV eG¹⁵ hervor [HCLS09].

Die Anwendung wurde für Kundengespräche entwickelt, in welcher ein Steuerberater bei der Präsentation und Analyse von Daten mit dem Kunden gemeinsam in der Anwendung interagieren kann. Über ein zweidimensionales Balkendiagramm werden die Jahreszahlen eines Kunden visualisiert (siehe Abbildung 27). Die Visualisierung kann dabei beliebig verschoben und gedreht werden, um mehreren Benutzern gleichzeitig eine optimale Sicht zu ermöglichen.

Abbildung 27: Balkendiagramm des Pilotprojekts DATEV Interact¹⁶.

Das Interaktionskonzept innerhalb des Balkendiagramms entspricht dem einer Rubber-Sheet-Navigation von Sarkar et al. [SSTR93] (siehe Kapitel 2.7). Über die Achsen der Visualisierung können die Balken des Diagramms verzerrt werden, um eine detailliertere Sicht auf den Datensatz zu erhalten. Auf der x-Achse wird die Zeit abgebildet, wobei der Zeitabschnitt durch eine Bewegung der Achse verschoben werden kann. Die y-Achse stellt dagegen die Kostenhöhe dar.

¹⁵ Internetseite der Firma DATEV eG: <http://www.datev.de/>

¹⁶ Bildquelle: Internetseite der Firma designaffairs GmbH: <http://www.designaffairs.com/>

Über die Ausführung einer Spread-Geste auf der x-Achse kann der gesamte Bereich einer Achse gestreckt werden. Sämtliche Balken werden geometrisch vergrößert und ab einer bestimmten Größe in kleinere Balken unterteilt. Diese Unterteilung zeigt z. B., statt der zuvor visualisierten Kosten eines Quartals, die Verteilung der Kosten über die einzelnen Monate. Über die Ausführung einer Pinch-Geste auf der x-Achse können die Balken wieder zusammengefasst werden.

Bei der Verzerrung entlang der y-Achse werden, anstelle von Jahres- und Quartalszahlen oder Zahlen einzelner Monate, die Gesamtkosten eines Balkens in einzelne Kostenstellen unterteilt und beim Stauchen wieder zusammengefasst.

Zusätzlich wurde das Konzept Dynamic Query Slider [AWS92] integriert, um die Darstellung eines Diagramms anpassen zu können.

Das Pilotprojekt DATEV Interact zeigt, dass neue Multi-Touch-Tische natürliche Interaktionstechniken ermöglichen, die eine detailliertere Analyse eines Balkendiagramms unterstützen. Dabei werden bestehende Konzepte, wie der semantische Zoom oder eine Rubber-Sheet-Navigation, eingesetzt und mit einem zweidimensionalen Diagramm kombiniert.

3 Design und Konzept

In diesem Kapitel wird das Lösungskonzept M3 Scatterplots dieser Arbeit detailliert beschrieben. Eine genaue Definition der Zielsetzung verdeutlicht zuvor die Anforderungen an die M3 Scatterplot-Visualisierung.

3.1 Zielsetzung

Die verwandten Arbeiten haben einen Ausschnitt der Bandbreite an zweidimensionalen Scatterplots gezeigt (siehe Kapitel 2). Hierbei wurde der Scatterplot im Kontext einer Visualisierung zur Suche und Analyse eines heterogenen Datenraums betrachtet. Neben dynamischen Filtern zur Suche von Datenpunkten wurden in diesem Forschungsbereich Navigationskonzepte entwickelt, welche eine Analyse des Datenraums auf unterschiedlichen Detailstufen ermöglichen. Hierzu zählen ZUI- und Fisheye-Scatterplots zur Erstellung von Fokusansichten, um einen tieferen Einblick in den Datenraum zu erhalten. In dieser Arbeit war es das Ziel, ein neues Navigationskonzept für einen zweidimensionalen Scatterplot auf einem Multi-Touch-Tisch zu identifizieren. Hierzu werden im Folgenden die einzelnen Anforderungen an die Visualisierung definiert.

Fisheye-Gitternetz Für den M3 Scatterplot soll ein Fisheye-Gitternetz zur Analyse des Datenraums eingesetzt werden. Büring et al. haben in einem Fisheye-Scatterplot gezeigt [BGH06b], dass auch während der Fokussierung eines Bereichs die Übersicht der Visualisierung erhalten bleibt. Zudem ermöglicht dieses Konzept die Auflösung von Clustern, was einen Vorteil gegenüber einem ZUI-Scatterplot darstellt. Hierzu müssen allerdings die Symmetrien eines Datenpunktes erhalten bleiben und dürfen nicht mit dem Gitternetz verzerrt werden.

Das Interaktionskonzept des Fisheye-Scatterplots von Büring et al. [BGH06b] beinhaltet jedoch keine Möglichkeit zur Erstellung von multifokalen Sichten. Aus diesem Grund wurden Konzepte verwandter Arbeiten untersucht, die sich mit der Thematik multifokaler Sichten auseinandergesetzt haben.

Anhand einer Studie von Shoemaker und Gutwin [SG07] ist schließlich zu sehen, dass durch die Verwendung von multifokalen Fisheyes Aufgaben schneller und mit weniger Fehlern gelöst werden können.

Rubber-Sheet-Navigation Für den M3 Scatterplot soll zur Verzerrung des Gitternetzes kein hemisphärisches Fisheye [GF04] wie bei der Studie von Shoemaker und Gutwin [SG07] eingesetzt werden. Stattdessen soll das Rubber-Sheet-Konzept von Sarkar et al. [SSTR93] als Basis für die Entwicklung eines Interaktionskonzepts genutzt werden. Das Rubber-Sheet-Konzept ermöglicht in einer Fisheye-Visualisierung neben der Erstellung von multifokalen Sichten auch die freie Regulierung der Stärke der Verzerrung.

Evans und Chi haben zudem gezeigt [EC08], dass vor, während und nach dem Suchprozess der Kontakt zwischen dem Suchenden und anderen Personen aus seinem Umfeld eine wesentliche Rolle spielt. Hierbei werden z. B. korrekte Anfrageformulierungen gesucht, Ergebnisse auf ihre Relevanz überprüft oder schließlich die neuen Informationen aus den Ergebnissen an andere Personen vermittelt.

Da der M3 Scatterplot eine Suche nach Beziehungen und Abhängigkeiten in einem Datenraum ermöglicht, sollen hierbei während der Interaktion ebenfalls soziale Aktionen der Suche [EC08] unterstützt werden.

Multi-Touch-Tisch Aus diesem Grund wird ein Multi-Touch-Tisch zur Interaktion mit dem M3 Scatterplot eingesetzt. Durch den Formfaktor des Tisches können mehrere Benutzer mit dem System interagieren und die Eingaben des jeweils anderen beobachten [MLW10]. Die Rubber-Sheet-Navigation und andere Funktionen sollen hierzu über eine direkte Eingabe des Displays bedient werden können und den Vorteil mehrerer gleichzeitiger Eingaben nutzen.

Zusammengefasst soll das Lösungskonzept ermöglichen, dass **mehrere Benutzer** in der Suche unterstützt werden, die Visualisierung über einen **Multi-Touch-Tisch** bedient werden kann und **multifokale Sichten** erstellt werden können. Die drei schwarz markierten Anforderungen bilden schließlich zusammen den Namen für das Lösungskonzept **M3 Scatterplot**.

3.2 M3 Scatterplot im Kontext der Bibliothek

Der M3 Scatterplot wurde im Rahmen des Projekts MedioVis 2.0¹⁷ entwickelt und soll als Visualisierung zur Analyse und Suche von Filmdaten in einer Bibliothek eingesetzt werden. Hierzu nutzt der Prototyp des M3 Scatterplots Informationsobjekte, die neben MedioVis 2.0 zusätzlich im Kontext des ZOIL Frameworks¹⁸ entwickelt wurden.

Jedes Informationsobjekt beinhaltet eine Auswahl an Informationen zu einem Film und wird als Movie-Objekt bezeichnet. Die Informationen zu den Filmen stammen von der Internetfilmdatenbank IMDB.com¹⁹. Folgende numerischen Attribute können aus dem Movie-Objekt im M3 Scatterplot zur Belegung der Achsen verwendet werden:

- Produktionsjahr
- Laufzeit
- Erscheinungsjahr USA
- Bewertung (entspricht der Benutzerbewertung auf IMDB.com)
- Produktionskosten

¹⁷ MedioVis 2.0 Projektseite: <http://hci.uni-konstanz.de/index.php?a=research&b=projects&c=16314278&lang=en>

¹⁸ HCI Group University of Konstanz. ZOIL Repository, <https://hci.uni-konstanz.de/svn/repos/zoil2>.

¹⁹ Internetadresse der Filmdatenbank IMDB.com : www.imdb.com

-
- Einnahmen USA
 - Stimmen (entspricht der Anzahl der Benutzer auf IMDB.com, die für diesen Film eine Bewertung abgegeben haben)

Die Benutzer des M3 Scatterplots sind aus dem Kontext von MedioVis 2.0 Besucher einer Bibliothek und möchten nach Filmen suchen oder eine Analyse von Filmdaten durchführen.

Druch der Kombination zweier Attribute können im M3 Scatterplot hierzu verschiedene Beziehungen und Abhängigkeiten in den Filmdaten identifiziert werden. Im M3 Scatterplot kann z. B. herausgefunden werden, ob die Produktionskosten über die Jahre gestiegen sind oder eine gute Bewertung der Filme mit einer hohen Laufzeit im Zusammenhang stehen.

Des Weiteren ermöglicht der M3 Scatterplot eine Suche im Datenraum über die zuvor genannten numerischen Attribute eines Films. Diese Suche unterscheidet sich von einer Stichwortsuche in der Hinsicht, dass der M3 Scatterplot die Treffermenge einer Suche repräsentieren und eine Klassifizierung der Filme nach den Eigenschaften der Achsenattribute ermöglichen soll. Somit kann ein Datenpunkt im M3 Scatterplot als ein Film mit zwei Eigenschaften klassifiziert werden, z. B. ein Film aus dem Jahre 1999 mit einer Bewertung von 6.6 Punkten von 10.

3.3 Aufbau des M3 Scatterplots

Der M3 Scatterplot besteht aus den grundlegenden Komponenten eines zweidimensionalen Streudiagramms wie in Kapitel 2.1 dieser Arbeit definiert ist. Hierzu gehören zwei Achsen, welche mit Werten eines numerischen Attributs beschriftet sind. Zusätzlich wird unterhalb der x-Achse und links neben der y-Achse der Name des jeweiligen Attributs dargestellt. Hierüber kann der Benutzer sehen, mit welchen Attributen die Achsen belegt sind. Im Beispiel der Abbildung 28 des M3 Scatterplots ist es das Produktionsjahr für die x-Achse und die Bewertung für die y-Achse. Über einen Halbkreis neben der Bezeichnung des Achsenattributs können andere Achsenattribute ausgewählt werden.

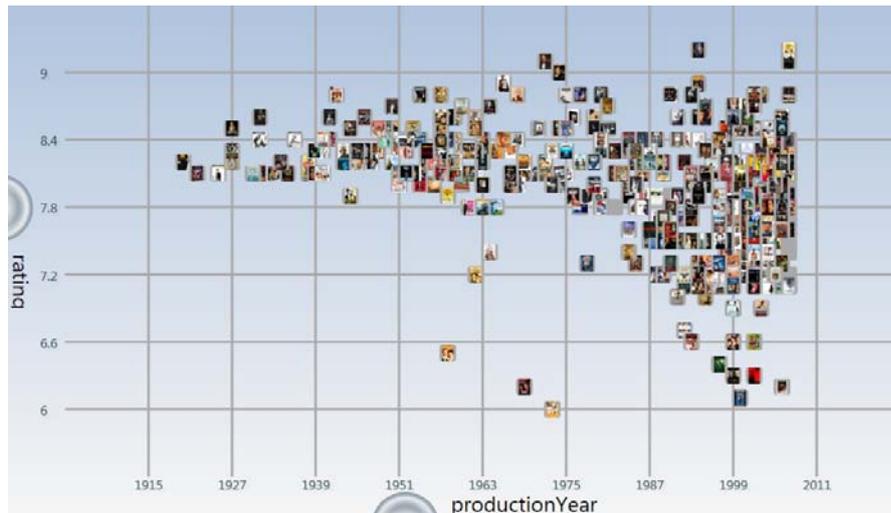


Abbildung 28: M3 Scatterplot-Visualisierung.

3.4 Rubber-Sheet-Navigation

Das Interaktionskonzept des M3 Scatterplots zur Erstellung eines Fokusbereichs und zur Verzerrung der Landschaft basiert auf dem Konzept eines Rubber Sheets [SSTR93]. Dieses Konzept ist von der Realwelt-Metapher eines spannbaren Gummituchs abgeleitet, welches verzerrt werden kann [SSTR93]. Sarkar et al. setzten dieses Konzept zur Verzerrung einer vektorbasierten Karte der USA ein und ermöglichten eine Interaktion über die Maus [SSTR93].

Zur Interaktion mit dem Gitternetz des M3 Scatterplots werden stattdessen die Finger verwendet. Der Grund hierfür ist, dass ein Multi-Touch-Tisch zur Bedienung der Visualisierung eingesetzt wird, welcher auf Grund seines Formfaktors [MLW10] soziale Aktionen [EC08] während einer Suche unterstützt. Mehrere Benutzer können sich um den Multi-Touch-Tisch verteilen und in den Prozess interaktiv eingreifen (siehe Abbildung 29).

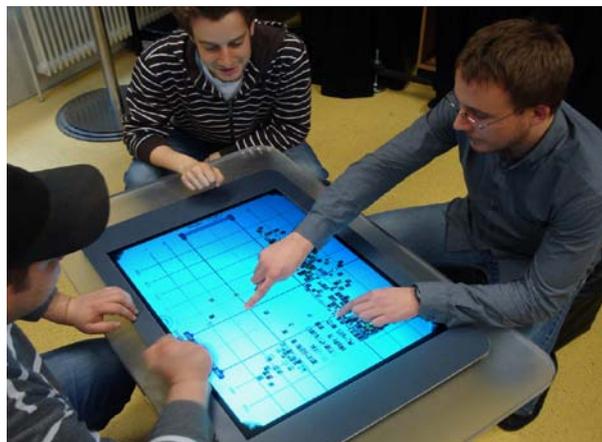


Abbildung 29: Mehrere Benutzer sitzen am Multi-Touch-Tisch und explorieren gemeinsam den Informationsraum des M3 Scatterplots.

3.4.1 Natürliche Verzerrung durch Gesten

Für die direkte Eingabe über das Display des Multi-Touch-Tisches werden zwei verschiedene Gesten eingesetzt. Unter Verwendung dieser Gesten kann der Benutzer das Gitternetz des Scatterplots einem Rubber Sheet [SSTR93] gemäß verzerren.

Im Kapitel 2.8.2 wurden die Spread- und Pinch-Geste [Saf09] näher beschrieben. Diese Gesten eignen sich nach der Definition von Saffer zur Vergrößerung und Verkleinerung eines Informationsraums oder Objekts.

Das Rubber-Sheet-Konzept [SSTR93] hat eine ähnliche Funktion. Auch hier werden Bereiche der Visualisierung durch Strecken vergrößert und durch Stauchen verkleinert. Unter diesen Voraussetzungen lassen sich die beiden Gesten auf die Rubber-Sheet-Navigation des M3 Scatterplots übertragen und ermöglichen eine natürliche Interaktion.

Im M3 Scatterplot werden die Gesten mit der Rubber-Sheet-Navigation verbunden.

3.4.2 Zweidimensionale Verzerrung

Im Rahmen der Ausführung einer Verzerrung durch die Spread- und Pinch-Geste [Saf09] gibt es im M3 Scatterplot zwei Möglichkeiten einen Fokusbereich zu definieren. Für die erste Möglichkeit kann der Benutzer direkt mit dem Gitternetz interagieren. In dieser Arbeit wird die Interaktion über das Gitternetz als zweidimensionale Verzerrung bezeichnet, da sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung die Ansicht verzerrt wird.

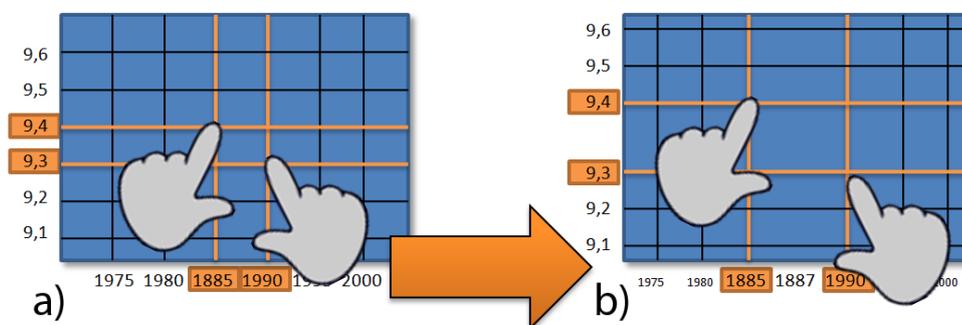


Abbildung 30: Skizze einer zweidimensionalen Verzerrung durch die Ausführung einer Spread-Geste im Gitternetz des M3 Scatterplots.

Zur Erstellung einer zweidimensionalen Verzerrung kann der Benutzer wahlweise einen oder zwei Finger benutzen. Beide Vorgehensweisen haben gleichermaßen Auswirkungen auf die Verzerrung beider Achsen. Im Folgenden wird ausschließlich die Interaktion mit zwei Fingern beschrieben.

Als erstes wählt der Benutzer durch das Auflegen der Finger innerhalb des Gitternetzes einen Bereich aus (siehe Abbildung 30a). Hierbei werden je Finger zwei Linien selektiert. Eine horizontale Linie, welche auf einen Wert auf der y-Achse zeigt und eine vertikale Linie, welche auf einen Wert der x-Achse zeigt. Entspricht die Auswahl der

Intention des Benutzers, kann er über die Ausführung einer Spread-Geste [Saf09] den definierten Bereich strecken (siehe Abbildung 30b). Analog hierzu führt eine Pinch-Geste [Saf09] zur Stauchung des Bereichs.

Der Vorteil des M3 Scatterplot-Interaktionskonzepts gegenüber der Bounding-Box-Navigation von Büring et al. [BGH06b] oder Demamels [Dem07] ist, dass die Größe eines Fokusbereichs frei durch den Benutzer bestimmt werden kann. Dieser Vorteil gilt auch für die nachfolgend beschriebene eindimensionale Verzerrung im M3 Scatterplot.

3.4.3 Eindimensionale Verzerrung

Neben der zweidimensionalen Verzerrung (siehe Kapitel 3.4.2) kann im M3 Scatterplots auch eine eindimensionale Verzerrung ausgeführt werden. Anstelle des Gitternetzes interagiert der Benutzer über eine der beiden Achsen und verzerrt nur eine Dimension²⁰. Analog zur Vorgehensweise in der zweidimensionalen Verzerrung können wahlweise ein oder zwei Finger für die Verzerrung verwendet werden. Ebenfalls analog zur Beschreibung der zweidimensionalen Verzerrung wird im Folgenden lediglich das Vorgehen mit zwei Fingern beschrieben.

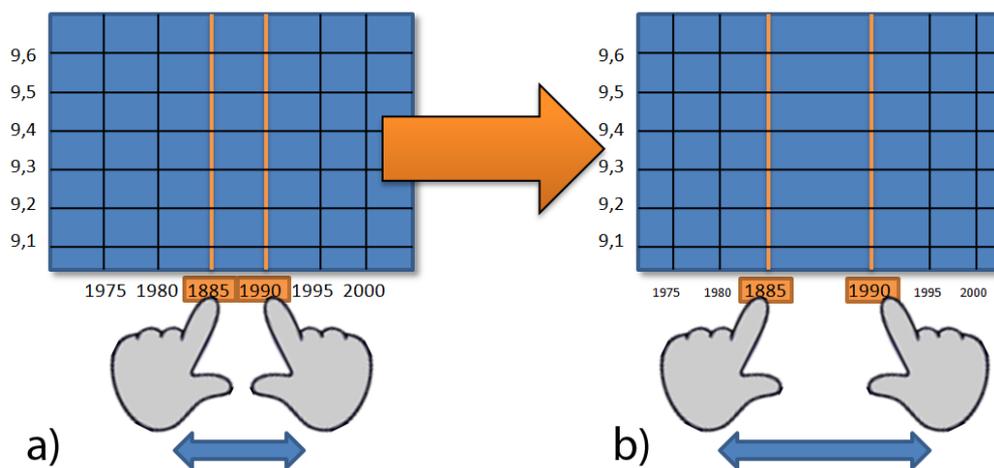


Abbildung 31: Skizze einer eindimensionalen Verzerrung auf der x-Achse durch die Ausführung einer Spread-Geste [Saf09] im M3 Scatterplot.

Um eine eindimensionale Verzerrung ausführen zu können, wählt der Benutzer zu Anfang einen Bereich auf einer der Achse aus. Hierzu legt er als Erstes zwei Finger auf der Achse auf. (siehe Abbildung 31a). Je Finger werden ein Label²¹ und die darauf zeigende Linie selektiert. In Abhängigkeit von der Achse sind dies zwei horizontale oder vertikale Linien mit Labels. Der ausgewählte Bereich kann anschließend über eine Spread-Geste [Saf09] gestreckt (siehe Abbildung 31b) oder eine Pinch-Geste [Saf09] gestaucht werden.

²⁰ Die x- und y-Achse des M3 Scatterplots werden in dieser Arbeit teilweise als Dimensionen bezeichnet.

²¹ Ein Label ist in dieser Arbeit mit dem Wert auf einer Achse gleichzusetzen.

Unter Verwendung der Bounding-Box-Navigation werden im Fisheye-Scatterplot von Büring et al. [BGH06b] immer zwei Dimensionen selektiert. Der Benutzer muss hierbei die Achse, in der keine Verzerrung ausgeführt werden soll, vollständig selektieren und somit eine „Nicht-Verzerrung“ berücksichtigen. Die eindimensionale Verzerrung im M3 Scatterplot kann stattdessen direkt über die Verzerrung der Achse bei freier Bestimmung der Stärke ausgeführt werden.

3.4.4 Visuelles Feedback

Nielsen und Molich [NM90] zeigen in einem Konzept für eine Evaluation von Benutzerschnittstellen, dass visuelle Feedbacks als Reaktion des Systems auf die Eingaben des Benutzer verstanden werden. Im M3 Scatterplot wird ebenfalls durch visuelle Feedbacks direkt verdeutlicht, dass die Anwendung funktioniert und die Eingaben des Benutzers vom M3 Scatterplot verarbeitet werden.

Berührt der Benutzer das Gitternetz mit einem oder zwei Fingern zur Ausführung einer zweidimensionalen Verzerrung, werden die selektierten Linien und die zugehörige Achsenbeschriftung farblich hervorgehoben (siehe Abbildung 32). Analog werden bei einer eindimensionalen Verzerrung ebenfalls die selektierten Beschriftungen und Linien farblich markiert.

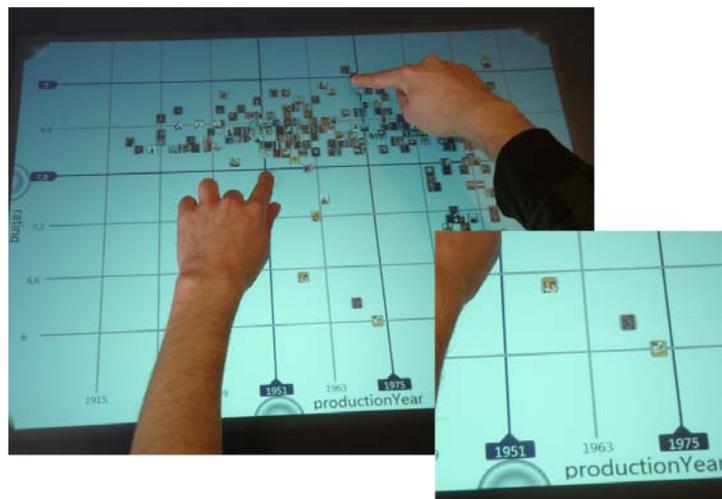


Abbildung 32: Linien und Labels werden bei der Definition eines Fokusbereichs im M3 Scatterplot hervorgehoben.

Zusätzlich zur farblichen Hervorhebung einer Linie wird das entsprechenden Label auf der Achse ist durch ein Kästchen in der Farbe der Linie unterlegt. Die farbliche Unterlegung des Labels entspricht der Metapher einer Mauly-Papierklemme (siehe Abbildung 33a). Diese wäre in der realen Welt ein Mittel, um die Verzerrung eines Gummituchs feststellen zu können (siehe Abbildung 33b). Der Benutzer kann mit Hilfe der Papierklemme das Gummituch nach der Verzerrung fixieren, so dass die ausgeführte Verzerrung erhalten bleibt. Diese Metapher soll dem Benutzer das Feststellen einer Verzerrung im M3 Scatterplot verständlich machen.

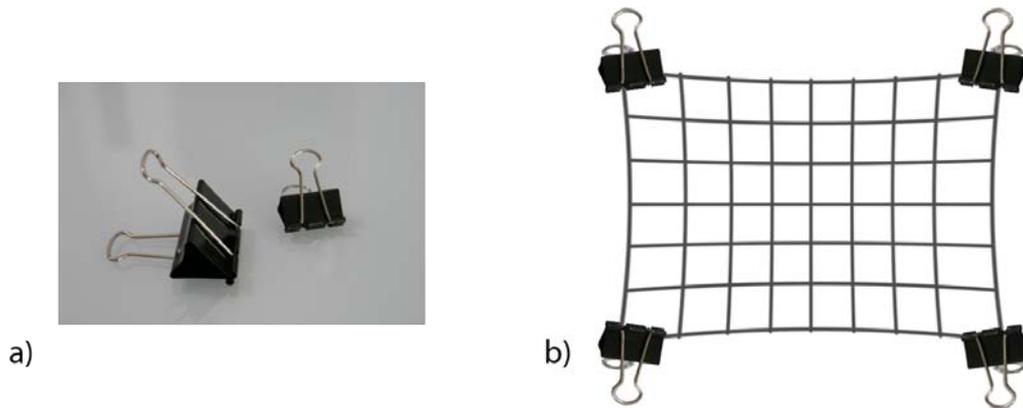


Abbildung 33: a) zeigt zwei Mauly-Papierklemmen; b) Skizze einer Verzerrung in einem Gummituch, welches durch vier Papierklemmen festgehalten wird.

3.4.5 Resultat einer Verzerrung

Zum Beenden einer Verzerrung hebt der Benutzer die Finger von der Oberfläche des Tisches wieder ab. Je nach Stärke der Verzerrung und Größe des Fokusbereichs enthält das Gitternetz und die Achsenbeschriftung eine feinere Untergliederung innerhalb der Fokusansicht. Für ein besseres Verständnis wird im Folgenden zuerst der Ausgangszustand des Gitternetzes beschrieben.

Ausgangszustand des Gitternetzes Im Ausgangszustand des M3 Scatterplots ist eine feste Anzahl an horizontalen und vertikalen Linien zur Bildung des Gitternetzes vorhanden. Diese Anzahl wird im M3 Scatterplot durch die Größe des Fensters, bzw. im Vollbildmodus entsprechend der Auflösung des Multi-Touch Tisches, angepasst. Durch diese Funktion werden im Vollbildmodus auf Multi-Touch Tischen mit einer höheren Auflösung mehr Linien dargestellt, als auf Geräten mit einer geringeren Auflösung. Bei einer Auflösung von 1024x768 Pixeln z. B. werden sechs horizontale und neun vertikale Linien dargestellt. Diese Entscheidung beruht auf den Erfahrungen aus einem ersten Prototyp, in welchem verschiedene Ausprägungen exploriert wurden. Durch die variable Anpassung der Anzahl der Linien und Labels erhält der Benutzer unabhängig von der Größe des M3 Scatterplot eine überschaubare Visualisierung.

Verzerrung des Gitternetzes Während der Verzerrung des Gitternetzes ändern sich die Abstände zwischen den einzelnen Linien. Hierbei ist zu beachten, dass die Linien innerhalb eines Fokusbereichs und in den umliegenden gestauchten Bereichen jeweils linear verteilt werden (siehe Abbildung 34). Das hat zur Folge, dass die Linien der Reihe nach in einem gleichen Abstand innerhalb eines gestauchten oder gestreckten Bereichs positioniert werden.

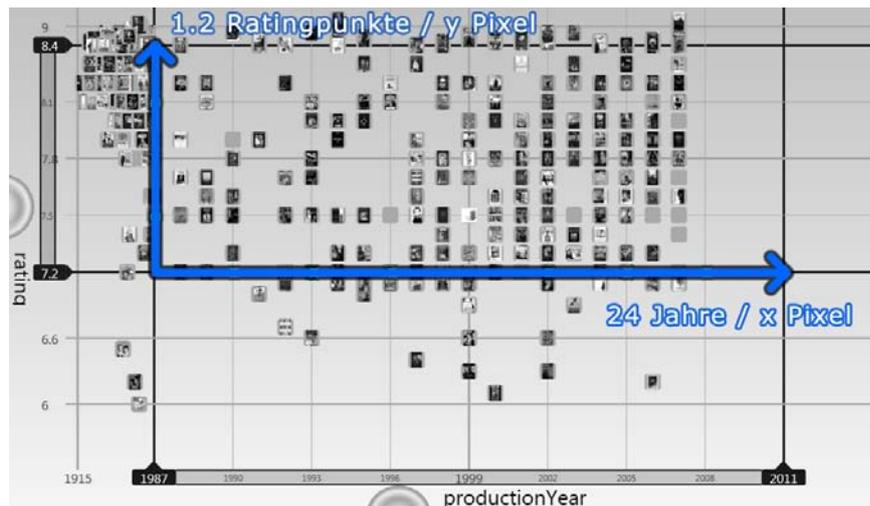


Abbildung 34: Die beiden blauen Pfeile zeigen die Verzerrungen eines Fokusbereichs. Die darin enthaltenen Jahre der x-Achse und Bewertungspunkte der y-Achse, werden auf die Anzahl der Pixel des Fokusbereichs gleichmäßig verteilt.

Ist die Distanz zwischen zwei Linien größer als das Zweifache der Distanz im Ausgangszustand beider Linien, werden im M3 Scatterplot eine oder mehrere neue Linien und zugehörige Labels hinzugefügt (siehe Abbildung 35).

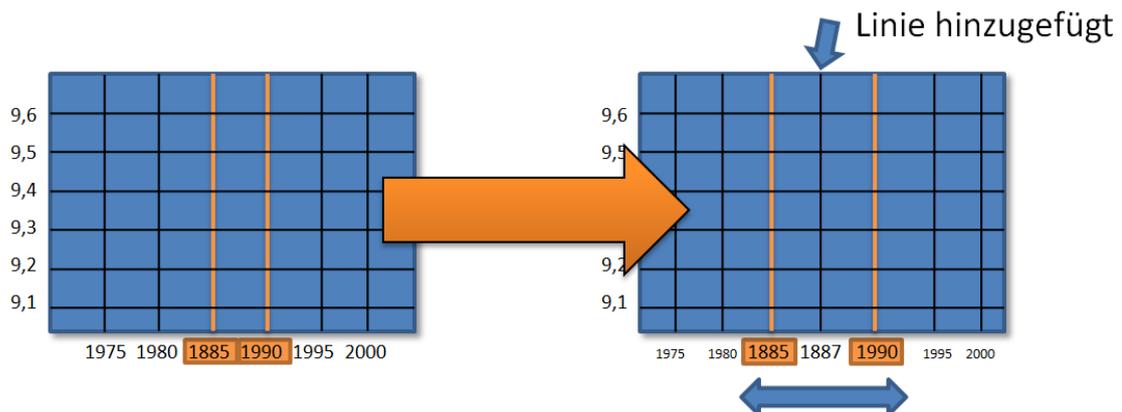


Abbildung 35: Skizze zeigt das Hinzufügen einer neuen Linie, wenn die Distanz zwischen zwei Linien zu groß ist.

Je nach Stärke der Verzerrung variiert die Anzahl an neuen Linien und Labels in einem Fokusbereich. Zu Anfang jeder Verzerrung wird im M3 Scatterplot eine grobe und bei zunehmender Größe eine feinere Unterteilung der Fokusansicht generiert.

Damit der Benutzer die bestehenden Linien und Labels von den neu hinzugefügten unterscheiden kann, werden die Linien und Labels zur Unterteilung der Fokusansicht kleiner dargestellt (siehe Abbildung 36).



Abbildung 36: Die dunkelblau hinterlegten Labels zeigen die Grenzen des Fokusbereichs an. Dazwischen liegen die neu hinzugefügten Werte, welche den Fokusbereich zusammen mit den Linien feiner unterteilen.

Cluster auflösen Das Rubber-Sheet-Navigationskonzept des M3 Scatterplot ermöglicht das Auflösen von Clustern. Hierzu werden die Datenpunkte in einer Fokusansicht eines Bereichs nicht verzerrt. Stattdessen behalten die Datenpunkte ihre Größe und Symmetrie bei und stehen innerhalb der einzeln verzerrten Bereiche im gleichen Verhältnis zueinander wie vor der Verzerrung. Das bedeutet z. B., dass zwei Datenpunkte innerhalb eines um 20 Prozent gestreckten Bereichs vor der Verzerrung einen Abstand von 100 Pixeln haben und nach der Verzerrung 120 Pixel voneinander entfernt sind.

Sichtbarer Fokusbereich Neben einer erkennbaren Verzerrung eines Clusters oder einzelner Datenpunkte, wird der Benutzer im M3 Scatterplot unterstützt, Fokusbereiche auch nach der Verzerrung erkennen zu können. Hierzu behalten die zu Beginn der Verzerrung hervorgehobenen Linien und Labels ihre Darstellung bei und zeigen dem Benutzer nach der Verzerrung die Grenzen des Fokusbereichs an. Dies ist auch hilfreich, wenn der Benutzer einen bereits verzerrten Bereich erneut manipulieren möchte.

Einblenden von Linien Während der Entwicklung des M3 Scatterplots ist ein Problem beim Hinzufügen und Entfernen neuer Linien aufgetreten. Wie zuvor beschrieben, werden beim Strecken eines Bereichs neue Linien zur Unterteilung der Fokusansicht hinzugefügt oder bei einer Stauchung wieder entfernt. Aufgrund dessen hatte es für den Benutzer während der Interaktion öfters den Anschein, als ob sich Linien sprunghaft auf eine andere Position bewegten.

Im M3 Scatterplot werden daher Linien während einer Verzerrung nicht einfach eingefügt oder entfernt, sondern langsam ein- und ausgeblendet. Dies hat einen

weichen Übergang zwischen beiden Zuständen zur Folge und verhindert die irreführende Auffassung des Benutzers von der sprunghaften Bewegung einer Linie.

3.4.6 Multifokale Verzerrung

In der M3 Scatterplot-Visualisierung soll es neben der freien Auswahl eines verzerrten Bereichs und der freien Bestimmung über die Stärke einer Verzerrung möglich sein, verschiedene Fokusbereiche simultan vergleichen zu können. Hierzu kann der Benutzer im M3 Scatterplot mehrere eindimensionale (siehe Kapitel 3.4.3) oder zweidimensionale Verzerrungen (siehe Kapitel 3.4.2) im Gitternetz des M3 Scatterplots erstellen (siehe Abbildung 37).

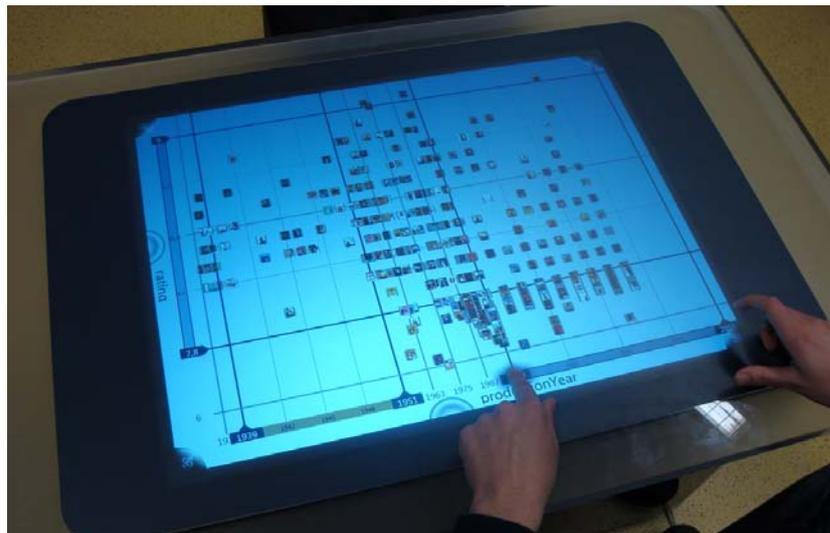


Abbildung 37: Beispiel für multifokale Sichten im M3 Scatterplot.

Während der Interaktion mit dem Gitternetz oder den Achsen muss der Benutzer nicht auf die anderen bereits definierten Fokusbereiche achten. Die Grenzen aller verzerrten Bereiche sind fest und werden durch andere Verzerrungen im Gitternetz nicht beeinflusst.

3.4.7 Auflösen einer Verzerrung

Um den Ausgangszustand des M3 Scatterplots wieder herzustellen oder um während der Exploration des Datenraums Platz für neue Fokusbereiche zu schaffen, kann der Benutzer die erzeugten Verzerrungen wieder auflösen.

Zur Auflösung einer Verzerrung im M3 Scatterplot gibt es zwei Möglichkeiten. Diese sind abhängig von der ausgeführten Interaktion zur Erstellung eines Fokusbereichs und gelten sowohl für die eindimensionale als auch für die zweidimensionale Verzerrung des Gitternetzes. Dabei wird unterschieden, ob der Benutzer einen oder zwei Finger zu Erstellung eines Fokusbereichs benutzt hat.

Fokusbereich mit einer visuellen Grenze Nimmt der Benutzer zur Erstellung eines Fokusbereichs einen Finger, werden durch die Interaktion mit einer Achse eine Linie und ein Label hervorgehoben (siehe Kapitel 3.4.4). Bei einer Interaktion mit dem

Gitternetz direkt gilt dies für beide vorhandenen Achsen (siehe Kapitel 3.4.2). Das Label und die Linie zeigen die Grenze eines Fokusbereichs in einer Dimension an und bleiben auch nach dem Erstellen einer Verzerrung erhalten.

Über eine Tap-Geste [Saf09] auf dem markierten Label eines Fokusbereichs auf der jeweiligen Achse kann der Benutzer die Verzerrung in einer Dimension wieder auflösen. Hierzu tippt er mit einem Finger auf das entsprechende Label (siehe Abbildung 38).

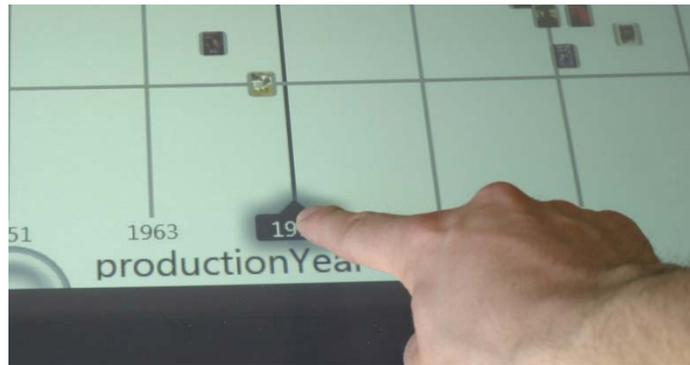


Abbildung 38: Ausführung einer Tap-Geste [Saf09] auf einem Label des M3 Scatterplots.

Fokusbereich mit zwei visuellen Grenzen Hat der Benutzer einen Fokusbereich mit zwei Fingern erstellt, wird auf der Achse eine zusätzliche Markierung zwischen den zwei hervorgehobenen Labels eingefügt (siehe Abbildung 39). Analog hierzu wird bei der direkten Interaktion mit dem Gitternetz auf beiden vorhandenen Achsen eine Markierung erstellt. Diese markiert die Labels innerhalb des Fokusbereichs und besteht aus einem leicht transparenten Rechteck. Durch die Transparenz der Markierung kann die dahinter liegende Achsenbeschriftung weiter erkannt werden. Die transparente Farbe des Rechtecks entspricht der Farbe der Linien, welche die Grenzen des Fokusbereichs darstellen. Während der Verzerrung des Bereichs wird die Breite des Rechtecks kontinuierlich auf die Größe der Verzerrung angepasst.

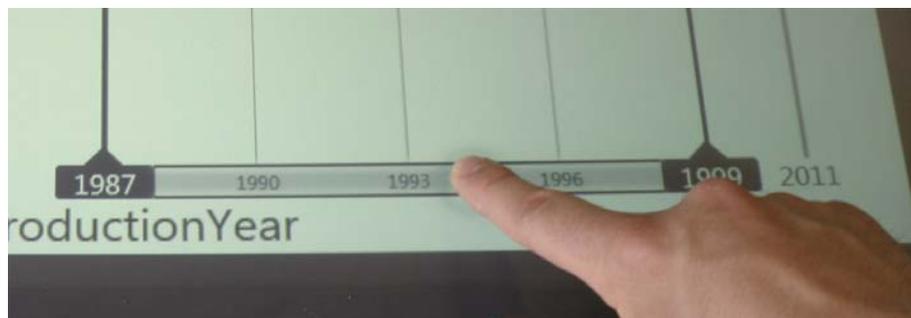


Abbildung 39: Ausführung einer Tap-Geste [Saf09] auf einer Achsenmarkierung eines Fokusbereichs im M3 Scatterplot.

Zur Auflösung dieser Verzerrung tippt der Benutzer mit einem Finger auf das Rechteck (siehe Abbildung 39). Nach einem kurzen visuellen Feedback, welches verständlich machen soll, dass die Markierung getroffen wurde, wird die Verzerrung aufgelöst.

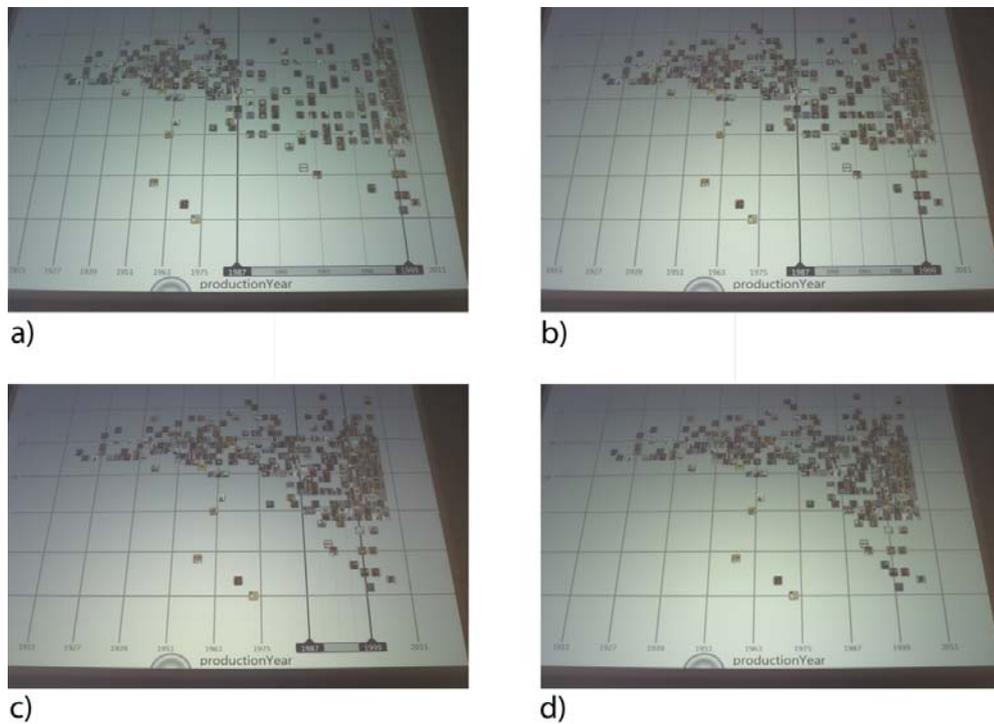


Abbildung 40: Auflösung einer Verzerrung im M3 Scatterplot nach der Ausführung einer Tap-Geste [Saf09] auf der Achsenmarkierung (von a nach d).

Animierte Auflösung der Verzerrung Nachdem der Benutzer die Auflösung einer Verzerrung ausgelöst hat, werden alle betreffenden Linien und Labels an eine neue Position im Gitternetz verschoben und der Fokusbereich wird entzerrt (siehe Abbildung 40). Dieser Vorgang wird animiert und verbindet den Zustand vor und nach der Auflösung einer Verzerrung visuell miteinander, so dass der Benutzer den Vorgang verfolgen kann. Dabei ist zu beachten, dass andere noch bestehende Fokusbereiche durch diesen Vorgang nicht beeinflusst werden. Eine Verzerrung wird nur innerhalb der Grenzen des jeweiligen Fokusbereichs aufgelöst. Linien und Labels, die den verzerrten Fokusbereich feiner unterteilt haben werden wieder ausgeblendet, sofern die Distanz zwischen den einzelnen Linien gering genug ist.

Am Ende der Animation erhalten die farblich hervorgehobene Linie und das Label wieder ihre alte visuelle Darstellung und können vom Benutzer zur Erstellung einer neuen Fokusansicht verwendet werden.

3.5 Änderung der Achsenattribute

Neben der Rubber-Sheet-Navigation zur Analyse der Daten ist eine weitere Funktion in den M3 Scatterplot integriert, die es dem Benutzer ermöglicht, unterschiedliche Beziehungen in den Filmdaten zu untersuchen. Wie in Kapitel 3.2 beschrieben, können

eine Anzahl von numerischen Attributen eines Films für die Belegung der Achsenattribute des M3 Scatterplots verwendet werden.

Zur Änderung der Achsenattribute wird ein Flower Menu [BLN08] im M3 Scatterplot eingesetzt. Jede Achse enthält ein solches Menu, welches durch einen Halbkreis unterhalb der x-Achse und links neben der y-Achse visuell repräsentiert wird (siehe Abbildung 41).

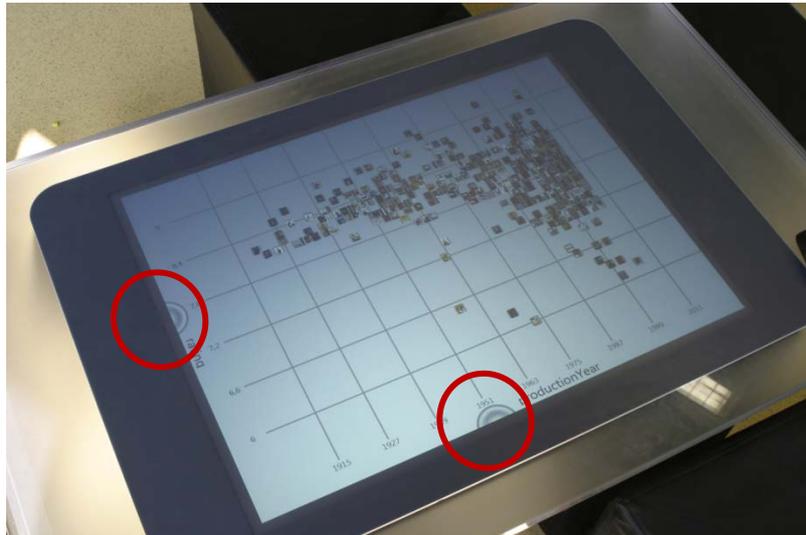


Abbildung 41: Die roten Kreise markieren die Flower Menus [BLN08] im M3 Scatterplot.

Durch die Berührung mit einem Finger kann das Flower Menu vom Benutzer aktiviert werden. Dabei werden kurz nach der Berührung des Halbkreises verschiedene numerische Attribute sichtbar und das Flower Menu leuchtet auf. Über eine Animation fahren die einzelnen Attribute aus dem Halbkreis heraus und sind mit der Basis über einen wellenförmigen Pfad verbunden (siehe Abbildung 42a). Zur Belegung der Achse fährt der Benutzer mit seinem Finger über einen der Pfade zu einem Attribut und hebt den Finger an (siehe Abbildung 42b).

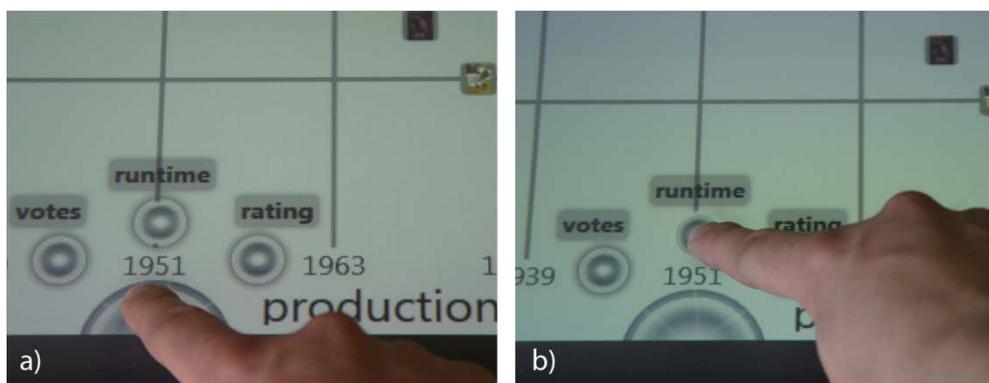


Abbildung 42: a) Flower Menu des M3 Scatterplots wird mit dem Auflegen des Fingers aktiviert; b) Attribut „runtime“ wird mit dem Finger ausgewählt.

Der Vorteil des Flower Menus ist, dass der Benutzer den beschriebenen Vorgang zur Auswahl eines Attributs leicht erlernen kann und als Geste im Gedächtnis behält [BLN08]. Sobald der Benutzer die Gesten zur Auswahl der Attribute kennt, muss er nur noch eine Bewegung, ausgehend vom Halbkreis, ausführen, ohne sich die Attribute genau betrachten zu müssen.

Nach dem Anheben des Fingers werden die Attribute des Flower Menus wieder ausgeblendet und das gewählte Attribut auf die Achse gelegt. Die bestehenden Labels der Achse werden ausgeblendet und durch die Labels des ausgewählten Attributs ersetzt. Zudem wird die Achsenbeschriftung auf den Namen des neuen Attributs geändert.

Alle Datenpunkte werden schließlich durch die Änderung der Dimension neu positioniert. Damit der Benutzer diesen Vorgang besser nachvollziehen kann, werden die Objekte in einer Animation auf die neue Position verschoben. Eine Studie von Bederson und Boltman [BB99] zeigen, dass eine Animation zwischen zwei Zuständen den Benutzer unterstützt, den Vorgang mental zu rekonstruieren. Daraus lässt sich für den M3 Scatterplot ableiten, dass der Benutzer durch den Einsatz dieser Animation unterstützt wird, Beziehungen und Abhängigkeiten verschiedener Ansichten vergleichen zu können, selbst wenn diese nicht zum gleichen Zeitpunkt sichtbar sind.

3.6 Details on Demand

Die Rubber-Sheet-Navigation des M3 Scatterplots ermöglicht eine freie Exploration des Datenraums (siehe Kapitel 3.4). Dabei können Ansammlungen von Datenpunkten aufgelöst werden, um eine bessere Sicht auf Bereiche der Visualisierung zu erhalten oder unterschiedliche Beziehungen zu analysieren.

Im M3 Scatterplot ist es zudem möglich, auf Detailinformationen eines Datenpunkts zuzugreifen. Analog zum „Details on Demand“-Konzept des HyperScatter von Demamels [Dem07] und des Fisheye-Scatterplots von Büring [BGH06b] erhält der Benutzer die Detailinformationen eines Films. Anstelle eines Klicks mit der Maus [Dem07] oder der Interaktion von Büring über einen Stylus, werden die Filme im M3 Scatterplot über die Ausführung einer Tap-Geste [Saf09] größer gezoomt.

Die Detailansicht eines Datenpunkts im M3 Scatterplot wird proportional auf den maximal zur Verfügung stehenden Bereich vergrößert und, sofern es möglich ist, nahe ihrem Ursprung positioniert (siehe Abbildung 43a-c). Die genaue Verortung der vergrößerten Ansicht eines Datenpunkts ermöglicht es dem Benutzer, einen Rückschluss auf die Position im Gitternetz zu ziehen.

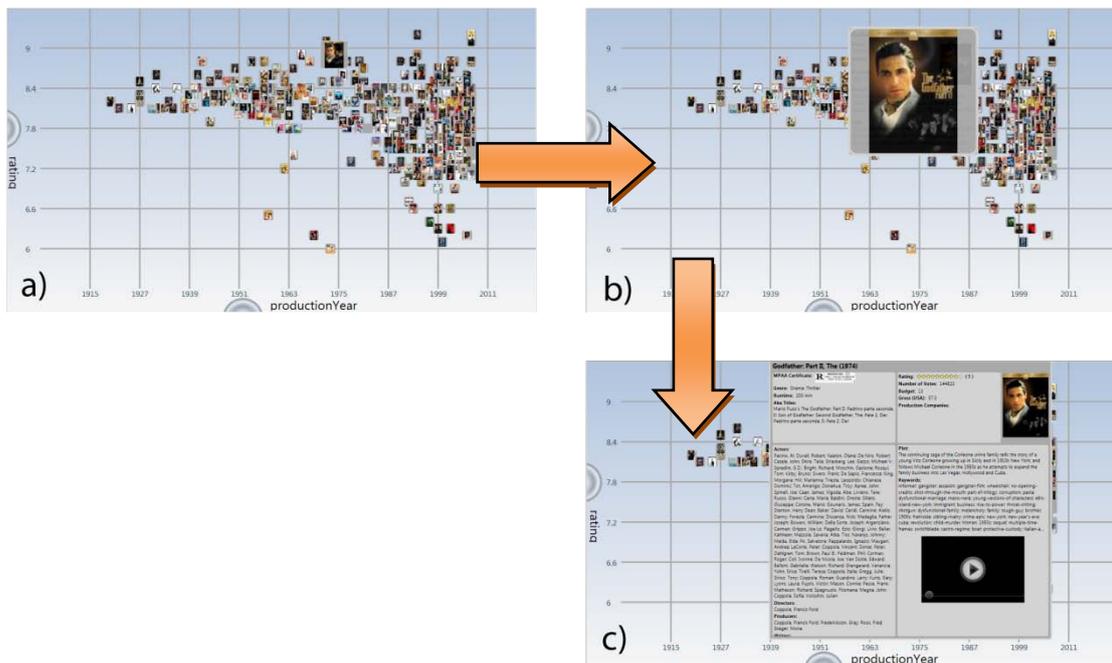


Abbildung 43: Semantischer Zoom des Movie-Objekts im M3 Scatterplot; a) und b) zeigen den Datenpunkt kurz nach der Ausführung einer Tap-Geste [Saf09]; c) das Ergebnis des Zooms.

Semantischer Zoom Die aktuelle Repräsentation eines Datenpunkts steht in direkter Verbindung zu seiner Größe innerhalb der Visualisierung und basiert auf dem Konzept des semantischen Zooms [PF93] (siehe Kapitel 2.5.1). Je nach Größe werden mehr oder weniger Detailinformationen angezeigt, wobei im M3 Scatterplot zwei unterschiedliche Detailstufen verwendet werden.

In der ersten Stufe ist eine kleine Darstellung des Posters zu sehen (siehe Abbildung 43a und b). Ein zusätzlicher Text in Form eines Titels ist auf Grund der Größe der einzelnen Datenpunkte nicht sinnvoll, da der Benutzer diesen nicht erkennen könnte.

Die maximale Anzahl an Informationen enthält der Datenpunkt in der zweiten Zoomstufe. Darin sind, neben einer größeren Darstellung des Posters, mehrere Eigenschaften des Films zu sehen (siehe Abbildung 44).

Godfather: Part II, The (1974)

MPAA Certificate: **Rating:** (9)

Genre: Drama; Thriller **Number of Votes:** 144823

Runtime: 200 min **Budget:** 13

Aka Titles: Mario Puzo's The Godfather: Part II; Padrino parte seconda; II; Son of Godfather; Second Godfather; The; Pate 2; Der; Padrino parte seconda, II; Pate 2, Der **Gross (USA):** 57.3

Production Companies:

Actors: Pacino, Al; Duvall, Robert; Keaton, Diane; De Niro, Robert; Cazale, John; Shire, Talia; Strasberg, Lee; Gazzo, Michael V.; Spradlin, G.D.; Bright, Richard; Moschin, Gastone; Rosqui, Tom; Kirby, Bruno; Sivero, Frank; De Sapia, Francesca; King, Morgana; Hill, Marianna; Trieste, Leopoldo; Chianese, Dominic; Tot, Amerigo; Donahue, Troy; Aprea, John; Spinell, Joe; Caan, James; Vigoda, Abe; Livrano, Tere; Russo, Gianni; Carta, Maria; Baldini, Oreste; Siliato, Giuseppe; Cotrone, Mario; Gounaris, James; Spain, Fay; Stanton, Harry Dean; Baker, David; Caridi, Carmine; Aiello, Danny; Foresta, Carmine; Discenza, Nick; Medaglia, Father Joseph; Bowers, William; Della Sorte, Joseph; Argenziano, Carmen; Grippo, Joe Lo; Flagello, Ezio; Giorgi, Livio; Beller, Kathleen; Mazzola, Saveria; Alba, Tito; Naranjo, Johnny; Maida, Elda; Po, Salvatore; Pappalardo, Ignazio; Maugeri, Andrea; LaCorte, Peter; Coppola, Vincent; Donat, Peter; Dahlgren, Tom; Brown, Paul B.; Feldman, Phil; Corman, Roger; Coll, Ivonne; De Nicola, Joe; Van Sickle, Edward; Belloni, Gabriella; Watson, Richard; Grangerard, Venancia; Yohn, Erica; Tirelli, Teresa; Coppola, Italia; Gregg, Julie; Sirico, Tony; Coppola, Roman; Guardino, Larry; Kurtz, Gary; Lyons, Laura; Pujols, Victor; Mason, Connie; Pesce, Frank; Matheson, Richard; Spagnuolo, Filomena; Megna, John; Coppola, Sofia; Voloshin, Julian

Plot: The continuing saga of the Corleone crime family tells the story of a young Vito Corleone growing up in Sicily and in 1910s New York; and follows Michael Corleone in the 1950s as he attempts to expand the family business into Las Vegas, Hollywood and Cuba.

Keywords: Informer; gangster; assassin; gangster-film; wheelchair; no-opening-credits; shot-through-the-mouth; part-of-trilogy; corruption; pasta; dysfunctional-marriage; mano-nera; young-versions-of-characters; ellis-island-new-york; immigrant; business; rise-to-power; throat-slitting; shotgun; dysfunctional-family; melancholy; family; tough-guy; brother; 1900s; fratricide; sibling-rivalry; crime-epic; new-york; new-year's-eve; cuba; revolution; child-murder; hitman; 1950s; sequel; multiple-time-frames; switchblade; castro-regime; boat; protective-custody; italian-a...

Directors: Coppola, Francis Ford

Producers: Coppola, Francis Ford; Frederickson, Gray; Root, Fred; Skager, Mona

Writers:

Abbildung 44: Detailansicht eines Movie-Objekts im M3 Scatterplot.

Zu den Eigenschaften in der Detailansicht gehören folgende Attribute:

- MPAA Zertifikat
- Genre
- Laufzeit
- Alternative Titel
- Schauspieler
- Regisseure
- Produzenten
- Drehbuchautoren
- Bewertung (entspricht der Benutzerbewertung auf IMDB.com²²)
- Stimmen (entspricht der Anzahl an Benutzer auf IMDB.com, die für diesen Film eine Bewertung abgegeben haben)
- Kosten
- Einnahmen USA
- Produktionsfirmen
- Kurzes Abstract
- Schlüsselwörter die mit dem Film in Zusammenhang gebracht werden

Neben den nicht funktionalen Elementen ist ein Video Player in die Detailansicht integriert, in welchem der Trailer des Films abgespielt werden kann.

²² Onlinedatenbank für Filme : www.imdb.com

3.7 Dynamischer Filter

In Kapitel 2 dieser Arbeit wurden, neben den Konzepten zur Navigation, Lösungsansätze zur dynamischen Filterung des Datenraums in Scatterplots vorgestellt. Sie ermöglichen dem Benutzer eine Suche nach Datenpunkten mit spezifischen Eigenschaften und stellen eine Alternative zu herkömmlichen Suchanfragesprachen dar [AWS92]. Die Veränderung des Datenraums kann während der dynamischen Filterung beobachtet werden. Dazu sind keine Kenntnisse über komplexe Anfragesprachen erforderlich.

In einer ersten Umsetzung eines Scatterplot-Prototyps wurde ein Konzept zur dynamischen Filterung eines heterogenen Datenraums identifiziert. Hierbei wurde statt des Fisheye-Gitternetzes im M3 Scatterplot, ein ZUI-Scatterplot als Visualisierung in MedioVis 2.0 [HDRHR09] eingesetzt.

Bei den Daten handelt es sich um verschiedene Filme, gemäß der Beschreibung in Kapitel 3.2. Diese Filme werden in verschiedenen Bereichen innerhalb einer Basis-Visualisierung verortet, welche auf dem Paradigmen einer Zoomable Object-oriented Information (ZOIL) [JKGR07] basiert (siehe Abbildung 45).



Abbildung 45: Übersicht der MedioVis 2.0 Informationslandschaft [HDRHR09].

Insgesamt sind sechs verschiedene Bereiche in der Basis-Visualisierung vorhanden, welche jeweils Filme aus einem bestimmten Genre enthalten. Über Zoom- und Pan-Navigation [LL05] kann der Benutzer in der Informationslandschaft navigieren und die Filme in den einzelnen Genres untersuchen. Alle sichtbaren Filme innerhalb eines vergrößerten Bereichs in der Informationslandschaft, werden durch den geometrisch semantischen Zoom vergrößert und zeigen, je nach Größe, mehr Detailinformationen an.

Zusätzlich hat der Benutzer in MedioVis 2.0 [HDRHR09] über das Konzept einer Magic Lens [BSPBD93] die Möglichkeit, eine andere Sicht auf einen gewählten Bereich und dessen Filme zu erhalten. Hierzu wird ein Portal als Magic Lens eingesetzt, welches verschiedene Visualisierungen für unterschiedliche Analysen im Datenraum bereitstellt. Durch die Verschiebung des Portals über die Informationslandschaft werden die darunterliegenden Filme selektiert und in der ausgewählten Visualisierung des Portals dargestellt.

Eine der zur Verfügung stehenden Visualisierungen ist der ZUI-Scatterplot Prototyp, welcher im Gegensatz zum M3 Scatterplot Lösungskonzept das Navigationskonzept eines ZUIs enthält. Dieser ZUI-Scatterplot besteht analog zur Basis-Visualisierung aus einer zoombaren Informationslandschaft, in welcher die selektierten Filme des Portals anhand der Achsenattribute des ZUI-Scatterplots verortet werden.

Die Verbindung der Magic Lens Funktion eines Portals mit dem ZUI-Scatterplot als weitere Sicht auf den Datenraum, ermöglicht eine dynamische Filterung der selektierten Filme.

Durch die Vergrößerung eines Bereichs im ZUI-Scatterplot bestimmt der Benutzer die Filterkriterien für die selektierten Filme des Portals. Der vergrößerte Bereich im ZUI Scatterplot bleibt während der Bewegung des Portals erhalten und zeigt daher ausschließlich die selektierten Filme an, welche innerhalb dieses Bereichs liegen.

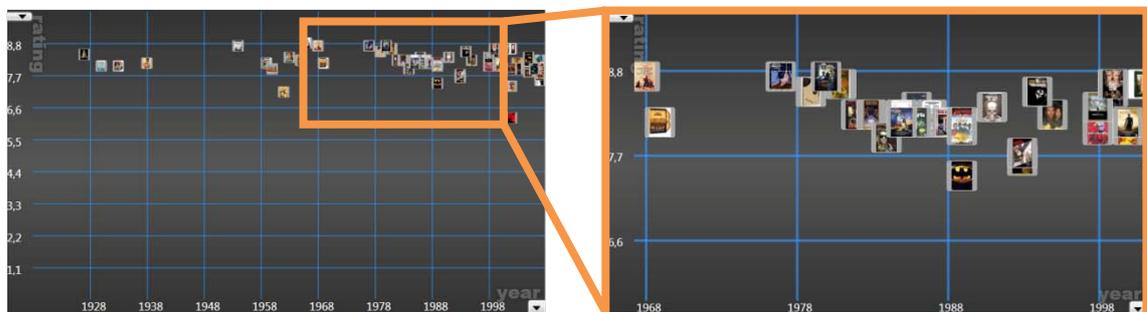


Abbildung 46: Vergrößerung eines Bereichs im ZUI Scatterplot Prototyp.

Als Beispiel hat der Benutzer in einen Bereich im Scatterplot gezoomt, der die Filme zwischen den Jahren 1968 und 1998 (siehe Abbildung 46), sowie mit einer Bewertung von ca. 6,6 bis 8,8 Punkten zeigt. Während der Bewegung des Portals sind ausschließlich die selektierten Filme zu sehen, welche auf diese Kriterien zutreffen und somit in diesem Bereich liegen. Verschiebt der Benutzer z.B. das Portal mit den genannten Einstellungen im ZUI-Scatterplot von dem Genre Action auf das Genre Adventure, sind nur noch die Adventure-Filme zu sehen, welche innerhalb des definierten Fokusbereichs liegen (siehe Abbildung 47).

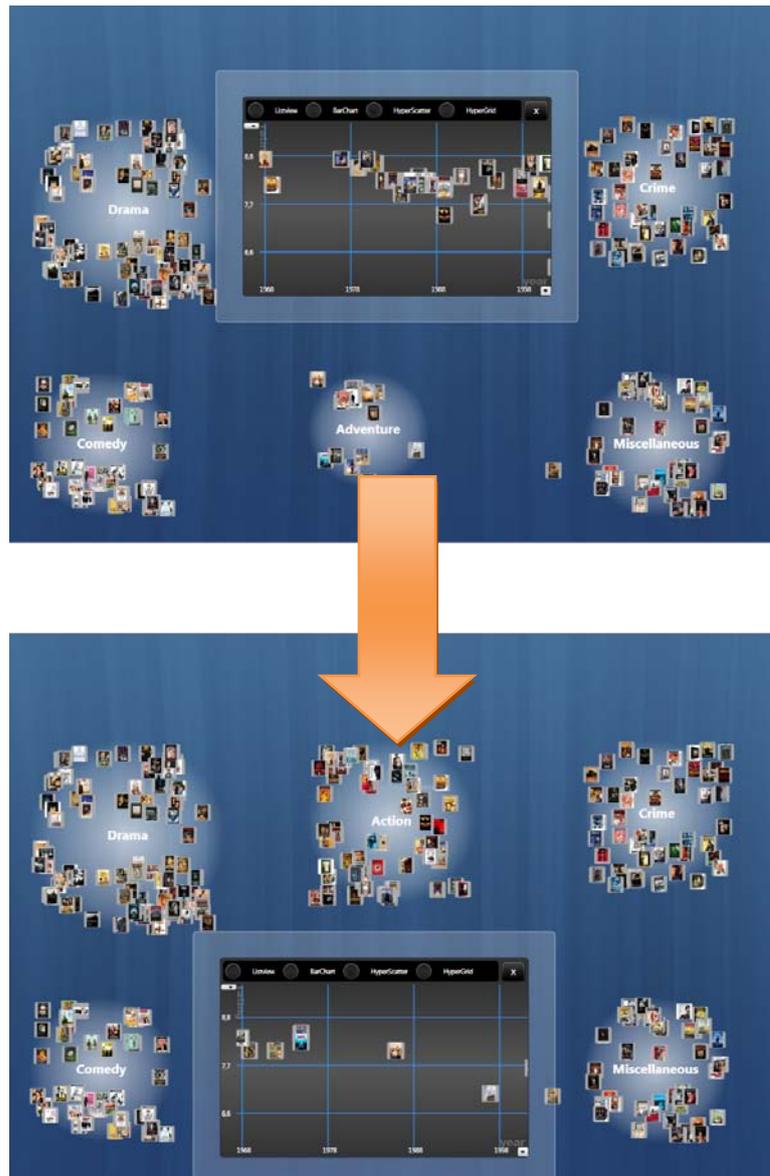


Abbildung 47: Bewegung des Portals mit ZUI-Scatterplot über die Informationslandschaft von Genre „Action“ nach „Adventure“.

Da der Fokus des M3 Scatterplot auf der Identifizierung eines neuen Navigationskonzepts innerhalb eines Multi-Touch-Scatterplots lag und nicht auf den Dynamic Queries wurde letzteres Konzept innerhalb des neuen Prototyps noch nicht umgesetzt. Jedoch soll dieses Konzept in der Weiterentwicklung des M3 Scatterplots durch die Integration in MedioVis 2.0 wieder unterstützt werden.

Der Unterschied zu den Dynamic Queries aus den verwandten Arbeiten und dem Konzept des ersten ZUI-Prototyps wird sein, dass alle selektierten Filme eines Portals zu jedem Zeitpunkt im M3 Scatterplot sichtbar sind. Die verzerrten Fokusansichten im M3 Scatterplot können als Definition einer Dynamic Query betrachtet werden. In den Fokusansichten lassen sich die Veränderungen während einer Verschiebung des Portals über die Informationslandschaft beobachten. Mit Hilfe multifokaler Sichten im

M3 Scatterplot wird es zudem möglich sein, verschiedene Dynamic Queries gleichzeitig auf den Datenraum anzuwenden.

4 Umsetzung

4.1 Verwendete Technologien

Für die Implementierung des M3 Scatterplots sind zur Entwicklungszeit neue Technologien eingesetzt worden. Dies betrifft sowohl die Hardware zur Bedienung der Visualisierung als auch die zur Programmierung verwendete Softwareumgebung. Die Auswahl der Entwicklertools und des Multi-Touch-Tisches gehen aus der Zielsetzung dieser Arbeit und den Anforderungen an die Visualisierung hervor (siehe Kapitel 1.2 und Kapitel 3.1)

4.1.1 Multi-Touch Tisch

Der Microsoft Surface und das damit verbundene Framework Surface SDK, zur Erkennung und Behandlung von Eingaben auf der Multi-Touch Oberfläche, sind eine erfolgreiche Grundlage zur Entwicklung von Multi-Touch-Anwendungen. Das Framework erkennt durch die intern im Tisch installierten Kameras (siehe Kapitel 2.8.1) direkte Eingaben durch die Finger der Benutzer.

Surface klassifiziert drei unterschiedliche Arten von Eingaben von welchen lediglich die Eingabe über die Finger für den M3 Scatterplot relevant ist. Einzelne Finger werden vom System erkannt und mit einer Identifikationsnummer (ID) versehen. Für die Dauer der Berührung behält ein Finger seine ID und kann so eindeutig vom Entwickler identifiziert werden. Während der Interaktion kann z. B. die aktuelle Position des Fingers abgefragt werden, was für die Interaktion im M3 Scatterplot notwendig ist. Daneben existieren noch andere Möglichkeiten mit dem Microsoft Surface zu interagieren, wie z. B. die Erkennung von Objekten, welche jedoch für das Konzept M3 Scatterplot nicht benötigt werden.

Trotz einer effektiven und guten Erkennung treten Probleme beim Tracking²³ der Finger auf. Schnelle Ausführungen einer Bewegung zur Verzerrung des Gitternetzes im M3 Scatterplot führen öfters zum Verlust der ID eines Fingers und erfordern eine neue Identifizierung. Durch diese Problematik ist eine fehlerfreie Interaktion nicht möglich. Dies kann vom Entwickler zwar berücksichtigt, aber nicht in ihrer Ursache behoben werden. Für die Erkennung sind ausschließlich das Framework Surface SDK und die Hardware des Tisches zuständig. Der Entwickler hat selbst keinen Einfluss auf diese Mechanismen und Algorithmen und kann keinerlei Änderungen vornehmen.

Im M3 Scatterplot wird die verlorene ID eines Fingers während des Trackings nicht behandelt, da dies Aufgabe der Hardware und des Surface SDK sein sollte und nicht der Fokus dieser Arbeit ist.

Ein weiteres Problem bei der automatischen Erkennung ist die tatsächliche Identifizierung eines Fingers. Diese funktioniert nicht in allen Fällen korrekt und führt

²³ Tracking bedeutet in diesem Zusammenhang, dass ein Finger auf der Displayoberfläche während einer Bewegung vom System als eindeutiger Finger erkannt und behandelt wird.

oft zur Erkennung von kleineren Objekten als Finger. Analog zur ersten Problematik, dem Verlust einer Finger-ID während einer Interaktion, kann auch hier keine Anpassung im Framework vorgenommen werden.

4.1.2 Datengrundlage

Der M3 Scatterplot steht, wie in Kapitel 3.2 beschrieben, im Kontext von MedioVis-2.0 und visualisiert eine Auswahl von Filmdaten. Bei diesen Daten handelt es sich um Auszüge der Online-Datenbank von IMDB.com²⁴. Diese Auszüge sind in je einer XML-Datei gespeichert und enthalten zu jedem Film diverse Details wie z. B. Regisseur, Schauspieler, Produktionsjahr, Einnahmen, Budget und viele weitere Informationen.

Das ZOIL Datenbackend [Zöl09] liest diese XML-Files aus und erstellt daraus Informationsobjekte, welche schließlich in einer eigenen Datenbank für den Abruf gespeichert werden. Zur Darstellung eines Films, wird ein Movie-Objekt verwendet (siehe Kapitel 3.2). Ein Vorteil bei der Verwendung des Movie-Objekts ist, dass es bereits verschiedene semantische Zoomstufen besitzt und je nach Größe automatisch anzeigt (siehe Kapitel 3.6).

Während der Entwicklung des M3 Scatterplots kam es bei einer geringen Anzahl von Movie-Objekten zu Performance Problemen. Aus diesem Grund wird die kleinere Darstellung eines Datenpunkts durch ein Scatterplot-spezifisches Objekt ersetzt. Dieses Objekt kann als eine Vorstufe der kleinsten semantischen Zoomstufe betrachtet werden, welche aus einem umrandeten Poster besteht. Zur Laufzeit werden nach dem Details on Demand-Konzept im M3 Scatterplot (siehe Kapitel 3.6) bei Anforderung die betreffenden Movie-Objekte aus der Datenbank geladen und mit der Vorstufe getauscht. Da der Benutzer den zur Vergrößerung ausgewählten Datenpunkt antippen muss und es zu diesem Zeitpunkt verdeckt, wird dieser Austauschvorgang nicht wahrgenommen. Zudem gleicht die Vorstufe in ihrer visuellen Darstellung fast vollständig der des Movie-Objekts.

Zur Implementierung der Datenpunkte und des gesamten M3 Scatterplots, wurde das Entwicklertool Visual Studio 2008 von Microsoft eingesetzt. Alle Komponenten der Visualisierung verwenden das .NET Framework 3.5 und eine Auswahl von ihnen das Surface SDK sowie WPF. Die Wahl des Entwicklertools und der Frameworks gehen aus der verwendeten Hardware Microsoft Surface hervor, welche für die Implementierung einer Multi-Touch-Anwendung erforderlich ist.

4.2 Aufbau und Kommunikation

Zusammen mit einzelnen Komponenten, wie den Linien des Gitternetzes oder den Datenpunkten in Form von Movie-Objekten, teilt sich der M3 Scatterplot, vereinfacht ausgedrückt, in drei unterschiedliche Arten von Klassen ein. Alle visuellen Elemente werden den Objekt-Klassen zugeordnet und bilden die unterste Schicht des abstrakten

²⁴ Online-Datenbank für Filme: <http://www.imdb.com/>

Modells in Abbildung 48. Sie werden je nach Anforderung bis hin zur obersten Schicht geleitet und schließlich auf dem Bildschirm für den Benutzer sichtbar.

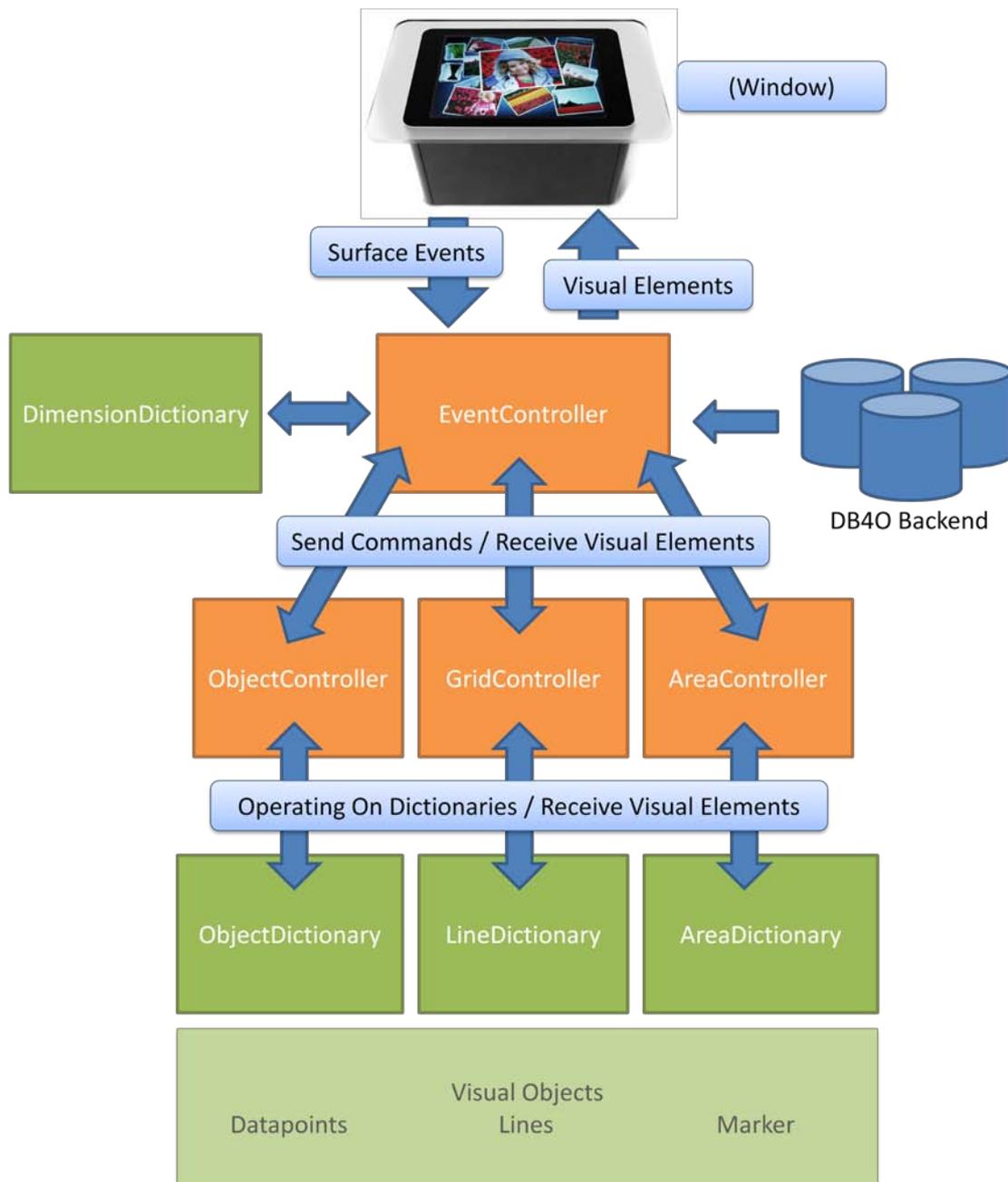


Abbildung 48: Vereinfachte Darstellung der verschiedenen Schichten und Kommunikationswege im M3 Scatterplot.

Zur Initialisierung und Verwaltung der sichtbaren Komponenten, wie z. B. Linien, Labels oder Datenpunkten, gibt es spezifische Dictionaries. Darin werden Objekte z. B. erzeugt, gelöscht und in Position und Aussehen verändert. Eine übergeordnete Schicht von Controller-Klassen gibt die Anweisungen an Dictionaries zur Verwaltung und Änderung der Komponenten und wird zur Kommunikation zwischen verschiedenen Komponenten genutzt. Die Veränderungen der Komponenten der untersten Schicht,

werden durch den Benutzer und seine Eingaben bestimmt. Der oberste Controller behandelt, verarbeitet und gibt diese Eingaben abschließend an einen weiteren Controller oder direkt an die betreffenden Klassen weiter.

Zur Initialisierung des M3 Scatterplot wird noch ein separates Dictionary verwendet. Es überprüft vor der Initialisierung der Datenpunkte und des Gitternetzes alle Informationsobjekte der Datenbank nach numerischen Attributwerten. Alle darin enthaltenen und für das Gitternetz relevanten Informationen werden aufbereitet und weitergegeben.

In den folgenden Kapiteln 4.3 und 4.4, werden nicht alle vorhandenen Klassen im Detail beschrieben. Stattdessen wird der Prozess einer Eingabe bis zur Reaktion des M3 Scatterplots erläutert und die Initialisierung des Gitternetzes näher beschrieben.

4.3 Fisheye-Gitternetz

Zur Erstellung des Gitternetzes des M3 Scatterplots und zur Verortung der Informationsobjekte müssen zu Anfang alle wichtigen Informationen der vorhandenen numerischen Attribute gesammelt werden.

4.3.1 Klasse DimensionDictionary

Die Klasse DimensionDictionary ist als erster Schritt für die Initialisierung des Scatterplots zuständig und bestimmt anhand ihrer Ergebnisse das Aussehen der Visualisierung. Das Gitternetz des Scatterplots baut auf den ermittelten Daten des DimensionDictionary auf. Hierzu werden alle vorhandenen Informationen eines Objekts ausgewertet und nach numerischen Attributen durchsucht. Ein numerisches Attribut ist im Falle des Movie-Objekts z. B. das Produktionsjahr, die Bewertung oder die Kosten eines Films (weitere numerische Attribute siehe Kapitel 3.2). Dieser Vorgang ist in Bezug auf die bestehenden Informationsobjekte in ZOIL generisch und ermöglicht somit eine Darstellung von anderen Objekten des ZOIL Frameworks in der Scatterplot-Visualisierung. Für die Entwicklung wurde ausschließlich das Movie-Objekt verwendet.

Als nächstes werden für die gefilterten Attribute die jeweiligen minimalen und maximalen Werte aller vorhandenen Objekte ermittelt, um die Grenzen der Attributräume bestimmen zu können. Diese Wertgrenzen müssen schließlich auf die Auslegung des Gitternetzes und spätere Verzerrung eines Fokusbereichs angepasst werden.

Für eine Anpassung werden folgende Faktoren berücksichtigt:

Auflösung des Fensters

Die Anzahl der Linien wird in Abhängigkeit von der Auflösung des Fensters bestimmt. Da der Prototyp des M3 Scatterplot im Vollbildmodus eingesetzt wird, entspricht dies der Auflösung des Microsoft Surface (siehe Kapitel 3.4.5). Der Wertebereich eines Attributs muss auf die zur Verfügung stehenden Linien verteilt werden und darf dabei keine unzulässigen Werte ergeben,

wie z. B. bei dem Attribut Produktionsjahr ein Wert von 1995,5 Jahre statt 1995. Wenn sich der Wertebereich eines Attributs nicht genau auf die Anzahl der Linien einer Achse verteilen lässt, muss eine Anpassung durchgeführt werden.

Nachkommastellen eines Attributs Neben dem Attribut Produktionsjahr sind auch andere Attribute vorhanden, die jedoch Nachkommastellen besitzen. Diese müssen bei der Anpassung des Wertebereichs auf die Achsen berücksichtigt werden, da z. B. bei der Bewertung eines Films eine Nachkommastelle erlaubt ist.

Verzerrung eines Wertebereichs Ein Wertebereich auf der Achse soll zu Anfang einer Verzerrung grob unterteilt werden und je nach Stärke eine feinere Unterteilung besitzen (siehe Kapitel 3.4.5). Hierzu ist es notwendig, dass sich die Distanz zwischen den einzelnen Abschnitten eines Wertebereichs durch einen geringen Faktor von zwei teilen lässt, um bei einer geringen Verzerrung eine grobe Unterteilung zu erhalten.

Die drei beschriebenen Kriterien werden in einem Algorithmus zusammengefasst und ergeben schließlich die einzelnen Wertebereiche der numerischen Attribute. Hierbei werden zwei unterschiedliche Wertebereiche für ein Attribut generiert, da die Auflösung in der Breite des Displays eine andere ist, als in der Höhe. Dementsprechend ist eine andere Anzahl von Linien vorhanden. Die Bezeichnungen der Attribute werden nach diesem Vorgang zur Initialisierung der Flower Menus verwendet.

4.3.2 Klasse GridController

Der GridController ist neben dem DimensionDictionary eine wichtige Komponente zur Initialisierung des Gitternetzes. Aufgrund der vorhandenen Informationen zu den einzelnen Attributen erstellt dieser Controller das Gitternetz aus einzelnen vertikalen und horizontalen Linien. Hierzu zählt auch die Generierung der Achsenbeschriftung. Alle erzeugten Linien werden in einem separaten LineDictionary gespeichert und können über eine eindeutige ID abgerufen werden. Das LineDictionary sowie der GridController agieren unabhängig von dem Fenster (Window), in welchem die Elemente angezeigt werden. Beide bearbeiten die visuellen Elemente auf Anfrage des EventControllers, welcher die Verbindung zwischen beiden Komponenten, GridController und Window, darstellt.

4.3.3 Klasse ObjectDictionary

Nach der Erstellung des Gitternetzes werden alle Movie-Objekte aus der Datenbank abgerufen und ihre Vorstufen initialisiert. Die Vorstufen werden anschließend in einem Dictionary gespeichert und können auf Befehl über ihre eindeutige ID abgerufen werden. Das ObjectDictionary ist während der Laufzeit und bei der Initialisierung für die aktuelle Position der Datenpunkte zuständig. Jeder Datenpunkt wird mit den Informationen zur Position an das Window übermittelt und im Gitternetz sichtbar.

4.4 Interaktion

Über die Multi-Touch-Oberfläche des Microsoft Surface stehen den Benutzern alle Funktionen des M3 Scatterplots zur Verfügung. Hierzu gehört die Navigation sowie weitere beschriebenen Funktionen des Lösungskonzepts (siehe Kapitel 3). Die Eingaben werden über einen oder mehrere Finger ausgeführt und müssen von der Anwendung behandelt werden. In den folgenden Kapiteln 4.1.1 und 4.1.2, wird ein exemplarischer Vorgang, ausgehend von einer Eingabe bis hin zur Reaktion des Systems und der Veränderung in der Visualisierung, beschrieben. Dabei handelt es sich um die Verzerrung eines Bereichs im M3 Scatterplot.

4.4.1 Event Controller

Der EventController reagiert auf alle eingehenden Eingaben des Benutzers und leitet die Anweisungen an die dafür vorgesehenen Controller weiter. Alle Eingaben über die Finger werden registriert, Veränderungen gespeichert sowie die Ausführung der Gesten behandelt. Die Tap-Geste [Saf09] wird automatisch von Microsoft Surface erkannt und kann über einen EventListener abgefangen werden.

Alle bestehenden Kontakte, die mit der Visualisierung interagieren, werden in einem der zwei vorhandenen ContactDictionaries gespeichert und bei Bedarf an den GridController weitergegeben. Jedes Dictionary steht für eine Koordinate (x oder y) der Position eines Fingerkontaktes. Für eine bessere Ermittlung von Fokusbereichen werden maximal zwei Kontakte je ContactDictionary aufgenommen. Somit kann im M3 Scatterplot immer nur ein zweidimensionaler Fokus oder ein eindimensionaler Fokusbereich erstellt werden. Jede Koordinate eines in den Dictionaries gespeicherten Kontakts beeinflusst bei der Weitergabe an den GridController eine Dimension des Scatterplots.

Schlussendlich gibt es zwei verschiedene Interaktionsmöglichkeiten zur Verzerrung des Gitternetzes.

Möglichkeit 1: Das Gitternetz wird mit Hilfe von einem oder von zwei Finger direkt verzerrt. Der Benutzer definiert durch die Position seiner Finger einen Fokusbereich und kann diesen anschließend verzerren.

Möglichkeit 2: Die Achsen werden für eine eindimensionale Verzerrung des Gitternetzes in Anspruch genommen. In diesem Fall wird der Fokusbereich nicht über das Gitternetz direkt, sondern durch die Auswahl eines Bereichs über die Achse definiert.

Die beiden Interaktionsmöglichkeiten enden, wenn nicht zuvor abgebrochen, mit einer Verzerrung des Gitternetzes und werden in folgendem Kapitel 4.4.2 anhand des zweiten Falles (Verzerrung über die Achsen) näher beschrieben.

4.4.2 Verzerrung

Vor der Ausführung einer Verzerrung durch den GridController wird die zurückgelegte Distanz der Finger überprüft. Ein definierter Schwellenwert muss überschritten werden, damit die Bewegung auch als solche anerkannt wird. Dadurch wird verhindert, dass der Benutzer ungewollt, auf Grund des Zitterns seiner Finger, einen Fokusbereich definiert. Ist der Schwellenwert erreicht, wird zusätzlich überprüft, ob sich die Finger in ihrer Position überschneiden. Dieser Fall tritt allerdings nur dann ein, wenn zuvor eine Bewegung ausgeführt wurde und die Finger aufeinander zu bewegt werden. Stimmen die Kriterien mit den Anforderungen überein, kann die Veränderung der Position der Finger an den GridController übergeben werden.

Folgende Schritte werden bei der eindimensionalen Verzerrung des Gitternetzes und analog bei der zweidimensionalen Verzerrung durchlaufen. Der Unterschied bei der zweidimensionalen Verzerrung ist, dass der Vorgang für beide Dimensionen (horizontale und vertikale Linien) gemacht werden muss:

Schritt 1 Als erstes werden die Linien, welche die Grenzen des Fokusbereichs darstellen, mit der Position des Kontaktes verglichen und die Linie mit der geringsten Distanz ermittelt. Diese Linien werden zusammen mit ihren Labels farblich hervorgehoben, sofern ausgeschlossen werden kann, dass diese Linien nicht bereits durch einen anderen Kontakt bewegt werden.

Schritt 2 Im nächsten Schritt wird das Gitternetz in verschiedene Bereiche unterteilt. Diese Einteilung wird von den Grenzen eines Fokusbereichs bestimmt. Alle in einem Fokusbereich vorhandenen Linien werden diesem Bereich zugeteilt und so für die Stauchung oder Streckung vorbereitet.

Schritt 3 Jeder übergebene Kontakt enthält neben der aktuellen Position auch die Information über die gegenüber der vorherigen Position zurückgelegte Distanz. Dieser Faktor wirkt sich auf die Verschiebung einzelner Linien in den Bereichen aus. Die Verteilung innerhalb eines Fokusbereichs ist linear und erhält somit das Verhältnis der Distanzen zwischen den Datenpunkten im M3 Scatterplot aufrecht.

Schritt 4 Nach der Verzerrung aller identifizierten Teilbereiche werden die Distanzen aller Linien überprüft. Ist der Abstand zwischen zwei Linien zu gering, wird die rechte Linie gelöscht. Ein Ausnahmefall ist die letzte Linie am rechten Ende der Visualisierung. Die beiden äußersten Linien einer Dimension sollen durchgehend erhalten bleiben, damit der gesamte Wertebereich eines Attributs jederzeit klar zu erkennen ist. Ist die Distanz zwischen zwei Linien zu groß, werden neue Linien berechnet und hinzugefügt. Analog zu der Verteilung des Wertebereichs bei der Initialisierung des Gitternetzes müssen auch hier die Nachkommastellen eines Attributs berücksichtigt werden (siehe Kapitel 4.3.1). Zur Berechnung der neuen Linien wird der kleinste Faktor zur Division des Bereichs gesucht, um eine kleinstmögliche Unterteilung zu erhalten. Aufgrund des bereits angepassten Wertebereichs werden bei

einer geringen Verzerrung Bereiche grob und bei einer starken Verzerrung feiner unterteilt.

Schritt 5 Zum Abschluss werden die geänderten Linien der betreffenden Dimension an das Window übergeben und für den Benutzer sichtbar. Die Ergebnisse des neuen Gitternetzes werden im Anschluss für die neue Verortung der Datenpunkte genutzt und an den ObjectController übermittelt. Dieser berechnet die neue Position der Objekte und übermittelt alle Änderung an den GridController. Der GridController übermittelt schließlich, neben den Linien, auch die Datenpunkte an das Window zurück.

4.4.3 Animation

Durch die Verwendung von Animationen in der Scatterplot-Visualisierung werden unterschiedliche Vorgänge, ausgelöst durch die Eingabe des Benutzers, verständlich visualisiert, so dass der Benutzer eine Veränderung verfolgen kann (siehe Kapitel 3.5).

- Die erste Animation ist kurz nach dem Starten des M3 Scatterplots integriert. Sie animiert die Objekte, ausgehend vom Mittelpunkt der Visualisierung, auf ihre vorgesehenen Positionen im Gitternetz. Die Animation der Datenpunkte soll einen Ladevorgang der Visualisierung simulieren.
- Zur Änderung der Achsenattribute wird ein Flower Menu im M3 Scatterplot eingesetzt (siehe Kapitel 3.5). Wählt der Benutzer ein Attribut aus, werden die Objekte auf ihre neue Position in einer Animation verschoben und lassen dadurch den Benutzer die Veränderung visuell verfolgen.
- Letztere Animation löst durch die Ausführung einer Tap-Geste [Saf08] auf einem Label der Achse eine bereits erstellte Verzerrung auf und kann ebenfalls vom Benutzer beobachtet werden.

Die drei Animationen unterscheiden sich in ihrer Auswirkung auf die Komponenten des M3 Scatterplots. Die ersten zwei Animationen, nach dem Starten des Scatterplots und bei der Veränderung der Achsendimensionen, werden ausschließlich im ObjectController berechnet. Die Animation zur Auflösung einer Verzerrung beeinflusst stattdessen neben der Position der Datenpunkte, auch die Linien eines verzerrten Bereichs. Die Steuerung dieser Animation ist ausgelagert im EventController und simuliert Eingaben durch den Benutzer, indem ein nicht vorhandener Kontakt erzeugt und auf eine neue Position bewegt wird.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde das Lösungskonzept M3 Scatterplot vorgestellt, welches zur Analyse heterogener Daten einer Bibliothek innerhalb des Projekts MedioVis 2.0 eingesetzt werden soll. Der M3 Scatterplot ist eine alternative Ergebnisdarstellung der Suchanfragen, um einen Überblick über alle Suchtreffer zu erhalten und die Beziehungen innerhalb der Treffer mit mehreren Personen zu analysieren.

In dieser Arbeit wurde ein Einblick in die bisherige Entwicklung der interaktiven zweidimensionalen Scatterplots gegeben und anschließend ein neues Interaktionskonzept zur Verzerrung eines Fisheye-Scatterplots untersucht, welches sich für eine natürliche Interaktion auf dem Multi-Touch-Tisch eignet.

Durch den Einsatz eines Multi-Touch-Tisches wird die soziale Interaktion während einer Recherche zwischen mehreren Benutzern unterstützt. Jeder Benutzer kann hierzu interaktiv und gleichberechtigt in den Rechercheprozess eingreifen und gemeinsam mit anderen Benutzern eine Analyse der Daten durchführen.

Zur Navigation in der M3 Scatterplot-Visualisierung wurde das Rubber-Sheet-Navigationskonzept eingesetzt und ausführlich in dieser Arbeit beschrieben. Das Navigationskonzept wird zur Erstellung von Fokusansichten verwendet und ist für eine direkte Eingabe über die Displayoberfläche des Multi-Touch-Tisches konzipiert. Durch die Kombination des Rubber-Sheet-Konzepts und zwei natürlichen Gesten (Spread-Geste und Pinch-Geste) kann der Datenraum des M3 Scatterplots über eine Multi-Touch-Eingabe verzerrt werden.

Des Weiteren ermöglicht das Rubber-Sheet-Navigationskonzept die Erstellung von multifokalen Sichten in der M3 Scatterplot-Visualisierung. Über multifokale Sichten bzw. parallele Fokusbereiche können im M3 Scatterplot aufgelöste Cluster von Datenpunkten zum selben Zeitpunkt besser verglichen und analysiert werden.

Neben der Entwicklung des Lösungskonzepts M3 Scatterplot wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Prototyp implementiert, der das Rubber-Sheet-Navigationskonzept praktisch umsetzt. Zusätzlich zeigt der Prototyp eine Variante, wie über eine Tap-Geste auf die Detailinformationen eines Datenpunktes zugegriffen werden kann. Des Weiteren können über zwei Flower Menus die Achsenattribute verändert werden, um verschiedene numerischen Attribute im Datenraum zu analysieren.

Während der Entwicklung des Prototyps haben Experten aus dem Bereich der Mensch-Computer Interaktion den M3 Scatterplot zu mehreren Zeitpunkten exploriert und kritisch hinterfragt. Das Rubber-Sheet-Navigationskonzept wurde im Allgemeinen sofort verstanden und als hilfreich sowie als ein natürliches Interaktionskonzept empfunden. Die animierten Übergänge bei der Veränderung der Achsenattribute und bei der Auflösung einer Verzerrung sind zudem vielen Benutzern positiv aufgefallen.

Innerhalb dieser explorativen Phasen mit Experten wurden jedoch auch weitere Vorschläge zur Verbesserung des Lösungskonzepts M3 Scatterplot identifiziert:

Rubber-Sheet In der weiteren Entwicklung der Visualisierung sollen die Möglichkeiten einer gleichzeitigen Eingabe mehrerer Benutzer der Visualisierung besser unterstützt werden. Im derzeitigen Entwicklungsstand des M3 Scatterplot Prototyps ist es nicht möglich, mehrere multifokale Verzerrungen simultan zu erstellen. Stattdessen können die Fokusansichten nur sequentiell definiert werden. Der Grund für diese Einschränkung ist, dass für eine gleichzeitige Interaktion mehrerer Benutzer im M3 Scatterplot eine genaue Zuordnung der Finger zu der jeweiligen Person nötig wäre. Dies ist momentan noch nicht umgesetzt.

In einer Studie von Wang und Ren [WR09] wird gezeigt, dass für die Multi-Touch-Eingabe neben der Position eines Fingers auch die Richtung, in die er zeigt, für die Interaktion berücksichtigt werden kann. Für die Weiterentwicklung des M3 Scatterplots könnte dies eine Lösung darstellen, um die unterschiedlichen Finger den jeweiligen Benutzern zuordnen zu können.

Details on Demand Des Weiteren soll das Details on Demand-Konzept im M3 Scatterplot die Vorteile eines Multi-Touch-Displays besser ausschöpfen. Bisher können auf die Detailinformationen eines Datenpunktes über die Ausführung einer Tap-Geste zugegriffen werden. Das Multi-Click-Zoom-Konzept von Schweizer [Sch09] zeigt einen Lösungsansatz dazu wie verschiedene Datenpunkte gleichzeitig größer gezoomt werden können. In der Weiterentwicklung des M3 Scatterplots soll ebenfalls die gleichzeitige Betrachtung mehrerer Datenpunkte möglich sein, um einen direkten Vergleich der Detailinformationen durchführen zu können.

Multiple-Data-Points Eine weitere wichtige Aufgabe, welche im M3 Scatterplot noch gelöst werden muss, ist die Behandlung von Multiple-Data-Points. Hierbei liegen Datenpunkte auf derselben Position im Scatterplot und überdecken sich. Auf Grund der Fokussierung auf das Multi-Touch-Navigationskonzept wurde dieses grundlegende Problem von Scatterplots in dieser Arbeit nicht behandelt. In der Weiterentwicklung des M3 Scatterplots sollen auch Multiple-Data-Points behandelt werden. Hierzu können die Konzepte verwandter Arbeiten betrachtet werden [Bür07, Dem07], welche auch schon in dieser Arbeit angesprochen wurden.

Evaluation Für eine genauere Untersuchung des M3 Scatterplot Prototyps ist die Durchführung einer Evaluationsstudie notwendig. Hierin soll das Rubber-Sheet-Navigationskonzept einem alternativen Konzept, wie z. B. der Bounding-Box Navigation, gegenübergestellt werden. In einem Usability Test sollen verschieden Aufgaben mit dem Rubber-Sheet-Navigationskonzept und einem alternativen Navigationskonzept gelöst werden, um zeitliche Differenzen oder Interaktionsfehler vergleichen zu können. Die Ergebnisse dieser Evaluation zeigen, ob die Benutzer das

Interaktionskonzept des M3 Scatterplots verstehen und welche Verbesserungen des M3 Scatterplots in der weiteren Entwicklung vorgenommen werden können.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, die vorgelegte Arbeit in dem gemeldeten Zeitraum ohne fremde Hilfe verfasst und mich keiner anderen als der angegebenen Hilfsmittel und Quellen bedient zu haben.

Konstanz, den 27.04.2010

Unterschrift
(Stephan Huber)

Abkürzungsverzeichnis

DBR	Double Box Range Selector
DOI	Degree of Interest
DQ	Slider Dynamic Query Slider
GUI	Graphical User Interface
TUI	Tangible User Interface
WIMP	Windows, Icons, Menus, Pointing Device
WPF	Windows Presentation Foundation
ZUI	Zoomable User Interface
ZOIL	Zoomable Object-oriented Information Landscape

Abbildungsverzeichnis

1: a) zeigt ein Diagramm [FD05], welches die Beziehung zwischen Höhe und Luftdruck darstellt; b) zeigt ein zweidimensionales Streudiagramm	9
2: Dynamic Query Slider aus einer Visualisierung von Shneiderman et al. [AWS92]. ..	10
3: Abbildung des Systems von Shneiderman welches ein Periodensystem darstellt [AWS92].	11
4: Screenshot des FilmFinders [AS94a].....	12
5: Double Box Range Selector des HomeFinders zur Bestimmung der Anzahl der zur Verfügung stehender Schlafzimmer in einem Haus [AS94b].	13
6: DBR Selector einer Scatterplot-Visualisierung mit Histogramm zur Darstellung der Verteilung der Daten über einen Attributraum [Bür07].	13
7: a) zeigt ein Token, welches in den dafür vorgesehenen Bereich zur Bestimmung des Attributs der y-Achse eingesetzt werden kann; b) zeigt den Aufbau mit Bildschirm und Scatterplot Visualisierung [UHJ05].	14
8: „Parameter Bar“ Token zur Eingrenzung eines Bereichs und der darin enthaltenen Menge an Datenpunkten innerhalb einer Scatterplot-Visualisierung [UHJ05].....	15
9: Combo Box des ZUIScat [BR05].	16
10: Fokussierung eines Datenpunktes innerhalb eines ZUI Scatterplots [BGH06a].....	17
11: Scatterplot-Visualisierung zur Suche in einer digitalen Bibliothek [SFR00].	18
12: a) zeigt die Detailansicht eines Films im FilmFinder [AS94]; b) zeigt den HyperScatter von Demamels mit einem vergrößerten Datenpunkt [Dem07]; c) zeigt ein im HyperScatter vergrößertes Kästchen eines Attributs aus den Detailinformationen des Datenpunkts [Dem07].	19
13: Darstellung aufeinander folgender Detailstufen des semantischen Zooms in einem ZUI-Scatterplot [BGH06a]. Der Fokusbereich wird von a nach d vergrößert.	21
14: a) zeigt die Selektion eines Fokusbereichs durch eine Bounding-Box und b) die Ergebnisdarstellung nach der Ausführung eines Zooms [Dem07].	23
15: Overview+Detail ZUI Scatterplot von Büring [BGH06A].....	24
16: Dreidimensionale Fisheye-Visualisierung; a) zeigt den Kalender Perspective Wall [MRC91]; b) zeigt ein hemisphärisches Fisheye [GF04].	26
17: Verzerrung in einem Fisheye-Scatterplot von Büring [BGH06b].....	26
18: a) zeigt aneinander gereihete Datenpunkte in einem ZUI-Scatterplot um eine Überdeckung zu vermeiden [BGH06b]; b) zeigt Datenpunkte mit unterschiedlichen Farben zur visuellen Erkennung von Multiple-Data-Points [BR05].	28

19: a) zeigt die Verschiebung zweier Kontrollpunkte in einer Detailansicht; b) zeigt das Ergebnis, bestehend aus zwei Fisheye-Verzerrungen [SG07].	29
20: Verzerrung zweier Bereiche in einer auf Vektoren basierenden Kartenvisualisierung [SSTR93].	30
21: Skizzierung des Microsoft Surface [Quelle?].	31
22: Skizze verschiedener Fingerkonstellationen zur Emulation einer Maus [MGLF09].	32
23: Gesturecons Legende verschiedener Multi-Touch Interaktions-Gesten. Links oben ist die Pinch-Geste und rechts unten die Spread-Geste rot umrandet.	33
24: Durchschnittliche Zeit zur Lösung einer Aufgabe mit Hilfe von zwei Fingern bzw. zwei Mäusen [FWSB07].	35
25: TapTap Design [BWB06].	35
26: Zoom Tap Design [Schm09].	36
27: Balkendiagramm des Pilotprojekts DATEV Interact.	36
28: M3 Scatterplot-Visualisierung.	41
29: Mehrere Benutzer sitzen am Multi-Touch-Tisch und explorieren gemeinsam den Informationsraum des M3 Scatterplots.	41
30: Skizze einer zweidimensionalen Verzerrung durch die Ausführung einer Spread-Geste im Gitternetz des M3 Scatterplots.	42
31: Skizze einer eindimensionalen Verzerrung auf der x-Achse durch die Ausführung einer Spread-Geste [Saf09] im M3 Scatterplot.	43
32: Linien und Labels werden bei der Definition eines Fokusbereichs im M3 Scatterplot hervorgehoben.	44
33: a) zeigt zwei Mauly-Papierklemmen; b) Skizze einer Verzerrung in einem Gummituch, welches durch vier Papierklemmen festgehalten wird.	45
34: Die beiden blauen Pfeile zeigen die Verzerrungen eines Fokusbereichs. Die darin enthaltenen Jahre der x-Achse und Bewertungspunkte der y-Achse, werden auf die Anzahl der Pixel des Fokusbereichs gleichmäßig verteilt.	46
35: Skizze zeigt das Hinzufügen einer neuen Linie, wenn die Distanz zwischen zwei Linien zu groß ist.	46
36: Die dunkelblau hinterlegten Labels zeigen die Grenzen des Fokusbereichs an. Dazwischen liegen die neu hinzugefügten Werte, welche den Fokusbereich zusammen mit den Linien feiner unterteilen.	47
37: Beispiel für multifokale Sichten im M3 Scatterplot.	48
38: Ausführung einer Tap-Geste [Saf09] auf einem Label des M3 Scatterplots.	49

39: Ausführung einer Tap-Geste [Saf09] auf einer Achsenmarkierung eines Fokusbereichs im M3 Scatterplot.....	49
40: Auflösung einer Verzerrung im M3 Scatterplot nach der Ausführung einer Tap-Geste [Saf09] auf der Achsenmarkierung (von a nach d).....	50
41: Die roten Kreise markieren die Flower Menus [BLN08] im M3 Scatterplot.....	51
42: a) Flower Menu des M3 Scatterplots wird mit dem Auflegen des Fingers aktiviert; b) Attribut „runtime“ wird mit dem Finger ausgewählt.....	51
43: Semantischer Zoom des Movie-Objekts im M3 Scatterplot; a) und b) zeigen den Datenpunkt kurz nach der Ausführen einer Tap-Geste [Saf09]; c) das Ergebnis des Zooms.....	53
44: Detailansicht eines Movie-Objekts im M3 Scatterplot.....	54
45: Übersicht der MedioVis 2.0 Informationslandschaft [HDRHR09].	55
46: Vergrößerung eines Bereichs im ZUI Scatterplot Prototyp.	56
47: Bewegung des Portals mit ZUI-Scatterplot über die Informationslandschaft von Genre „Action“ nach „Adventure“	57
48: Vereinfachte Darstellung der verschiedenen Schichten und Kommunikationswege im M3 Scatterplot.	61

Literaturverzeichnis

- [AS94a] Christopher Ahlberg, Ben Shneiderman. Visual information seeking using the FilmFinder. In Conference Companion on Human Factors in Computing Systems Boston, Massachusetts, United States, April 24 - 28, 1994.
- [AS94b] Christopher Ahlberg, Ben Shneiderman. Visual Information Seeking: Tight Coupling of Dynamic Query Filters with Starfield Displays. In Readings in information Visualization: Using Vision To Think, S. K. Card, J. D. Mackinlay, and B. Shneiderman, Eds. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 1999.
- [AWS92] Christopher Ahlberg, Christopher Williamson, Ben Shneiderman. Dynamic Queries for Information Exploration: An Implementation and Evaluation. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Monterey, California, United States, May 03 - 07, 1992.
- [BB99] Bederson, B. B. and Boltman, A. 1999. Does Animation Help Users Build Mental Maps of Spatial Information?. In Proceedings of the 1999 IEEE Symposium on information Visualization (October 24 - 29, 1999). INFOVIS. IEEE Computer Society, Washington, DC, 28.
- [BGH06a] Büring, T., Gerken, J., Reiterer, H. Usability of overview-supported zooming on small screens with regard to individual differences in spatial ability. In Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual interfaces (Venezia, Italy, May 23 - 26, 2006
- [BGH06b] Buering, T., Gerken, J., and Reiterer, H. 2006. User Interaction with Scatterplots on Small Screens - A Comparative Evaluation of Geometric-Semantic Zoom and Fisheye Distortion. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 12, 5 (Sep. 2006), 829-836.
- [BLN08] Bailly, G., Lecolinet, E., and Nigay, L. Flower menus: a new type of marking menu with large menu breadth, within groups and efficient expert mode memorization. In *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual interfaces* (Napoli, Italy, May 28 - 30, 2008). AVI '08. ACM, New York, NY, 15-22.
- [BMG00] Bederson, B. B., Meyer, J., and Good, L. 2000. Jazz: an extensible zoomable user interface graphics toolkit in Java. In Proceedings of the 13th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology (San Diego, California, United States, November 06 - 08, 2000). UIST '00. ACM, New York, NY, 171-180.

-
- [BR05] Thorsten Buring, Harald Reiterer. ZuiScat: querying and visualizing information spaces on personal digital assistants. In Proceedings of the 7th international Conference on Human Computer interaction with Mobile Devices & Services, Salzburg, Austria, September 19 - 22, 2005.
- [BSPBD93] Bier, E. A., Stone, M. C., Pier, K., Buxton, W., and DeRose, T. D. 1993. Toolglass and magic lenses: the see-through interface. In Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics and interactive Techniques (Anaheim, CA, August 02 - 06, 1993). SIGGRAPH '93. ACM, New York, NY, 73-80.
- [Bür07] Thorsten Buring. Zoomable User Interfaces on Small Screens Presentation & Interaction Design for Pen-Operated Mobile Devices. Dissertation, University of Konstanz, 2007.
- [BWB06] Benko, H., Wilson, A. D., and Baudisch, P. 2006. Precise selection techniques for multi-touch screens. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Montréal, Québec, Canada, April 22 - 27, 2006). R. Grinter, T. Rodden, P. Aoki, E. Cutrell, R. Jeffries, and G. Olson, Eds. CHI '06. ACM, New York, NY, 1263-1272.
- [CCYCLHH07] Chan, L., Chuang, Y., Yu, M., Chao, Y., Lee, M., Hung, Y., and Hsu, J. 2007. Gesture-based interaction for a magic crystal ball. In Proceedings of the 2007 ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, Newport Beach, California, November 05 - 07, 2007.
- [CKB08] Cockburn, A., Karlson, A., Bederson, B. B. A review of overview+detail, zooming, and focus+context interfaces. *ACM Comput. Surv.* 41, 1, Dec. 2008.
- [Dem07] Mischa Demarmels. Konzeption und Entwicklung einer Visualisierung für mehrdimensionale Daten. Bachelor's thesis, University of Konstanz, 2007.
- [EC08] Brynn M. Evans, Ed H. Chi. Towards a Model of Understanding Social Search. CSCW '08: Proceedings of the 2008 ACM conference on Computer supported cooperative work, San Diego, CA, USA, 2008.
- [EHK08] Echtler, F., Huber, M., and Klinker, G. Shadow tracking on multi-touch tables. In Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual interfaces (Napoli, Italy, May 28 - 30, 2008). AVI '08.
- [FD05] Michael Friendly, Daniel Denis. THE EARLY ORIGINS AND DEVELOPMENT OF THE SCATTERPLOT. *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, Vol. 41(2), 103–130 Spring 2005.

-
- [Fur86] Furnas, G. W. 1986. Generalized fisheye views. SIGCHI Bull. 17, 4, Apr. 1986.
- [FWSB07] Forlines, C., Wigdor, D., Shen, C., and Balakrishnan, R. 2007. Direct-touch vs. mouse input for tabletop displays. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (San Jose, California, USA, April 28 - May 03, 2007). CHI '07. ACM, New York, NY, 647-656.
- [GF04] Gutwin, C. and Fedak, C. A comparison of fisheye lenses for interactive layout tasks. In Proceedings of Graphics interface 2004, London, Ontario, Canada, May 17 - 19, 2004.
- [Gut02] Gutwin, C. Improving focus targeting in interactive fisheye views. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: Changing Our World, Changing Ourselves, Minneapolis, Minnesota, USA, April 20 - 25, 2002
- [HCLS09] Marion Hanke and Claude Toussaint and Walter Leonhardt and Ulf Schubert. Usability und User Experience von Multitouch-Applikationen – Erfahrungen aus einem Pilotprojekt für die DATEV eG. Usability Professionals, 2009, Page 69-71.
- [HDRHR09] Heilig, Mathias; Demarmels, Mischa; Rexhausen, Sebastian; Huber, Stephan; Runge, Oliver. Search, Explore and Navigate – Designing a Next Generation Knowledge Media Workbench. Flirting with the future, p. 40-43, Fifth Student Interaction Design Research Conference (SIDeR 09), 2009
- [IU97] Hiroshi Ishii, Brygg Ulmer. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits, and atoms. In: Proceedings of the CHI'97 conference on human factors in computing systems, Atlanta, Georgia, March 1997, pp 234 - 241
- [JF98] Jul, S. and Furnas, G. W. Critical zones in desert fog: aids to multiscale navigation. In Proceedings of the 11th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology, San Francisco, California, United States, November 01 - 04, 1998
- [JKGR07] Jetter, H.-C.; König, W. A.; Gerken, J.; Reiterer, H. 2008. ZOIL - A Cross-Platform User Interface Paradigm for Personal Information Management. Personal Information Management 2008: The disappearing desktop.
- [LL05] Lindell, R. and Larsson, T. 2005. The Data Surface Interaction Paradigm, Theory and Practice in Computer Science, Eurographics Association.

-
- [MGLF09] Matejka, J., Grossman, T., Lo, J., and Fitzmaurice, G. 2009. The design and evaluation of multi-finger mouse emulation techniques. In Proceedings of the 27th international Conference on Human Factors in Computing Systems (Boston, MA, USA, April 04 - 09, 2009). CHI '09. ACM, New York, NY, 1073-1082.
- [MLW10] Morris, M.R.; Lombardo, J.; Wigdor, D. 2010: WeSearch: Supporting Collaborative Search and Sensemaking on a Tabletop Display. Proceedings of CSCW 2010.
- [MRC91] Mackinlay, J. D., Robertson, G. G., and Card, S. K. The perspective wall: detail and context smoothly integrated. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: Reaching Through Technology, New Orleans, Louisiana, United States, April 27 - May 02, 1991.
- [NM90] Nielsen, J. and Molich, R. 1990. Heuristic evaluation of user interfaces. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: Empowering People (Seattle, Washington, United States, April 01 - 05, 1990). J. C. Chew and J. Whiteside, Eds. CHI '90. ACM, New York, NY, 249-256.
- [PF93] Perlin, K. and Fox, D. 1993. Pad: an alternative approach to the computer interface. In Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics and interactive Techniques (Anaheim, CA, August 02 - 06, 1993). SIGGRAPH '93. ACM, New York, NY, 57-64.
- [Saf09] Dan Saffer. Designing Gestural Interfaces. O'Reilly Media, 2008.
- [Sch09] Jonas Schweizer. Gestaltung und Implementierung eines Multi-Fokus und Multi-Display Management-Systems. Bachelor's Thesis, University of Konstanz, 2009.
- [Schm09] Toni Schmidt. Interaction Concepts for Multi-Touch User Interfaces: Design and Implementation. Bachelor's Thesis, University of Konstanz 2009.
- [SFR00] Shneiderman, B., Feldman, D., Rose, A., and Grau, X. F. 2000. Visualizing digital library search results with categorical and hierarchical axes. In Proceedings of the Fifth ACM Conference on Digital Libraries, San Antonio, Texas, United States, June 02 - 07, 2000

-
- [SG07] Shoemaker, G. and Gutwin, C. 2007. Supporting multi-point interaction in visual workspaces. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (San Jose, California, USA, April 28 - May 03, 2007). CHI '07. ACM, New York, NY, 999-1008.
- [SSTR93] Sarkar, M., Snibbe, S., Tversky, O. J., and Reiss, S. P. 1993 Stretching the Rubber Sheet: a Metaphor for Viewing Large Layouts on Small Screens. Technical Report. UMI Order Number: CS-93-39., Brown University.
- [UHJ05] Brygg Ulmer, Hiroshi Ishii, Robert J. K. Jacob. Token+constraint systems for tangible interaction with digital information. ACM Trans. Comput.-Hum. Interact. 12, 1, Mar. 2005.
- [WFM09] Wigdor, D., Fletcher, J., and Morrison, G. Designing user interfaces for multi-touch and gesture devices. In Proceedings of the 27th international Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Boston, MA, USA, April 04 - 09, 2009.
- [WR09] Wang, F. and Ren, X. 2009. Empirical evaluation for finger input properties in multi-touch interaction. In Proceedings of the 27th international Conference on Human Factors in Computing Systems (Boston, MA, USA, April 04 - 09, 2009). CHI '09. ACM, New York, NY, 1063-1072.
- [WS92] Christopher Williamson, Ben Shneiderman, B. The dynamic HomeFinder: evaluating dynamic queries in a real-estate information exploration system. In Proceedings of the 15th Annual international ACM SIGIR Conference on Research and Development in information Retrieval, Copenhagen, Denmark, June 21 - 24, 1992.
- [Zöl09] Micheal Zöllner. Ein persistentes objektorientiertes Datenmodell für das Personal Information Management in ZOIL. Bachelor's Thesis, University of Konstanz, 2009.