

**SEMINARARBEIT
HUMAN-COMPUTER INTERAKTION**

**„2D-
VERSUS
3D-SCATTERPLOTS:
VORTEILE & NACHTEILE“**

WERNER KÖNIG

**SEMINAR HCI
PROF. DR. HARALD REITERER
FB INFORMATIK UND INFORMATIONSWISSENSCHAFT
UNIVERSITÄT KONSTANZ**

Inhalt

1	Abstract.....	3
2	Motivation	3
3	Definitionen.....	4
3.1	Scatterplot.....	4
3.2	2D - Scatterplot	4
3.3	3D - Scatterplot	5
3.4	Information & Scientific Visualization	6
4	Scatterplots & Praxis	7
4.1	Anwendungsgebiete	7
4.2	NIRVE – Evaluation Text-, 2D- & 3D-Visualisierung.....	8
4.3	JUMBO 2D- / 3D-Scatterplot	10
5	Vorteile und Nachteile.....	12
5.1	2D-Visualisierung	12
5.1.1	Akzeptanz.....	12
5.1.2	Voraussetzungen	12
5.1.3	Interaktion / Darstellung.....	13
5.1.4	Dimensionalität	13
5.1.5	Wahrnehmung	15
5.1.6	Joy of Use.....	16
5.2	3D-Visualisierung	17
5.2.1	Akzeptanz.....	17
5.2.2	Voraussetzungen	18
5.2.3	Interaktion	18
5.2.4	Darstellung	20
5.2.5	Dimensionalität	24
5.2.6	Wahrnehmung	25
5.2.7	Joy of Use.....	27
6	Zusammenfassung	28
7	Ausblick.....	30
8	Referenzen	31

1 Abstract

Diese Seminararbeit definiert die Attribute von 2D- und 3D-Scatterplots, zeigt ihre Anwendungsgebiete in der Praxis und ihre Vor- und Nachteile auf, und vergleicht beide Visualisierungen miteinander.

Da bisher noch keine Evaluationen von 2D- und 3D-Scatterplots bekannt sind, wird hier von Evaluationen aus anderen Teilgebieten der 2D-/3D-Visualisierung auf diese speziellen Darstellungen geschlossen und mit eigenen Untersuchungen kombiniert.

Es werden besonders die Interaktion, Darstellung, Dimensionalität, Benutzerenthusiasmus, Akzeptanz durch den Anwender, Hard- und Software-Voraussetzungen und die Wahrnehmung der Visualisierungen durch den Betrachter thematisiert.

Aus den Analysen folgt, dass 3D-Scatterplots in Verbindung mit intuitiven Interaktionsmöglichkeiten, durchdachtem Design und entsprechender Hardware bei gewissen Aufgaben Vorteile gegenüber 2D-Scatterplots vorweisen können.

Sollten diese Rahmenbedingungen nicht erfüllt sein, ist der 2D-Scatterplot zu bevorzugen.

Deswegen ist zu empfehlen, 3D-Scatterplots eher als Zusatzwerkzeug zur bestehenden Software, zum Beispiel zum 2D-Scatterplot, und nicht als Haupttool zu integrieren.

2 Motivation

Trotz dem zunehmenden Einsatz von 3D-Scatterplots und den jahrelangen Erfahrungen mit 2D-Scatterplots, sind derzeit noch keine Evaluationen zum Thema 2D- versus 3D-Scatterplots bekannt.

Daher versucht diese Arbeit die Vor- und Nachteile dieser Visualisierungen anhand bestehender Evaluationen zu verwandten Themengebieten und eigenen Untersuchungen erstmals aufzuzeigen und daraus Schlüsse für den Einsatz abzuleiten.

3 Definitionen

3.1 Scatterplot

Unter einem Scatterplot versteht man eine Visualisierung von Beziehungen zwischen bestimmten Variablen eines Datenbestandes.

Jeder Datensatz wird durch einen Punkt oder ein anderes visuelles Objekt in einem kartesischen Koordinatensystem, welches durch die entsprechenden Daten-Dimensionen aufgespannt wird, repräsentiert.

Die Koordinaten jedes Punktes im Scatterplot korrespondieren zu den jeweiligen Werten der Variablen entsprechend der Achsenbelegungen.

Daraus resultiert eine Visualisierung mit zerstreuten Datenpunkten, auch Punktwolke genannt – engl. *Scatterplot*.

Scatterplots sind eine der ältesten und verbreitetsten Methoden Daten zu visualisieren und Cluster, Korrelationen und Ausreißer zu entdecken.

3.2 2D - Scatterplot

Beim 2D-Scatterplot besteht das kartesische Koordinatensystem aus genau zwei Achsen, welche mit den jeweiligen Variablen des Datenbestandes belegt werden.

Sollen mehr als zwei Variablen gleichzeitig betrachtet werden, müssen die übrigen Werte durch Form, Farbe, Größe, etc. der Datenrepräsentationen ausgedrückt werden.

2D-Scatterplots sind weitläufig als Scatterplots bekannt und finden in verschiedensten Bereichen häufige Anwendung.

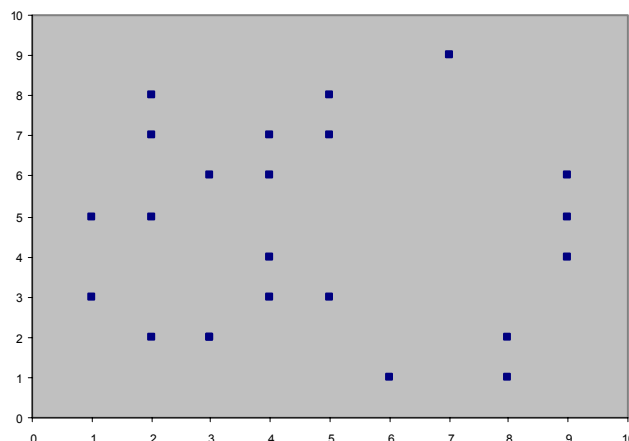


Abb. 3.2.1:
2D-Scatterplot, generiert
mit Microsoft Excel XP.

3.3 3D - Scatterplot

3D-Scatterplots visualisieren Daten mit Hilfe eines dreiachsigen Koordinatensystems, welches sich in einem virtuellen dreidimensionalen Raum befindet und auf 2D-Anzeigegeräte projiziert wird.

Die sich aus dem 3D ergebene zusätzliche Achse ermöglicht nun, drei Ausprägungen auf die verschiedenen Achsen und weitere, wie auch beim 2D-Scatterplot, auf Form, Farbe, Größe, etc. zu legen und infolge dessen direkt zu vergleichen und zu bewerten.

Der 3D-Raum bietet nun zumeist als Interaktion das Zoomen, sowie das freie Rotieren des Koordinatensystems über die jeweiligen Achsen, so dass der Scatterplot und dessen Daten aus jeglichem Blickwinkel betrachtet werden können.

3D-Scatterplots fristen derzeit noch ein Nischen-Dasein, da erst kürzlich die Voraussetzungen für eine derartige interaktive 3D-Technik geschaffen wurden und Bekanntheitsgrad, Akzeptanz und Verwendung noch als gering einzuschätzen sind.

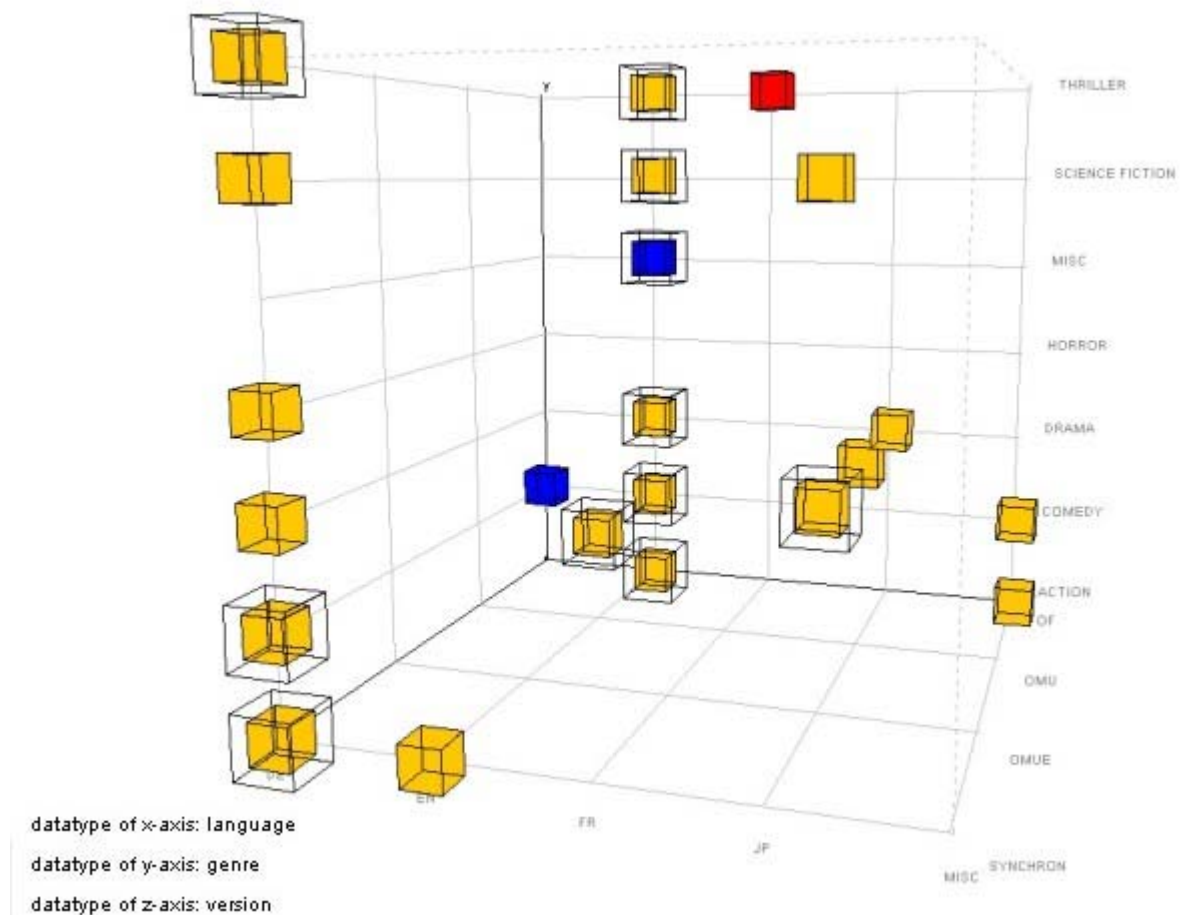


Abb. 3.3.1: 3D-Scatterplot, Projekt INVISIP [13].

3.4 Information & Scientific Visualization

Das Themengebiet Visualisierung kann in zwei gleichwertige Teile gegliedert werden:

- Information Visualization und
- Scientific Visualization.

Der wesentliche Unterschied liegt an den darzustellenden Daten oder Objekten.

Information Visualization beschäftigt sich hauptsächlich mit abstrakten Informationen, die zum Beispiel aus statistischen Erhebungen (Abb.: 3.4.1, Gewicht, Alter, Größe UK/USA), Ergebnisse von Messreihen, Evaluationen oder einer Suche auf Dokumenten oder Metadaten gewonnen werden.

Hierbei soll die Darstellung keinesfalls Analogien zu reellen Objekten herstellen, sondern mögliche Korrelationen, Cluster oder Ausreißer innerhalb des Datenbestandes hervorheben.

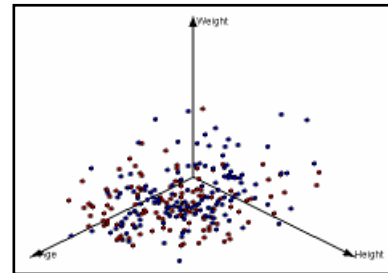


Abb. 3.4.1: 3D-Scatterplot, Gewicht, Alter, Größe, UK/USA [22].

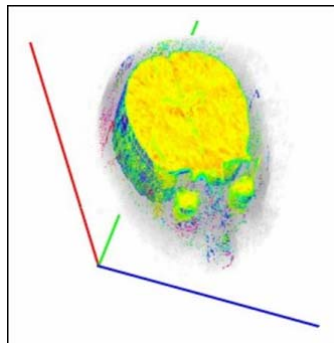


Abb. 3.4.2: 3D-Visualisierung eines Schädels aus CT-Daten [7].

Scientific Visualization dagegen versucht eine visuelle Repräsentation von reellen Objekten zu erzeugen.

Dies wird oft im technischen oder medizinischen Umfeld, wie links beispielhaft an einem menschlichen Schädel zu sehen ist, angewendet.

Hier werden zum Beispiel tausende von 2D-CT-Daten zu einer 3D-Visualisierung zusammengefügt und ergeben als Ganzes wieder ein Abbild des realen Objekts.

Dieses Abbild kann nun aber, im Gegensatz zum realen Objekt, auf die wesentlichen Informationsdimensionen reduziert werden, um interessante Detailinformationen zu extrahieren, die in der Gesamtansicht nicht zu sehen wären.

Durch diese Visualisierungstechniken besteht im obigen Beispiel die Möglichkeit, durch eine Darstellung, mittels Rotation um die jeweiligen Achsen, den ganzen Schädel in kürzester Zeit zu scannen.

4 Scatterplots & Praxis

4.1 Anwendungsgebiete

Sowohl in der Wissenschaft als auch in der Wirtschaft werden vor allem 2D-Scatterplots für ein breites Spektrum von Aufgaben zahlreich eingesetzt.

3D-Scatterplots werden dagegen bisher nur vereinzelt verwendet und sind bei den jeweiligen Standard-Programmen meist als Beigabe verankert.

Hier einige beispielhafte Einsatzgebiete von 2D- & 3D-Scatterplots:

- **Data Mining:**
PolyAnalyst [17] und GhostMiner [8] sind Beispiele dafür, wie beim Data Mining 2D- und 3D-Scatterplots zur einfacheren Erkennung von Regeln und Abhängigkeiten zwischen Variablen der untersuchten Daten eingesetzt werden können.
- **Statistik:**
Scatterplots werden in der Statistik von Tools wie SAS [18] und SPSS [20] zur Auswertung von zum Teil sehr großen Datenmengen verwendet, um zum Beispiel Ausreißer heraus zu kristallisieren und Korrelationen zu finden.
- **Management:**
Bastiaan Schönhage [4] evaluierte 2001 erstmals mit dem Projekt DIVA 2D- und 3D-Visualisierungen als Management-Gadgets, zusammen mit GAK, einer der führenden niederländischen Sozialversicherungsanbieter. Dabei verwendete er auch Scatterplots in Verbindung mit anderen Darstellungen, um Geschäftsprozesse zu visualisieren und Entscheidungen zu unterstützen.
- **Suchsysteme:**
Die wissenschaftlichen Projekte NIRVE [16], IN-SPIRE [12] und INVISIP [13] stellen mit Hilfe von 2D- und 3D-Scatterplots die Resultate von Suchanfragen auf Dokumenten oder Metadaten dar.
- **Wissenschaftliche Visualisierungen:**
In der Forschung werden oft Scatterplots verwendet, um Messdaten und Ergebnisse von Versuchen besser darzustellen, Informationen zu filtern oder Thesen zu untermauern.

Anschließend werden aus diesem breiten Spektrum von Anwendungsgebieten zwei Projekte beispielhaft vorgestellt.

4.2 NIRVE – Evaluation Text-, 2D- & 3D-Visualisierung

NIRVE (NIST Information Retrieval Visualization Engine) [16], ein Tool zur Visualisierung von Suchergebnissen, entstand zwischen 1995 und 2000 als Forschungsprojekt von John Cugini und Marc Sebrect von der „Visualization and Virtual Reality Group at the National Institute of Standards and Technology (NIST)“.

Dieses visualisiert Ergebnisse von Suchanfragen auf einer Datenbank mit 90.000 Dokumenten, Berichte aus der „Associated Press“ bis 1988, mithilfe von Text-, 2D- und 3D-Darstellungen.

Bei einer Evaluation dieses Tools 1999 testeten neun Anfänger und sechs Experten die verschiedenen Visualisierungen durch eine Serie von Suchanfragen mittels der PRISE-Suchmaschine auf eine begrenzte Grundmenge mit 100 ausgesuchten Dokumenten.

Eine Erkenntnis dieser Evaluation beschreibt, dass eine Visualisierung nur dann einen wirklichen Mehrwert darstellen kann, wenn deren Bedienung nicht den Benutzer zu sehr von seiner eigentlichen Aufgabe ablenkt.

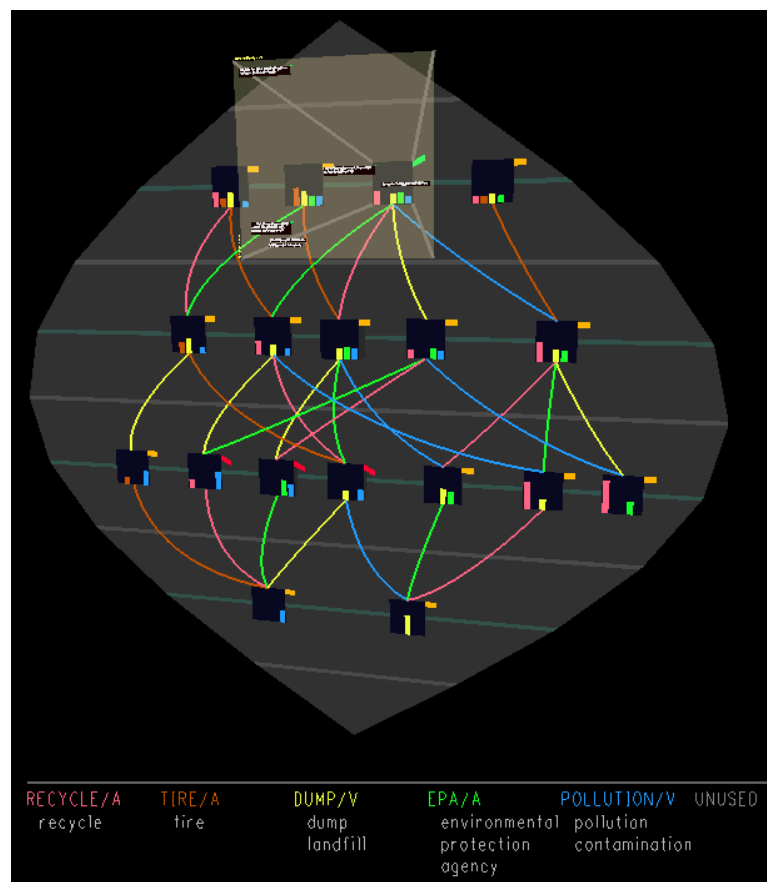


Abb. 4.2.1: NIRVE 2D Conceptual Cluster Model [16].

Bietet zum Beispiel die Anwendung zu viele komplizierte Interaktionsmöglichkeiten, wie die freie Bewegung im Raum (Fly-through) oder keine Orientierungspunkte, kann sich der Nutzer schnell verloren fühlen - sozusagen „Lost in Space“.

Auch wurde festgestellt, dass die Performance bei den 3D-Visualisierungen stark mit der vorherigen Vertrautheit mit 3D-Anwendungen korreliert. So konnte bei den Tests mit der 3D-Visualisierung, im Gegensatz zu Text- und 2D-Visualisierung, eine steigende Performance bei den Durchläufen verzeichnet werden.

Auch erzeugten vor allem Anfänger mit 3D-Visualisierungen schlechtere Ergebnisse als mit Text- oder 2D-Visualisierung. Experten konnten dagegen mit Text-, 2D- und 3D-Visualisierungen ähnliche Ergebnisse erzielen.

Aus diesen Gründen sind zur Evaluierung von 3D-Visualisierungen Langzeitstudien zu bevorzugen.

Auch ging aus der Evaluation hervor, dass Aufgabe und Visualisierung genau aufeinander abgestimmt werden sollten, damit der Benutzer durch das mentale Anpassen der Aufgabenstellung nicht zusätzlich gefordert wird und somit dessen Leistungsfähigkeit unweigerlich sinkt.

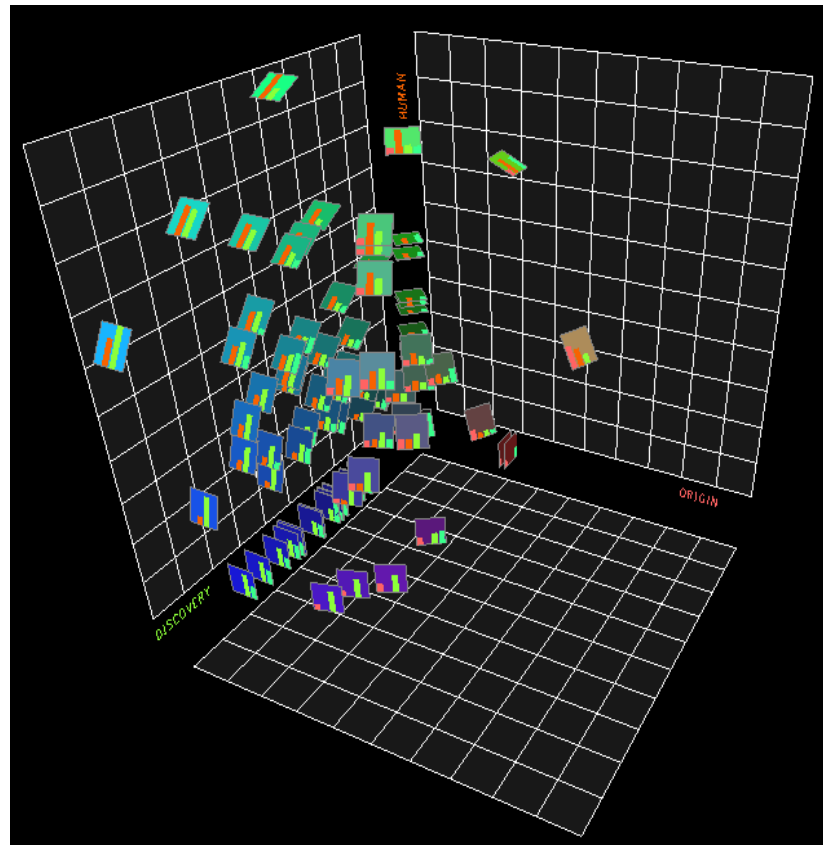


Abb. 4.2.2: NIRVE 3D Axes Model [16].

4.3 JUMBO 2D- / 3D-Scatterplot

Wolfgang Köpcke und Achim Heinecke vom Institut für Medizinische Informatik und Bioinformatik [22] bieten unter dem Namen JUMBO ein Lehr- und Lernsystem mit mehr als 60 Java Applets bzw. Javascript-Prozeduren für Wahrscheinlichkeitsrechnung, Statistik und Explorativen Datenanalyse im Web an.

In dieser Sammlung befindet sich auch ein 3D-Scatterplot-Applet, welches dem Java-Plot-3D von Song Li [19], einem kalifornischen Programmierer, sehr ähnelt, aber keine Referenz auf diesen beinhaltet.

Dieser Scatterplot vereint 2D- und 3D-Sicht innerhalb einer Visualisierung äußerst trickreich durch eine per Button initiierte Drehung des 3D-Plots über die entsprechenden Achsen bis die im 2D-Plot nicht erwünschte Achse senkrecht zur Projektionsebene steht, also nur noch als überdeckter Punkt im Ursprung dargestellt wird und somit für den Betrachter nicht mehr sichtbar ist.

Durch manuelles Drehen kommt die verdeckte Achse einschließlich des 3D-Effektes wieder zum Vorschein.

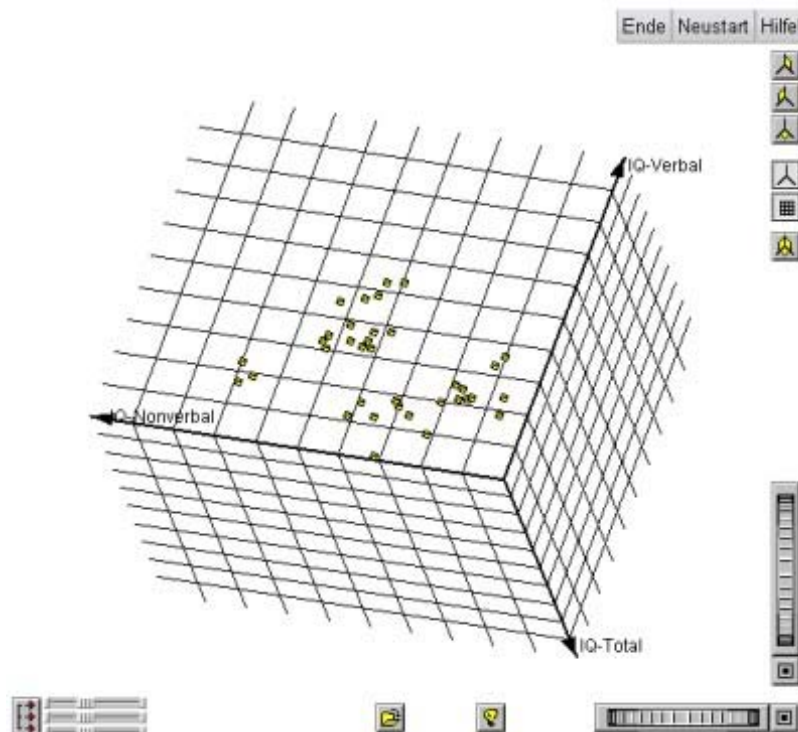


Abb. 4.3.1: 3D-Scatterplot-Applet [22].

Durch die Visualisierung mittels Parallelprojektion, wird die menschliche Wahrnehmung bei bestimmten Ansichten in ihrer Tiefeneinschätzung getäuscht. So stellt sich zum Beispiel bei Abbildung 4.3.1 die Frage, ob der Ursprung des Koordinatensystems im Vordergrund oder Hintergrund liegt.

Aus diesem Grund sollte bei 3D-Scatterplots eher die Zentralprojektion, auch Perspektivische Projektion genannt, verwendet werden, welche zusätzlich einen erheblich positiven Einfluss auf den 3D-Realismus der Visualisierung ausübt.

Auf diese Aspekte der Wahrnehmung geht Philipp Liebrecht in seiner Seminararbeit „State-of-the-Art 3D Visualization on Scatterplots“ näher ein.

Hervorzuheben ist die einfache Interaktion mit der Visualisierung durch „dragging“ der Maus, Sliders und Buttons.

Beeindruckend ist die Schnelligkeit des Rendering bei der Rotation um die jeweiligen Achsen, was wahrscheinlich auf die geringe Anzahl von darzustellenden Datensätzen zurückzuführen ist.

Da aber der Scatterplot in dieser Konfiguration nicht mit größeren Datenmengen testbar ist, kann dies leider nicht belegt werden.

5 Vorteile und Nachteile

5.1 2D-Visualisierung

5.1.1 Akzeptanz

2D-Visualisierungen sind in der heutigen GUI-Welt weit verbreitet und werden sowohl von Benutzern als auch von GUI-Designern schon seit Jahren als Standard akzeptiert.

Aus diesem Grund lernten die meisten Anwender mit der Darstellung, Organisation und Interaktion von 2D-Visualisierungen umzugehen und bei neuen standardkonformen Darstellungen bedarf es oft lediglich einer geringen Einführungsphase.

Durch die Ähnlichkeit der Visualisierungen und Interaktionen bei 2D fallen eventuelle Berührungspunkte gering aus und die Nutzer sind eher bereit, andere Produkte oder neue Versionen zu testen und letztendlich auch zu verwenden.

Hat sich ein Benutzer einmal mit einem Scatterplot als 2D-Visualisierung auseinandergesetzt, wird er immer wieder die per Definition festgelegte Struktur erkennen und kann den 2D-Scatterplot in jeglicher Anwendung ohne eine längere Einlernphase benutzen.

5.1.2 Voraussetzungen

Da 2D-Visualisierungen schon seit Jahren weitläufig eingesetzt werden, haben sich sowohl Hardware- als auch Software-Hersteller mit ihren Produkten auf die speziellen Ansprüche von 2D eingestellt.

Daher kann mit der derzeitigen Hardware nahezu jede 2D-Anwendung flüssig ausgeführt werden und die Softwarevoraussetzungen werden oft schon mit Standard-Programmen erfüllt.

Ein älterer PC mit Standard-Installation genügt daher um die gängigen 2D-Visualisierungen, wie zum Beispiel 2D-Scatterplots, hinreichend auszuführen und damit zu arbeiten.

5.1.3 Interaktion / Darstellung

Maus, Tastatur und Monitor sind allesamt 2D-Geräte, die im Laufe der Zeit optimal auf 2D-Visualisierungen abgestimmt wurden und deren Interaktionsmöglichkeiten unterstützen.

Die Interaktion verläuft linear über 2D-Eingabegeräte wie Maus und Tastatur auf Anzeigegeräten wie Monitore. Hier wird ebenfalls die 2D-Technik angewandt.

Es muss daher keine Transformation zwischen Visualisierung und schlussendlicher Anzeige auf dem Ausgabegerät ausgeführt werden, die den Benutzer zusätzlich zu seiner eigentlichen Aufgabe mental belasten und stören könnte.

Die Linearität der Ein- und Ausgabe ermöglicht es, beispielsweise Achsenwerte von Objekten im 2D-Scatterplot eindeutig an den Achsen abzulesen.

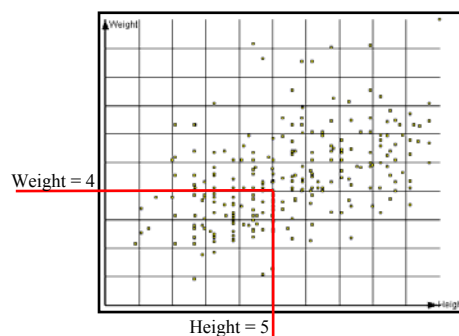


Abb. 5.1.3.1: 2D-Scatterplot.

5.1.4 Dimensionalität

2D-Visualisierungen sind auf zwei Dimensionen begrenzt und können mit Variablen belegt werden.

Sollen darüber hinaus weitere Variablen dargestellt werden, müssen diese dann durch Hilfsdimensionen wie Farbe, Größe und Form ausgedrückt werden.

Die Begrenzung auf zwei Dimensionen muss nicht unbedingt ein Nachteil sein, da daraus auch eine im Gegensatz zu realitätsnahen 3D-Visualisierungen sinnvolle Vereinfachung von Objekten resultieren kann.

Diese Abstraktion wirkt sich vor allem bei hoher Komplexität sehr dienlich und leistungssteigernd beim Betrachter aus.



Abb. 5.1.4.1: London Underground, H. F. Stingemore 1927.

Gut sichtbar wird dies zum Beispiel bei U-Bahn-Karten, wie bei der dargestellten Karte der Londoner Underground von Harry Beck. Um eine übersichtlichere Karte zu erhalten, abstrahierte Beck die Bahnverläufe in Richtung, Länge und Verlauf.

Becks neue Karte schien zunächst zwar unrealistisch, war aber durch die Reduzierung von Daten, die in diesem Zusammenhang unwesentlich waren, deutlich besser zu lesen und damit verbunden auch besser zu verstehen.

Da das menschliche Lern- und Aufnahmevermögen durch Zeit und Anzahl begrenzt wird (das Kurzzeitgedächtnis kann 7 ± 2 Elemente für ungefähr 12 - 30 Sekunden zwischenspeichern), ermöglicht die Reduzierung dem Betrachter die dargestellten Informationen besser zu verarbeiten.



Abb. 5.1.4.2: Original Karte von Harry Beck des Londoner U-Bahn Systems (1953).

5.1.5 Wahrnehmung

Smallman, John et al. [9] vom SPAWAR System Center, San Diego, führten ein Beispiel für die bessere Wahrnehmung von 2D- gegenüber 3D-Darstellungen an.

Sie zeigten, dass 2D-Symbole von militärischen Zielen schnellere und genauere Identifikation als 3D-Icons erlaubten.



Abb. 5.1.5.1:
oben Bomber,
unten Zivil [9].

Vor allem kleine Unterschiede der Icons sind bei ähnlichen Objekten am Bildschirm in kurzer Zeit schwer zu erkennen.

So sind zum Beispiel die Differenzen zwischen den 3D-Icons von militärischen Bombern und zivilen Flugzeugen sehr gering und erschweren die Identifikation, was dann beim Anwender zu Fehlinterpretationen führen könnte.

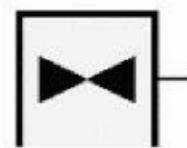
Bei einer Überschneidung mehrerer Icons wäre die Unterscheidung wahrscheinlich sogar unmöglich.



3-D icon



2-D icon



2-D symbol

Abb. 5.1.5.2: Drei verschiedene Typen von militärischen Icons oder Symbolen:
Links ein Kampf-Jet, Mitte ein Bomber, Rechts ein Hubschrauber [9].

5.1.6 Joy of Use

Smallman, John et al. [9] befragten in ihrer Untersuchung auch die Probanden nach ihren Vorlieben und ihrem subjektiven Eindruck bezüglich ihrem Testergebnis.

Dabei gaben 67% der Befragten an, dass sie lieber ein GUI mit 3D-Icons bedienen und 58% glaubten, dass sie Icons schneller als 2D-Symbole identifizieren könnten, obwohl die Messungen gegensätzliche Ergebnisse lieferten.

Diese Gegensätzlichkeit von Benutzerempfinden und tatsächlichen Ergebnissen entspricht wohl auch der Erkenntnis von A. D. Andre und C. D. Wickens [1]: „Users do not always want what is best for them“.

Über die Gründe hierfür kann wohl nur spekuliert werden.

Ein Grund könnte sein, dass die Interaktionsmöglichkeiten bei 2D deutlich eingeschränkter als bei 3D sind. In 3D können verschiedene Objekte im Raum gedreht oder bewegt werden, was vielleicht bei dem einen oder anderen Benutzer den Spieltrieb weckt.

Ein anderer Grund könnte die Vertrautheit mit bisherigen 2D-Visualisierungen sein. Neuartige Visualisierungen fördern beim Anwender eher den Drang, bisher unbekannte Funktionen oder Interaktionsmöglichkeiten zu finden.



Abb. 5.1.6.2: 3D-Visualisierung mit realistischen 3D-Icons [9].

5.2 3D-Visualisierung

5.2.1 Akzeptanz

3D-Visualisierungen werden in den letzten Jahren immer mehr eingesetzt. Zuerst wurden zu bestehenden 2D-Visualisierungen 3D-Effekte, wie zum Beispiel Schatten, hinzugefügt, später folgten dann „echte“ 3D-Darstellungen mit Objekten in einem Universum.

Diese Entwicklung basierte hauptsächlich auf der raschen Verbreitung von 3D-Spielen, angetrieben durch den Erfolg des "first-person shooters" Doom [6], 1993. Die Anwender konnten dabei die Möglichkeiten von 3D und vor allem die Navigation in Räumen zum ersten Mal erfahren.

3D-Visualisierungen wurden so hauptsächlich durch Spiele immer bekannter, was aber auch zur Folge hatte, dass sie bis heute noch oft als „Toy-Application“ empfunden werden.

Nur schwer wird 3D als produktive Arbeits-Visualisierung von Software-Herstellern und Benutzern akzeptiert und findet deshalb weniger als eigenständige Darstellung, sondern eher als Zusatz-Darstellung zu herkömmlichen 2D-Software Verwendung.

Insbesondere 3D-Scatterplots sind noch kaum verbreitet und daher den wenigsten Benutzer vertraut. Auch ähnelt die Interaktion sehr der Navigation in 3D-Spielen, welche dadurch einerseits bei vielen Anwendern bekannt sein dürfte, andererseits aber auch wieder das Vorurteil der „Toy-Application“ unterstützt.



Abb. 5.2.1.1:
Screenshot
Doom III [6].

5.2.2 Voraussetzungen

Durch die 3D-Emulation und die Navigationsmöglichkeiten im Raum verbrauchen 3D-Visualisierungen teilweise enorme Hardware-Ressourcen.

Hierbei muss unterschieden werden, ob es sich um eine realitätsnahe Darstellung mit hohem Detailgrad oder abstrakten grafischen Repräsentationen von Daten, wie dem 3D-Scatterplot handelt.

Vereinfacht kann gesagt werden, je mehr Objekte gezeichnet und animiert werden, desto höher sind auch die Hardware-Voraussetzungen.

Zusätzlich zur Hardware ist auch meistens eine spezielle Software für die 3D-Emulierung von Nöten.

Es gibt verschiedene 3D-APIs, d.h. schon vorimplementierte Interfaces für die 2D/3D-Transformation wie OpenGL, DirectX oder Java 3D, die oft verwendet werden, um 3D-Visualisierungen zu realisieren.

Diese APIs, oder entsprechende Viewer, sind zur Ausführung der damit erstellten Software notwendig und müssen zum Teil extra angeschafft und installiert werden, da sie zumindest nicht in der aktuellen Version zur Standard-Software gehören.

Diese zusätzliche Hürde erschwert vor allem dem unbedarften Anwender den Zugang zu 3D-Visualisierungen.

5.2.3 Interaktion

3D-Visualisierungen zeichnen sich überwiegend durch einen visuellen Raum aus, auch *Universum* genannt, in dem sich 3D-Objekte befinden. Als Interaktionstechnik besteht oft die Möglichkeit, sich durch diesen Raum mehr oder weniger frei zu bewegen.

Die gängigen Eingabegeräte wie Maus und Tastatur wurden für 2D-Visualisierungen geschaffen und unterstützen horizontale und vertikale Bewegungen.

Um nun auch mit diesen Eingabegeräten im Raum navigieren zu können, müssen Bewegungen in die Tiefe durch „Hilfsfunktionen“, wie Kombination von Maus und Tastatur, bewerkstelligt werden.

Bei verschiedenen Untersuchungen wurde festgestellt, dass dieses Hilfskonstrukt zur Navigation in 3D den Anwender mental wesentlich mehr fordert als mit Tastatur oder Maus in 2D.

Sebrechts, Vasilakis et al. [16] beschreiben bei ihrer Evaluation von der schon in Kapitel 4.2 beschriebenen Visualisierung NIRVE, dass die meisten Probanden keine Probleme hatten, die konzeptionellen Aspekte oder das Layout des Dokumentenraumes zu verstehen.

Jedoch wurden ihre Fähigkeit in diesem Raum zu arbeiten, von der Schwierigkeit der Navigation gestört.

Auch Jacob Nielsen beschreibt die Schwierigkeiten der 3D-Navigation in seinem Artikel "2D is Better Than 3D" aus der „Alertbox“ vom 15.11.1998:

„Users need to pay attention to the navigation of the 3D view in addition to the navigation of the underlying model: the extra controls for flying, zooming, etc. get in the way of the user's primary task“ (Jacob Nielsen [14]).

Vor allem für Anwender, die noch wenig Erfahrung mit 3D besitzen stellt die Problematik der Navigation in einem Raum eine nur schwer zu überwindende Hürde dar, so dass sie sehr schnell die Orientierung verlieren.

Feste Orientierungspunkte im Raum können hierbei schon für eine signifikante Verbesserung sorgen.

Als möglicher Lösungsansatz beschreiben Sebrechts, Vasilakis et al. [16] den Einsatz von „Spaceballs“ als Eingabegeräte für die 3D-Navigation.

Vorstudien von ihnen zeigten, dass die Verwendung von Spaceballs durch ihre Ähnlichkeit zu unserer natürlichen 3D Sphäre die kognitive Belastung der Anwender dramatisch reduzieren.



Abb. 5.2.3.1: IBM 3D-Input Device [10].

5.2.4 Darstellung

Bei Visualisierungen mit hoher Datendichte unterscheiden sich oft verschiedene Datensätze nur um geringe Differenzen oder besitzen sogar die gleichen Werte.

Die Repräsentationen der Datenwerte liegen dann in der Darstellung übereinander und verdecken sich gegenseitig.

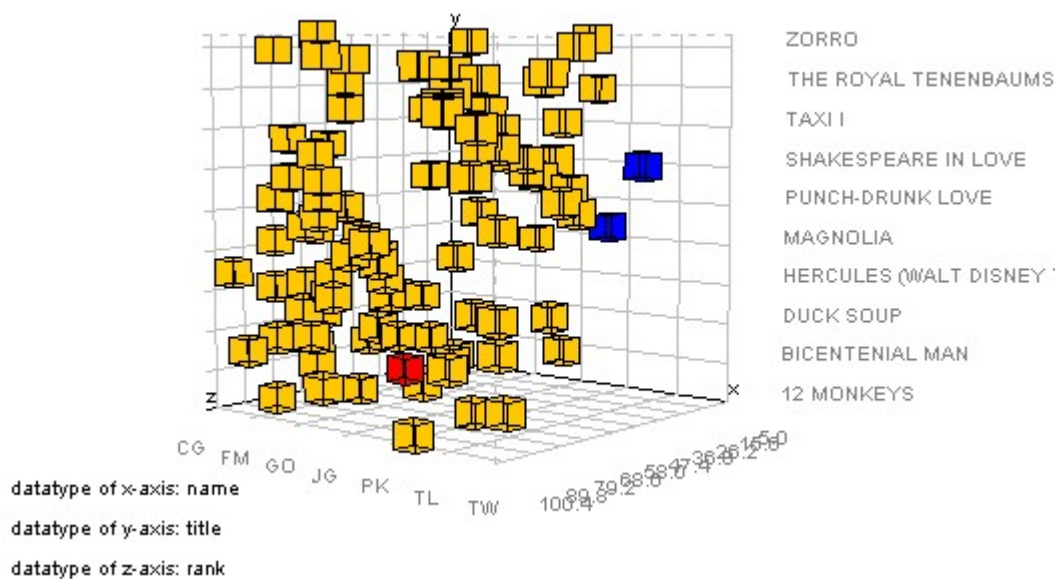


Abb. 5.2.4.1: 3D-Scatterplot, INVISIP [13].

Wenn nun viele Objekte fast übereinander liegen, wird die Visualisierung unübersichtlich und gesuchte Informationen können nicht mehr aus der Darstellung extrahiert werden.

Liegen die Objekte genau übereinander, entsteht der Eindruck, als würde nur ein Objekt existieren und die Visualisierung bleibt überschaubar.

Beim 3D-Scatterplot ist die Wahrscheinlichkeit höher als beim 2D-Scatterplot, dass sich Datensätze nur knapp unterscheiden, da beim 3D-Scatterplot drei statt zwei Werte verglichen werden. Somit scheinen 2D-Scatterplots zumeist geordneter und sind besser lesbar.

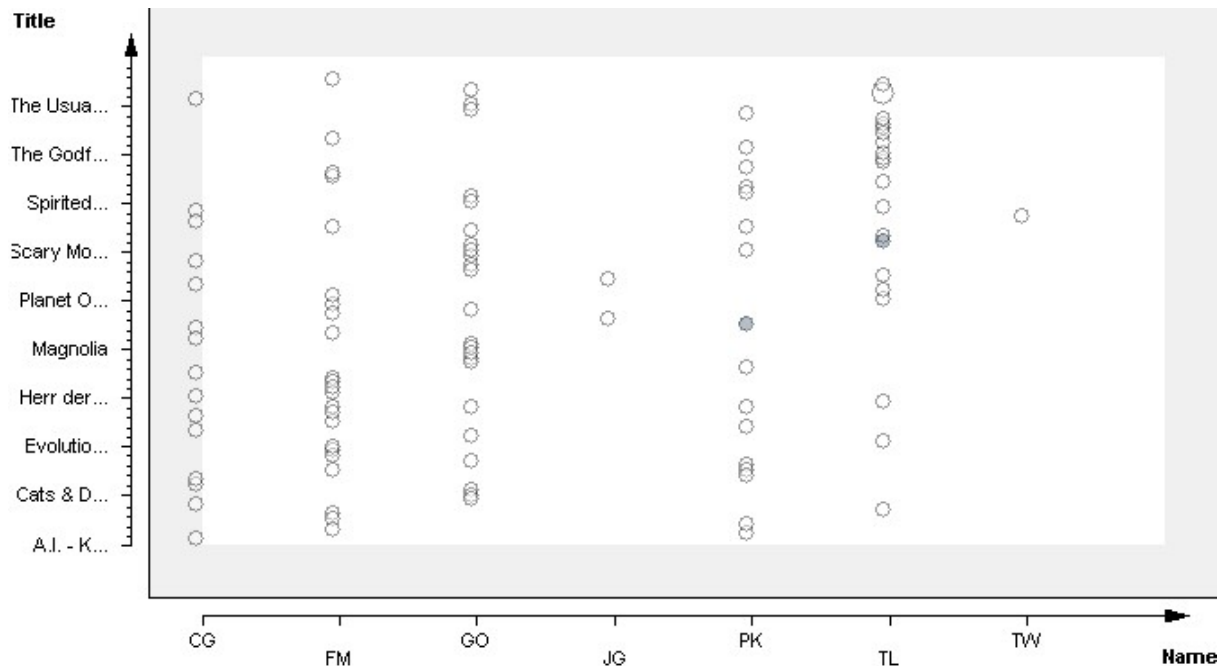


Abb. 5.2.4.2: 2D-Scatterplot, INVISIP [13].

Für beide Visualisierungen wären Multi-Data Points (MDP) mit Clustering-Mechanismen eine mögliche Lösung um Überschneidungen zu verhindern.

Bei MDPs werden Objekte mit identischen Merkmalsausprägungen und daher gleicher Position in der Visualisierung zu einem MDP zusammengefügt.

So könnten gleiche und ähnliche Datensätze nur durch ein Objekt repräsentiert werden, welches dann auf Abruf weitere Informationen über die eingeschlossenen Datensätze bereithält.

Die Daten könnten dann mithilfe dieser interaktiven MDPs dynamisch exploriert werden, während die Darstellung übersichtlich bleibt.

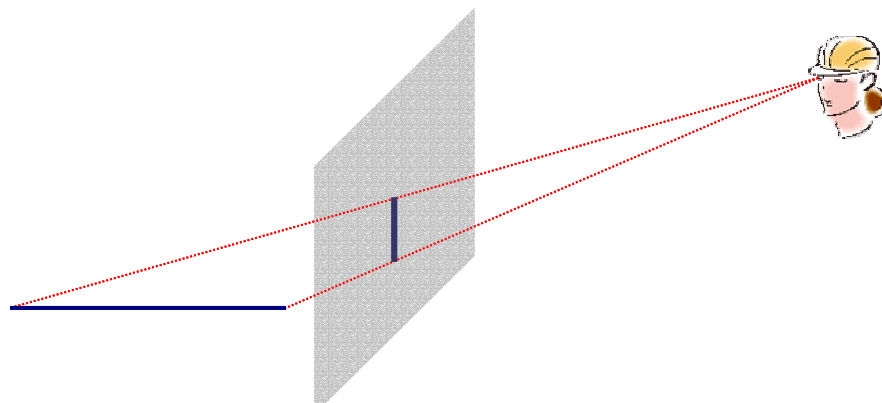


Abb. 5.2.4.3: Reduzierte Tiefenauflösung.

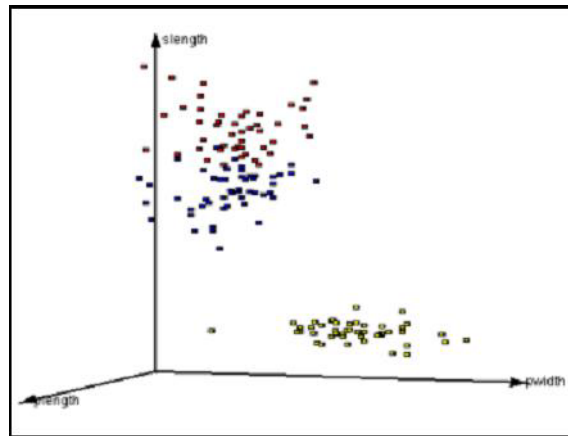


Abb. 5.2.4.4: 3D-Scatterplot [22].

Ein weiteres Problem bei der 3D-Darstellung stellt die Auflösung der Tiefe bei der Projektion von 3D auf 2D dar.

So werden alle Objekte in die Tiefe um einen Faktor, der vom Betrachtungswinkel abhängt, verkürzt, um auf dem 2D-Ausgabegerät eine Tiefenwirkung zu emulieren.

Beim 3D-Scatterplot bedeutet dies, dass je nach Lage des Koordinatensystems sich die Längen der Achsen und der Abstand zwischen den Objekten verändern (siehe Abb. 5.2.4.4).

Bei ungünstiger Lage können sich so die Objekte durch die verkürzten Abstände überschneiden und es resultiert, wie schon im vorherigen Beispiel, eine schwer lesbare Visualisierung.

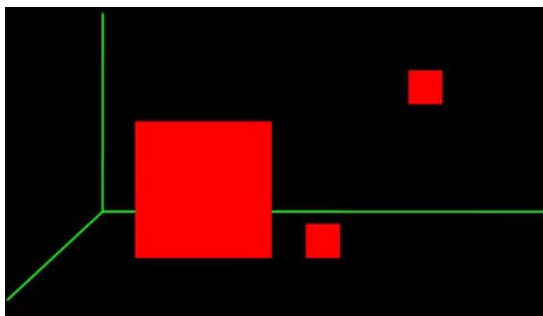


Abb. 5.2.4.5: 3D-Position I.

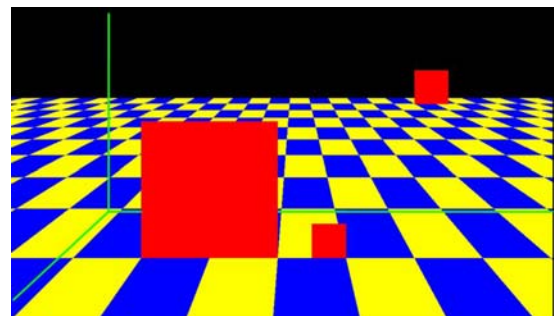


Abb. 5.2.4.6: 3D-Position II.

Verschiedene Attribute von Objekten, wie Farbe und Größe, können eine Tiefenwirkung simulieren.

Je dunkler oder kleiner ein Objekt im Gegensatz zu einem anderen Objekt ist, desto weiter scheint es vom Betrachter und von dem anderen Objekt entfernt zu sein.

Bei einer 3D-Projektion auf ein 2D-Ausgabegerät ist es für den Anwender schwer zu erkennen, ob Objekte wirklich verschiedene Größen besitzen oder nur mehr oder weniger weit vom Anwender entfernt sind.

Die Position eines Objektes kann deshalb nicht eindeutig zugeordnet werden.

Beim 3D-Scatterplot hat dies zur Folge, dass den Repräsentanten nicht eindeutig die Achsenwerte und daher die entsprechende Variablenausprägung zugeordnet werden kann.

Die Interpretation der Daten kann somit durch falsche Annahmen fehlschlagen.

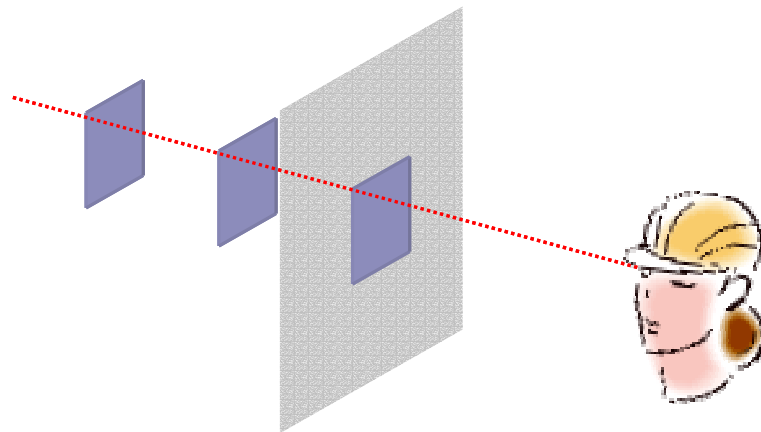


Abb. 5.2.4.7: 3D-Position III.

5.2.5 Dimensionalität

3D-Visualisierungen können durch die dritte Dimension mehr Informationen gleichzeitig darstellen als mit 2D und sind deshalb für mehrdimensionale Datenmengen besser geeignet. In einem 3D-Scatterplot können drei Variablen auf die jeweiligen Achsen gelegt und infolgedessen die Zusammenhänge derselbigen visualisiert und parallel verglichen werden.

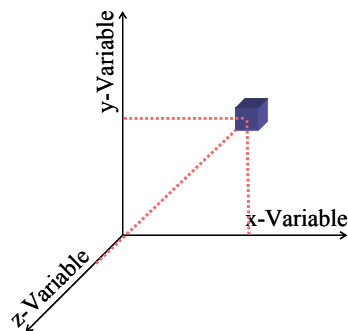


Abb. 5.2.5.1: Achsenbelegung.

In der unteren Abbildung kann man allein mit der rechten 3D-Visualisierung die Position der Kugel im Bezug zu den Würfeln auf einen Blick feststellen. Wäre die 3D-Ansicht noch drehbar, könnten Zweifel an der Position der Kugel in der Bildtiefe vollkommen beseitigt werden. Dagegen braucht man drei 2D-Darstellungen (unten links) um die Position der Kugel eindeutig zu bestimmen, da jedes 2D-Bild nur einen Teilaspekt bzw. eine Teilansicht des 3D-Raumes visualisieren kann. Da bei 3D nur eine, bei 2D jedoch drei Visualisierungen interpretiert werden müssen, bedeutet dies einen bedeutenden Performanceverlust.

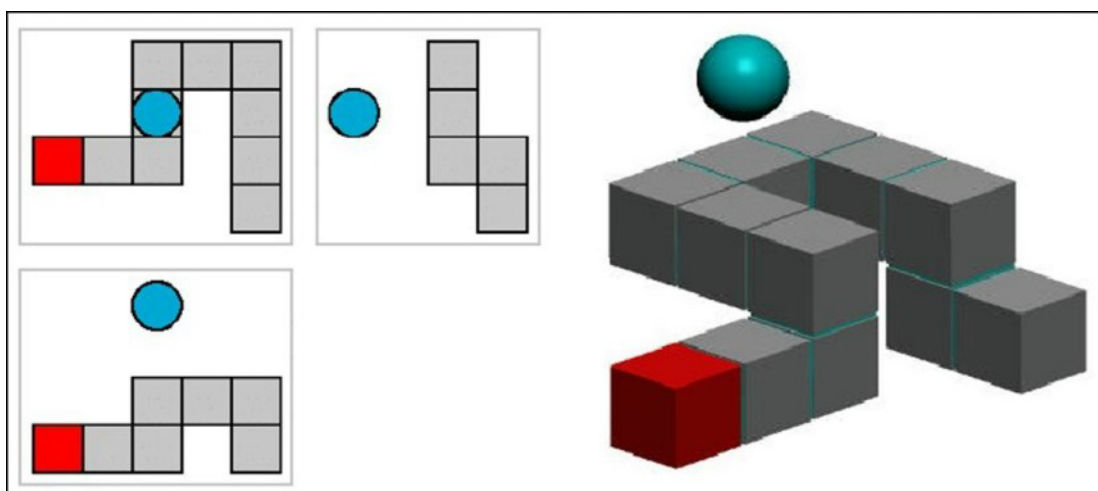


Abb. 5.2.5.2: Lokalisierungsproblem 2D / 3D [5].

5.2.6 Wahrnehmung

3D-Visualisierungen haben einen engen Zusammenhang mit der menschlichen 3D-Wahrnehmung, daher bezeichnen Anwender diese Darstellung meistens als „natürlich“ und intuitiv.

Ein Beispiel hierfür liefert uns die Medizin: Um eine Operation zu planen, ist ein 3D-Modell verständlicher als ein 2D-Röntgenbild, da sowohl der Körper als auch ein Tumor, den es zu diagnostizieren gibt, drei Dimensionen besitzen.

Daher benötigt der Betrachter keine mentale Transformation zwischen 3D und 2D (Jakob Nielsen [14]).

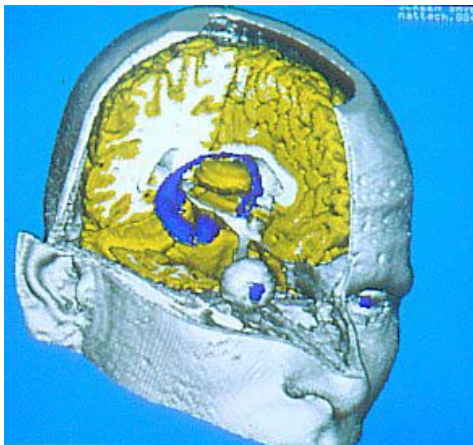


Abb. 5.2.6.1: MRI 3D-Schnittbild des menschlichen Gehirns im Querprofil [11].

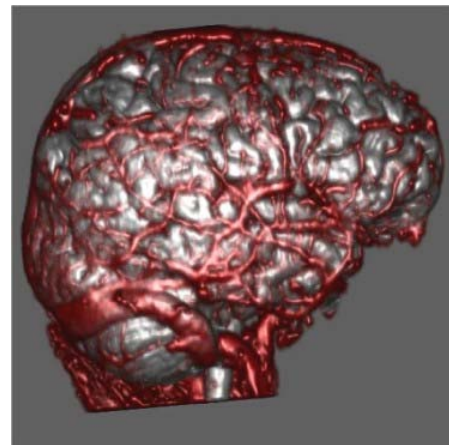


Abb. 5.2.6.2: Visualisierung der Venen für die Neurochirurgie [11].

Nahezu alle sinnvollen Daten haben eine räumliche Dimension. Der Mensch hat bei vielen seiner täglichen Probleme räumliche (Wo ist das?) oder globale (Wo auf der Welt ist das?) Bezüge.

Multidimensionale Visualisierungen, zum Beispiel GPS-Anwendungen, sind der beste Weg, diese Verbindungen darzustellen und auch deutlich effektiver als 2D-Karten.

“Most adults cannot read 2D maps. Perhaps they at least can cognitively traverse 3D maps.” (Bob Jacobson [15]).

Andy Cockburn and Bruce McKenzie [3] berichteten, dass Cone Trees, interaktive 3D Visualisierungen für hierarchische Datenstrukturen, eine einfachere Erkennung und ein besseres Gefühl für die räumlichen Strukturen ermöglicht, obwohl die Probanden mit Cone Trees mehr Zeit als mit einem „normalen“ Tree-Browser zum Suchen von vorgegebenen Daten benötigten und dieser Leistungsunterschied sich rapide vergrößerte, je mehr Verzweigungen die Datenstruktur beinhaltet.

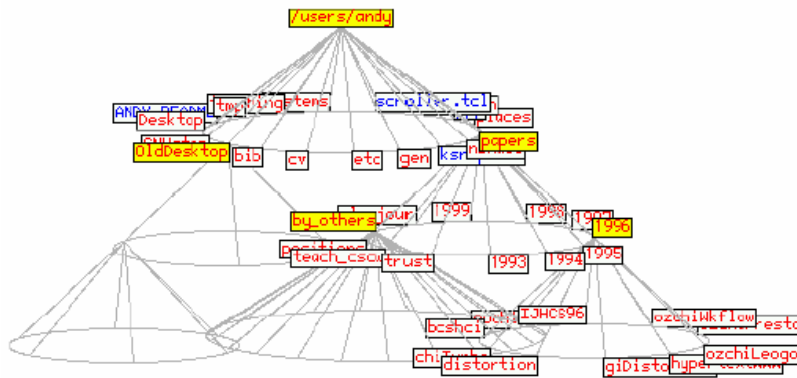


Abb. 5.2.6.3:
Visualisierung eines
Dateisystems durch
Cone-Tree-Technik [3].

Als eine Ursache für die schlechteren Ergebnisse der Cone Trees kann die fehlende Vertrautheit der Anwender mit dem System im Gegensatz zu den bekannten Tree-Browsern, wie MS Windows Explorer und ähnliche, angegeben werden.

Eine andere Schwierigkeit war das gewünschte Text-Label unter dem Wirrwarr von überlappenden Labels bei dichten Datenstrukturen zu finden, was wohl ein grundsätzliches Problem bei 3D-Visualisierungen mit hoher Datenintensität zu sein scheint.

Ark, Dryer et al. [21] zeigten, dass die Form von Icons und das Layout bei dem Design eines GUIs die Leistung der Bedienung bedeutend beeinflussen.

Probanden konnten viel schneller mit 3D-Objekten und „ecological“ Layouts als mit 2D-Objekten und „regular“ Layouts vorgegebene Ziele finden.

Bei „ecological“ Layouts werden Objekte so in einem virtuellen Raum dargestellt, dass ihre Positionen zueinander physikalisch Sinn ergibt.

So werden bei der Büro-Metapher Monitor, Maus und Tastatur auf dem Schreibtisch in unmittelbarer Nähe zueinander platziert.

Interessanterweise sind die Effekte von „ecological“ Layout und 3D realistischer Repräsentation additiv. Die Leistung steigerte sich, wenn entweder „ecological“ Layout oder 3D realistische Repräsentation verwendet wurde, die kürzeste Lösungszeit wurde aber bei der Verwendung von Beiden erzielt.

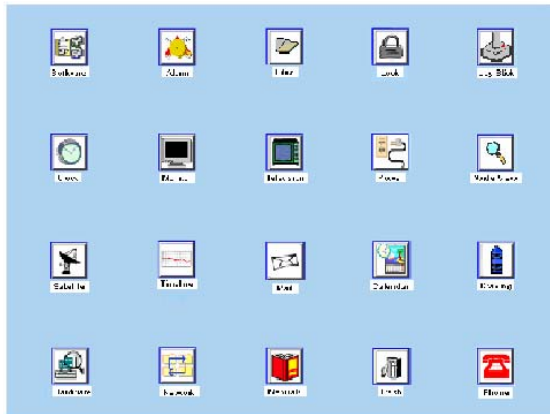


Figure 1: 2D Regular

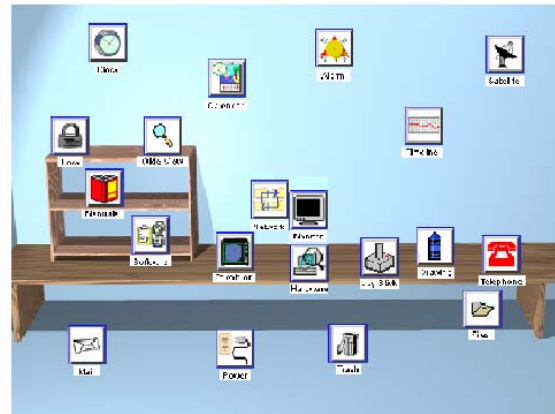


Figure 2: 2D Ecological



Figure 3: 3D Regular



Figure 4: 3D Ecological

Abb. 5.2.6.4: Von W. Ark et al. analysierte GUIs [21].

5.2.7 Joy of Use

Siehe Kapitel 5.1.6.

6 Zusammenfassung

3D-Scatterplots in Verbindung mit intuitiven Interaktionsmöglichkeiten, durchdachtem Design und entsprechender Hardware können bei gewissen Aufgaben Vorteile gegenüber 2D-Scatterplots aufweisen.

Die Interaktionsmöglichkeiten sollten beim 3D-Scatterplot möglichst einfach gehalten werden. Zum Beispiel sollte der Betrachtungspunkt fest bleiben und nur der Scatterplot sollte sich drehen und zoomen lassen können. Diese Maßnahme würde zwar die Interaktionsmöglichkeiten einschränken, aber vorbeugend gegen die Orientierungslosigkeit des Anwenders wirken.

Feste Orientierungspunkte wie Gitternetze und perspektivische Projektion sind zur Positionsbestimmung der verschiedenen Datenobjekte sehr förderlich. Zur flüssigen Rotation des 3D-Scatterplots muss die entsprechende Hardware vorhanden sein.

Techniken wie Multi-Data-Points und Clustering sind für die bessere Interpretierbarkeit der Daten unerlässlich. Und vor allem sollten die Daten und die eigentliche Aufgabe des Anwenders auf den 3D-Scatterplot abgestimmt sein. Hierbei ist der 3D-Scatterplot besonders bei Daten mit genau drei Dimensionen, die der Betrachter vergleichen möchte, geeignet.

Werden alle diese Bedingungen erfüllt, kann der 3D-Scatterplot gegenüber dem 2D-Scatterplot nützlicher bei der Erfüllung von Aufgaben sein und erweckt beim Betrachter einen nicht zu unterschätzenden „Joy of Use“.

Da die Rahmenbedingungen für den Einsatz von Scatterplots aber nicht im vornherein schon bekannt sind und festgelegt werden können, sollten 3D-Scatterplots eher als Zusatzwerkzeug zur bestehenden Software und nicht als Haupttool integriert werden.

Daher ist der parallele Einsatz von 2D- und 3D-Scatterplots durchaus sinnvoll und sollte angestrebt werden.

So kann der Benutzer je nach Aufgabe und Art der Daten, die betrachtet werden sollen, zwischen den zwei Scatterplots auswählen und den verwenden, der ihm für seinen Kontext am geeignetsten erscheint.

Hier werden nochmals alle Vor- und Nachteile von 2D- bzw. 3D-Scatterplots in tabellarischer Form aufgeführt:

2D – Scatterplots
+ Weit verbreitet und akzeptiert
+ Geringe Hardware- und Softwarevoraussetzungen
+ Interaktion verläuft linear über 2D-Eingabegeräte auf 2D-Anzeigeräte
+ Eindeutige Zuordnung der Objekte zu den Achsenwerten
- Beschränkung auf zwei Merkmalsausprägungen
- Geringe Interaktionsmöglichkeiten
- Reduzierter „Joy of Use“

3D – Scatterplots
+ Gleichzeitige Darstellung von Beziehungen zwischen drei Merkmalen
+ Benutzerenthusiasmus
+ Tägliche Probleme haben oft räumliche Bezüge, daher wirkt 3D intuitiv und natürlich
+ Einfachere Erkennung und besseres Gefühl für räumliche Strukturen
- Werden oft als „Toy Application“ empfunden
- Fehlende Vertrautheit der Nutzer mit 3D
- Benötigen meist höhere Hardwarevoraussetzungen
- Erfordern oft spezielle Software
- Navigation im Raum fordert den Anwender mental mehr
- Ungenauigkeit bei 3D-Emulation
- Bei hoher Datendichte oft überlappende Objekte

7 Ausblick

Die durch diese Seminararbeit gewonnenen Erkenntnisse sollen in einen Style Guide einfließen, der Attribute für einen „guten“ 3D-Scatterplot beschreibt.

An Hand dieses Style Guides soll ein 3D-Scatterplot für den Metadaten-Browser des EU-Forschungsprojektes INVISIP [13] implementiert werden. Dieser 3D-Scatterplot soll parallel zu dem schon implementierten 2D-Scatterplot eingesetzt werden.

Es ist sinnvoll, eine Evaluation dieser beiden Scatterplots durchzuführen und die in dieser Arbeit vorgestellten Vor- und Nachteile durch eigene Messergebnisse zu festigen.

8 Referenzen

- [1]: A. D. Andre und C. D. Wickens. When Users Want What's NOT Best for Them. Ergonomics in Design, 1995.
- [2]: Andy Cockburn und Bruce McKenzie. 3D or not 3D? Evaluating the Effect of the Third Dimension in a Document Management System. In Proceedings of CHI'2001, Seattle, ACM Press, 434-441, April 2001.
- [3]: Andy Cockburn and Bruce McKenzie. An Evaluation of Cone Trees. In People and Computers XV (Proceedings of the 2000 British Computer Society Conference on Human-Computer Interaction.), University of Sunderland, September 2000.
- [4]: Andy Cockburn und Bruce McKenzie. Evaluating the Effectiveness of Spatial Memory in 2D and 3D Physical and Virtual Environments. CHI 2002, Minneapolis, April 2002.
- [5]: Bastiaan Schönhage, Alex van Ballegooij und Anton Eliens. 3D Gadgets for Business Process Visualization -a case study-. Vrije Universiteit, Amsterdam, 2001.
- [6]: Doom, id Software, <http://www.idsoftware.com>.
- [7]: Gerald Nikolaus Sahling, Interactive 3D Scatterplots - From High Dimensional Data to Insight, VRVis Research Center in Vienna, <http://www.vrvis.at/vis/resources/DA-NSahling/>.
- [8]: GhostMiner, Fujitsu, <http://www.fqspl.com.pl/ghostminer/>.
- [9]: H. Smallman, M. St. John. H. Oonk und M. Cowen. Track Recognition Using Two-Dimensional Symbols or Three-Dimensional Realistic Icons. SPAWAR Systems Center Technical Report Number 1815, 2000.
- [10]: IBM Spaceball 3D Input Device, <http://www-1.ibm.com/servers/eserver/pseries/hardware/graphics/spaceball.html>.
- [11]: Image Sciences Institute, <http://www.isi.uu.nl/index.html>, Utrecht Universität.
- [12]: IN-SPIRE, Pacific Northwest National Laboratory, <http://www.pnl.gov/infoviz/in-spire/>.

- [13]: INVISIP, <http://www.invisip.de>, Universität Konstanz, Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft, 2003.
- [14]: Jakob Nielsen. 2D is Better Than 3D. www.zdnet.com/devhead/alertbox/981115.html, 1998.
- [15]: Kragen Sitaker, Bob Jacobsen, George Olsen. Comments on “2D is Better Than 3D (Jakob Nielsen)”. www.zdnet.com/devhead/alertbox/981115_comments.html, 1998.
- [16]: Marc M. Sebrechts, Joanna Vasilakis, Michael S. Miller, John V. Cugini and Sharon J. Laskowski. Visualization of Search Results: A Comparative Evaluation of Text, 2D, and 3D Interfaces. In Proceedings of 22nd ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, 1999.
- [17]: PolyAnalyst, Megaputer, <http://www.megaputer.com>.
- [18]: SAS, <http://www.sas.com/>.
- [19]: Song Li, <http://www.csee.umbc.edu/~sli2/index.html>.
- [20]: SPSS Inc., <http://www.spss.com/>.
- [21]: W. Ark, D.C. Dryer, T. Selker und S. Zhai. Representation Matters: The Effect of 3D Objects and a Spatial Metaphor in a Graphical User Interface. People and Computers XIII, Proc of HCI 1998, 1998.
- [22]: Wolfgang Köpcke, Achim Heinecke. JUMBO - Java-unterstützte Münsteraner Biometrie-Oberfläche. Institut für Medizinische Informatik & Biomathematik (IMIB), Universität Münster, <http://medweb.uni-muenster.de/institute/imib/lehre/skripte/biomathe/bio/plot3d.html>.