

Universität Konstanz

WS 02/03

Fachbereich: Informatik- und Informationswissenschaften

Dozent: Prof. Dr. Reiterer

Veranstaltung: Projektseminar Mensch-Computer Interaktion



Formen, Strukturen und Muster in Visualisierungen
Eine kognitive Perspektive auf INVISIP

Cavallo Luciano

Matrikel-Nr. 470 711

Studienrichtung: Information Engineering

Fachsemester: 6 (Hauptstudium)

Index of Contents

Chapter		Page
1.	Introduction	2
2.	Visualization	3
2.1	The Need of Internal Models	3
2.2	Externalisation of Data	4
2.3	Gibson's Affordance Theory	4
2.4	Sensory versus Arbitrary Symbols	5
2.5	Arbitrary Representations	5
2.6	A Model of Perceptual Processing	6
2.7	Parallel Processing to Extract Low-Level Properties Of the Visual Scene	6
2.8	Sequential Goal-Directed Processing	8
3.	Environment, Optics, Resolution and Display	8
3.1	Ecological Optics from J.J. Gibson	9
4.	Lightness, Brightness, Contrast and Constancy	9
4.1	Simultaneous Contrast and Errors in Reading Maps	10
4.2	Luminance, Brightness and Lightness	11
4.3	Luminance	12
4.4	Contrast and Constancy	13
5.	Color	13
5.1	Trichromacy Theory	14
5.2	The Opponent Process Theory	16
5.3	Properties of Color Channel	17
5.4	Stereoscopic Depth and Forms	18
5.5	Application of Color in Visualization	19
6.	Visual Attention and Information that Pops Out	21
6.1	Gestalt Laws	21
6.2	Proximity	22
6.3	Symmetry	22
6.4	Similarity	23
6.5	Continuity	23
6.6	Closure	24
6.7	Figure and Ground	24
6.8	Contours	25
7.	Image and Words	25
7.1	Images versus Words	27
7.2	TileBars – The new Display Paradigma	29
7.3	The Importance of Document Structure	30
8.	Cognitive Aspects of INVISIP	31
8.1	Scatterplot	31
8.2	Browser View	31
8.3	Super Table	32
8.4	Granularity Table	33
8.5	General Problem	33
9.	Re-Design Proposal	34
9.1	Re-Design for Super Table and Granularity Table	34
9.2	Background, Slider and Buttons	35
9.3	Total Relevance and the Attributes	36
9.4	TileBars	37
10.	Conclusion and Perspectives	38

1. Introduction

Kaum eine Wissenschaft hat sich in den letzten Jahren so eng an die Computerwissenschaft genähert wie die kognitive¹ Psychologie. Dabei beschäftigt sich die kognitive Psychologie insbesondere mit der Wahrnehmung und Wahrnehmungsverarbeitung. Wichtige Teilgebiete dieser Wissenschaft sind insbesondere das Lernen, das Gedächtnis, das Denken und die Aufmerksamkeit.

Der ständig wachsende Nachfrage nach Datenvisualisierungen mittels Computer, das Zurechtfinden im Datenraum aber auch der Verlust der Übersicht in der Datenmenge macht die Informationsvisualisierung zu einem unentbehrlichen Instrument, was zum Interessengebiet der kognitiven Psychologie geworden ist.

Untersuchungsgegenstand meiner wissenschaftlichen Projektseminararbeit ist das Projekt INVISIP, das am Lehrstuhl von Prof. Dr. Reiter der Universität Konstanz entwickelt wird. Dabei ist der Schwerpunkt, nebst den aktuellen, theoretischen Erkenntnissen der kognitiven Psychologie, insbesondere die Bereiche Wahrnehmung und Aufmerksamkeit von Farben. In diesem Projektseminar wird durch einen ersten Usertest die kognitiven Stärken und Schwächen der Version von 9. Dezember 2002 untersucht. Darauf aufbauend erfolgt ein Redesign Vorschlag, das durch einen weiteren Usertest im Verlaufe des Projektseminars erste Erkenntnisse über die vorgenommenen Änderungen geben sollen.

¹ Fremdwörterbuch Duden, Band 5: 1984: „cognitio“ = Kenntnis, Erkenntnis

2. Visualization

Terminologien führen oft zu Problemen und Missverständnissen in der Alltagssprache. Sehr oft verwendet man sie, ohne jedoch sich Gedanken zu machen über deren eigentliche Bedeutung.

„Visualization“ ist eines dieser Ausdrücke, mit denen ich mich auseinandersetzen möchte. Es ist etwas, das von Computer „gemacht“ und oft falsch verstanden und angewendet wird. Wenden wir uns an „The American Heritage and Concise Oxford Dictionary“, die Klarheit über deren Bedeutung schaffen soll:

Visualize: (vb) to form a mental image or vision of ...

Visualize: (vb) to imagine or remember as if actually seeing.

Ohne Zweifel bietet uns diese Definition die Grundlage dafür, wofür eigentlich Visualisierung steht, nämlich für eine eindeutige, kognitive Aktivität. Das riesige Potential, das sich hinter diesem Ausdruck versteckt wird damit offensichtlich und weist auf die eigentliche Natur der Visualisierung hin, die mit den entsprechenden Hürden für die Erforschung behaftet war².

Das grösste Potential ist, durch Visualisierung „the insight“ der zu Grunde liegenden Datenmengen zu erhalten. Dabei müssen wir uns vor Augen halten, dass die zugrunde liegenden numerischen Datenvolumen oftmals sehr gross sind und ohne Visualisierung wir Menschen sehr schnell an die Grenzen der Wahrnehmungsmöglichkeiten stossen.

2.1 The Need of Internal Models

Wenn man eine Visualisierung richtig interpretieren möchte, so muss sie, zumindest ansatzweise, dem internen, kognitiven Model unseres Gehirns entsprechen. Heute spricht man dabei sehr oft von der „Cognitive Map“³. Dabei wurde von Tversky (1993) behauptet, dass das mentale Konstrukt mit echten „Landkarten“ verglichen werden kann. Als Beispiel sei erwähnt: „Wenn jemand lange Zeit in einer Stadt

² vgl. Spence R.: Information Visualization, S. 1

³ vgl. Spence R.: Information Visualization, S. 94

arbeitet, so hat er ein internes Modell der Strassen und Wege der Stadt, indem er sich jederzeit zurecht findet, auch , wenn er später nicht mehr dort arbeitet“.

Doch erste Hinweise deuten darauf hin, dass sich unser „internes Modell“ nicht aus einer, sondern aus einer ganzen Sammlung von kognitiven Karten zusammensetzt⁴. Denken wir dabei wie oft man sich an einem Detail erinnert, ohne ihn in einem grösseren Kontext zuordnen zu können.

2.2 Externalisation of Data

Wollen wir Zusammenhänge verstehen, so müssen diese Daten so aufbereitet werden, dass die relevanten Daten auch entsprechend wahrgenommen werden. Da normalerweise solche Hervorhebungen mittels Graphiken über den Computer-Display geschieht, müssen die Visualisierung den Voraussetzungen unseres inneren, visuellen Modell entsprechen, damit wir sie auch richtig wahrnehmen⁵.

2.3 Gibson's Affordance Theory

Wie kein ein anderer Wissenschaftler brachte J.J. Gibson mit seinen Theorien der „Ecological Optics, Affordance and direct Perception“ eine radikale Änderungen in den bisherigen Erkenntnissen der kognitiven Psychologie. Gibsom stellt dabei die These auf, dass wir Menschen nur wahrnehmen, um in einer ganz bestimmten Umgebung zu handeln; Wahrnehmung sei „Designed For Action“. Er nannte diese Wahrnehmungsvoraussetzung für das Handeln „Affordance“. Dabei postulierte er, dass Menschen diese Eigenschaften der Umgebung „direkt und unmittelbar“ wahrnehmen. Genau diese Eigenschaften wurde Gegenstand der modernen Datenrepräsentation, weil das Hauptziel einer Visualisierung die Entscheidungsfindung ist.⁶ Dabei ist nicht ausschlaggebend, wie man ein Objekt wahrnimmt, sondern welche Möglichkeiten wahrgenommen werden, um ein Handeln auszuführen. Deshalb: gute Visualisierung bedarf adäquate Affordance⁷.

⁴ vgl. Spence R.: Information Visualization, S. 95

⁵ vgl. Spence R.: Information Visualization, S. 98-99

⁶ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 22 - 23

⁷ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 22 - 23

2.4 Sensory versus Arbitrary Symbols

In diesem Kontext werden die Ausdrücke „sensory symbols“ so interpretiert, dass Symbole unabhängig eines Lern- oder langen Gewöhnungsvorganges sind. Der Ausdruck „arbitrary symbols“ dagegen definiert den Aspekt einer Repräsentation⁸, die gelernt werden muss und nicht im Sinne einer „preattentiven“ Erkennung⁹ fungiert. Dabei wird für die preattentive Eigenschaft vorausgesetzt, dass

- a) Ziel- und Störelemente sich in einem Attribut (Farbe, Ausrichtung, etc.) unterscheiden
- b) der Unterschied des Attributwertes (Helligkeit, Farbnuancen, etc.) genügend gross ist

Die zugrunde liegende Idee ist dabei, dass preattentive Prozesses selbst festlegen, welche visuelle Objekte wahrgenommen werden¹⁰.

Die Idee dieser „Theory of Sensory Language“ ist, dass der menschliche visuelle Systemapparat sich während der Evolution als Instrument zur Wahrnehmung der physikalischen Welt, entwickelt hat. Deshalb haben die sensorischen Aspekte in der Visualisierungen einen sehr grossen Stellenwert.

2.5 Arbitrary Representations

Diese Art der Repräsentation kann mittels folgender Eigenschaften definiert werden

- a) Hard to learn
- b) Easy to forget

Im Falle des “hard learning” steht man dem Phänomen gegenüber, dass ein gewisser Aufwand dazu benötigt wird um etwas zu lernen oder zu interpretieren. Denken wir dabei daran, welchen Aufwand man hat, wenn man eine neue Sprache erlernen möchte. Im Falle von „easy to forget“ handelt es sich in der Regel um Informationen,

⁸ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 10 - 11

⁹ vgl. Ziegler, Marty: Psychische und Physiologische Aspekte der Visualisierung, 2002

¹⁰ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 163

die ohne weiteres vergessen werden dürfen, da ihre Relevanz in Bezug auf ein bestimmtes Zielobjekt als unwichtig eingestuft wird. Im Gegenzug dazu, können sensorische Informationen nicht vergessen werden¹¹.

2.6 A Model of Perceptual Processing

Um den Wahrnehmungsprozess besser verstehen zu können, widmen wir uns den 2 wichtigsten Stadien zu:

- a) Dem parallelen Prozess, der uns erlaubt, elementare Eigenschaften der Umgebung zu extrahieren und
- b) dem Stadium, wo die visuelle Aufmerksamkeit die aktive Rolle spielt und die Elemente der Umgebung sequentiell gemustert werden

2.7 Parallel Processing to Extract Low-Level Properties of the Visual Scene

Visuelle Informationen werden durch grosse Felder von Neuronen im Auge und in der "virtuellen Hirnrinde" im hintersten Teil des Gehirns verarbeitet¹². Dabei haben sich einige Neuronen dazu spezialisiert, eine ganz bestimmte Art von Informationen zu verarbeiten, wie beispielsweise die Orientierung des Auges. In diesem Unterbereich arbeiten grosse Reihen an Neuronen parallel, indem sie die besonderen Eigenschaften der Umgebung extrahieren. Dabei handelt es sich um einen schnell ablaufenden, unbewussten Vorgang. Wenn es somit unsere Absicht ist, Informationen schnell verständlich zu machen, so müssen wir sie so aufbereiten, dass sie auch durch unser Wahrnehmungssystem im Gehirn auch schnell als relevant wahrgenommen werden¹³.

¹¹ vgl. Ziegler Chr., Marty M.: Psychische und Physiologische Aspekte der Visualisierung S. 20 -21

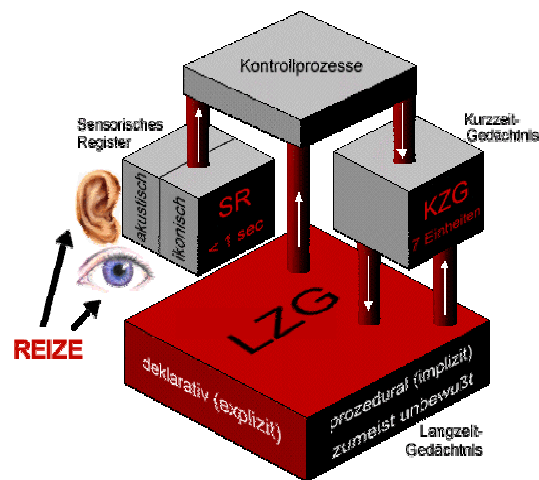
¹² vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 25

¹³ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 26

Wichtige Aspekte sind:

- dass es sich hier um einen schnellen parallelen Prozess handelt
- dass die Gewinnung der Information aufgrund von Orientierung, Farbe, Textur und Bewegungsmuster erfolgt und
- dass das „Ikonische Speicher“ die transitorischen, vorübergehenden wichtigen Informationen speichert¹⁴

Der „ikonische Speicher“ ist dabei eines der sensorischen Register, die unkodierte Informationen für ca. 0.5- 2 Sekunden speichert. Interessant ist, dass genau dieser Speicher nach bestimmten Merkmalen selektiert und eine erste Mustererkennung vornimmt, im Sinne „preattentiver Prozesse“ und eine Informationsbündelung durchführt. Die gebündelten Informationen werden dann als „Chunks“¹⁵ an den Kurzzeitgedächtnis weitergeleitet. Interessant festzustellen ist, dass nach Miller G.A. die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses auf sieben Objekte beschränkt ist¹⁶. Folgendes Abbild soll in vereinfachter Form die Funktionalität selbsterklärend ergänzen.



[Abb.: Stangl, W: Speicherabhängige Gedächtnisformen: <http://www.stangl-taller.at/ARBEITSBLAETTER/GEDAECHTNIS/ModelleSpeicher.shtml>]

¹⁴ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 26

¹⁵ Nach Wirth, Thomas: Chunk = Gedächtnisspanne.. und die magische Zahl 7: www.kommdesign.de/texte/gedaechtnisspanne.html

¹⁶ vgl. Stangl, W: Speicherabhängige Gedächtnisformen: <http://www.stangl-taller.at/ARBEITSBLAETTER/GEDAECHTNIS/ModelleSpeicher.shtml>

2.8 Sequential Goal-Directed Processing

In diesem Bereich finden wir 2 Subsysteme, die sich einzeln spezialisiert haben. Das

- a) eine, dass sich für Objektwahrnehmung spezialisiert hat
- b) und das andere, dass sich für die Interaktion mit der Umgebung auseinandersetzt¹⁷

Für die Objektwahrnehmung spielen dabei Aufmerksamkeit und Gedächtnis eine wichtige Rolle. Um Objekte auch als Objekte zu identifizieren, müssen ihr visueller Charakter mit den Eigenschaften des im Gehirn gespeicherte Eigenschaften besitzen. Heute weiss man, dass einige Aspekte dieses Prozesses sequentiell ablaufen¹⁸.

Wichtige Aspekte sind:

- dass Arbeits- und Langzeit-Gedächtnis eine wichtige Rolle spielen,
- dass arbiträre Symbolaspekte wichtig sind,
- dass ein Top-Down Prozess stattfindet
- und dass unterschiedliche Kanäle für die Objektwahrnehmung und der visuell geführten Bewegung bestehen¹⁹.

3. Environment, Optics, Resolution and Display

Die Welt in der wir Leben ist ein mehrdimensionaler Raum, idem wir Dinge wahrnehmen, wie sie sind. Für die Datenvisualisierung stehen uns jedoch nur Bildschirme mit einer beschränkten Fläche zur Verfügung, die uns ermöglichen, Daten so verständlich aufzubereiten, dass wir sie auch interpretieren können.

Aus diesem Grund ist es von grösster Wichtigkeit die Eigenschaften der Umgebung zu verstehen. Dabei spielt das Licht eine ganz wesentliche Rolle. Für uns Menschen ist Licht nur im Spektrum von 380 bis 760 Nanometer sichtbar²⁰, im Gegensatz zu den Lebewesen aus dem Tierreich. Deshalb sind uns bei der Farbgestaltung auch Grenzen gesetzt.

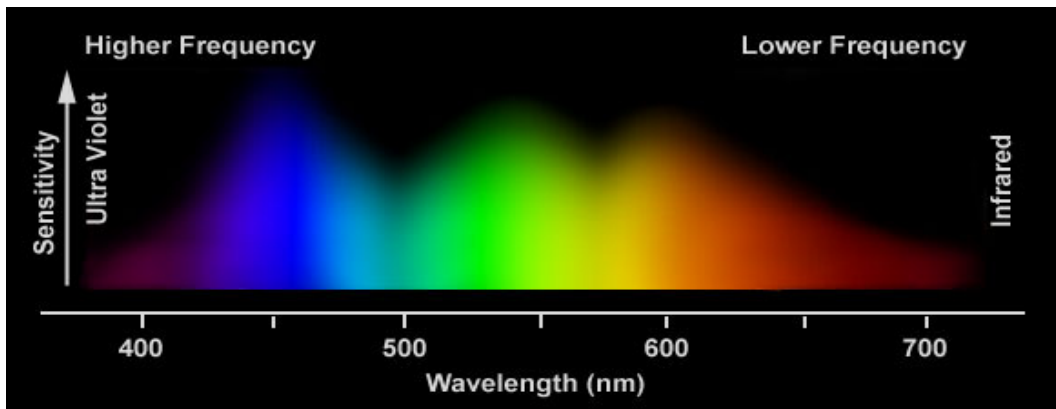
¹⁷ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 26

¹⁸ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 27

¹⁹ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 27

²⁰ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 37

Folgende Abbildung soll das farbliche Wahrnehmungsspektrum aufzeigen:



[Abb: Visual Perception:

<http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/aesthetics/perception.html>]

3.1 Ecological Optics from J.J. Gibson

Dank der Theorie von J.J. Gibson wurde die bisher bekannten Theorien über die Wahrnehmung zunichte gemacht. Gibson wies nach, dass Wahrnehmung sich auf „The Surface of Environment“ bezieht und nicht wie bis anhin angenommen wurde, auf die Bilder, die auf die menschliche Retina abgebildet wird²¹. Dies war der Durchbruch zum besseren Verständnis der menschlichen Wahrnehmung. Dabei legte Gibson fest, dass die Oberflächentextur eines der fundamentalen Eigenschaften von Objekten sei²². Dabei unterstützt die Textur die Erkennung und Wahrnehmung von Distanz, Raum und Form von Objekten²³.

4. Lightness, Brightness, Contrast and Constancy

Ausgangspunkt unserer Wahrnehmung ist, dass wir Menschen licht-sensitive Rezeptoren haben. Dabei fließen über Nervenzellen des Auges nur die relativen Größen des Lichtes und nicht die absolute Werten. Das bedeutet, dass sich die Rezeptoren auf die Kontrastunterschiede unter den Objekten konzentrieren und diese entsprechend verarbeiten. Dies führt dazu, dass der Mensch unter ganz bestimmten Umständen „die Informationen falsch einschätzt“ und einem „Error in Datareading“

²¹ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 38

²² vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 40

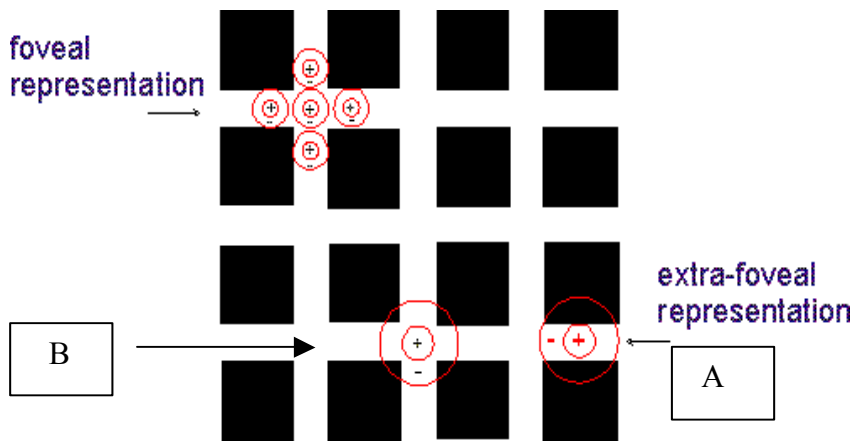
²³ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 40

unterliegt. Diese Eigenschaft weist darauf hin, dass die Wahrnehmung der Helligkeit ein „non - linearer Prozess“ ist, was grosse Auswirkungen auf die Graustufen-Codierung von Informationen²⁴ zur Folge hat.

4.1 Simultaneous Contrast and Errors in Reading MAPS

Kontrasteffekte in Visualisierungen können zu Beurteilungsfehler führen, insbesondere während dem Lesen von quantitative Zahlenwerte, die mittels Graustufen kodiert worden sind.²⁵

Das Hermann Grid Illusion Beispiel soll als Illusionsbeispiel das verdeutlichen:



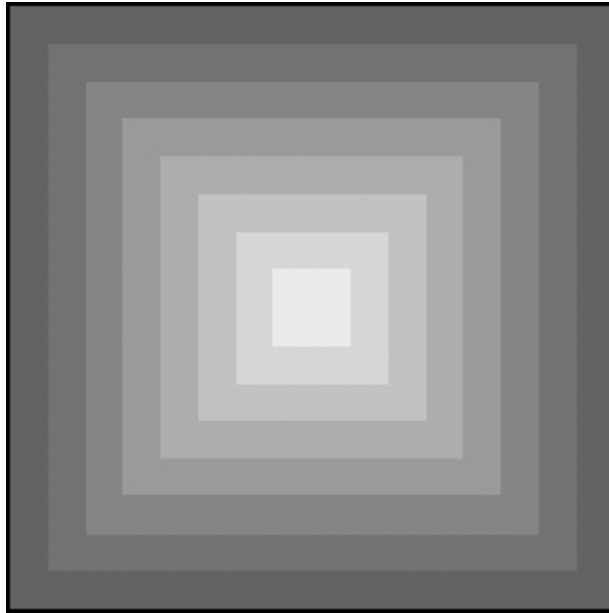
[Abb. Joy of Visual Perception: <http://www.yorku.ca/eye/hermann1.htm>]

Betrachten wir den Kreis A unten rechts zwischen den zwei schwarzen Rechtecken, so stellen wir fest, dass dieser Kreis dunkler ist als der Kreis, der durch Punkt B gekennzeichnet ist.

Aber auch der Chevreul Illusion ist ein schönes Beispiel, um die Problematik der Graustufen-Codierung bei falscher Anwendung, zu verdeutlichen.

²⁴ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 73 - 74

²⁵ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 78



[Abb. Chevreul Illusion: [www.psychology.psych.ndsu.nodak.edu/ .../Pyramid.JPG](http://www.psychology.psych.ndsu.nodak.edu/.../Pyramid.JPG)]

Durch die Graustufensequenzen scheinen die äusseren Ränder deutlicher dunkler als die nach innen gerichteten, was nicht der Fall ist.

4.2 Luminance, Brightness and Lightness

Kontrastreiche Visualisierungen bergen, wie bereits erwähnt, die Gefahr der falschen Interpretation der Daten mit sich. Doch gleichzeitig dient es dazu, den Mechanismus der menschlichen Wahrnehmung zu verstehen²⁶.

Um sich bei Visualisierungen zurecht zu finden, muss heute die Möglichkeit geboten werden, Objekte in der Anwendungsumgebung zu verändern um deren Eigenschaften individuell zu bestimmen. Die Lichtstärke ist dabei lediglich Vorbedingung für das Sehen und andererseits benötigen wir keine Kenntnisse über hell oder dunkel. Die Eigenschaften der Oberfläche genügt dabei vollkommen. Die Evolution hat dazu geführt, dass der Mensch Informationen über eine Oberfläche aufnehmen kann die oft zu Lasten der Qualität und Quantität des aufgenommen Lichtes geht. Deshalb spricht man heute auch von „Color Constancy“, weil Farboberflächen untersucht werden und nicht die Farblichter.

²⁶ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 85

Lichtquantität wird dabei wie folgt definiert:

- a) Luminance
 - a. Bezieht sich auf die gemessenen Lichtwerte, die von Raum her einfallen
- b) Brightness
 - a. Bezieht sich auf die wahrgenommenen Lichtwerte, die von einer Quelle ausgehen
- c) Lightness
 - a. Bezieht sich auf die wahrgenommene Reflexion der Oberfläche. Ein weisser Untergrund ist „hell“, ein schwarzer Untergrund ist „dunkel“. Auch Schatten sind dem Lightness zuzumessen²⁷.

4.3 Luminance

Diese spezielle Helligkeit ist eine physikalische Messeinheit, die dazu benutzt wird, den Betrag des Lichtes in einer sichtbaren Umgebung eines elektromagnetischen Umfeldes, zu messen. Sie gibt Auskunft über die relative Sensitivität des menschlichen Auges in Bezug auf die unterschiedlichen Wellenlängen des Lichtes²⁸. Sie beschreibt demnach die Sensitivität des „Luminance-Channel“. Es dient dabei als Grundlage von wichtigen theoretischen Konzepten. Es wird dabei postuliert, dass es die Basis ist für die meisten Mustererkennungen, Tiefenwahrnehmung und Wahrnehmung von Bewegungen²⁹. Man kann daher sagen, dass man ohne „Luminance“ nicht leben kann – aber man kann ohne Farben überleben. Die Graustufen bieten die Möglichkeiten für Wahrnehmung von subtilen³⁰ Detailinformationen, Unterscheidung von Objektformen durch Schattierungen, erlaubt Tiefenwahrnehmung sowie viele andere Aspekte der Musterwahrnehmung.

²⁷ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 85 - 86

²⁸ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 87

²⁹ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 88

³⁰ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 102

4.4 Contrast and Constancy

Der Kontrast-Mechanismus unterstützt das Erreichen einer Gleichmässigkeit in der Helligkeit, indem es die unterschiedlichen Helligkeiten, speziell im Randbereich der Objekten, verdeutlicht³¹. Doch in modernen Bildschirmen werden Kontraste schlecht dargestellt, da Bildschirme über keine eigentlich Oberflächenbeschaffenheit (Textur) verfügen. Da Bildschirme Selbstleucht-Mechanismen haben führt es dazu, dass der „Lightness-Contrast“ Mechanismus nicht vollständig genutzt werden kann.

Interessanterweise konnte festgestellt werden, dass die Wahrnehmung der Oberflächenhelligkeit und Farben sehr oft kritisch ist. Heute werden lediglich der mittlere Teil der Monitore benutzt, um Daten zu visualisieren, so dass die Adaption des Auges von der Helligkeit der Raumbelichtung abhängig wird. Das führt dazu, dass Raumbelichtungen immer hell sein müssen, um damit keine Verschlechterung der Wahrnehmung auf den Bildschirmen herbeigeführt wird³².

5. Color

Wie nie zuvor werden heute Farben in viele Anwendungsprogrammen benutzt, um damit Informationen so zu gestalten, damit sie auch wahrgenommen werden. Dabei soll Farbe dazu helfen, die „Tarnung“ der versteckten Informationen, innerhalb grosser Datenmengen aufzudecken³³.

Nach Gibson haben Farben einen „Ecological Aspect“ der hinweist, wie Farben dazu benutzt werden können, um Informationen darzustellen. Gibson hält fest, dass Farbe nur ein „Attribut“ eines darzustellenden Objektes, ist.

Farben eignen sich insbesondere für das „Labeling“ (Beschriftung) und die Kategorisierung von Daten, ist aber hinderlich beim Versuch Formen, einen hohen Detaillierungsgrad oder einen Raum, darzustellen³⁴. Diese Mächtigkeiten bleibt dem Luminance-Channel vorbehalten.

³¹ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 92

³² vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 97

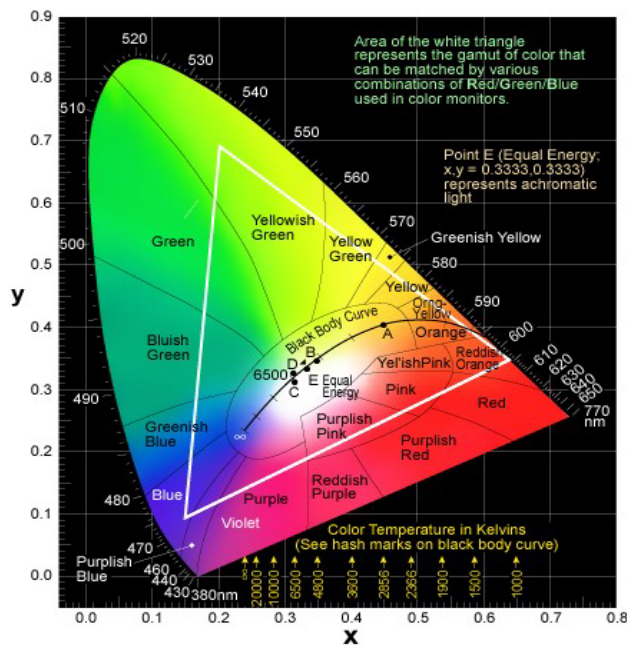
³³ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 104

³⁴ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 105

5.1 Trichromacy Theory

Ein sehr wichtiger Aspekt in der Farbwahrnehmung ist, dass unsere Rezeptoren im Auge, „Cones“ (Kegel) genannt, 3 Hauptfarben unterscheiden: rot, gelb, blau. Diese Theorie ist auch als „Trichromacy Theory“ bekannt. Dabei werden die Farben als chromatische Farben klassifiziert³⁵.

Folgendes Abbild zeigt das Abbild der chromatischen Farben, die in XYZ Koordinaten 3-dimensional dargestellt sind:



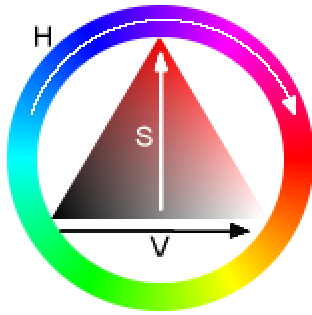
[Abb: CIE Chromaticity Diagram: <http://www.ledtronics.com/datasheets/Pages/chromaticity/097b.htm>]

Neben dem CIE Farbenmodell gibt es auch noch andere, wie den HSV (Hue Saturation Value) Color Space, der heute als die „non-lineare“ Transformation des RGB Modells angesehen wird³⁶.

Das folgende Abbild soll es verdeutlichen:

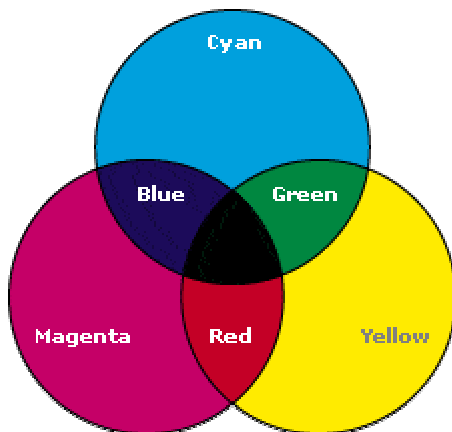
³⁵ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 105

³⁶ vgl. Wikipedia Enciclopedia: http://www.wikipedia.org/wiki/HSV_color_space



[Abb: HSV Color Space: http://www.wikipedia.org/wiki/HSV_color_space]

Aber auch aus der täglichen Praxis ist das CMYB Modell (Cyan, Magenta, Yellow, Black) bekannt, da er die Farben der Tintenfarbpatronen der Drucker widerspiegelt. Dabei funktioniert das CMYK nach dem „Lichtabsorptions -Prinzip“. Die Farben, die gesehen werden gehören zu denen Farben, die vom Licht nicht absorbiert werden³⁷. Das folgende Abbild soll das verdeutlichen.



[Abb. CMYK Color Model: <http://www.studio1webdesign.com/basics4.html>]

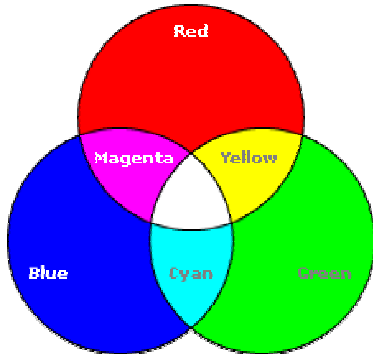
Ein häufiges, vernachlässigtes Phänomen ist dabei, dass rund 1 % der weiblichen und 10 % der männlichen Population der Farbblindheit unterliegen, indem sie die Farben rot-grün nicht unterscheiden können. Ein Aspekt, dass heute in der Anwendung von Farbcodierung berücksichtigt werden sollte, indem Alternativlösungen angeboten werden.

Trotz den Nachteilen der Farbblindheit haben sich die 3 Farben als Standardfarben durchgesetzt und heute findet man es als RGB-Standard (Rot-Grün-Blau) wieder³⁸.

³⁷ vgl. Wikipedia Enciclopedia :<http://www.wikipedia.org/wiki/CMYK>

³⁸ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 110

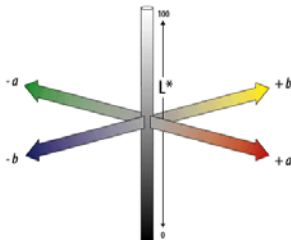
Das Beispiel soll die RGB Farben aufzeigen und die damit verbunden Möglichkeiten, CMY Farben zu generieren.



[Abb. RGB Color Model: <http://www.studio1webdesign.com/basics4.html>]

5.2 The Opponent Process Theory

Bereits anfangs des 19. Jahrhundert wurde festgestellt, dass es 6 grundlegende Farben gab, die von Menscheauge erfasst werden konnten: schwarz-weiss, rot-grün, gelb-blau. Diese Farben werden als gegenüberliegende Paare über 3 Axen verteilt.



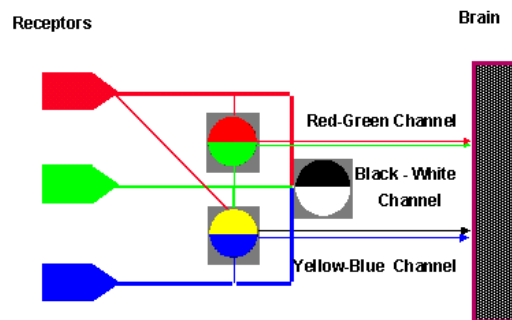
[Abb.: ADOBE – Color Axes:

<http://www.adobe.com/support/techguides/color/colormodels/cielab.html>]

Die zugrunde liegende Theorie von Ewald Hering heisst „Opponent-Process-Theory“. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass das Licht als Input auf die „Cones“ einfällt, worin sich das Licht dann in 3 unterschiedliche Kanäle teilt. Der „Luminance Channel“ (schwarz-weiss Bereich) ergibt sich aus dem Input aller 3 Cones. Der rot-grün-Channel entsteht aus der Differenz der Lang- und Kurzwellen-Signale und der gelb-blau-Channel entsteht aus den Kurzwellen-Signale und die Summe der beiden anderen Kanäle³⁹. Folgendes Abbild soll das verdeutlichen:

³⁹ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 119

Opponent theory of vision Hering



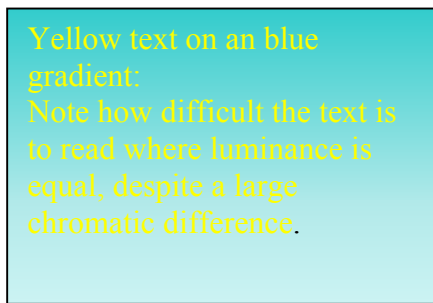
[Abb: Hering: Opponent Theory of Vision: <http://www.colourware.co.uk/cpfaq/q2-6.htm>]

5.3 Properties of Color Channel

Von seitens der Datenvisualisierung sind die unterschiedlichen Eigenschaften der Farbspektren wichtig in Bezug auf deren Anwendung. Die grössten Unterschiede liefern dabei die 2 chromatischen Farbbereiche und der „Luminance-Channel“. Ein wichtiger Aspekt bei Farbcodierung ist, dass der entsprechende „Farbkontrahent“ (siehe Opponent Process Theory) sich nicht in der Helligkeit unterscheiden muss, um einen Unterschied in der Wahrnehmung herbeizuführen. Solche Muster nennt man auch „Equiluminous Pattern“⁴⁰.

Trotz allem können auch der Einsatz von chromatischen Farben zu unangenehmen Nebenwirkungen führen, wenn dabei die Helligkeit der Buchstaben gleichbleibend ist aber sich der Hintergrund ändert. Das Beispiel „gelber Text“ auf „blauen Hintergrund“ soll das verdeutlichen.

⁴⁰ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 123



[Abb: Created by Luciano Cavallo]

5.4 Stereoscopic Depth and Forms

Interessant ist, dass man bereits Ende der 70er Jahre (Lu Fender; 1972; Gregory 1977) herausfand, dass es praktisch unmöglich ist, mittels chromatischen Farben eine 3-dimensionale Tiefenwahrnehmung zu erkennen. Diese Möglichkeit ist nur mittels Graustufen effizient möglich⁴¹.

Da unser Auge spezialisiert ist, Formen aufgrund ihrer Oberflächenschattierung wahrzunehmen (siehe J.J. Gibson), so würde der Wechsel von Graustufen auf Farben eine starke Verminderung der Aussagekraft herbeiführen.⁴² Effiziente Wahrnehmung von Gestalten und Formen ist demnach dem Luminance-Channel vorbehalten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass chromatische Farben unter gewissen Umständen dem „Luminance-Channel“ untergeordnet sind. Farben entwickeln ihre Stärke dort, wo Hervorhebungen von Datenkategorien Gegenstand der Aufgabe sind. Gestalten, Formen, bewegende Bilder und Detailinformationen wie Texte sollten nach Gregory (1977) nicht mittels chromatischen Farben codiert werden⁴³.

⁴¹ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 123

⁴² vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 123

⁴³ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 124

5.5 Application of Color in Visualization

Betrachtet man die Anwendungsgebiete für die Farbcodierung, so lassen sich 5 Hauptkategorien festlegen:

1. Color Specification Interfaces and Color Spaces
2. Color for Labeling
3. Color Sequences for Maps
4. Color Reproduction
5. Color for Exploring Multidimensional Discrete Data

Ich wende mich insbesondere dem „Color for Labeling“ zu, da die anderen Kategorien für die hier zu liegenden Untersuchung nicht von Bedeutung sind. Verweise jedoch auf die Wichtigkeit dieser Kategorien in Colin Ware: Information Visualization, Kapitel 4.⁴⁴

Man weiss heute, dass Farbcodierung ein sehr effektives Instrument zur Datenvisualisierung ist speziell, wenn wir die zugrunde liegenden Daten kategorisiert werden müssen, indem den Objekten unterscheidbare Farben zugeordnet werden⁴⁵. Aber sie dienen auch dazu, die Aufmerksamkeit eines bestimmten Objektes, auf sich zu ziehen⁴⁶. Folgendes Bild soll das verdeutlichen.



[Abb. [Inf@Vis](http://www.infovis.net/E-zine/2002/num_95.htm) :Colors to Focus Attention http://www.infovis.net/E-zine/2002/num_95.htm]

⁴⁴ vgl. Ware, C: Information Visualization, Chapter 4

⁴⁵ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 124

⁴⁶ vgl. [Inf@Vis](http://www.infovis.net/E-zine/2002/num_95.htm) - The Digital Magazin: Edward Tufte: Envisioning Information http://www.infovis.net/E-zine/2002/num_95.htm

Dank den Farben können wichtige Eigenschaften von visuellen Objekten hervorgehoben werden. Farbcodierung dient daher, eine Eigenschaft zu unterstreichen und wird oft als „Nominal Informaton Coding“ bezeichnet. Daher kann gesagt werden, dass Farben in nominalen⁴⁷ Kodierungen sehr effektiv sind, indem die qualitativen Merkmale hervorgehoben werden.

Es gibt einige wichtige Wahrnehmungsfaktoren, die bei der Wahl der Farbgebung berücksichtigt werden sollten.

1. **Distinctness: (Klarheit)** Sehr oft ist es wünschenswert, dass man zwischen zwei Farben rasch die Objekte unterscheiden möchte. Deshalb sollten auch Farben so gewählt werden, die das unterstützen. Dabei gibt es die Prinzipien der harmonischen Farbgestaltung, die zu Rate gezogen werden können⁴⁸.
2. **Unique Hues: (Einzigartige Bunttöne)** Die Farbtöne rot, grün, blau, gelb sowie schwarz und weiss werden in der „Opponent Process Theory“ beschrieben. Diese Farben eignen sich, wenn eine geringe Anzahl Objekte unterschieden werden müssen. Um eine Farbverwirrung zu vermeiden, wird empfohlen, keine zwei Farben von der gleichen Farbkategorie einzusetzen.
3. **Contrast with Background: (Kontrast mit dem Hintergrund)** Zeitgleicher Kontrast mit der Hintergrundfarbe kann zu einer drastischen Veränderungen in der Farberscheinung herbeiführen, indem unterschiedlichen Farben gleich aussehen. Das ist einer der wichtigsten Gründe, weshalb wenige Farben zu gebrauchen sind.
4. **Color Blindness: (Farbenblindheit)** Wo immer Farben eingesetzt werden müssen, muss beachtet werden, dass rund 10 % der männlichen Bevölkerung und 1 % der weiblichen Bevölkerung die Farbtönen rot-grün nicht unterscheiden kann und wenige auch den Bereich gelb-blau.
5. **Number: (Anzahl)** Obwohl Farbcodierung ein sehr mächtiges Werkzeug ist, sollten Farbencodierungen von Objekten möglichst klein gehalten werden, da sonst

⁴⁷ Qualitative Merkmale, deren Ausprägung keiner Rangordnung unterliegen

⁴⁸ vgl. Küppers Farbenlehre: <http://www.darmstadt.gmd.de/~crueger/farbe/farb-harm.html>

ein Übermass an Reizen sich selbst neutralisieren und die Aufmerksamkeitswirkung verlieren.

6. Field Size: (Feldgrösse) Farbcodierte Objekte sollten nicht zu klein sein, speziell wenn Unterschiede im Bereich gelb-blau hervorgehoben werden sollte. Je grösser die Fläche ist, desto besser sind die Farbunterschiede wahrnehmbar. Sind kleine Objekte mit Farben zu versehen, so eignen sich stark gesättigte Farben. Falls die Farbe dazu benutzt werden soll, Textstellen zu markieren, so sollten die Farben „hell“ und mit geringer Sättigung sein, damit keine grossen Interferenzen mit dem schwarzen Text auf hellen Hintergrund hervorgerufen wird.

7. Conventions: (Übereinkommen) Kulturelle Unterschiede sollten in der Anwendung von Farben mitberücksichtigt werden. Einige allgemeine Vereinbarungen für den Europäischen Raum sind:
rot = warm, Gefahr, blau= kalt, grün=Leben, „go“. Diese Konventionen gelten zum Beispiel nicht für China⁴⁹.

6. Visual Attention and Information that Pops Out

Wenn man heute von Visualisierung spricht so wird darunter auch automatisch subsumiert, dass man unter den Datenmengen „Muster“ erkennen möchte. Hier stellen sich daher die Fragen, wie kann man „Regionen“ oder „Cluster“ wahrnehmen? Welche Eigenschaften müssen erfüllt sein, um eine „Gruppierung“ zu erkennen. Solche und ähnliche Fragen müssen für eine effiziente Visualisierung geklärt werden.

Erste Ansätze zum Verständnis der Musterwahrnehmung wurde anfangs des 19.Jahrhunderts durch eine Gruppe Deutscher Psychologen geliefert. Heute findet man diese grundlegenden Erkenntnisse als die „Gestalt Gesetze“ wieder.

6.1 Gestalt Laws

Gründe, weshalb noch heute die Gestaltgesetze ihre Richtigkeit behalten haben liegt in der Tatsache, dass sie eine klare Beschreibung vieler fundamentaler

⁴⁹ vgl. Ware, C: Information Visualization: Color Labling, S. 133 - 136

Wahrnehmungsphänomene liefern⁵⁰. Diese sieben Gestaltgesetze beschreiben in eindrücklicher Art und Weise die Designprinzipien für die Informationsvisualisierung und ist daher auch Gegenstand meiner wissenschaftlichen Seminararbeit.

6.2 Proximity

Das Prinzip der Nähe erlaubt Gruppierungen vorzunehmen, die sich auf Grund der Nachbarschaftsnähe ergibt. Visuelle Stimuli führen dazu, dass die Nähe den Gruppierungseffekt auslöst. Das unten angeführte Abbild soll den Eindruck geben, als ob die Kreise paarweise angeordnet wären⁵¹.

Folgende Abbildung soll das Prinzip verdeutlichen:



[Abb. Visual Perception:

<http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/aesthetics/perception.html>

6.3 Symmetry

Symmetrie ist eines der mächtigsten Organisationsprinzipien. Dabei werden symmetrische Objekte viel stärker wahrgenommen als beispielsweise parallele Figuren. Das folgende Beispiel soll einen Eindruck darüber vermitteln:



[Abb. Visual Perception:

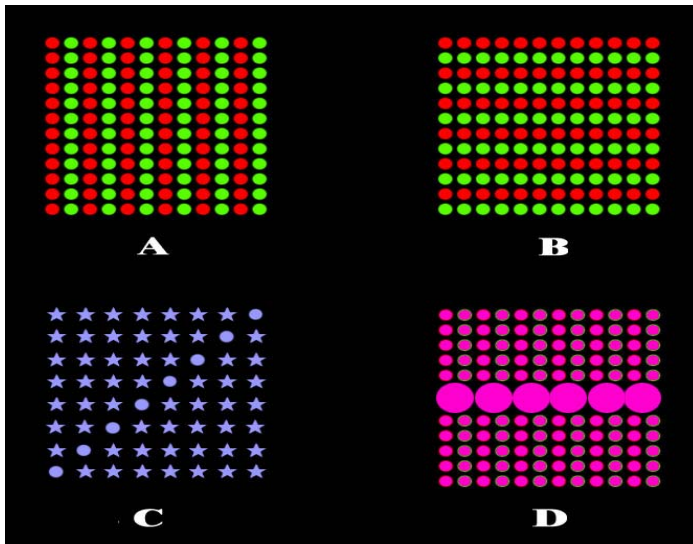
<http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/aesthetics/perception.html>

⁵⁰ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 203

⁵¹ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 205

6.4 Similarity

Sind die Distanzen unter den Objekten gleichmässig, so hinterlässt es den Eindruck der Gruppierung. In Abb. A erhält man diesen Effekt mittels Spalten, in Abb. B mittels Zeilen. Doch kann die Ähnlichkeit auch mittels unterschiedlichen Formen (Abb. C) oder Farben (Abb. D) erreicht werden.⁵²

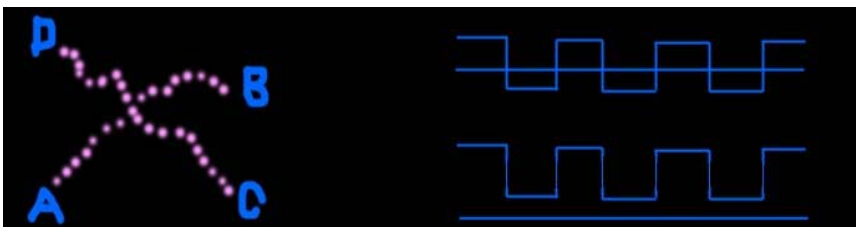


[Abb. Visual Perception:

<http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/aesthetics/perception.html>

6.5 Continuity

Das Prinzip der Kontinuität wird dadurch herbeigerufen, dass die Objekte so erscheinen, als ob sie in derselben Richtung gehen würden. Die Richtung kann dabei geradlinig sein oder auch kurvig⁵³. Die folgende Abbildung soll das verdeutlichen:



[Abb. Visual Perception:

<http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/aesthetics/perception.html>

⁵² vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 205

⁵³ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 206

6.6 Closure

Das Prinzip der Geschlossenheit stellt unter den Gestaltgesetzen insofern eines der interessantesten dar, weil obwohl das Stimulusobjekt unvollständig ist, die Fragmente als geschlossene Einheit wahrgenommen werden⁵⁴. Folgendes Abbild verdeutlicht es in eindrucklicher Art und Weise.



[Abb. Visual Perception:

<http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/aesthetics/perception.html>

6.7 Figure and Ground

Der Figur-Grund Effekt gehört auch zu den grössten Interessengebiete von Gestaltpsychologen. Als Figur wird ein Objekt definiert, das „im Vordergrund“ wahrgenommen wird. Als Grund dagegen die Fläche, die sich hinter dem erwähnten Objekt befindet.

Der Effekt dieses Gesetzes soll anhand der berühmten „Rubin’s Vase“ verdeutlicht werden:

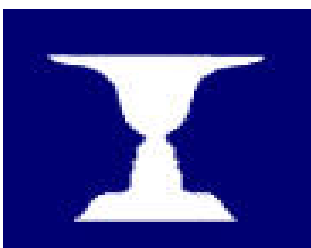


Abb. A



Abb. B

[Abb. Visual Perception:

<http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/aesthetics/perception.html>

⁵⁴ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 209

Abb. B: das Objekt ist umgeben von weissen Hintergrund und geschlossenen Konturen was dazu führt, dass diese Form eine Figur ist.

Abb. A: Rubin's Vase: Hier ist der Unterschied zwischen Figur und Hintergrund annähernd gleich, sodass die Wahrnehmung zweier Objekte möglich ist: Gesicht und Vase.

6.8 Contours

Konturen sind ständig wahrgenommen Grenzlinien zwischen visuellen Objekten. Konturen können dabei als Linien, als Grenzlinie, als Texturen etc. definiert werden. Einer der interessantesten Effekte ist die sogenannte „Illusory Contour“⁵⁵. Folgendes Abbild soll das verdeutlichen.



[Abb. Visual Perception:

<http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/aesthetics/perception.html>

Wie von „Geisteshand“ können die Konturen der Objekte erkannt werden, obwohl sie nicht existieren.

7. Image and Words

Obwohl die Datenvisualisierung ein mächtiges Tool ist, gibt es viele Informationen, die nicht graphisch dargestellt werden können. Nach wie vor brauchen wir Wörter, um den Inhalt eines Dokumentes semantisch deuten zu können. Aber gleichzeitig wird auch der Wunsch nach einer assoziativen Struktur zwischen visuellem System und verbalem System immer offensichtlicher. Die „Dual Coding Theory“ von Paivio sagt dabei aus, dass es zwei positive Subsysteme gibt, wobei das eine System sich auf

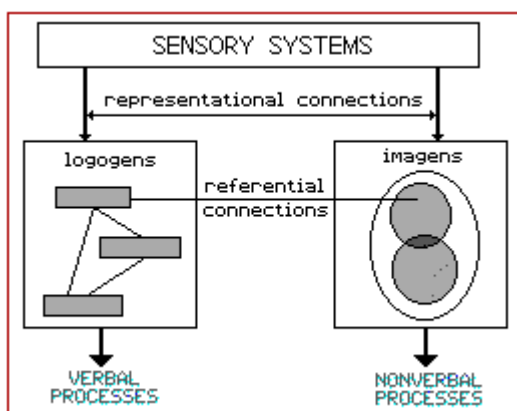
⁵⁵ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 214

die Darstellung und Abwicklung von „nicht-verbalen Objekte“ ausrichtet, während dem sich das andere System auf die Behandlung von Sprachen spezialisiert hat.

Dabei postuliert Paivio, dass man zwei Repräsentationstypen unterscheiden muss:

- a) „imagens“ für das mentale Abbild (nonverbale Prozesse)
- b) „logogens“ für die verbalen Einheiten, welche die Ähnlichkeit beschreiben⁵⁶(verbale Prozesse).

Das folgende Abbild soll das verdeutlichen:



[Abb: Kearsley, G: Dual Coding Theory (Paivio): <http://tip.psychology.org/paivio.html>]

Dabei wird von Paivio festgehalten, dass visuell-räumliche Information über menschliche sensorische System wahrgenommen werden. Dabei werden diese Art von Informationen direkt über die assoziative Struktur⁵⁷ in das nonverbale „imagens“- System geführt.

Textuelle Informationen dagegen erreichen ihr Endziel im verbalen „logogens“- System. Dabei können zwischen „imagens“ und „logogens“ auch Querverbindungen vorliegen⁵⁸. Zur Erläuterung sei erwähnt: Lesen wir das Wort „Hund“, so wird automatisch von unserem Gehirn aus dem Wort das dazugehörige „visuelle Abbild“ generiert und wir sehen „im inneren Auge“ einen Hund. Diese Theorie des „visuellen Denkens“ wurde erst vor kurzem erforscht. Neuere Forschungsergebnisse der „visuellen Gehirnthorie“ ergänzt dabei, dass diese visuelle Objektverarbeitung und Objekterkennung Teil desselben Prozesses⁵⁹ sind. Dies erklärt daher auch die

⁵⁶ vgl. Kearsley, G: Dual Coding Theory (Paivio): <http://tip.psychology.org/paivio.html>

⁵⁷ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 312

⁵⁸ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 312

⁵⁹ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 312

Überlegenheit der Wahrnehmung gegenüber des Erinnerns. Wir sind daher sehr oft in der Lage, uns an etwas zu erinnern, das in der Vergangenheit lag. Aber indem der Versuch gestartet wird, diese Erinnerung in unserem Gehirn eine Form oder Gestalt zu geben, fällt uns oft schwer⁶⁰.

7.1 Images versus Words

Wie bereits durch Paivio gezeigt, ist die Überlegenheit von einem graphischen Abbild gegenüber textueller Information, eindeutig. Doch diese Theorie kann nicht verallgemeinert werden. Generell kann man sagen, dass sich eine visuelle Information besser eignen für räumliche Strukturen, Räume und Detailrepräsentationen. Wörter oder Text hingegen haben die Stärken im Bereich „prozeduraler Informationen“, Abstracts verbaler Konzepte etc. die den günstigeren Ausgangspunkt verzeichnen⁶¹. Dies soll wie folgt ergänzt werden:

- a. Visuelle Informationen eignen sich um strukturelle Beziehungen aufzuzeigen. Siehe folgendes Abbild: Metro Map. Hier ist die Überlegenheit eines Abbildes offensichtlich.



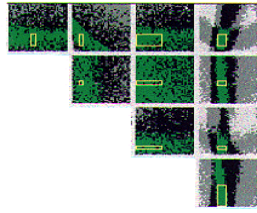
[Abb. DARPA MetroMap:

<http://www.darpa.mil/body/information/location.html>]

- b. Aufgaben, die Informationen lokalisieren müssen, können mittels Graphik besser übermittelt werden. Folgendes Abbild zeigt die „Prosection Matrix“ von Bob Spence: Dank dieser Visualisierung sind Cluster im Datenbereich sofort ersichtlich, was bei einer rein textuellen oder numerischen Datenflut nicht möglich wäre.

⁶⁰ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 313

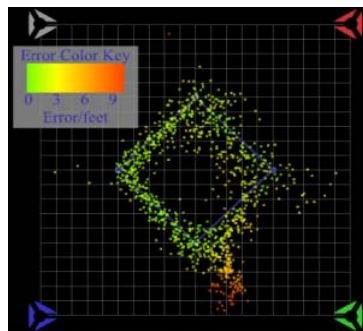
⁶¹ vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 319



[Abb. Bob Spence: Prosection Matrix: Support the Performance of Task by Visualization:

<http://www.ee.ic.ac.uk/research/information/www/Bobs.html#Visualisation>]

- c. Visuelle Informationen können besser erinnert werden als verbale Informationen. Aber das gilt nicht für abstrakte Bilder.
- d. Visuelle Informationen eignen sich ausgezeichnet, Detailinformationen und das Erscheinungsbild hervorzuheben. Das folgende Abbild zeigt, dass mittels Farbcodierung Eigenschaften innerhalb von Daten visualisiert werden können.



[Abb. Soft Graph Coloring: Details Recognition by Color Coding Errors

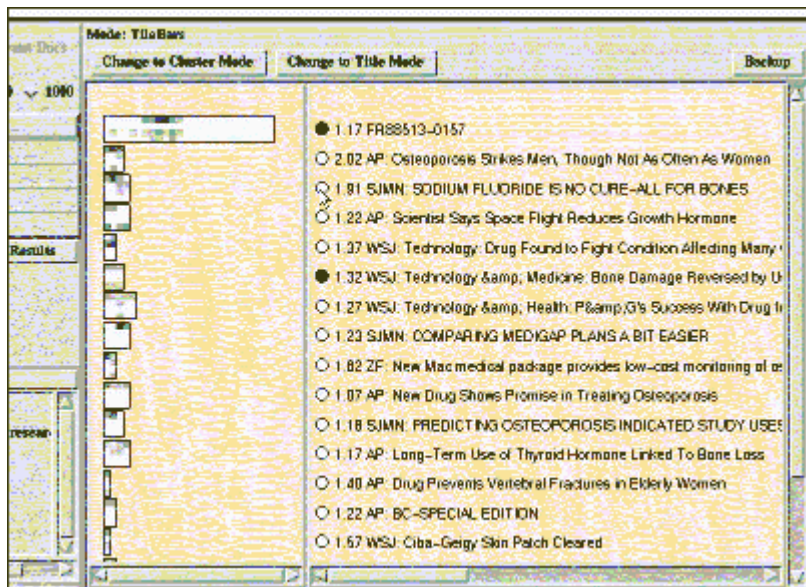
<http://ants.kestrel.edu/challenge-problem/Y1/>]

- e. Text eignet sich besser um abstrakte Konzepte zu vermitteln
- f. Für prozedurale Informationen eignen sich Text aber auch die verbale Sprache
- g. Um Informationen, die spezifische Bedingungen enthalten, zu qualifizieren, eignet sich der Text oder die verbale Sprache⁶²

⁶² vgl. Ware, C: Information Visualization, S. 319-320

7.2 TileBars – The new Display Paradigma

Dank der hervorragenden Arbeit von Marti Hearst gelang es ihm, Mitte der 90er Jahre eine neue Art der Visualisierung vorzustellen. Gegenstand des Information Retrieval war es, dem User ein effektives Werkzeug zur Verfügung zu stellen, um die von ihm spezifizierten Informationsbedürfnisse zu befriedigen⁶³. Er versuchte, textuelle und visuelle Ergebnisse darzustellen indem er das neue Display-Paradigma, die TileBars, vorstellte. Folgendes Abbild zeigt die TileBars.



[Abb. Hearst, Marti: TileBars:

<http://www.sims.berkeley.edu/~hearst/irbook/10/node7.html#SECTION00161000000000000000>]

Dieses Interface erlaubt es dem User, seine Anfrage mittels wohldefinierter Argumenten zu stellen, wobei die Ergebnisse mittels Farbcodierung der TileBars visualisiert werden⁶⁴. Dabei stellt diese Art von Datenaufbereitung eine visuell kompakte und informative Dokumentenrepräsentation dar. Dies ermöglicht dem User auf einen Blick folgende Merkmale zu erkennen:

⁶³ Hearst, Marti: TileBars: Visualization of Term Distribution Information in Full Text Information Access, 1995

⁶⁴ Hearst, Marti: TileBars:

<http://www.sims.berkeley.edu/~hearst/irbook/10/node7.html#SECTION00162200000000000000>

- a) Relative Länge des Dokumentes
- b) Die Häufigkeit der Terme im Dokument
- c) Die Verteilung der Terme im Dokument⁶⁵

Die Grösse der Vierecke weist dabei auf die relative Grösse der Dokumente hin. Die innerhalb sich befindenden Rechtecken beziehen sich dabei auf die im Dokument befindende Textfiles. Je dunkler der „Tile“, desto häufiger der entsprechende Term. Diese Visualisierung basiert dabei auf die Erkenntnisse von den „Natural Pattern-Recognition Capabilities“ des menschliches Wahrnehmungssystem wo postuliert wird, dass mittels Graustufenkodierung die Muster „rascher abgetastet“, erkannt und entziffert⁶⁶ werden.

Marti Hearst macht sich dabei folgende Visualisierungseigenschaften zu nutze:

- a) Werte werden mittels Graustufen kodiert (Luminance-Channel)
- b) Werte und Textur sind ordinal (optimal für Luminance-Channel)
- c) Weiss=“less“, Dunkel=“more“
- d) Die natürlichen visuellen Hierarchie und unterschiedlichen Grauschattierungen zeigen die unterschiedlichen Werte besser als mittels Farbcodierung⁶⁷.

7.3 The importance of Document Structure

Das Problem, Ähnlichkeitssuche auf Textdokumente anzuwenden ist, dass Volltexte sich in der Struktur und Grösse von Titel oder Abstracts grundlegend unterscheiden. Hier finden wir nicht die Kompaktheit oder die Informationsdichte, die uns das Leben erleichtern. Grosse Dokumente haben oft Unterthemen und Absätze, die eng untereinander verflochten sind. Die „visuellen Hinweise“ der Tiles erfüllen dabei eine wichtige Aufgabe, nämlich dem User die relative Länge des Dokumentes, die

⁶⁵ Hearst, Marti: TileBars:

<http://www.sims.berkeley.edu/~hearst/irbook/10/node7.html#SECTION00162200000000000000>

⁶⁶ Hearst, Marti: TileBars:

<http://www.sims.berkeley.edu/~hearst/irbook/10/node7.html#SECTION00162200000000000000>

⁶⁷ Hearst, Marti: TileBars: Visualization of Term Distribution Information in Full Text Information Access, 1995 S. 2 - 3

Häufigkeit der Terme im Dokument sowie die Verteilung der Terme bekanntzugeben.⁶⁸

8. Cognitive Aspects of INVISIP

INVISIP wurde im Januar und Februar 2003 durch den Verfasser dieser Seminararbeit auf kognitive Aspekte hin getestet. Basis der Untersuchung war die Version vom 09. Dezember 2002⁶⁹. Ziele des Usertest war es, erste kognitive Erkenntnisse in Bezug auf Formen, Muster, Strukturen und Farben zu erhalten.

Getestet wurde der Bereich

- a) Scatterplot
- b) Browser View
- c) Super Table
- d) und die Granularity Table

8.1 Scatterplot

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der 2-dimensionale Scatterplot ein hervorragendes Instrument zur Datenvisualisierung ist, der geeignet ist zur Aufbereitung von bivariaten Daten. Besonders geeignet ist der Scatterplot zur raschen Identifikation von Ausreißer in der 2-dimensionale Ebene. Der Test hat ergeben, dass diese Art von Datenvisualisierung bekannt und auch in der Praxis erprobt war. Die schnelle Wahrnehmung der Muster ist ein Hinweis, dass es die preattentive Prozesse unterstützt und daher als ein mächtiges Tool betrachtet werden kann. Der geringe Farbeinsatz hat sich hier bewährt.

8.2 Browser View

Da die Browser View lediglich das Volltextdokument erzeugte, wurde es als solches erkannt und unterlag keiner besonderen Reaktion. Störend empfunden wurde die

⁶⁸ Hearst, Marti: TileBars: Visualization of Term Distribution Information in Full Text Information Access, 1995, S. 3

⁶⁹ Luciano Cavallo: Kognitive Aspekte des Metadatenbrowser INVISIP – Usertest, 2003

Farbcodierung des Textes, was zu einem Reizüberfluss und daher zum Desinteresse geführt hat, das Dokument zu lesen.

8.3 Super Table

Im Super Table dominierten insbesondere die farbenreiche Gestaltung, die bei den User Verwirrung in der Interpretation der zugrunde liegenden Diagramme führte. Der Mix an stark gesättigten Farben ergab, dass die Aufmerksamkeit vorhanden war aber gesamthaft nicht zu einer klaren Identifikation der eigentlichen Kerninformationen führte, da zu viele Reize eine Fokussierung auf das Wesentliche nicht zuließen. Die Farbe rot bei einem Attribut wurde von den meisten Testpersonen so interpretiert, als würde das Attribut wichtiger sein als all die anderen. Damit wurde intuitiv der eigentliche Aufgabe der Relevanzkurve (in Farbe schwarz), missverstanden, da rot als „wichtig“ interpretiert wurde.

Im Level 2 und 3 wurde der Textbereich als dominierend empfunden. Die zu grossen Abständen in den farbkodierten Balken liessen weder einen vertikalen noch horizontalen Vergleich unter den Attributen zu, was zu Unklarheit und Missverständnisse geführt hat.

Vermisst wurde ab dem Level 2 die eindeutige Hervorhebung der Gesamtrelevanzen der Dokumenten, die hinweisend ist für den eigentlichen Entscheid, welche Dokumente betrachtet werden sollten. Da die Relevanz mit der Farbe schwarz versehen ist, wurde sie teilweise ignoriert und durch die gesättigten Farben der Attribute zweitrangig eingeordnet, was zu einer leichten Konfusion geführt hat. Im Level 3 wurden von den meisten die Relevanzkurve übersehen. Im Level 4 dominierte die farbige Relevanzkurve wobei die unterschiedlichen Grösse der Rechtecke nicht als die relative Grösse des Dokumentes erkannt worden ist. Der Kontrast mit dem Hintergrund muss verstärkt werden, insbesondere die Randbereiche der Vierecke. Die Farbcodierung der Worte im Text wurde als störend empfunden.

8.4 Granularity Table

In der Granularity Table, Level 1 wurde die Grösse der Relevanz als zu imposant empfunden ohne eine Aussage dahinter zu sehen. Hier wurde das Prinzip der Kontinuität verletzt, da die Relevanzgrösse in den vorherigen Levels kleiner war. Der Hervorhebungseffekt ist hier nicht gelungen. In der zweiten Granularitätsstufe war der Farbbereich dominierend. Die kumulierten Balkendiagramme der einzelnen Attribute konnte nicht richtig interpretiert werden. Die Frage taucht auf, weshalb hier diese Relevanzen kumuliert seien, was bei den Usern zu keinem rationalen Verständnis geführt hat. Dagegen wurde der visuelle Hinweis vermisst, welche Dokumente höchste Relevanz hätten. Der Granularitätslevel 3 und 4 ist ähnlich wie sein Vorgänger. Auch hier war der Farbbereich dominierend aber die untereinander geschichteten Relevanzen der Attribute liessen keine rationale Schlussfolgerung zu und brachten daher auch keinen Mehrwert. Die TileBars auf Stufe 5 wurden von allen Beteiligten als sehr übersichtlich und intuitiv empfunden. Die Möglichkeit, via TileBars im Dokument navigieren zu können wurde als positiv und nützlich angesehen. Störend war auch hier die farbkodierten Worte im Text, was niemand dazu bewegte, den Text zu lesen. Der Granularitätslevel 6 wurde als Browser View erkannt und bot keinerlei Zusatznutzen, da die Browser View bereits bekannt war.

8.5 General Problem

Der erste User Test hat ergeben, dass die angewendeten Farben die Mustererkennung und daher die Wahrnehmung von Formen und Muster empfindlich gestört haben. Insbesondere darf die Anwendung der gesättigten Farben als nicht gelungen betrachtet werden. Die eingesetzten Farben haben zu Fehlinterpretationen geführt. Ziel einer Visualisierung ist es, Daten so aufzubereiten, dass sie „the insight“ in möglichst konziser Art und Weise wiedergeben, ohne dabei die kognitiven Wahrnehmungsressourcen stark in Anspruch zu nehmen. Dabei sollen fehlleitende Farbcodierungen vermieden werden. Als Folge kann es daher passieren, dass die regelmässige Nutzung solcher farbkodierten System zur Unzufriedenheit führen.

9. Redesign Proposal

Ziel ist es, durch das Redesign, nebst einer optimalen Usability, auch eine gute Affordance im Bereich Lesbarkeit, Übersichtlichkeit und ein geschlossenes Gesamtbild zu erreichen.

Grundlage soll dabei die von Edward Tufte (1999) im „Envisioning Information“ vorgeschlagene Farbdesign mittels Pastellfarben dienen.

9.1 Redesign for Super Table and Granularity Table

Im Super Table sollen max. 5 Objekte als zusätzlich Attribute dargestellt werden. Dabei erhält die Gesamt-Relevanzkurve als einzigste gesättigte Farben. Die Grösse dieses Attributes soll dabei doppelt so breit sein als die anderen. Der Hervorhebungseffekt zu den Einzel-Relevanzbalken soll damit sichergestellt werden.

Da die ersten Usertest ergeben haben, dass in der Granularity Level 3 und 6 keinen Mehrwert haben, wird empfohlen, diese 2 Bereiche zu entfernen. Empfohlen wird die Implementierung der TileBars in der Browser View wie im Level 5. Die Tiles erhalten dann die korrespondierenden Pastellfarben der Attribute. Der Text soll dann mittels Pastellfarben hervorgehoben werden, wenn die Maus über der entsprechenden Tile stehen bleibt. Ein Doppelklick soll die Markierung fixieren.

Die Farbe schwarz soll dabei nur für den Text beansprucht werden. Relevanzkurven in der Farbe Schwarz erhalten die Farben im Farbspektrum hellgrau-dunkelgrau.

Farbspektrum für schwarzcodierte Attribute:



9.2 Background, Slider and Buttons

Für den Hintergrund sollten Pastellfarben benutzt werden. Empfohlen wird dabei Farbe „hellbeige“. Grund dafür liegt darin, dass diese Farbe sich nicht gross von weiss unterscheidet und damit idealer Untergrund für den schwarzen Text bietet. Pastellfarben entstehen durch die Entsättigung der Farben mittels weiss.

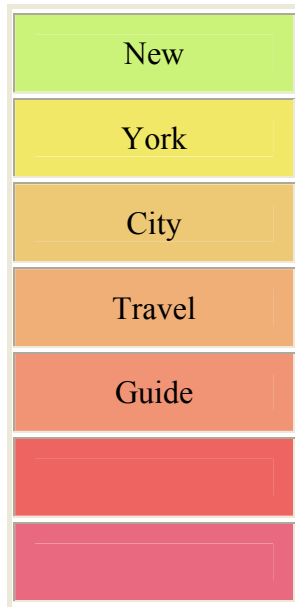


Für die Slider und die Buttons im Level 1 bis Level 4 sollten „helle Farben“ benutzt werden, die im farblichen Einklang mit dem Hintergrund stehen müssen. In unserem Beispiel: helle Farbe „beige“. Diese Farben vermitteln den Eindruck der Weite und des Raums und sind belebend.

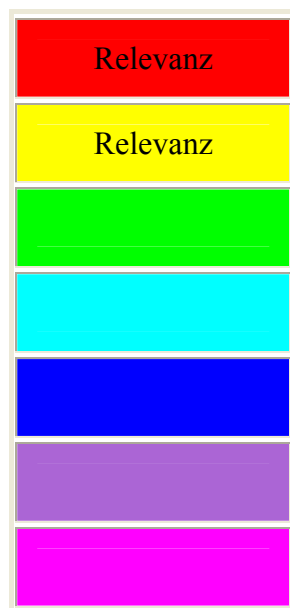


9.3 Total Relevance and the Attributes

Attribute der Suchergebnisse sollen mittels „warmen Farben“ kodiert werden. Damit soll die Nähe zum Objekt stimuliert werden.



Die Gesamtrelevanz soll als einzige mit gesättigten Farben ausgestattet sein. Ihre Dominanz in der Wirksamkeit soll damit unterstrichen werden.



9.3 TileBars

Da für den Bereich der TileBar ein grosser Nutzen zu erwarten ist, wird vorgeschlagen, dass die TileBar in der Browser View über das ganze Dokument implementiert wird. Dies soll einerseits das „Scanning“ durch das Dokument minimieren und andererseits die Stellen im Dokument, die wichtig sind, aufzuzeigen. Im Gegensatz zu den positiven Forschungsergebnissen von Marti Hearst, die Tiles mittels Graustufen zu kodieren, werden im Redesign die hellen Pastellfarben vorgeschlagen. Dies soll einerseits die Einheitlichkeit unterstützen und für den Betrachter die Orientierung und Wiedererkennung der zuvor farbkodierten Attribute sicherstellen. Die Tiles in INVISIP erfüllen dabei nicht dieselbe Aufgabe, die mittels Grauschattierung die unterschiedlichen Werte wie „less“ oder „more“ unterscheiden müssen. INVISIP hat diesbezüglich keine im Dokument befindlichen Textfiles integriert. Unterschiedliche Grauschattierungen für die Attribute würde vermutlich zu Fehlbeurteilung und Fehlinterpretation führen, da die Schattierungen etwas anderes subsumieren, als in INVISIP angestrebt. In INVISIP sollen die chromatischen Tiles eine Ortbestimmung und Orientierung bewirken.

Um im Bereich Text und Hintergrund die maximale Effizienz zu gewährleisten, sollen die gesuchten Attributen nicht mehr im Text kodiert werden sondern die Textpassagen im Dokument hervorgehoben werden, sobald die Maus über den entsprechenden Tile fährt. Ein Doppelklick soll dann ermöglichen, die hervorgehobene Textstelle mittels Pastellfarben fest zu markieren.

10 Conclusion and Perspectives

Dank der stark zunehmende Computerisierung können immer mehr grössere Datenmengen gespeichert und verarbeitet werden. Doch sehr oft sind wir nicht in der Lage, in dieser textuellen oder numerische Datenflut einen Einblick zu gewinnen. Die Visualisierung ist dabei eine Technologie die uns erlaubt, die Daten zu verstehen, interpretieren und wahrzunehmen. Um sich jedoch in der Welt der Visualisierung zu recht zu finden, ist es notwendig, sich den grundlegenden Elementen der kognitiven Psychologie zu widmen.

Dank der Theorie der „Ecological Optics, Affordance and Perception“ von J.J. Gibson erfuh die kognitive Psychologie eine radikale Änderung. Gibson stellte dabei die These auf, dass Menschen nur wahrnehmen, um in einer ganz bestimmten Umgebung eine Handlung auszuführen. Wahrnehmung sei „Designed for Action“. Diese Wahrnehmungsvoraussetzung nannte er „Affordance“. Dabei postulierte er, dass Menschen diese Eigenschaften der Umgebung „direkt und unmittelbar“ aufnehmen. Hauptziel jeder Visualisierung ist somit die Entscheidungsfindung.

Doch betrachten wir die mehrdimensionale Welt in der wir leben und wahrnehmen, so stehen uns für die Datenvisualisierung nur Bildschirme mit einer beschränkten Fläche zur Verfügung, die uns schlussendlich ermöglichen soll, Daten verständlich aufzuzeigen, sodass wir sie auch richtig interpretieren können.

Dank der Theorie der Ecological Optics von J.J. Gibson konnte nachgewiesen werden, dass die Wahrnehmung sich auf „The Surface of Environment“ bezog und nicht wie bis dahin angenommen, auf Bilder, die auf der menschlichen Retina abgebildet werden. Dank diesen Erkenntnissen war der Durchbruch geschafft zum besseren Verständnis der menschlichen Wahrnehmung. Gibson legte fest, dass die Oberflächentextur eines der fundamentalsten Eigenschaften von Objekten sei. Dabei unterstützt die Textur die Erkennung und Wahrnehmung von Distanz, Raum und Form von Objekten. Da wir Menschen nur relative Lichtgrösse über die Nervenzellen aufnehmen, führte das zu den Erkenntnissen, dass die Rezeptoren sich auf Kontrastunterschiede unter den Objekten spezialisiert hatten. Diese Eigenschaft führte zur Erkenntnis, dass die Wahrnehmung ein non-linearer Prozess ist, eine Eigenschaft, dass auf die Graustufenkodierung (Luminance-Channel) aufmerksam

machte. Man wies nach, dass die Kodierung mittels Graustufen beste Resultate bot bei der Hervorhebung von subtilen Detailinformationen, in der Unterscheidung von Objektformen mittels Schattierungen sowie auch in der Tiefenwahrnehmung und anderen Aspekten der Wahrnehmung.

Doch trotz allem wurde gleichzeitig auch festgestellt, dass kontrastreiche Visualisierungen die Gefahr in sich trugen, Daten falsch zu interpretieren und einzuschätzen. Das „Hermann Grid“ Illusion oder die „Chevreul Illusion“ sind klassische Beispiele dafür. Doch mit dem Aufkommen der Farbbildschirme hielt auch die Farbe Einzug in der Gestaltung von Informationen. Dabei soll die Farbe dazu verhelfen, die Tarnung der versteckten Informationen aufzudecken. Dabei muss beachtet werden, dass Menschen Farben nur im Farbspektrum von 360 – 760 nm wahrnehmen und daher das Farbangebot begrenzt ist. Gibson erklärte, dass Farben lediglich als Attribut eines Objektes betrachtet werden sollten und wies darauf hin, dass sie sich insbesondere für das „Labeling“ und die Kategorisierung von Daten, eigneten. Der Versuch, Formen, einen hohen Detaillierungsgrad oder einen Raum mittels Farbe darzustellen, scheiterte.

Bedeutend ist, dass die Farbwahrnehmung bei Menschen sich auf 3 Grundfarben beschränkt, im Gegensatz zum Tierreich. Die chromatischen Farben rot, gelb und blau werden in der „Trichromacy Theory“ behandelt. Heuten finden wir durchwegs die Farbgebung durch das RGB-Modell standardisiert. Doch Farben nützen nichts, wenn sie nicht durch geeignete visuelle Aufmerksamkeitstechniken unterstützt werden. Diese Unterstützung bot die Erkenntnisse einer Deutschen Gruppe von Psychologen von anfangs des 19. Jahrhunderts, der mit ihren „Gestalt Laws“ eine klare Beschreibung der fundamentalen Wahrnehmungsphänomene, boten.

Doch die Erfindung des Internets und damit auch die Möglichkeiten, mittels Information Retrieval Informationen zu suchen kam der Wunsch nach der Suche und dem Finden von Informationen in Textdokumenten auf. Marti Hearst stellte mit einer hervorragenden Arbeit 1995 erstmals ein Projekt vor, dass mittels TileBars eine visuell kompakte und informative Dokumentenrepräsentation ermöglichte. Es gelang ihm, mittels TileBars die relative Länge von Dokumenten, die Häufigkeit und Verteilung der Terme im Dokument darzustellen. Dabei machte sich Marti Hearst

die Erkenntnisse der „Natural Pattern-Recognition-Capabilities“ des menschlichen Wahrnehmungssystem zu Nutze, die mittels Graustufenkodierung realisiert wurde.

Betrachtet man die heutigen Visualisierungssoftware, so stellt man oft fest, dass sehr oft die Funktionalität vor der Affordance gestellt wird. Eines der Gründe, weshalb viele interessante Softwarepakete keinen Markterfolg haben.

In meiner Praktikumsarbeit wurde der Metadatenbrowser INVISIP auf kognitiven Stärken und Schwächen mittels Usertest, untersucht. Festgestellt wurde, dass die Gestaltprinzipien bis auf wenige Implementierungsfehler eingehalten wurde. Dabei fiel auf, dass auch hier versucht wurde, Mustererkennung mittels Anwendung von stark gesättigten Farben sicherzustellen. Der Test hat gezeigt, dass viele Farben, insbesondere gesättigte Farben wie rot, zwar die Aufmerksamkeit auf sich lenken, in der häufigen Anwendung jedoch sich gegenseitig neutralisieren.

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen wurde als Grundlage die Ergebnisse von Edward Tufte genommen, der einen neuen Lösungsansatz vorschlägt. Dabei wurde versucht, durch Anwendung von Pastellfarben, Objekte in ihrer Aussagekraft zu steigern, indem Farben benutzt werden, die niedrige Wahrnehmungsressourcen benötigen. Ausgangspunkt ist, dass Hintergrund mittels hellen Pastellfarben kodiert werden soll. Dazugehörige Attribute sollen dabei mittels hellen Farben ausgestattet werden, die im Einklang zu bringen sind mit dem gleichen helleren Pastellfarbton des Untergrundes. Die Farbe Schwarz wurde nur für die Schrift festgelegt, da sie mit dem hellen, pastellfarbenen Hintergrund, die nötige Griffbarkeit hervorruft wie mittels weissem Hintergrund. Einzig die Gesamtrelevanzen werden mittels gesättigten Farben kodiert, damit auch nur ein starker Reiz ausgelöst wird. Um dabei die Gesamtrelevanz von den anderen Attributen zu unterscheiden, wird die Grösse der Gesamtrelevanz doppelt so gross gesetzt wie die dazugehörigen Attributen. Damit soll indirekt ein Hervorhebungsmechanismus hervorgerufen werden. Um das Kurzzeitgedächtnis nicht zu überfordern, werden max. 5 Attributen visualisiert. Es soll dabei die Möglichkeiten geboten werden, die gesättigten Farben der Gesamtrelevanz sowie auch der Pastellfarben individuell ändern zu können.

Aktuelle Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass kognitive Aspekte in Visualisierungen ein sensitiver Mechanismus ist. Einerseits abhängig von den

menschlichen Reiz-, Wahrnehmungs- und Speichermechanismus. Doch gleichzeitig hat sich gezeigt, dass insbesondere in der Anwendung von Farben für die Form und Mustererkennung keine Richtlinien gibt, um eine optimale Visualisierung zu erreichen. Gründe liegen insbesondere auch im kulturellen Bereich aber auch an der Individualität des einzelnen Individuums. Was für uns Europäer eine "gute Lösung" darstellt, muss in einem anderen Land nicht unbedingt gelten. Dank dieser Situation steht man in diesem Bereich kreativen Lösungsmöglichkeiten gegenüber, und viele weitere Experimente und Erforschung unseres kognitiven Reiz- und Wahrnehmungssystem werden uns mit Sicherheit in Zukunft einen nächsten Schritt weiter bringen.

Neuere Erkenntnisse in der „visuellen Gehirnthorie“ werden mit Sicherheit in naher Zukunft weitere Perspektiven eröffnen. Aktuelle Forschung gehen der Frage nach, wie Informationen über Objekte als ein gemeinsames einheitliches Konstrukt wahrgenommen werden können⁷⁰.

Am Beispiel des Seh- und Wahrnehmungssystem sieht man, dass die unterschiedlichen Sinneseigenschaften (Form, Farbe, Bewegung etc.) von unterschiedlichen Arealen der Grosshirnrinde repräsentiert wird. Trotzdem schafft es das Gehirn einen eindeutigen Seheindruck entstehen zu lassen. Wie geschieht das?

Solche und ähnliche Fragestellung gehören der Zukunft an und mit Bestimmtheit werden sie neuere Erkenntnisse liefern, die dazu führen werden, unserer Wahrnehmungssystem besser verstehen zu können.

⁷⁰ vgl. Gruber Werner. Uni Wien: Institut für Experimentalphysik: <http://brain.exp.univie.ac.at/aqtvre.html>

List of Literature

1. Gruber, Werner, Universität Wien:
Institut für Experimentalphysik: <http://brain.exp.univie.ac.at/aqtvre.html>
(Zugriff Mai 2003)
2. Hearst, A. Marti: TileBars: Visualization of Term Distribution Information
in Full Text Information Access, Xerox Palo Alto Research Center in Palo
Alto, 1995 (Paper)
3. [Inf@Vis](http://www.infovis.net/E-zine/2002/num_95.htm) The Digital Magazin: http://www.infovis.net/E-zine/2002/num_95.htm (Zugriff: Mai 2003)
4. Kearsley, Greg: Dual Coding Theory: <http://tip.psychology.org/paivio.html>
(Zugriff April 2003)
5. Kobsa, Alfred: Gestalt Laws:
<http://www.ics.uci.edu/~kobsa/courses/ICS104/course-notes/gestalt-laws.htm> (Zugriff April 2003)
6. Spence, Robert: Information Visualization. Addison-Wesley Verlag, 2001 d
<http://www.ee.ic.ac.uk/research/information/www/Bobs.html#Visualisation>
7. Spot Imaging Foru: http://www.diaginc.com/forum/July_2002/ (letzter
Zugriff April 2003)
8. Stangl, Werner: Speicherabhängige Gedächtnisformen. <http://www.stangl-taller.at/ARBEITSBLAETTER/GEDAECHTNIS/ModelleSpeicher.shtml>
(Zugriff April 2003)
9. Wikipedia Enciclopedia: http://www.wikipedia.org/wiki/Main_Page
10. Wirth, Thomas: Kommunikationsdesign: www.kommdesign.de
12. Ziegler Chr., Marty M.: Psychische und Physiologische Aspekte der
Visualisierung. <http://www.mysunrise.ch/users/martymichael/visu/content.htm>
(Zugriff März 2003)