



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Visualisierungen in den Digital Humanities“

Verfasserin

Beate Pamperl

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Philosophie (Mag.phil.)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 317

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Theater-, Film- und Medienwissenschaft

Betreuerin ODER Betreuer:

Mag. Dr. habil. Ramón Reichert

Für Karin, Sabine und Franz Pamperl

Danksagung

An dieser Stelle bedanke ich mich sehr herzlich bei allen Personen, die mich im Laufe meiner Studienzeit und speziell in der Phase der Diplomarbeit unterstützt haben.

Allen voran bei meinem Betreuer Mag. Dr. habil. Ramón Reichert für die hilfreichen Anregungen bei der Erstellung dieser Arbeit und der ansteckenden Begeisterung für sein Fachgebiet.

Bei Bernhard Sadransky für seine Geduld und konstruktive Kritik.

Bei meiner Familie und meiner großen Verwandtschaft. Sie haben mir das Studieren ermöglicht und sind Vorbilder in Sachen Arbeitseinsatz, Resilienz und Mut.

Bei Familie Sadransky, die mir meinen Alltag stets erleichtert hat.

Bei meinen großartigen KollegInnen am Institut für Geschichte und am Dekanat der Historisch-Kulturwissenschaftlichen Fakultät. Sie haben mich stets motiviert. Auch wurde ich von so manchem durch seine Freude an der Wissenschaft angesteckt. Bei Mag. Claudia Jandl, die mich stark unterstützt und immer an mich geglaubt hat.

Bei Dr. Martina Fuchs, Mag. Dr. Thomas Fröschl und Dr. Ralph Andraschek-Holzer für ihre großartigen Anregungen.

Bei Dr. Silvia Schweinzer, die mir erlaubt hat, ihr Büro für das ungestörte Verfassen der Diplomarbeit zu nutzen und die stets ein paar motivierende Worte für mich übrig hatte.

Zu guter Letzt: bei der Universität Wien im Allgemeinen. Ich habe die Ehre, hier zu arbeiten und hätte mir keinen schöneren Studienort vorstellen können.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	1
2	Bilder sehen	3
2.1	Von der Bedeutung des Sehens	3
2.2	Bilder	9
2.2.1	Bildwissenschaft	9
2.2.1.1	Bildsemiotik	10
2.2.1.2	Phänomenologie des Bildes	11
2.2.2	Was ist ein Bild?	11
2.2.2.1	Das Bild im Allgemeinen	11
2.2.2.2	Computergrafiken - digitale Bilder	13
2.2.3	Siegeszug der Bilder - „Turns“ und Bilderflut	14
3	Visualisierungen	20
3.1	Allgemeines	20
3.1.1	Definition	20
3.2	Einsatz und Aufgaben	23
3.3	Visualisierungsformen	24
3.3.1	Wissenschaftliche Visualisierung - Informationsvisualisierung	24
3.3.2	Medienvisualisierung (Media Visualization)	26
3.4	Anforderungen an eine Visualisierung	27
3.5	Visualisierungsprozess	30
3.6	Visualisierungstechniken	31
3.6.1	Visualisierungstechniken nach Datentypen	31
3.6.2	Visualisierungstechniken nach Darstellungsart	35
3.6.3	Visualisierungstechniken nach Interaktions- und Verzerrungstechniken	38
3.7	Wahrnehmung im Kontext der Visualisierung	40
4	Bilder und Visualisierungen in der Wissenschaft	57
4.1	Wissenschaftsbild - wissenschaftliches Bild	57
4.2	Publikum	60
4.3	Objektivität	62
4.4	Ästhetik	66
4.5	Rolle und Einsatz in der Wissenschaft	67
5	Visualisierungen in den Digital Humanities	75

5.1	Geisteswissenschaften - Digital Humanities	75
5.2	Einsatz und Aufgaben von Visualisierungen	80
5.3	Visualisierungsformen	85
5.4	Visualisierungstechniken	89
5.4.1	Werkzeuge	90
5.4.2	Beispiele/Projekte	112
6	Zusammenfassung	122
7	Quellenverzeichnis	126
8	Abbildungsverzeichnis	139
9	Curriculum vitae	142

1 Einleitung und Fragestellung

Visualisierungen begegnen uns in vielen Bereichen: in den Medien (z.B. bei der Darstellung von Wahlergebnissen), in der Architektur, in der Medizin etc. Sie sind aber auch zu einem mittlerweile unverzichtbarem Werkzeug in der Wissenschaft geworden und werden sowohl in der Analyse von Daten als auch in der Präsentation von Ergebnissen eingesetzt. Besonders in den Natur- und Ingenieurwissenschaften gehören Visualisierungen zur täglichen Forschungspraxis. Doch wie sieht es hier mit den Geisteswissenschaften aus? Die Digital Humanities, die sich an der Schnittstelle zwischen Geisteswissenschaften und Informationstechnologie befinden, haben in den letzten Jahren das Feld der Visualisierung entdeckt.

Meine Forschungsfrage lautet daher:

Welche Visualisierungsformen werden in den Digital Humanities eingesetzt und haben sich bereits spezielle Visualisierungstechniken ausgebildet?

Ich möchte zuerst die allgemeinen Visualisierungsformen und -techniken betrachten und dann deren Einsatz in den Digital Humanities untersuchen. Hierzu sehe ich mir die unterschiedlichen Werkzeuge an, die speziell für die Visualisierung von für Geisteswissenschaftler relevanten Daten und Fragestellungen gedacht sind bzw. die sich in diesem Bereich bewährt haben. Ebenso sollen Projekte aus unterschiedlichen Bereichen angesehen werden.

Bei meiner Literaturrecherche fiel mir auf, dass es zu Visualisierungen in den Digital Humanities nur wenige Publikationen gibt (besonders im Vergleich zu Visualisierungen in

anderen Wissenschaftsdisziplinen), die vor allem in englischer Sprache verfasst wurden. Zwar sind einige Blogs zu finden, die sich mit dem Thema auseinandersetzen, jedoch nicht in allgemeiner Form, sondern auf spezielle Projekte bezogen.

Zum Aufbau meiner Arbeit:

Folgend auf diese Einleitung befasse ich mich im 2. Kapitel mit dem Sehen und mit Bildern. Da man ohne das Sehen keine Visualisierungen erfassen kann, soll es hier zu Beginn betrachtet werden. Danach behandle ich Bilder im Allgemeinen und versuche eine Erklärung für die gegenwärtige Bilderflut zu finden.

Das dritte Kapitel widmet sich Visualisierungen. Ich erkläre, welche unterschiedlichen Definitionen es für den Begriff der Visualisierung gibt und welche Aufgaben Visualisierungen haben. Außerdem behandle ich die verschiedenen Visualisierungsformen und die klassischen Visualisierungstechniken. Abschließend zu diesem Kapitel befasse ich mich mit der Wahrnehmung im Kontext von Visualisierungen.

Das vierte Kapitel hat Bilder und Visualisierungen in der Wissenschaft zum Thema. Hier setze ich mich damit auseinander, was wissenschaftliche Bilder sind und wer ihr Publikum ist. Auch soll kurz erläutert werden, welche Bedeutung Objektivität und Ästhetik in wissenschaftlichen Bildern haben. Am Ende des Kapitels betrachte ich die Rolle von wissenschaftlichen Bildern und Visualisierungen in der Wissenschaft.

Das letzte Kapitel beschäftigt sich mit Visualisierungen in den Digital Humanities. Zu Beginn wird der Begriff der Digital Humanities angesehen. Schließlich zeige ich, welche Bedeutung Visualisierungen für sie spielen und welche Formen vor allem zur Anwendung kommen. Die unterschiedlichen Visualisierungstechniken werden anhand von Werkzeugen und konkreten Projekten behandelt.

2 Bilder sehen

„So ging der Geist wohin das Sehen zeigte.“ (Jonas, 1999, 271)

Die Menschen von heute können „mehr sehen“ als noch ihre Vorfahren vor 200 Jahren. Das kommt einerseits von der Fülle an Bildern, die über unterschiedliche Medien verbreitet werden, und andererseits durch die technischen Hilfsmittel, mit denen man in Bereiche vordringen kann, die dem Auge sonst verborgen geblieben wären. Bevor „Bilder“ und vor allem „Visualisierungen“ betrachtet werden, soll die Aufmerksamkeit dem Sehen selbst gewidmet werden. „Visualisierung“ entstammt dem lateinischen Wort „visualis“, was „zum Sehen gehörig“ bedeutet (vgl. Georges, 1998, 3519). Die deutschen Ausdrücke „Einsicht gewinnen“, „einen Überblick verschaffen“, „etwas durchschauen“ und die englische Bezeichnung „to see what somebody means“¹ lassen vermuten, dass Wissen, Verstehen und Erkenntnis mit dem Sehen verbunden sind.

2.1 Von der Bedeutung des Sehens

Von den fünf Sinnen, über die der Mensch nach traditioneller Auffassung verfügt², hat der Sehsinn bzw. die visuelle Wahrnehmung die größte Bandbreite für die Aufnahme von Information (vgl. Keim & Ertl, 2004, 109) und die höchste Informationsdichte. 60 % aller Umwelterfahrungen finden über die Augen den Weg in unser Gehirn (vgl. Dit-

¹ Im Sinne von „to understand what somebody means“.

² Die Anzahl der Sinne variiert, je nachdem wie fein man Unterscheidungen trifft. So wird z.B. zusätzlich vom Temperatursinn oder vom Gleichgewichtssinn gesprochen (vgl. Müller & Frings, 2009, 403-405).

zinger, 2013, 1). Obwohl die Wahrnehmungspsychologie zwischen zwei Fern- und sechs Nahsinnen sowie der Form- und Farbwahrnehmung unterscheidet, empfinden wir Menschen den Sehsinn nur als einen einzigen Sinn (vgl. Klampfl, 2003, 91).

Im Gegensatz zum Geschmackssinn, Tastsinn und Geruchssinn ermöglichen es der Sehsinn und der Gehörsinn, Wissen über Distanz hinweg zu erwerben (vgl. Russell, 2005, 19). Das Licht, als Träger der Sehinformationen, ist jedoch ca. 900.000-mal schneller als der Schall (vgl. Ditzinger, 2013, 6). Das ist der Grund, weshalb man ein Feuerwerk sieht, bevor man es hören kann.

Außerdem lassen sich Hörereignisse nicht im gleichen Maße auswählen und fokussieren wie Sehereignisse. Die Augen kann man schließen oder bewegen, was mit den Ohren so nicht möglich ist (vgl. Köller, 2004, 12-13).

Das visuelle System des Menschen besteht aus zwei Komponenten: dem Auge und den Verarbeitungskomponenten visueller Informationen im Gehirn (vgl. Schumann & Müller, 2000, 73). Angelika Klampfl fasst den hochkomplexen Vorgang des Sehens folgendermaßen zusammen:

„Aus drei Organisationsprinzipien (Spezifität, Lokalisation, Transduktion) und vielen Einzelinformationen wird eine Gesamtbedeutung hergestellt. Der Wahrnehmungsmechanismus gleicht auch die ständigen Veränderungen (Helligkeit, Größe, Ort, Gestalt, Farbigkeit) bei uns bekannten Dingen aus. Mit dem Sehen werden die Grenzen des eigenen Körpers überschritten: Es überbrückt die Entfernung zu den Dingen und lässt sie doch an ihrem Ort, so bleibt auch eine Distanz bestehen. Sehen dient zur Umweltorientierung, die auch bei eigener Bewegung (laufen, gehen) gewährleistet ist.“ (Klampfl, 2003, 91)

Schon in der Antike kam dem Sehsinn gegenüber den anderen Sinnen eine Vorrangstellung zu. Bei Platon ist das Sehen der erste Schritt zur Erkenntnis (vgl. Aissen-Crewett, 1989, 272). Ebenso betrachtete Aristoteles das Sehen als „das Höchste“ aufgrund des Erkenntniswertes der Wahrnehmung:

„Alle Menschen streben von Natur nach Wissen. Ein Indiz dafür ist die Wertschätzung der Wahrnehmungen; denn auch abgesehen von ihrem Nutzen werden sie um ihrer selbst willen geschätzt, und am meisten von allen die Wahrnehmung durch die Augen. Denn nicht nur um zu handeln, sondern auch wenn wir kein Handeln vorhaben, ziehen wir das Sehen sozusagen allem anderen vor. Der Grund ist, daß

diese Wahrnehmung uns in höchstem Maß erkennen läßt und viele Unterschiede offenbart.“ (Aristoteles, 2003, 3, 21f)

Der Kirchenlehrer Augustinus (354 – 430) sah den Sehsinn als den allgemeinsten und objektivsten der Sinne, da das, was wir sehen, auch von anderen gesehen werden kann. Isidor von Sevilla (ca. 560 – 636), der als der letzte Kirchenvater der christlichen Antike gilt, begründete seine Bevorzugung des Gesichtsinnes damit, dass man weiter sehen als hören und weiter hören als riechen könne. Eine ähnliche Ansicht vertrat auch der Kreuzzugsprediger Bernhard von Clairvaux (ca. 1090 – 1153), der ebenfalls dem Sehsinn die höchste Stellung zuteil werden ließ, weil man damit weit entfernte Gegenstände erfassen könne. Hildegard von Bingen (1098 – 1179) argumentierte, dass man durch das Sehen, Wertvolles von Minderwertigem unterscheiden könne.

Johannes Balbus von Genua (– 1298) erklärte, dass sich die religiöse Erbauung eher über das Sehen als das Hören einstellen würde. In der Renaissance bildete Leonardo da Vinci (1452 – 1519) keine Ausnahme. Auch er setzte den Sehsinn an die erste Stelle (vgl. Jütte, 2007, 39-41) und André du Laurens (1558 – 1609), der erste Leibarzt Heinrichs IV. (1553 – 1610) bemerkte in seiner Abhandlung über das Sehen, dass er unter unseren Sinnen der „edelste, vollkommenste und der bewundernswerteste“ (Kleinspehn, 1991, 40) sei.

Diesen Lobpreisungen zum Trotz ist sinnesphysiologisch unser Wahrnehmungsbereich eingeschränkt, „sei es hinsichtlich der Wahrnehmung unterschiedlicher Wellenlängen des Lichtes durch unser Auge oder bezüglich unseres Sehens in ferne oder in mikroskopische Bereiche.“ (Rösl, 2008, 17) Auch können die Sehorgane Mängel aufweisen, wie etwa die unterschiedlichsten Formen der Fehlsichtigkeit. Im Mittelalter gab es erste Versuche, den krankheits- oder altersbedingten Verlust der Sehkraft durch Sehhilfen zu kompensieren - die erste Brille soll um 1300 in Oberitalien erfunden worden sein (vgl. Klampfl, 2003, 101).

Sehen und Wahrnehmen sind seit der Antike eine Leitmetapher für das Denken bzw.

Theoretisieren. Köller erklärt dies damit, dass

„uns der Sehsinn nicht so unmittelbar wie die anderen Sinne in die Welt der Objekte verwickelt. Er ermöglicht uns eine größere räumliche Distanz zu den Dingen, die zugleich auch eine umfassendere Wahrnehmung von ihnen gewährleistet bzw. eine Wahrnehmung auf unterschiedlichen Distanz- und Abstraktionsstufen.“ (Köller, 2004, 12)

Das Sehen hat durch die zahlreichen technischen Entwicklungen, begonnen in der frühen Neuzeit, noch zusätzliche Wichtigkeit bekommen. Neue Technologien führten zu großen Veränderungen und zu einem Bedeutungszuwachs des Visuellen. Mit der Erfindung der wahrnehmungserweiternden Hilfsmittel (vgl. Köller, 2004, 15) Fernrohr und Mikroskop wurde eine Revolution in der Wissenschaft eingeleitet. Man konnte nun in bis dahin nicht sichtbare Welten vordringen. Mit ihrer Hilfe konnten zum ersten Mal Eigenschaften von Gegenständen sichtbar gemacht werden, die mit bloßem Auge entweder anders wahrgenommen wurden oder gar nicht erst gesehen werden konnten (vgl. Jütte, 2007, 44-46). Mit der Erfindung von Camera obscura und Laterna magica wurden diese „sehl-astigen“ Erfindungen über den Weg der Jahrmarktsattraktion auch einer breiten Masse bekannt. Schließlich folgten die Photographie, der Film und das Internet. Damit wurde die „Vormachtstellung“ des Sehens weiter untermauert.

Auch wenn dem Sehsinn die meiste Aufmerksamkeit zugekommen ist, so dürfen die anderen Sinne nicht unterschätzt werden. Bei der Diskussion, welcher Sinn der wichtigste sei³, kommt dem Gehör eine große Bedeutung zu, da es für die frühkindliche Entwicklung der sozialen Kommunikation entscheidend ist (vgl. Müller & Frings, 2009, 405).

Der Neurophysiologe Wolf Singer stellte die Frage nach der Hierarchie der Sinne in Bezug auf deren Verlässlichkeit. Der Tastsinn sei am verlässlichsten, ihm folgen der Seh- und der Gehörsinn (vgl. Singer, 2004, 58):

„Wie der Tastsinn so ist auch der Gesichtssinn in der Lage, Objekte präzise zu identifizieren und in ihrer dreidimensionalen Gestalt darzustellen sowie Auskunft über die Lage der Objekte im Raum zu geben und die Bewegung zu dekodieren.

³ Diese Frage wurde in der Vergangenheit immer wieder gestellt und führte zu unterschiedlichen Antworten (vgl. Bohn, 2001, 321).

Das heißt, das Gesehene kann im Prinzip auch ertastet, begriffen werden.“ (Singer, 2004, 59)

Den Sehsinn würde außerdem auszeichnen, dass er den Menschen in die Lage versetzt, Lebewesen in ihrer Ausformung und Dynamik präzise zu erfassen. Das Wesen und die Gestimmtheit einer Person können vom Betrachter ausgewertet werden. Damit hat das Sehen eine wichtige Funktion in der sozialen Kommunikation (vgl. Singer, 2004, 60).

Das Sehsystem bildet das Gesehene jedoch nicht wirklichkeitsgetreu ab. Das Sehen steht nämlich in einer Wechselbeziehung zu Wahrnehmung und Wissen (vgl. Klampfl, 2003, 92). Aus Experimenten weiß man, dass „[u]nsere Wahrnehmungen [...] keine isomorphen Abbildungen einer wie auch immer gearteten Wirklichkeit [sind]. Sie sind vielmehr das Ergebnis hochkomplexer Konstruktionen und Interpretationsprozesse, die sich sehr stark auf gespeichertes Vorwissen stützen.“ (Singer, 2004, 65) Ähnlich drückt dies auch der Philosoph Reinhard Brandt aus. Wir seien überzeugt, dass wir die Gegenstände unserer Umgebung sehen, ertasten, hören und riechen könnten. Tatsächlich können wir etwa Gesehenes und Gehörtes nur aufgrund unserer Vermutungen oder Erfahrungen interpretieren (vgl. Brandt, 2004, 44). Rudolf Kötter zitiert in diesem Zusammenhang den amerikanischen Philosophen Nelson Goodman: „Das Auge beginnt immer schon erfahren seine Arbeit, es wird von seiner eigenen Vergangenheit und von alten und neuen Einflüsterungen des Ohrs, der Nase, der Zunge, der Finger, des Herzens und des Gehirns beherrscht.“ (Goodman, 1973, 19)⁴

Die Bilder entstehen nicht in unseren Augen, sondern sind Repräsentationen der Umwelt in unserem Gehirn. Diese Repräsentationen sind das Resultat von Selektion, denn lediglich ein Bruchteil dessen, was wir an Reizen empfangen, wird mental verarbeitet (vgl. Aichinger, 2003, 16-17). Unsere Wahrnehmung trifft die Auswahl, und wovon diese Auswahl abhängig ist, hängt von einer Vielzahl an Faktoren ab, wie etwa vom sozialen Kontext, von eigenen Erwartungen und momentanen Interessen. Menschen leben in einer bestimmten Umwelt und in unterschiedlichen Gesellschaften, Epochen, Kultur-

⁴ zitiert nach (Kötter, 2007, 167)

kreisen und geographischen Räumen. Durch diese Bedingungen formt sich das Sehen unterschiedlich aus (vgl. Klampfl, 2003, 92).

Auf die Frage, wie das Auge Einsichten gewinnt, schreibt Gottfried Boehm lapidar: „indem es Anblicke gewinnt“ (Boehm, 2001, 46). Er erläutert, dass wir einen Anblick nicht gewinnen, wenn wir unsere Augen bloß „spazierenführen“, sondern

„wenn wir das Sichtbare so zurechtrücken, daß es ‚sich‘ zeigt, sich uns ‚darbietet‘. Damit ist zugleich auch gesagt, daß wir uns sehend dazu in ein angemessenes Verhältnis versetzen. Wir bringen uns so ins Spiel, daß sich eine Sache aufschließt, indem sie sich auf uns hinordnet. Umgangssprachlich reden wir davon, jemand ‚mache sich ein Bild‘.“ (Boehm, 2001, 46)

Das Sehen hatte schon immer eine große Bedeutung beim Bezeugen wissenschaftlicher Aussagen, indem es diesen Glaubwürdigkeit verleiht (vgl. Renneberg, 2000, 242). Auch die Sprachgeschichte verweist auf eine Verwandtschaft von Seh- und Erkenntnisakt. Die Begriffe „Visuelles“ und „Wissen“ leiten sich beide vom Lateinischen *vidēre* ab. Über das mittelhochdeutsche *wizzen* und das althochdeutsche *wizzan*, die für Sehen und auch Erkennen stehen, kamen sie in unsere Sprache (vgl. Schnettler & Pötzsch, 2007, 478).

Welche Bedeutung die Wahrnehmung für Visualisierungen im Speziellen hat, wird im Kapitel 3.7 erläutert.

2.2 Bilder

Uns Menschen kennzeichnet, mit Bildern verstehend umgehen zu können (vgl. Scholz, 2004, 1). „Menschen besitzen Fähigkeiten, Bilder herzustellen, mit Bildern etwas darzustellen und auszudrücken, strukturierte Oberflächen als Bilder zu sehen, zu behandeln und zu verstehen.“ (Scholz, 2004, 1) Sie prägen unsere Kultur mehr als je zuvor und haben eine wesentliche Aufgabe bei der Konstruktion unserer Wirklichkeit (vgl. Markschies, 2007, 149).

2.2.1 Bildwissenschaft

Bilder haben sich in den vergangenen Jahren zu einem wichtigen Werkzeug und zum Gegenstand intensiver Forschung verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen entwickelt (vgl. Sachs-Hombach, 2004, 7). Sie sind „auch über die Kunstgeschichte hinaus in einem weit umfassenderem Sinn Gegenstand der Geistes- und Naturwissenschaften geworden“ (Burda, 2004, 9). Gottfried Boehm erwähnt, dass eine neue Nähe zwischen den Natur- und den Humanwissenschaften besonders auffällig sei: Sie würden durch die Rolle des Bildes und der Wahrnehmung zusammengebracht (vgl. Boehm, 2001, 43). Eine allgemeingültige Definition des Bildbegriffs erweist sich jedoch als schwierig. In der wissenschaftlichen Literatur kann man eine Vielzahl unterschiedlicher Anschauungen zu der Frage, was ein Bild sei, finden:

„Bei Lichte besehen existiert bereits eine Fülle von Versuchen, die Frage nach dem Bild zu formulieren und zu beantworten. Die Bilderfrage berührt zahlreiche Disziplinen, ohne freilich ihr Zentrum zu treffen.“ (Boehm, 2006b, 29)

Es gibt mehrere Ansätze für eine interdisziplinäre Bildwissenschaft, vor allem in den Kunst-, Kultur-, Sozial- und Medienwissenschaften (vgl. Sachs-Hombach, 2006b, 7). Verkürzt kann man zwei dominierende Lager ausmachen, deren Ansätze folgende sind:

- sprachphilosophische und semiotische oder zeichentheoretische Ansätze und
- essentialistische, phänomenologische und wahrnehmungspsychologische Ansätze (vgl. Brocks, 2012, 13).

2.2.1.1 Bildsemiotik

Die Bildsemiotik ist mit dem „Linguistic Turn“ verknüpft. Bilder und Texte stehen als Zeichen für etwas, das sie repräsentieren (vgl. Brocks, 2012, 14). Der amerikanische Naturwissenschaftler, Philosoph und Logiker Charles Sanders Pierce (1839 – 1914) und der Schweizer Sprachwissenschaftler Ferdinand de Saussure (1857 – 1913) gelten als die Begründer der modernen Semiotik oder Semiologie (vgl. Schützeichel, 2004, 38).

Bei Pierce „stellt ein Zeichen eine triadische Relation dar, die einen Interpretationsprozess auslöst.“ (Schützeichel, 2004, 35) Diese Triade besteht aus dem Repräsentamen (repräsentiert als Zeichen ein Objekt), dem Objekt (das repräsentiert wird) und dem Interpretant (entsteht mental im Adressaten) (vgl. Brocks, 2012, 14-15). Bei Ferdinand de Saussure ist das Zeichen sowohl Signifikant (Bezeichnendes - der Träger des Zeichens) als auch Signifikat (Bezeichnetes - Inhalt und Bedeutung des Zeichens). Beide Seiten verweisen auf den Referenten, das Objekt (vgl. Brocks, 2012, 14).

Den Theorien von Pierce und Saussure ist gemein, dass sie von einer konventionellen und arbiträren Verbindung zwischen Repräsentamen und Interpretant bzw. zwischen Signifikant und Signifikat ausgehen. Zeichen und Objekt gehören nicht von Natur aus zusammen, sondern sind willkürlich und ihre Verwendung geschieht aufgrund von Übereinkunft und Tradition. Beispiel: Ein Tisch hat mit dem Wort „Tisch“ nichts gemein. Diese Verbindung von Wort und Ding ist willkürlich und beruht auf Konventionen. Wenn man auch Bilder als Zeichen betrachtet, die auf Konventionen beruhen und arbiträr sind, dann müssen diese einem Code unterliegen. Um also die Bedeutung von Bildern zu verstehen, muss man den Code entschlüsseln und erkunden, nach welchen Mechanismen dieser Code arbeitet. Die Semiotik fragt somit nach der Art und Weise, wie eine Botschaft eine bestimmte Bedeutung vermitteln kann. Die Bedeutung kann, muss sich aber nicht mit den Intentionen des Autors der Botschaft decken (vgl. Brocks, 2012, 15-16).

2.2.1.2 Phänomenologie des Bildes

Gegner der Bildsemiotik meinen, dass Bilder, wenn man sie als Zeichen sieht, ihrer spezifischen Bildlichkeit beraubt werden. Bilder, die sich ontologisch grundsätzlich von Texten unterscheiden, werden nicht als Repräsentanten von etwas angesehen, sondern es wird ihnen eine Art Eigenleben zugesprochen. Das Eigentliche der Bilder existiere bereits vor der Versprachlichung. Mit dem Begriff der „ikonischen Differenz“ bezeichnet Gottfried Boehm „die eigene Evidenz, das Nicht-Sprachliche, Nicht-Begriffliche und Un-Übersetzbare des Visuellen“ (Brocks, 2012, 16). Das Wahrnehmen wird als schöpferischer Akt verstanden (vgl. Brocks, 2012, 16).

Für die Visual (Cultural) Studies steht die Interpretation der Welt durch Bilder im Mittelpunkt. Walter Benjamin und Michel Foucault gelten hier als Vordenker (vgl. Brocks, 2012, 17).

2.2.2 Was ist ein Bild?

2.2.2.1 Das Bild im Allgemeinen

Das Wort „Bild“ hat unterschiedliche Bedeutungen. Wenn man von Bildern spricht, dann können damit Gemälde, Spiegelbilder, Traumbilder etc. gemeint sein. W. J. T. Mitchell veranschaulicht die weitreichende Bedeutung des Bildbegriffs mithilfe eines Stammbaums (Abbildung 2.1)⁵.

„Wenn wir nicht damit beginnen, eine universelle Definition des Begriffs zu suchen, sondern unser Augenmerk auf jene Stellen richten, an denen sich Bilder auf der Basis institutioneller Diskursabgrenzungen voneinander differenziert haben, dann können wir einen Familienstammbaum wie den folgenden aufstellen.“ (Mitchell, 2008, 20)

Gottfried Boehm sieht das Bild als etwas Singuläres und Rätselhaftes an. Es sei sowohl Ding als auch Nicht-Ding (vgl. Boehm, 2004, 30). Rudolf Kötter geht einen anderen Weg und stellt die Frage, was kein Bild sei: „Keine Bilder sind zweidimensionale Muster, die

⁵ Oliver Scholz unterscheidet zwischen sieben Arten von Bildern (vgl. Scholz, 2004, 5-13).

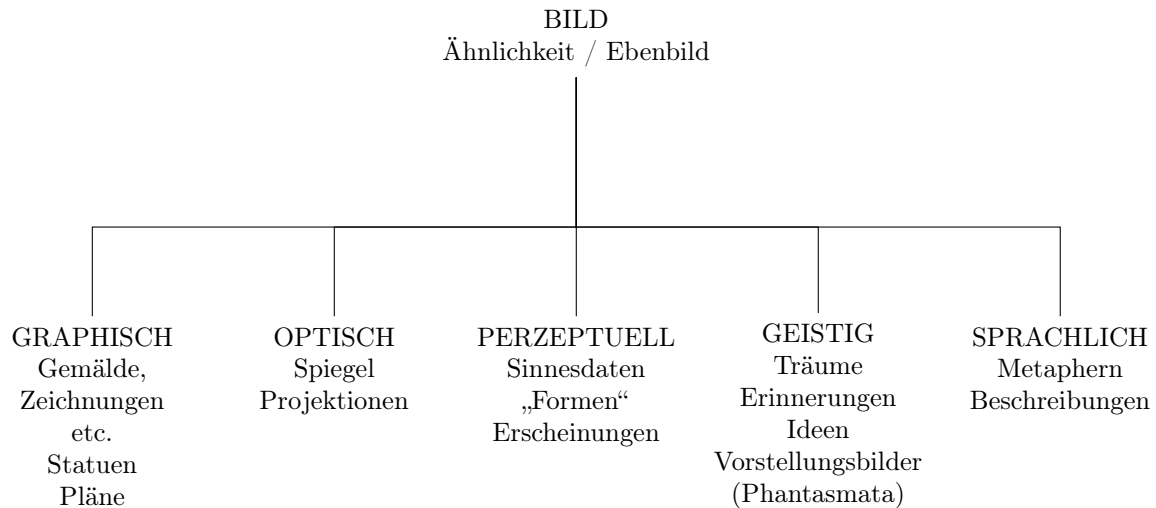


Abbildung 2.1: Stammbaum des Bildes (Mitchell, 2008, 20)

auf ‚natürliche‘ Weise erzeugt worden sind, das heißt durch von Menschen nicht oder nicht direkt beeinflusste Naturprozesse.“ (Kötter, 2007, 164)

Reinhard Brandt führt an, dass zwei Annahmen unverzichtbar seien für jede Theorie, die versuche, das vielschichtige Bildphänomen zu fassen: Bilder sind sichtbar und unterscheiden sich von allen sonst sichtbaren Dingen (vgl. Brandt, 2004, 45).

„Wir müssen Bilder auch als Bilder erkennen. Wir müssen in den sichtbaren Farben und Formen etwas erkennen und, dies ist das Spezifische, dem Erkannten zugleich den Status absprechen, ein Ding im Kontinuum unserer Erfahrung zu sein. Denn das, was wir in einem Bild auf Grund des in uns vorhandenen Wissens erkennen, gibt es dort in Wahrheit nicht, weder die abgebildeten Gegenstände, die Person im Spiegel, oder die Menschen auf der Mattscheibe des Fernsehers. Bilder also stellen im Unterschied zu anderen sichtbaren Dingen etwas dar, was sie selbst nicht sind.“ (Brandt, 2004, 46)

Die Höhlenmalereien und Felszeichnungen aus dem Jungpaläolithikum (ca. 40.000 – 10.000 v. Chr.) und Neolithikum (ca. 5.500 – 2.200 v. Chr.) deuten auf eine frühe Praxis der Bilderzeugung hin. Danach, so schreibt Oliver Scholz, lassen sich Bilddarstellungen in allen Kulturen finden (vgl. Scholz, 2004, 1). „Man weiß, dass Bilder eine eigene Kraft und einen eigenen Sinn haben. Dieses Wissen ist uralt und wurde von vielen Menschen bis in die Prähistorie zurück geteilt.“ (Boehm, 2004, 29)

Christiane Kruse führt als Motivation für die Bildproduktion die Angst vor dem Vergessen an. Menschen können jene Bilder, die nur in ihrem Gedächtnis gespeichert sind, nicht an die nächste Generation weitervererben. Bilder, die sich lediglich im Gedächtnis befinden, können auch wieder verblassen, sich verändern oder gar verschwinden. Bilder haben damit die Funktion der Memoria (vgl. Kruse, 2006, 17-18).

Bilder haben eine Macht auf Körper, Seele und Geist (vgl. Boehm, 2004, 30):

„Die Macht, die Bildern innewohnen kann, liegt offenbar auch in ihrer Fähigkeit, Zugänge zu etwas zu öffnen, was tot oder was anderswo ist, zu einem mächtigen Herrscher, einem religiösen Gehalt, etwas Unsichtbarem, das weder Körper noch Gesicht hat, oder zu etwas Erdachtem, Erträumtem. Die Macht des Bildes bedeutet: ‚Il fait voir‘, es öffnet die Augen, es zeigt.“ (Boehm, 2004, 32)

Doch diese Macht, so schreibt Christiane Kruse, könne auch zu einer Gefahr werden. Niemand habe uns gelehrt, wie die Bilder gemacht sind, wozu sie erstellt wurden und was mit uns geschieht, wenn wir sie betrachten (vgl. Kruse, 2006, 16):

„Durch das Medium Bild werden nicht nur Absichten, Denkweisen und Wertvorstellungen derer vermittelt, welche die Bilder herstellten, sondern vor allem auch jener, die sie in auftrag gaben. Über Jahrhunderte wurde gezielt für Eliten - Adel und Kirche, später auch für das Bürgertum - produziert. Durch Abgebildetes wurden Herrschaftsanspruch, Machtverhältnisse und Geschlechterrollen festgehalten und gesichert. In Bildern wurde gezeigt, was und wer wie gesehen werden soll.“ (Klampf, 2003, 102)

2.2.2.2 Computergrafiken - digitale Bilder

Das Fachgebiet der Computergrafik befasst sich mit „der Erzeugung, Beschreibung und Manipulation von Bildern mittels Rechner und grafischer Geräte“ (Schiele, 2012, 1). Computergrafiken sind digital⁶ und lassen sich in zwei Kategorien einteilen: Vektorgrafiken und Rastergrafiken, auch Pixelgrafiken oder Bitmap-Grafiken genannt.

⁶ Jens Schröter schreibt, dass der Umbruch von analogen zu digitalen Medien oft als welthistorische Zäsur, vergleichbar mit der Erfindung des Buchdrucks, verstanden wird. Obwohl dies auch als Überschätzung gesehen werden kann, so könne man die Unterscheidung zwischen analog und digital als die medienhistorische und -theoretische Leitdifferenz der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts betrachten (vgl. Schröter, 2004, 8-9).

Vektorgrafiken setzen sich aus grafischen Primitiven wie Linien, Kreisen, Polygonen oder Kurven zusammen. Sie sind unabhängig von der Bildauflösung und können ohne Verlust der Schärfe skaliert werden. Rastergrafiken bestehen aus einzelnen Bildpunkten (Pixel) innerhalb eines Rasters. Jedes einzelne Pixel kann unterschiedlich gefärbt sein. Flächenhafte Darstellungen können einfacher erstellt werden als es bei Vektorgrafiken der Fall ist. Jedoch leiden Rastergrafiken unter möglichen Darstellungsproblemen wie dem Treppeneffekt (wenn Bilder mit geringer Auflösung stark vergrößert werden), der durch Antialiasing (Kantenglättung) reduziert werden kann.

Pixelgrafiken können durch bildgebende Mittel wie Digitalkameras oder durch Digitalisierung von analogem Material (z.B. durch Scannen) erzeugt werden. Software ermöglicht es, genuin digitale Grafiken zu erstellen. Sowohl Vektorgrafiken als auch Rastergrafiken werden am Bildschirm als Pixel dargestellt⁷ (vgl. Schiele, 2012, 23-26).

Betrachtet man den Stammbaum des Bildes von Mitchell, so fallen Computergrafiken bzw. digitale Bilder in den Bereich des Graphischen. Der große Vorteil von digitalen Bildern bzw. Bilddaten ist, dass sie nicht nur in der traditionellen Form (also mit Hilfe des menschlichen Auges), sondern auch maschinell ausgewertet werden können (vgl. Krause & Reiche, 2013, 10). Digitale Bilder sind jedoch auch flüchtige Bilder. Wenn man sie bearbeitet, dann interpretiert man sie auch und umgekehrt. Sie bieten einen großen ästhetischen Gestaltungsspielraum, besonders dann, wenn die Daten oder Signale, auf denen die Bilder basieren, ohne Gestalt sind (vgl. Heßler, 2006a, 12). „Digitale Bilder untergraben somit traditionelle Vorstellungen hinsichtlich des Bildstatus.“ (Heßler, 2006c, 12)

2.2.3 Siegeszug der Bilder - „Turns“ und Bilderflut

Platon betrachtete Bilder als Kunst und äußerte sich ihnen gegenüber mit Skepsis. Sie seien mimesis, also eine Nachahmung der Natur und damit Abbilder. Bilder sind für ihn

⁷ Bei Vektorgrafiken wird dieser Vorgang „Rasterung“ genannt.

sinnlich und trügerisch. Sie sind von der Wahrheit doppelt weit entfernt und man könne mit ihnen weder einen Staat noch eine Wissenschaft machen (vgl. Boehm, 2004, 34):

„[...] sagte ich, dass die Malerei und die Nachbildnerei überhaupt, wie sie in großer Ferne von der Wahrheit ihr Werk zustande bringt, so auch mit dem von der Vernunft Fernen in uns ihren Verkehr hat und sich mit diesem zu nichts Gesundem und Wahren befreundet. [...] Selbst also schlecht und mit Schlechtem sich verbindend erzeugt die Nachbildnerei auch Schlechtes.“ (Platon, 1958, S. 294, 603 a-b)⁸

In der jüdischen Welt wurde das irdische Erzeugen von Bildern als ein Akt der Blasphemie betrachtet und war verboten (vgl. Schulz, 2009, 84). Im vermutlich ältesten bildtheoretischen Dokument, dem Buch Exodus des Alten Testaments, findet man ein dezidiertes Bilderverbot:

„Ich bin Jahwe, dein Gott, der dich aus dem Ägypterlande, dem Sklavenhause, herausgeführt hat. Du sollst keine anderen Götter haben als mich. Du sollst dir kein geschnitztes Bild machen, kein Abbild von dem, was im Himmel droben oder unten auf der Erde oder im Wasser unter der Erde ist. Du sollst dich nicht vor diesen Bildern niederwerfen und sie nicht verehren.“ (Arenhoevel, Deißler & Vögtle, 1990, 74, Ex 20,2-5)

Seit dem späten Mittelalter hatte das Bild dazu gedient, moralische Lehren zu verbreiten. Ignatius von Loyola (1491 – 1556) plante, die Bibel zu bebildern, da er feststelle, dass die Heilige Schrift unterschiedlich ausgelegt werden konnte (vgl. Kleinspehn, 1991, 37). „das Christentum [ist und war] die einzige der Weltreligionen [...], die ihre Macht mit dem Emblem des Bildes verbreitete.“ (Boehm, 2004, 34)

Man kann feststellen, dass zu Beginn des 21. Jahrhunderts fast alle Lebensbereiche durch Bilder geprägt werden (vgl. Hoffmann & Rippl, 2006b, 7). Angesichts ihrer großen Menge wird von einer „Bilderflut“ gesprochen. Schulz sieht diese Metapher sogar noch als eine Untertreibung und äußert seine Bedenken:

„Bilder strömen aus allen Winkeln des Globus und strahlen zeitgleich in die privatesten Räume. Sie scheinen alles sichtbar zu machen und sind jedenfalls überall präsent. Bilder informieren zwar und erzeugen Wissen; sie machen aber auch

⁸ Dennoch, so meint Meike Aissen-Crewett, sei es unangemessen, Platon eine prinzipielle Gegnerschaft gegenüber Kunst zuzuschreiben (vgl. Aissen-Crewett, 1989, 268-371). In seiner Zeit wurden Bildermacher als Handwerker angesehen, deren Arbeit bis in die Renaissance als *artes mechanicae*, als Handarbeit statt als geistige Arbeit, als *artes liberales*, angesehen wurde (vgl. Schulz, 2009, 84).

süchtig, unkritisch, bewusstlos, absorbieren alle Aufmerksamkeit und haben einen enormen Einfluss auf das Verhalten ihrer Konsumenten, währenddessen man ihnen gegenüber gleichsam ein Analphabet geblieben ist.“ (Schulz, 2009, 14)

Bilder waren jedoch gerade bis Anfang des 19. Jahrhunderts aufgrund des aufwändigeren Herstellungsprozesses selten bzw. nicht jedem zugänglich. Jetzt haben sie unseren Alltag durchdrungen und sind inflationär geworden.⁹ Sich Bildern zu entziehen, ist angesichts ihrer Ubiquität nur schwer möglich. Nie war es so einfach, Bilder zu „konsumieren“, selbst zu produzieren, zu verbreiten oder gar gemeinsam an einem Werk zu arbeiten und zwar egal, ob man die Bilder tatsächlich malt oder zeichnet, sie durch Fotografieren erstellt, sie programmiert etc.

Durch die Sprachdominanz der westlichen Kultur wurde die Untersuchung der Bildkulturen lange Zeit marginalisiert (vgl. Bachmann-Medick, 2006, 329). Es herrschte die Annahme, „dass die Sprache das eigentliche Medium der Erkenntnis und hervorragendes Signum von Kultur sei“ (Schulz, 2009, 12-13). Im 20. Jahrhundert hat die Philosophie eine Wendung zur Sprachkritik vollzogen („Linguistic Turn“¹⁰). Es lassen sich hierbei zwei Schritte erkennen: Das Bestreben, die prinzipielle Sprachabhängigkeit aller Erkenntnisse nachzuweisen; ferner dass es durch die Überprüfung der Tragfähigkeit der Sprache zu ihrer Überschreitung kommt (vgl. Boehm, 2004, 36).

Seit dem 19. Jahrhundert hat sich die Rückkehr der Bilder auf unterschiedlichen Ebenen vollzogen, was von dem deutschen Philosophen und Kunsthistoriker Gottfried Boehm als die „ikonische Wendung“ - als der „Iconic Turn“ bezeichnet wird. Der Ausdruck, den er erstmals 1994 in seinem Aufsatz „Die Wiederkehr der Bilder“ in seinem Sammelband „Was ist ein Bild?“ verwendet, ist eine Anspielung auf den Begriff des Linguistic Turn (vgl. Boehm, 2006a, 13).

Boehm vertritt die These, dass Bilder eine eigene Logik besitzen, die nur ihnen zugehörig sei:

⁹ Boehm spricht sogar von einer „Bilderlust“ (vgl. Boehm, 2004, 35).

¹⁰ Zum ersten Mal wurde der Begriff des „Linguistic Turn“ 1967 vom amerikanischen Philosophen Richard Rorty als Titel für seinen Reader verwendet (vgl. Boehm, 2004, 36).

„Unter Logik verstehen wir: die konsistente Erzeugung von Sinn aus genuin bildnerischen Mitteln. Und erläuternd fügen wir hinzu: diese Logik ist nicht prädikativ, das heisst nicht nach dem Muster des Satzes oder andere Sprachformen gebildet. Sie wird nicht gesprochen, sie wird wahrnehmend realisiert.“ (Boehm, 2004, 28-29)

Für Boehm mündet der Linguistic Turn konsequenterweise in den Iconic Turn, da man bei der Begründung der Wahrheit von Sätzen auf Außersprachliches zurückgreifen muss. Somit kommt es zu einer Wiederentdeckung des Hinweisens oder Zeigens auf Basis des Sagens (vgl. Boehm, 2004, 36-37). Der Iconic Turn gründe „nicht auf einer Fundamentalopposition zum linguistic Turn, sondern nimmt die in diesem liegende argumentative Wendung auf und treibt sie weiter.“ (Boehm, 2007, 29)

Fast zeitgleich formulierte W.J.T. Mitchell 1992 den Begriff des „Pictorial Turn“ (vgl. Mitchell, 2008, 103) und versucht damit, ähnlich wie Boehm, die Hinwendung vom Wort zum Bild zu beschreiben. Der Pictorial Turn befasst sich nicht nur mit der Analyse gegenständlicher Bilder, sondern mit der gesamten visuellen Wahrnehmung und Kultur (vgl. Bachmann-Medick, 2006, 330). „Damit wird der Boden bereitet für einen umfassenderen visual turn, der sich auf visuelle Praktiken und Medien der Wahrnehmung wie Aufmerksamkeit, Erinnerung, Sehen, Beobachtung ebenso ausgedehnt wie auf Kulturen des Blicks.“ (Bachmann-Medick, 2006, 330)

Sowohl das Nachdenken über Bilder als auch das Denken mit Hilfe von Bildern sollte hiermit aufgewertet werden (Bachmann-Medick, 2006, 329).

„Was immer der Pictorial Turn also ist, es sollte doch klar sein, daß er keine Rückkehr zu naiven Mimesis-, Abbild- oder Korrespondenztheorien von Repräsentation oder eine erneuerte Metaphysik von pikturaler ‚Präsenz‘ darstellt: Er ist eher eine postlinguistische, postsemiotische Wiederentdeckung des Bildes als komplexes Wechselspiel von Visualität, Apparat, Institutionen, Diskurs, Körpern und Figurativität.“ (Mitchell, 2008, 108)

Der Pictorial und der Iconic Turn werden als Kritik an der sprach-analytischen Philosophie und dem Linguismus angesehen (vgl. Schulz, 2009, 16). Bilder hätten eine „eigene Wirkungsmacht, die sich der Sprache zu entziehen scheint.“ (Bachmann-Medick, 2006, 330) Mitchell meint, die Vertreter der Sprachphilosophie, wie etwa Ludwig Wittgenstein

und Richard Rorty, wären von einer „Ikonophobie“ befallen.

„Diese Angst, dieses Bedürfnis, ‚unsere Sprache‘ gegenüber ‚dem Visuellen‘ zu verteidigen, ist - so scheint es mir - sicheres Zeichen dafür, daß tatsächlich ein Pictorial Turn stattfindet.“ (Mitchell, 2008, 104).

Der Iconic/Pictorial Turn bedeutet jedoch nicht, „dass der Linguismus gänzlich durch einen Pictorialismus ausgetauscht werden muss. Er steht vielmehr für eine Forderung danach, Bilder ernster zu nehmen, kritischer über ihre Geschichte und Auswirkung nachzudenken und sie nicht im Linguismus der analytischen Philosophie allein verhandelt zu sehen.“ (Schulz, 2009, 125) Insgesamt zielt der Iconic/Pictorial Turn auf eine „Steigerung der Bildsensibilität und Bildkompetenz“ (Bachmann-Medick, 2006, 353).

Nicht ganz eindeutig ist, wann der Iconic/Pictorial Turn einsetzte. Er ist kein einzigartiges Phänomen der Gegenwart, sondern ein Topos, der immer wieder bei medialen Umbrüchen auftaucht (wie etwa beim Aufkommen von Fotografie, Film, Fernsehen oder Internet). Für Horst Bredekamp beginnt die Bildwende bereits bei Thomas Hobbes’ „Leviathan“ und seiner Ikonographie des Staates (vgl. Bachmann-Medick, 2006, 332-333).

Torsten Hoffmann und Gabriele Rippl meinen, dass die Konjunktur der Bilder im Zusammenhang mit der Erfindung der technisch-apparativen Bildmedien im 19. Jahrhundert steht. Ölgemälde etwa waren vor allem höheren Gesellschaftsschichten vorbehalten. Durch die Erfindung der Fotografie wurden Bilder zu einem leichter zugänglichen Medium (vgl. Hoffmann & Rippl, 2006b, 7).

Scholz erklärt sich die gegenwärtige Bilderflut durch Entwicklungen und Veränderungen im Bereich der Technik, der Wirtschaft und des Rezeptionsverhaltens. Auf technischer Seite wurden zahlreiche Medien entwickelt, welche die Produktion, Reproduktion, Speicherung, Distribution und Rezeption von Bildern ermöglichen. Bilderzeugende Apparaturen dringen immer weiter in Mikro- und Makrowelten vor. Bildmedien selbst

können immer besser miteinander und mit anderen elektronischen Medien vernetzt werden. Durch Digitalisierung werden auch analoge Bilder digital verfügbar gemacht. Im Bereich der Wirtschaft kam es unter den Bedingungen zunehmender wirtschaftlicher Konkurrenz zum Wachstum der bilderzeugenden, -reproduzierenden, -vorführenden und -übertragenden Einrichtungen. Das Rezeptions- bzw. Konsumverhalten veränderte sich dahingehend, dass der Konsum von Bildern Ende des 18. Jahrhunderts rasant anstieg, begonnen bei Panorama, Diorama, Fotografie, illustrierten Zeitungen, Kino, Fernsehen und PC (vgl. Scholz, 2004, 2-3).

Hubert Burda schreibt in seinem Sammelband, dass nicht Texte, sondern Bilder die Wende zum 21. Jahrhundert markiert hätten und uns im Gedächtnis geblieben wären. Sie hätten in fast allen Lebens- und Wissensbereichen eine große Bedeutung erlangt (vgl. Burda, 2004, 11-12).

3 Visualisierungen

„The purpose of visualization is insight, not pictures.“ (Card, Mackinlay & Shneiderman, 1999, 6)¹

3.1 Allgemeines

3.1.1 Definition

Der Begriff der Visualisierung ist fast im gleichen Umfang so vieldeutig wie der des Bildes. In der Brockhaus Enzyklopädie werden ihm vier Seiten gewidmet. Er wird folgendermaßen beschrieben:

„Visualisierung [v-, engl. visualization ‚Veranschaulichung‘, zu spätlat. visualis ‚zum Sehen gehörend‘], Bez. für die bildl. Aufbereitung, Darstellung und Kommunikation von Information sowie für die visuelle Wahrnehmung (Sehen) und Vorstellung (Imagination). Der Begriff umfasst alle Arten bildl. Repräsentation und Sichtbarmachung, z.T. sogar über den Bereich des Sehens hinaus, etwa bei der Metaphernbildung in der Sprache oder ihre Bereicherung mittels Lautmalerei oder Geräuschen, die beim Zuhörer innere Bilder entstehen lassen. In jüngster Zeit hat der Begriff eine Bedeutungserweiterung dahin gehend erfahren, dass auch wiss. Modellbildungen, die Gestaltung von Dingen und Oberflächen und spezifisch ‚visuelle Forschungen‘ mit einbezogen werden.“ (Brockhaus, 2006, 150)

Wie diese Definition zeigt, ist der Begriff der Visualisierung etwas mit „Sichtbarmachung“ zu tun und ist nicht zwingend mit der digitalen Technologie verbunden.

¹ Dieser Satz ist eine Analogie zu Richard Hamming's „The purpose of computing is insight, not numbers.“ (Card et al., 1999, 6)

Robert Spence, emeritierter Professor für Information Engineering am Imperial College of Science, Technology and Medicine in London, bevorzugt folgende Definition:

„visualization (v): the formation of a mental model of something, with the implication that visualization is a cognitive activity undertaken by a human being and has nothing fundamentally to do with computers.“ (Spence, 2014, 4)

Auch für ihn ist eine Visualisierung nicht das, was man auf dem Bildschirm sieht. Es sind die Bilder im Kopf - „it is in the mind“ (Spence, 2014, 4). Konrad Polthier betont ebenso, dass Visualisierungen keine Erfindung des Computerzeitalters sind. Sowohl bei Felix Klein (1849 – 1925, Sammlung mathematischer Gipsmodelle) als auch bei Hermann Amadeus Schwarz (1843 – 1921, er ließ Kupferstiche seiner Berechnungen anfertigen) und Leonardo da Vinci (1452 – 1519, Skizzen) kann man nach dieser Definition von Visualisierungen sprechen. Für letzteren war das Zeichnen und Visualisieren „integraler Bestandteil des Verstehens unserer Natur und des Kommunizierens von Wissen“² (Polthier, 2008, 24-25).

Die computergestützte Visualisierung, die Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist, wird von Bruce H. McCormick, Thomas A. DeFanti und Maxine D. Brown folgendermaßen definiert:

„Visualization is a method of computing. It transforms the symbolic into the geometric, enabling researchers to observe their simulations and computations. Visualization offers a method for seeing the unseen. It enriches the process of scientific discovery and fosters profound and unexpected insights. In many fields it is already revolutionizing the way scientists do science. Visualization embraces both image understanding and image synthesis. That is, visualization is a tool both for interpreting image data fed into a computer, and for generating images from complex multi-dimensional data sets. It studies those mechanisms in humans and computers which allow them in concert to perceive, use and communicate visual information.“ (McCormick, DeFanti & Brown, 1987, 3)

Laut dieser Definition bedeutet der Einsatz von Visualisierungen eine Bereicherung für die Forschung. Visualisierungen hätten die Art, wie Wissenschaftler forschen, bereits

² Auch Höhlenzeichnungen werden als eine frühe Form der visuellen Kommunikation angesehen (vgl. Däfler, 2006, 212).

revolutioniert. Als diese Definition gemacht wurde, befand sich die Visualisierung noch am Anfang. Mittlerweile hat sie auch im nicht-wissenschaftlichen Bereich an Bedeutung gewonnen. Für Doris Bachmann-Medick ist, wenn man diese Definition betrachtet, heikel, dass Visualisierung die Umsetzung von Unsichtbarem in Sichtbares sei. Auch in den technik- und naturwissenschaftlichen Bildgebungen könne man nicht von einer Abbildungssicherheit sprechen. Sie führt hierzu interpretative Verzerrungen und ästhetische Gestaltungszuschnitte als Irritationen für den Konstruktionscharakter an (vgl. Bachmann-Medick, 2008, 12).

Stuart K. Card, Jock D. Mackinlay und Ben Shneiderman liefern folgende Definition für den Begriff der Visualisierung:

„[The] use of computer-based, interactive, visual representations of data to amplify cognition“ (Card et al., 1999, 6)

Nach dieser Beschreibung ist der Begriff der Visualisierung mit dem Gewinn bzw. der Erweiterung von Erkenntnis verbunden. Auch Bachmann-Medick erklärt, dass Visualisierung „in vielen Fällen den Einsatz von bildgebenden Verfahren zur kognitiven Erkenntnisgewinnung“ (Bachmann-Medick, 2008, 12) meine. Stefanie Westerman und Dominic Groß sehen Visualisierungen als unverzichtbar für die Vermittlung von Wissen und Erkenntnissen an, bemerken aber, dass Visualisierung nicht zwangsläufig mit Erkenntnisgewinn verknüpft sei: „[N]icht selten wird ein solcher von Seiten der Adressanten lediglich (bewusst oder unbewusst) suggeriert und immer wird das Visualisierte durch den ‚Empfänger‘ interpretiert – mit allen damit verbundenen Möglichkeiten der Fehldeutungen.“ (Westermann & Groß, 2007, 12)

Außerdem wird in dieser Definition davon gesprochen, dass Visualisierungen interaktiv sind. Nicht alles, was heute als Visualisierung bezeichnet wird, ist tatsächlich interaktiv. Gerade im Bereich der Präsentation (Kapitel 3.2) hat man es auch mit lediglich animierten oder gar statischen Visualisierungen (Kapitel 3.6) zu tun.

3.2 Einsatz und Aufgaben

Visualisierungen werden auf drei Ebenen eingesetzt:

- Explorative Analyse: In dieser Stufe liegt noch keine Hypothese zu den bestehenden Daten vor. Es wird erst eine geeignete Darstellung gesucht, mit deren Hilfe eine Hypothese formuliert werden kann.
- Konfirmative Analyse: Es existiert bereits eine Hypothese, die mit einer Visualisierung überprüft und verifiziert wird.
- Präsentation und Kommunikation: Es liegen Aussagen und Fakten vor, die durch eine Visualisierung erkennbar dargestellt werden (vgl. Schumann & Müller, 2000, 5-6).

Visualisierungen sollen die Analyse, das Verständnis und die Kommunikation von Modellen, Konzepten sowie Daten erleichtern (vgl. Schumann & Müller, 2000, 5); sie können somit dabei helfen, Zusammenhänge zu erkennen und die Entscheidungsfindung unterstützen.

Rolf Däßler erwähnt vier elementare Aufgaben der Visualisierung (vgl. Däßler, 2006, 212-213):

- Symbole, Diagramme oder Animationen sollen Prozessabläufe und Objektbeziehungen veranschaulichen und falls möglich vereinfachen.
- Ein vereinfachter Zugang zu Massendaten (z.B. durch Klassifikation und Datenstrukturierung) soll ermöglicht werden.
- Hilfen bei der Analyse und Interpretation von Daten, bei der Sichtbarmachung verborgener Trends und bei der Mustererkennung sollen gegeben werden. Die grafische Darstellung von Computerberechnungen hat den Vorteil, dass sich auf ihrer Basis Muster und Regularitäten leichter entdecken lassen als bei einer syntaktischen Repräsentation (vgl. Heintz & Huber, 2001, 69).

- Der Mensch bevorzugt visuelle Informationsprozesse und Repräsentationsformen. Aus der Gehirnforschung weiß man, dass sich Visualisierungen positiv auf die Gedächtnisleistung und auf die menschliche Informationsaufnahme auswirken.

Bilder (selbst wissenschaftliche Bilder) können missverstanden werden oder gar lügen. Damit dies im Bereich der Visualisierungen nicht geschieht, benötigt man ein Verständnis der Daten, die visualisiert werden sollen, der Nutzer und des Problems, das durch die Visualisierung gelöst werden soll (vgl. Stone, 2009, 46).

3.3 Visualisierungsformen

3.3.1 Wissenschaftliche Visualisierung - Informationsvisualisierung

Die wissenschaftliche Visualisierung (engl. scientific visualization - Abbildung 3.1) und die Informationsvisualisierung (engl. information visualization - Abbildung 3.2) lassen sich nicht klar voneinander abgrenzen.

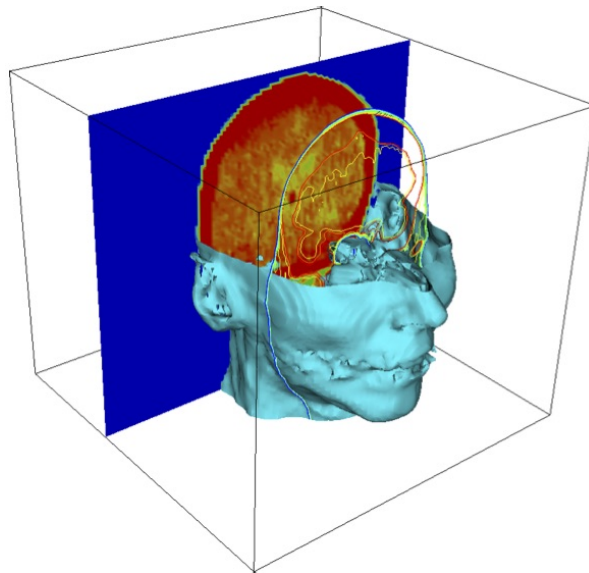


Abbildung 3.1: Wissenschaftliche Visualisierung in der Medizin (Brodbeck et al., 2009, 32)

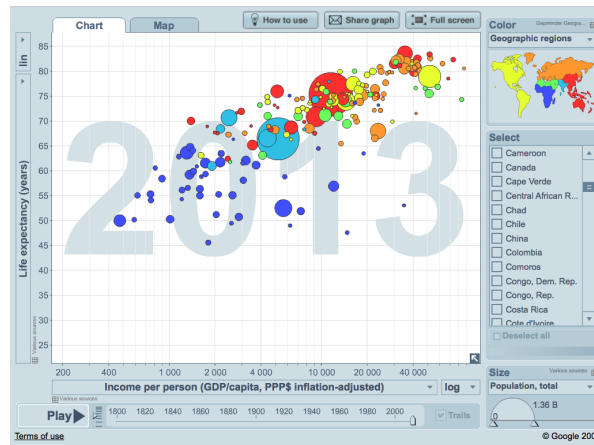


Abbildung 3.2: Informationsvisualisierung (erstellt mit Gapminder - Screenshot)

Auch wenn es letzterer an dem Wort „Wissenschaft“ fehlt, so wird die Informationsvisualisierung „genauso wissenschaftlich betrieben, und einige Methoden und Verfahren sowie das Grundrepertoire visueller Variablen und Visualisierungsfreiheitsgrade sind in beiden Gebieten sehr ähnlich“ (Preim & Dachzelt, 2010, 441). Lev Manovich bemerkt, dass es nicht leicht sei, eine Definition für Informationsvisualisierung zu finden, welche auf alle Projekte zuträfe, die heute in diesem Bereich existieren (vgl. Manovich, 2010, 2). Anhand der verwendeten Daten, der hauptsächlichen Zielgruppe, der mentalen Bilder und der erzeugten Bilder, kann man folgendes feststellen:

Daten

Wissenschaftliche Visualisierungen arbeiten zumeist mit physikalischen Daten, die einen Raumbezug haben. Diese werden oftmals mit Hilfe von Sensoren erfasst oder sind das Ergebnis von Simulationen (vgl. Preim & Dachzelt, 2010, 440). Die Informationsvisualisierung verwendet hingegen diskrete, zumeist abstrakte Daten (vgl. Preim & Dachzelt, 2010, 440), die keinen physikalischen Bezugsrahmen und meist auch keinen Orts- oder Zeitbezug haben (vgl. Schumann & Müller, 2000, 341).

Zielgruppe

Die Zielgruppe bei wissenschaftlichen Visualisierungen setzt sich hauptsächlich aus Experten zusammen, während sich die Informationsvisualisierung überwiegend an Nutzer

richtet, die keinen naturwissenschaftlichen, mathematischen oder ingenieurwissenschaftlichen Hintergrund haben. Hier ist es besonders wichtig, dass z.B. Diagramme mit Aktienkursen oder die Darstellung von Wahlergebnissen von „Alltagsnutzern“ verstanden werden können (vgl. Preim & Dachsel, 2010, 441).

Mentale Bilder

Physikalische Daten, so wie sie Gegenstand der wissenschaftlichen Visualisierung sind, rufen meist konkrete mentale Bilder hervor (z.B. die Volumendarstellung eines menschlichen Organs). Abstrakte Daten, die in der Informationsvisualisierung verwendet werden, erzeugen keine naheliegenden mentalen Bilder (vgl. Preim & Dachsel, 2010, 441).

Erzeugte Bilder

Die meisten visuellen Repräsentationen, die bei der Informationsvisualisierung entstehen, sind zwei-dimensional. Ein Großteil der Bilder, die bei der wissenschaftlichen Visualisierungen entstehen, ist drei-dimensional (vgl. Manovich, 2010, 4).

3.3.2 Medienvisualisierung (Media Visualization)

Lev Manovich verwendet den Begriff der „Media Visualization“ bzw. der „Direct Visualization“ oder „Visualization without reduction“. Hierbei werden die Daten (z.B. Texte, Bilder) neu organisiert, sodass eine visuelle Repräsentation entsteht, bei der die ursprüngliche Form der Daten erhalten bleibt (vgl. Manovich, 2010, 14).

„Rather than representing text, images, video or other media through new visual signs such as points or rectangles, media visualizations build new representations out of the original media. Images remain images; text remains text.“ (Manovich, 2010, 14)

In Abbildung 3.3 sieht man ein Beispiel einer Medienvisualisierung. Die Visualisierung wurde mit ImagePlot erstellt (näheres hierzu: siehe Kapitel 5.3 und Kapitel 5.4.1).

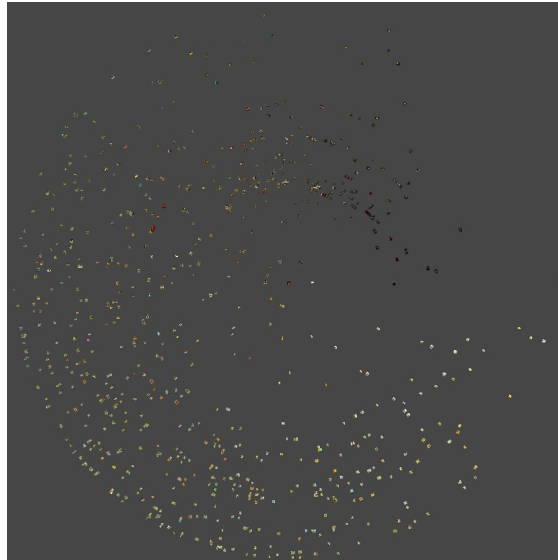


Abbildung 3.3: Medienvisualisierung (erstellt mit ImageJ und dem Makro ImagePlot - Screenshot)

3.4 Anforderungen an eine Visualisierung

- **Expressivität** (Ausdrucksfähigkeit): Die Daten müssen möglichst unverfälscht wiedergegeben werden, d. h. ausschließlich die in den Daten enthaltenen Informationen sollen visualisiert werden (vgl. Schumann & Müller, 2000, 9).

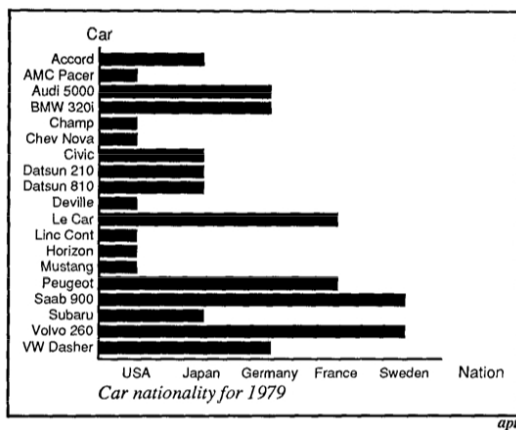


Abbildung 3.4: Nicht-expressive Darstellung (Mackinlay, 1986, 122)

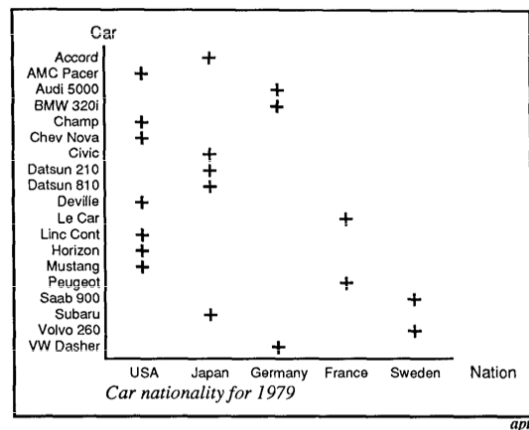


Abbildung 3.5: Expressive Darstellung (Mackinlay, 1986, 123)

Die Abbildungen 3.4 und 3.5 sollen eine Übersicht über die Anzahl von Autofabriken und deren Herstellerländer bieten. In Abbildung 3.4 wird die Anforderung

der Expressivität nicht eingehalten. Die Länge der Balken lässt eine Ordnung der Herstellerländer vermuten (etwa dass Schweden besser oder größer sei als Japan). Abbildung 3.5 ist ein Beispiel für eine expressive Visualisierung. Es wird ein Scatterplot verwendet, der z.B. zeigt, dass fünf Autos (Accord, Civic, Datsun 210, Datsun 810 und Subaru) in Japan gefertigt werden.

- **Effektivität:** Es können verschiedene grafische Darstellungsformen für die Visualisierung einer Datenmenge herangezogen werden. Bei der Auswahl muss darauf geachtet werden, welche Visualisierungstechnik die Daten am besten präsentiert, damit die „(visuellen) Fähigkeiten des Betrachters und die charakteristischen Eigenschaften des Ausgabegerätes unter Berücksichtigung der Zielsetzung und des Anwendungskontextes optimal“ (Schumann & Müller, 2000, 11) genutzt werden.

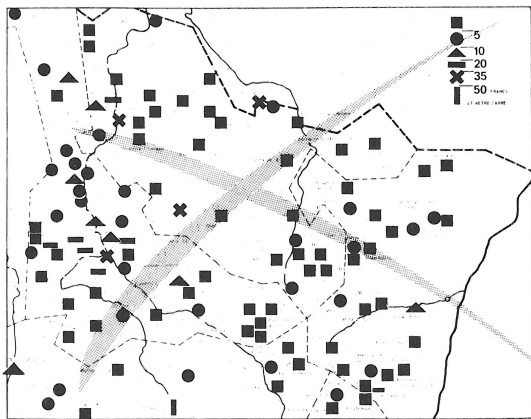


Abbildung 3.6: Nicht-effektive Darstellung (Bertin, 1982, 146)

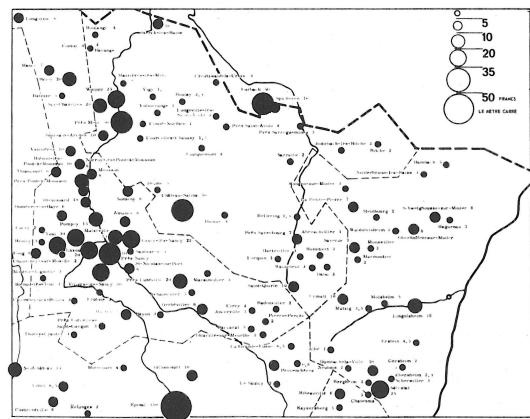


Abbildung 3.7: Effektive Darstellung (Bertin, 1982, 146)

In den Abbildungen 3.6 und 3.7 werden auf Karten die Grundstückspreise einer bestimmten Region dargestellt. Jacques Bertin unterscheidet zwischen Karten, deren Inhalt man lesen muss und Karten, deren Inhalt man sieht. Bei Abbildung 3.6 handelt es sich um ersteres. Diese Visualisierung ist nicht effektiv, da man hier nur schwer die Preise vergleichen kann. Somit kann man nicht auf den ersten Blick feststellen, wo der Boden am günstigsten oder teuersten ist. In Abbildung 3.7 hingegen wird eine Karte dargestellt, deren Inhalt man sieht. Sie ist effektiv, da

die Größe der Kreise auf den Grundstückspreis schließen lässt und damit direkte Vergleiche ermöglicht (vgl. Bertin, 1982, 147).

- **Angemessenheit:** Der Aufwand bei der Erstellung der Visualisierung (z.B. Zeitaufwand, Ressourcenaufwand) soll in einem angemessenen Verhältnis zum Nutzen stehen (vgl. Schumann & Müller, 2000, 12).

Im Vorfeld der Erstellung einer Visualisierung sollten auch folgende Fragen geklärt werden (vgl. Preim & Dachzelt, 2010, 440):

- Zielgruppe: Wer wird die Visualisierung nutzen bzw. betrachten?
- Aufgaben: Wozu soll die Visualisierung verwendet werden?
- Daten: Welche Daten sollen repräsentiert werden? Woher kommen sie? Müssen sie speziell aufbereitet werden?
- Repräsentation: Wie können die Daten repräsentiert werden? Welche Visualisierungstechniken sollen eingesetzt werden?
- Medium: Wo soll die Visualisierung ausgegeben werden? In gedruckter Form, auf einer Großleinwand, einem Bildschirm, einem Touchsystem etc.?

„Overview first, zoom and filter, then details-on-demand.“ (Shneiderman, 1996, 337)

Dieser Satz gilt als das Mantra der visuellen Informationssuche. Vor dem und beim Erstellen einer Visualisierung soll überlegt werden, wie diese Aufgaben umgesetzt werden können (vgl. Preim & Dachzelt, 2010, 443-444).

Grundlegend sollen folgende Aufgaben erfüllt werden, wobei hier der Ansatz von Ben Shneiderman vorgestellt wird, das type by task taxonomy. Im Detail soll folgendes möglich sein (vgl. Shneiderman, 1996, 337-340):

- Überblick (Overview): Es soll ein Überblick über die Datenmenge geboten werden.

- Zoom: Interessante Bereiche sollen fokussiert werden können.
- Filter: Für den Nutzer uninteressante Elemente sollen ausgeblendet werden können.
- Details nach Bedarf (Details-on-demand): Für ein oder mehrere ausgewählte Elemente sollen Details angezeigt werden.
- Beziehungen (Relate): Es soll die Möglichkeit geboten werden, Beziehungen zwischen Elementen ansehen zu können.
- Verlauf (History): Ein Verlauf soll das Rückgängigmachen, Wiederholen oder schrittweise Verfeinern von Aktionen ermöglichen.
- Auszug/Auswahl (Extract): Abfrageergebnisse oder Teilmengen sollen extrahiert werden können.

3.5 Visualisierungsprozess

Der Prozess der Visualisierung wird von Heidrun Schumann und Wolfgang Müller anhand der Visualisierungspipeline beschrieben:

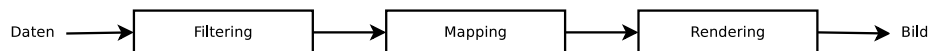


Abbildung 3.8: Visualisierungspipeline - nach Schumann und Müller (Schumann & Müller, 2000, 15)

Filtering (Datenaufbereitung)

Die erhobenen Daten (durch Simulation, Messung oder Modellierung) werden als Rohdaten bezeichnet; sie werden in diesem Schritt aufbereitet (durch Interpolation, Fehlerkorrektur, Glättung, Reduktion, Analyse).

Mapping

Die aufbereiteten Daten werden in Geometriedaten überführt; an dieser Stelle werden

die Expressivität und Effektivität beeinflusst.³

Rendering (Bildgenerierung)

Die Geometriedaten werden in Bilddaten abgebildet; die Darstellungsart ist vom Anwendungsumfeld abhängig (vgl. Schumann & Müller, 2000, 15-17).

3.6 Visualisierungstechniken

Die Verwendung von Computern führte zu einer Weiterentwicklung von bereits bekannten Visualisierungstechniken (wie z.B. Diagrammen) und zu einer Bereicherung mit vielen neuen Visualisierungstechniken. Durch die Informationsvisualisierung können unterschiedliche Bilder erzeugt werden, die ebenso unterschiedliche Sichten auf einen Informationsbestand ermöglichen (vgl. Schumann & Müller, 2004, 135).

In der Literatur findet man unterschiedliche Ansätze und Techniken für die Erstellung von Visualisierungen. Die Wahl der Visualisierungstechnik hängt von verschiedenen Faktoren ab: dem Datentyp, der Menge der Daten und dem Verwendungszweck. Die Visualisierungsmethoden können nach Daniel Keim entsprechend dem Datentyp, der Darstellungsart und der Interaktions- und Verzerrungstechnik eingeteilt werden.

3.6.1 Visualisierungstechniken nach Datentypen

Bei Visualisierungen sind Daten das wichtigste. Daten können aus der realen Welt stammen (z.B. Medizin, Astronomie), aus der theoretischen (z.B. Mathematik, Quantenchemie) oder der künstlerischen (z.B. Film, Kunst) (vgl. Schumann & Müller, 2000, 27-28). Datentypen sind für die Visualisierung von Interesse, weil sie „eine wichtige Visualisierungsdimension darstellen und konkrete Techniken sehr von der Art und Dimensionalität

³ Dadurch, dass die Informationsvisualisierung zumeist mit abstrakten Daten arbeitet, ist hier das Mapping deutlich komplizierter als bei der wissenschaftlichen Visualisierung, deren Gegenstand Daten mit Raumbezug sind (vgl. Däßler, 2006, 219).

der Daten abhängen.“ (Preim & Dachzelt, 2010, 448)

Man unterscheidet zwischen Entitäten (Entities), Attributen (Attributes) und Relationen (Relationships):

Entitäten sind Objekte und können z.B. Personen, Tiere, Filme, Gegenstände etc. sein.

Attribute sind die Eigenschaften eines Objekts oder einer Beziehung, z.B. ist die Farbe eines Apfels sein Attribut. Der Wert eines Attributs wird auch als Ausprägung bezeichnet.

Relationen sind Beziehungen zwischen Entitäten und auch Attributen, z.B. ist ein Rad ein Teil eines Autos, eine Katze ist ein Tier (vgl. Preim & Dachzelt, 2010, 448)(vgl. Ware, 2013a, 23-24)

Bei den Attributen unterscheidet man außerdem noch folgende Kategorien:

Quantitativ: Sie werden auch numerische Daten genannt. Mit Ihnen kann man arithmetische Operationen durchführen. Quantitative Daten können diskret oder kontinuierlich sein.

Nominal: Diese Daten stellen eine ungeordnete Menge von Namen dar und dienen der Gruppierung und Ordnung. Das sind z.B. Geschlecht oder Farbe. Die einzige Operation, die man hier durchführen kann, ist der Test auf Gleichheit oder Ungleichheit.

Ordinal: Bei diesen Daten handelt es sich um eine geordnete Menge von nicht-messbaren Werten, z.B. Kategorien wie kalt, warm, heiß, oder vor Ordnungszahlwörter wie „der erste, der zweite, der dritte etc.“ Als Operationen kann man hier größer, kleiner oder ist gleich durchführen (vgl. Preim & Dachzelt, 2010, 44-450).

Es muss auch die Anzahl (Dimensionalität) der Attribute beachtet werden. Shneiderman unterscheidet folgende Datentypen nach Anzahl der Attribute:

- **Eindimensional (1D):** Sie werden auch univariate Daten genannt. Zu ihnen gehören sequenzielle Daten wie Textdokumente, Sourcecode und alphabetische Listen. Beispiele hierfür sind Visualisierungen mit Hilfe eines Dashboards (Tachometer -

Abbildung 3.9) oder Word clouds (Abbildung 5.3) (vgl. Preim & Dachzelt, 2010, 453-454). Letztere werden näher in Kapitel 5.4 auf S. 91 behandelt.

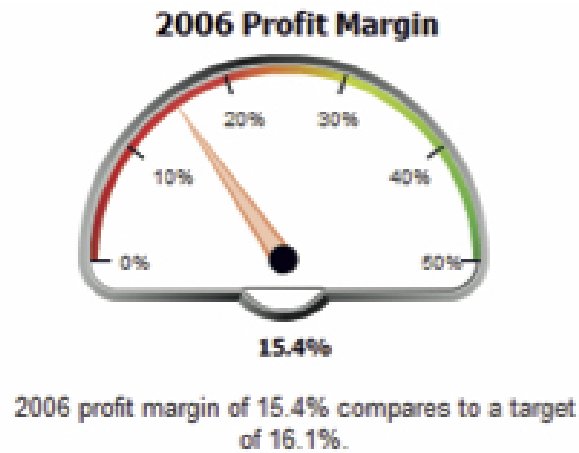


Abbildung 3.9: Visualisierung univariater Daten mit Dashboard (Preim & Dachzelt, 2010, 454)

- **Zweidimensional (2D):** Diese werden auch als bivariate Daten bezeichnet; es werden zwei Dimensionen eines Datensatzes unterschieden: Beispiele sind geografische Daten, Karten, Pläne, Achsendiagramme (Punkt-, Linien- oder Säulendiagramme), Scatterplots und Histogramme mit zwei Attributen. So lassen sich etwa aus einem Punktediagramm (Abbildung 3.10) mögliche Korrelationen zwischen zwei Variablen erkennen (vgl. Schumann & Müller, 2000, 132).

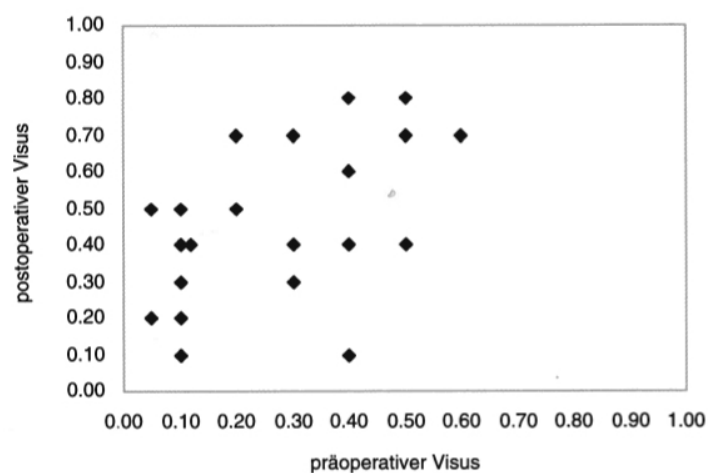


Abbildung 3.10: Visualisierung bivariater Daten mit Streudiagramm (Schumann & Müller, 2000, 131)

- **Dreidimensional (3D):** Objekte aus der realen Welt wie z.B. Moleküle, Körper.
- **Temporal:** Zeitleisten z.B. im Projektmanagement, Sankey Diagramme.
- **Multidimensional:** Bei den meisten relationalen Datenbanken werden multidimensionale Datenobjekte gespeichert. Man spricht hier von multivariaten Daten. Ein Datenobjekt (Zeile) kann hunderte und mehr Attribute (Spalten) haben.
- **Baum (Tree):** Hierarchien oder Baumstrukturen, bei denen alle Elemente ein Eltern-Element haben (bis auf das Wurzel-Element), z.B. File-Systeme, Space Tree, Hyperbolic Tree, Cone Tree.
- **Netzwerke, Graphen:** Die Elemente haben keinen Eltern-Knoten und es bestehen eine oder mehrere Verbindung(en) zu Nachbarknoten, z.B. Netzwerkgraphen wie bei der Visualisierung von Sozialen Netzwerken (Abbildung 3.11)⁴ oder der Topologie eines Rechnernetzes. (vgl. Shneiderman, 1996, 337-338),(vgl. Preim & Dachelt, 2010, 450-452),(vgl. North, 2006, 1222)



Abbildung 3.11: Visualisierung des Netzwerks von Facebook-Freunden
(erstellt mit Wolfram Alpha - Screenshot)

⁴ Durch die Farben soll zwischen männlichen (blau) und weiblichen (rot) Freunden unterschieden werden.

Daniel Keim verzichtet bei seiner Einteilung auf die Gruppe der dreidimensionalen Daten (diese sind bei ihm unter multidimensional zusammengefasst) und auf temporale Daten; er ergänzt jedoch um folgende Typen:

- **Text und Hypertext:** Texte können, wie bereits erwähnt, als lineare Sequenzen (eindimensional) angesehen werden. Andererseits kann Text auch in Worte, Sätze, Absätze, Kapitel etc. geteilt werden. „These data types differ in that they can not be easily described by numbers and therefore, most of the standard visualization techniques can not be applied.“ (Keim, 2002b, 102) Dieser Datentyp ist der am wenigsten strukturierte, und daher kann es schwierig sein, eine geeignete Visualisierung dafür zu erstellen. Lösungen hierfür erstrecken sich von einem Makrolevel (Übersicht über große Dokumenten-Kollektionen) bis hin zu einem Mikrolevel (ein Fragment eines Dokuments). Einige Text Visualisierungen nutzen Semantic Maps für große Dokumenten-Kollektionen; Dokumente, die ähnlichen Inhalt aufweisen, werden geclustert (vgl. North, 2006, 1222). z.B. Document Galaxies, Theme View, TileBars und Word Clouds
- **Programmcode und Softwaresysteme:** Visualisierungen sollen dabei helfen, Algorithmen zu verstehen, z.B. beim Debugging (vgl. Keim, 2001, 41)(vgl. Keim, 2002b, 102)(vgl. Preim & Dachsel, 2010, 450-452)

3.6.2 Visualisierungstechniken nach Darstellungsart

Für die Visualisierung von Daten gibt es zahlreiche Visualisierungstechniken. Keim teilt sie folgendermaßen ein:

- **Standard 2D/3D Visualisierungen:** z.B. x-y (bzw. x-y-z) Diagramme, tabellarische Visualisierungen, Balkendiagramme, Kreisdiagramme (Abbildung 3.12), Liniendiagramme oder Histogramme.
- **Geometrische Transformationen:** „Geometrische Transformationen versuchen interessante Projektionen der multidimensionalen Datenmenge zu finden, um sie

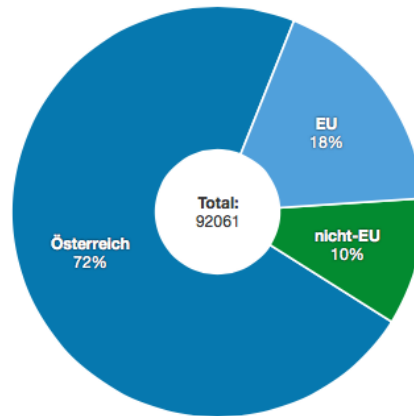


Abbildung 3.12: Kreisdiagramm: eingeschriebene Studierende (nach Herkunft) an der Universität Wien im Wintersemester 2013/14 (Universität Wien, 2013)

dann visuell darzustellen.“ (Keim, 2002a, 9) z.B. Scatterplot-Matrizen, Parallele Koordinaten (Abbildung 3.13), Hyperslice, künstliche Landschaften (Landscapes), Projection Pursuit, Prosection Views etc.

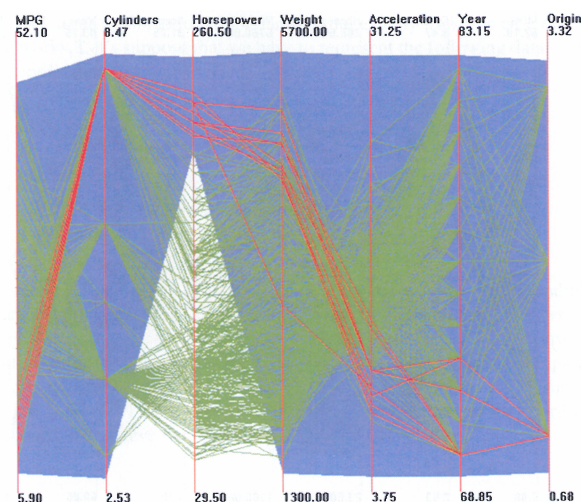


Abbildung 3.13: Parallele Koordinaten (Mazza, 2009, 50)

- **Icon- und Glyph-basierte Visualisierungen:** Die Attributwerte werden auf die Eigenschaften eines Icons übertragen. z.B. Chernoff Faces (Abbildung 3.14), Stick Figures, Shape-Coding, Color Icons, TileBars etc. Icon-basierte Techniken lassen sich auch mit anderen Techniken kombinieren (z.B. Netzwerken und Graphen). (vgl. North, 2006, 11) (vgl. Ware, 2013b, 205-206)

Die Visualisierungstechnik der Chernoff Faces soll hier näher betrachtet werden⁵. Bis zu 18 Merkmale eines Gesichtes werden kombiniert und über Form und Größe von Kopf, Nase, Augen und Mund kodiert. Diese Technik macht sich die bereits im Kapitel über das Sehen (Kapitel 2.1) erwähnte Fähigkeit des Menschen zunutze, Veränderungen und Nuancen in Gesichtern zu erkennen und somit das Wesen sowie die Gestimmtheit einer Person zu erkennen (vgl. Schumann & Müller, 2000, 194). Abbildung 3.14 zeigt eine Visualisierung von Eugene Turner aus dem Jahr 1977. Er selbst sagte dazu: „It is probably one of the most interesting maps I’ve created because the expressions evoke an emotional association with the data. Some people don’t like that.“ (Turner, o. J.)

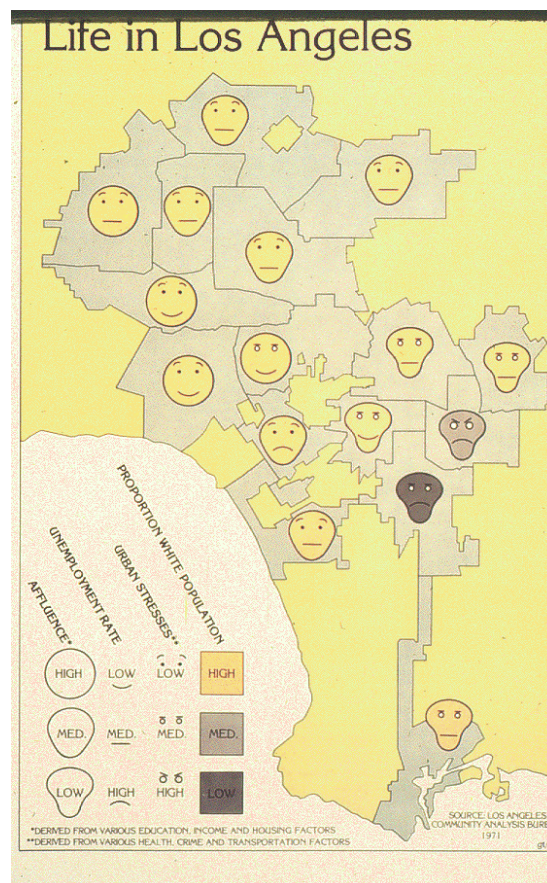


Abbildung 3.14: „Life in LA, 1970“ von Eugene Turner - Visualisierung mit Chernoff-Faces (Turner, o. J.)

⁵ Die Chernoff Faces wurden von Herman Chernoff entwickelt.

- **Pixel-Visualisierungen:** Jeder einzelne Attributwert wird einem farbigen Pixel zugeordnet, wobei die Gruppierung der Pixel gemäß der Dimensionen erfolgt (vgl. Keim, 2002a, 11). z.B. Recursive Pattern Techniken, Spiral-Technik, Pixel-Bar-Chart-Technik, Circle Segments Techniken (Abbildung 3.15) etc.

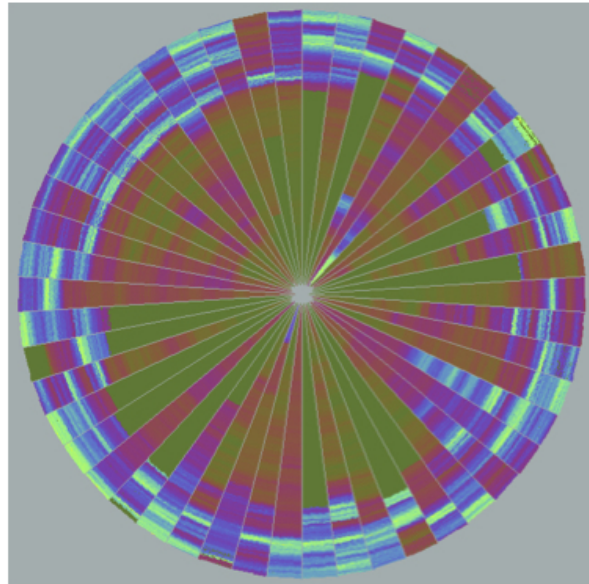


Abbildung 3.15: Circle Segments Technik (Keim, 2002b, 103)

- **Geschachtelte Visualisierungen (Stacked Display Techniques):** Die Daten werden anhand eines oder mehrerer Attribute eingeteilt und dann in hierarchischer Form visualisiert. Die Wertebereiche der Attribute werden ineinander geschachtelt (vgl. Keim, 2002a, 11). z.B. Dimensional Stacking, Worlds-within-Worlds, Tree-map, Cone Trees, InfoCube, Hyperbolic Tree etc. (vgl. Keim, 2002b, 101-104)

3.6.3 Visualisierungstechniken nach Interaktions- und Verzerrungstechniken

Bei Visualisierungen kann man zwischen statischen, dynamischen (also animierten) und interaktiven Visualisierungen unterscheiden; letztere sind heute am wichtigsten (vgl. Manovich, 2010, 2).

Statische Visualisierungen bieten eine einzige Sichtweise auf die verfügbaren Informationen, z.B. bei konventionellen Kreisdiagrammen oder Balkendiagrammen. Interaktive Visualisierungen ermöglichen es, die gebotenen Informationen zu erforschen (vgl. Sinclair, Ruecker & Radzikowska, 2013, 3):

„[A] visualization that produces a single output for a given body of material is of limited usefulness; a visualization that provides many ways to interact with the data, viewed from different perspectives, is better; a visualization that contributes to new and emergent ways of understanding the material is best.“ (Sinclair et al., 2013, 1)

Die Interaktions- und Verzerrungstechniken werden von Keim als unverzichtbar für eine effektive Datenexploration bezeichnet. Einerseits können die Visualisierungen durch Interaktionstechniken je nach Explorationsziel verändert werden, andererseits erlauben sie auch eine Kombination verschiedener Visualisierungstechniken. Daniel Keim nennt hierzu folgende Techniken (vgl. Keim, 2002a, 11-16):

- Dynamische Projektion: Dynamische Änderung der multidimensionalen Datenmenge.
- Interaktive Filterung: Dies kann durch direkte Selektion (browsing) oder durch Spezifikation von Eigenschaften einer gewünschten Teilmenge (querying) geschehen. Ersteres ist bei großen Datenmenge schwierig. Letzteres liefert oft nicht das gewünschte Ergebnis. Beispiele: Magic Lenses, Dynamic Queries, Polaris etc.
- Interaktives Zooming: Ausgehend von der Überblicksdarstellung können die Daten genauer betrachtet werden. Zooming bedeutet aber nicht nur, dass die Datenobjekte größer dargestellt werden, sondern auch, dass die Repräsentation der Daten geändert wird. Je höher der Zooming-Faktor, desto mehr Details werden auch gezeigt. Beispiel: TableLens etc.
- Interaktive Verzerrung: Bei den Verzerrungstechniken wird ein Ausschnitt der Visualisierung hervorgehoben, während die übrigen Teile mit geringerem Detaillierungsgrad dargestellt werden. So kann der Fokus auf Details gelegt werden, ohne

den Überblick über das Gesamte zu verlieren. Diese Techniken werden bei Hierarchien und großen Graphen verwendet. Beispiele: Bifocal Displays, Hyperbolische Visualisierung, Fisheye View, Hyperbox etc.

- Interaktives Linking und Brushing (Verknüpfung und Einfärbung): Hier werden die unterschiedlichen Visualisierungstechniken zusammengeführt, um Nachteile einer einzelnen Technik auszugleichen. Scatterplots, Balkendiagramme, Parallele Koordinaten und Pixel-Visualisierungen werden häufig durch interaktives Linking und Brushing miteinander verknüpft. Beispiele: Datadesk, Polaris, Scalable Framework etc.

3.7 Wahrnehmung im Kontext der Visualisierung

Die Wahrnehmung wurde in Kapitel 2.1 behandelt; sie spielt auch eine wichtige Rolle im Bereich von Visualisierungen (vgl. Healey & Enns, 2012, 1170).

„Der Vorteil der Visualisierung liegt darin, dass sie eine direkte Schnittstelle zwischen den in einem Computer vorliegenden Daten und den menschlichen Wahrnehmungs- und Kognitionsfähigkeiten herstellt und auch abstrakte Zusammenhänge kompakt präsentiert und intuitiv verständlich machen kann.“ (Nocke & Deimling, 2008, 20)

Es ist nicht neu, dass Grafiken (etwa in Form von Skizzen, um seine eigenen Gedanken zu Papier zu bringen) Hilfsmittel für Denkprozesse sein können. Die digitale Technologie bietet zudem zahlreiche neue Möglichkeiten (vgl. Jessop, 2008, 281).

Colin Ware unterscheidet zwischen drei Stufen der menschlichen Wahrnehmung:

1. Stufe:

Sie wird auch „präattentive Verarbeitung“ genannt und ist von großer Bedeutung für die Visualisierung (vgl. Mazza, 2009, 34). Die präattentive Verarbeitung erfolgt parallel, unbewusst und innerhalb von sehr kurzer Zeit (200 bis 250 ms) (vgl. Preim & Dachelt,

2010, 48) (vgl. Ware, 2013a, 21).

„If we want people to understand information quickly, we should present it in such a way that it can be easily detected by these large, fast computational systems in the brain.“ (Ware, 2013a, 21)

Folgende Elemente werden präattentiv wahrgenommen:

- **Farbe:** Farbton, Intensität (Sättigung, Helligkeit)

Es fällt schwer, die Zahl 7 in Abbildung 3.16 zu finden. Wird der Farbton der Zahl (Abbildung 3.17) verändert, kann sie in kurzer Zeit ausfindig gemacht werden. Gleiches gilt für die Veränderung der Farbintensität (Abbildung 3.18).

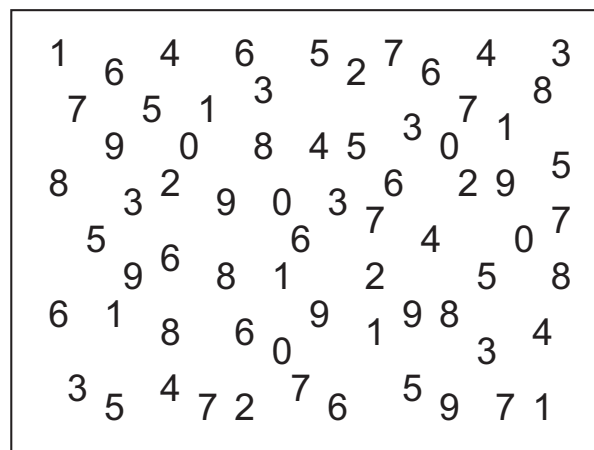


Abbildung 3.16: Suche nach der Zahl 7

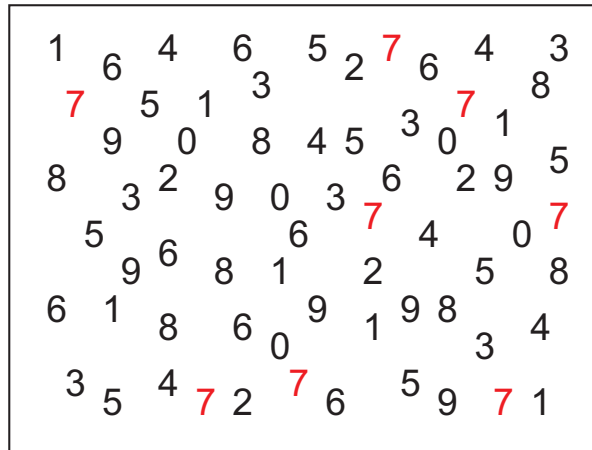


Abbildung 3.17: Veränderung des Elements Farbe: Farbton



Abbildung 3.18: Veränderung des Elements Farbe: Intensität

- **Form:** Orientierung/Kollinearität (Abbildung 3.19), Länge (Abbildung 3.20), Breite (Abbildung 3.21), Größe (Abbildung 3.22), Krümmung (Abbildung 3.23), räumliche Gruppierung (Abbildung 3.24), zusätzliche Markierung (Abbildung 3.25), Form (Abbildung 3.26), Anzahl (Abbildung 3.27).

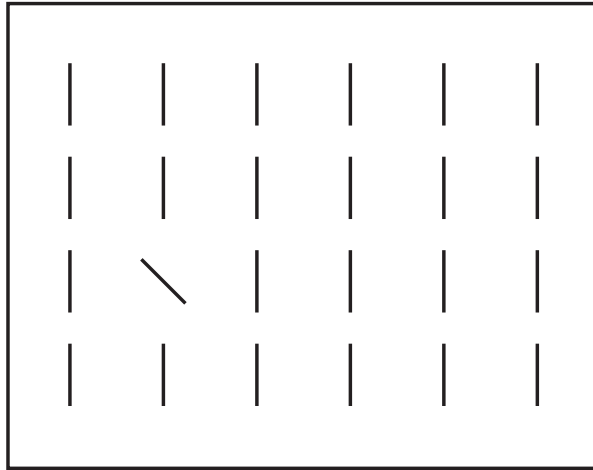


Abbildung 3.19: Veränderung des Elements Form: Orientierung/Kollinearität

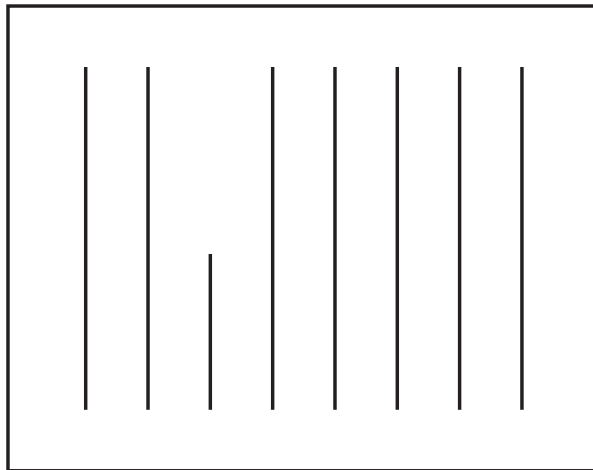


Abbildung 3.20: Veränderung des Elements Form: Länge

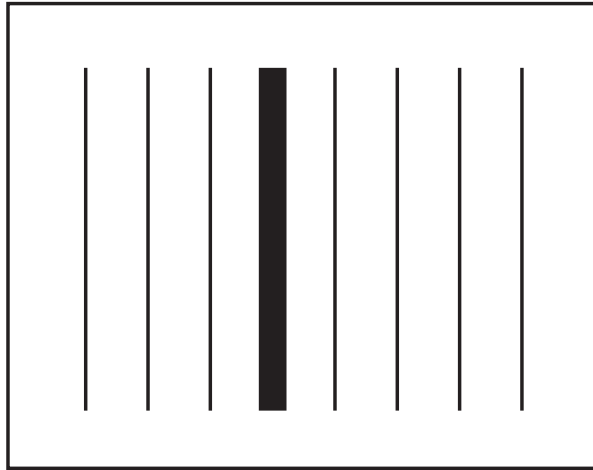


Abbildung 3.21: Veränderung des Elements Form: Breite

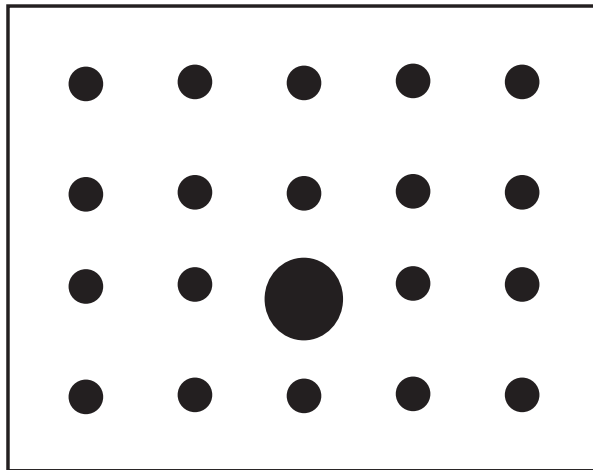


Abbildung 3.22: Veränderung des Elements Form: Größe

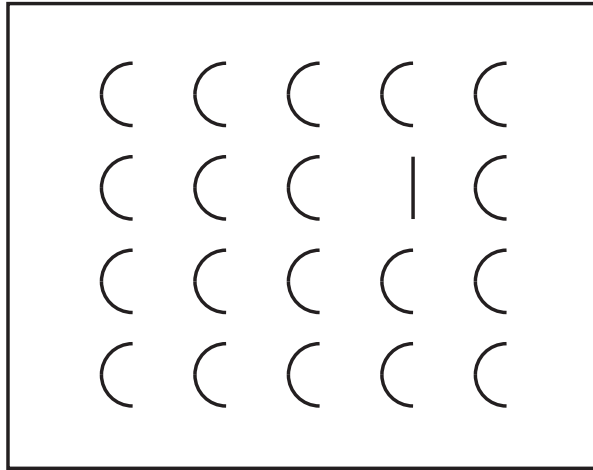


Abbildung 3.23: Veränderung des Elements Form: Krümmung

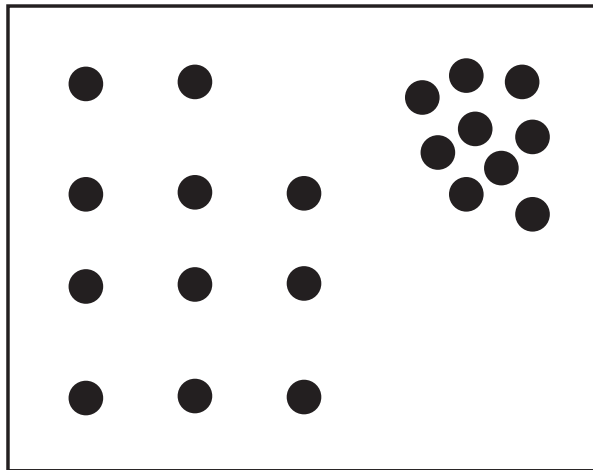


Abbildung 3.24: Veränderung des Elements Form: räumliche Gruppierung

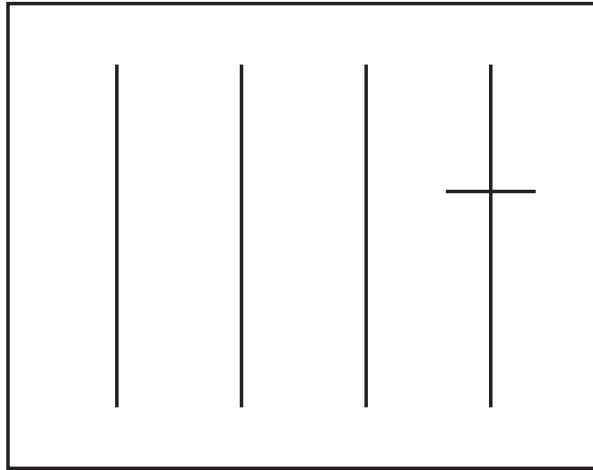


Abbildung 3.25: Veränderung des Elements Form: zusätzliche Markierung

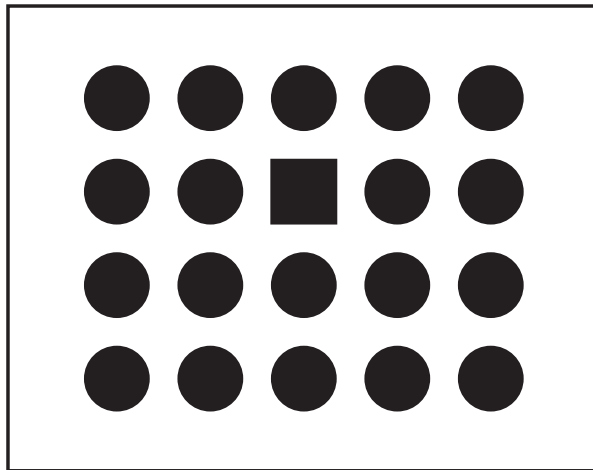


Abbildung 3.26: Veränderung des Elements Form: Form

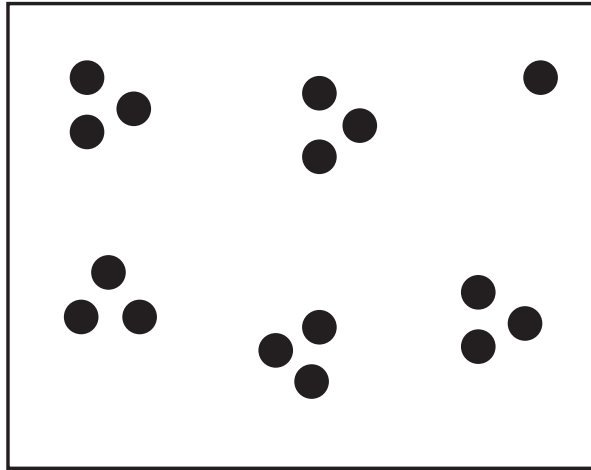


Abbildung 3.27: Veränderung des Elements Form: Anzahl

- **räumliche Position/Ausrichtung:** 2D-Position, Stereoskopische Tiefe, Konvexität/Konkavität (Abbildung 3.28).

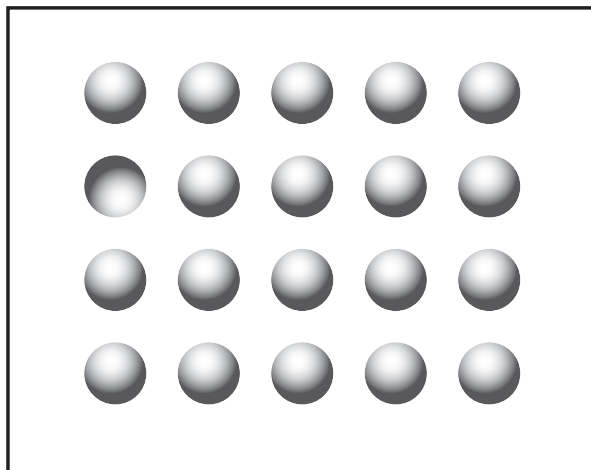


Abbildung 3.28: Veränderung des Elements räumliche Position/Ausrichtung:
Konvexität/Konkavität

- **Bewegung:** blinken, Bewegungsrichtung (vgl. Mazza, 2009, 35-39).

2. Stufe (Musterwahrnehmung):

Auf dieser Stufe werden Muster wahrgenommen; die Prozesse laufen langsamer und nicht parallel ab (vgl. Ware, 2013a, 21-22).

„[I]n many cases, to see a pattern is to solve a problem or make a new discovery. Thus, if we can display data in ways that makes pattern easy to perceive, this will facilitate problem solving.“ (Carroll, 2003, 16)

Anfang des 20. Jahrhunderts hat die Gestaltpsychologie Prinzipien bzw. Gesetze für die Musterwahrnehmung festgeschrieben, die noch heute von Bedeutung sind.

- Gesetz der Prägnanz:

Dieses Gesetz wird auch „Gesetz der guten Gestalt“ oder „Gesetz der Einfachheit“ (Abbildung 3.29) genannt. Sehr gut geeignete Formen sind in diesem Zusammenhang Kreise, rechte Winkel und Geraden (vgl. Ditzinger, 2013, 15).



Abbildung 3.29: Gesetz der Prägnanz

- Gesetz von Figur und Grund:

Die menschliche Wahrnehmung neigt dazu, ein Objekt (Figur) von seinem Hintergrund (Grund) zu trennen (Abbildung 3.30). Dies basiert auf visuellen Attributen wie Kontrast, Farbe, Größe etc. (vgl. Mazza, 2009, 42).

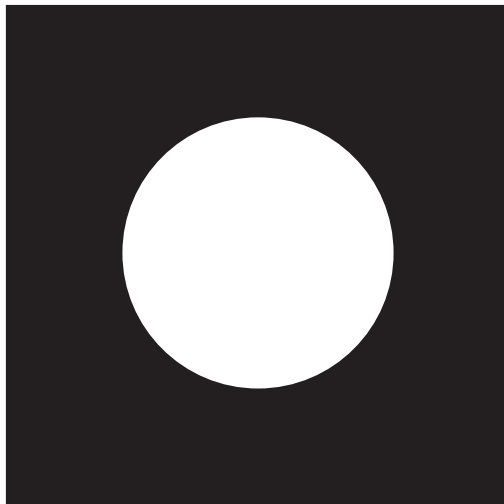


Abbildung 3.30: Gesetz von Figur und Grund

- Gesetz der Nähe:

Objekte, die nahe beieinander liegen, werden als eine Gruppe wahrgenommen (Abbildung 3.31 und Abbildung 3.32) (vgl. Mazza, 2009, 42).

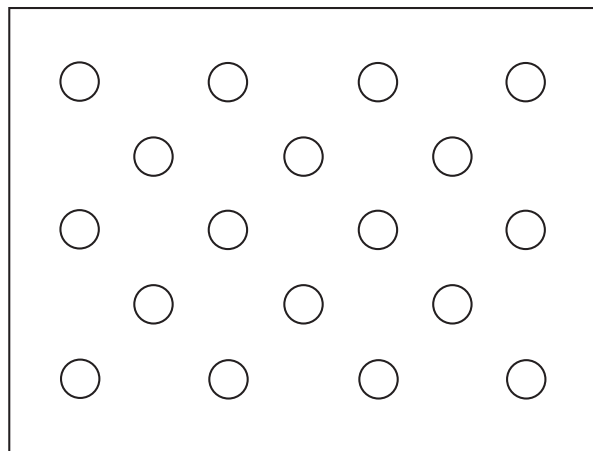


Abbildung 3.31: Gesetz der Nähe - Objekte sind gleichmäßig verteilt

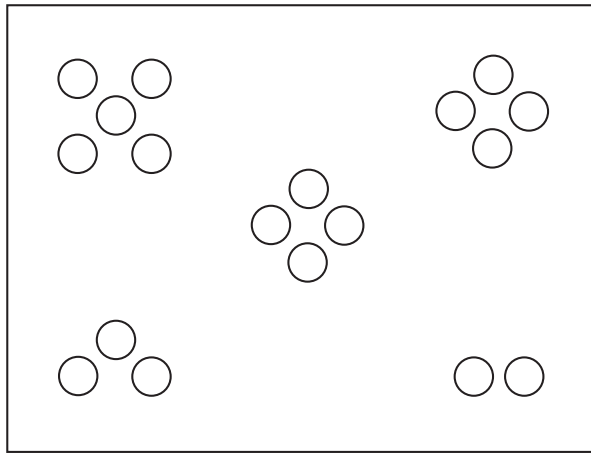


Abbildung 3.32: Gesetz der Nähe - einige Objekte liegen näher beieinander

- Gesetz der Ähnlichkeit:

Objekte, welche die gleiche oder eine ähnliche Größe (Abbildung 3.33), Farbe (Abbildung 3.34), Form (Abbildung 3.35), Orientierung oder Textur aufweisen, werden als zusammengehörend wahrgenommen. Farbe wirkt hierbei stärker gruppierend als Form (vgl. Schumann & Müller, 2000, 108).

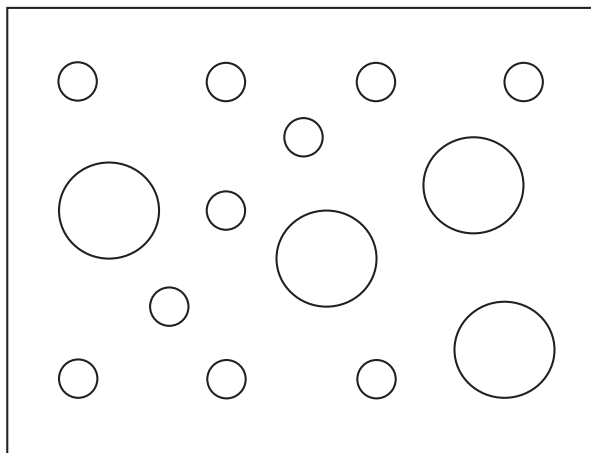


Abbildung 3.33: Gesetz der Ähnlichkeit: Größe

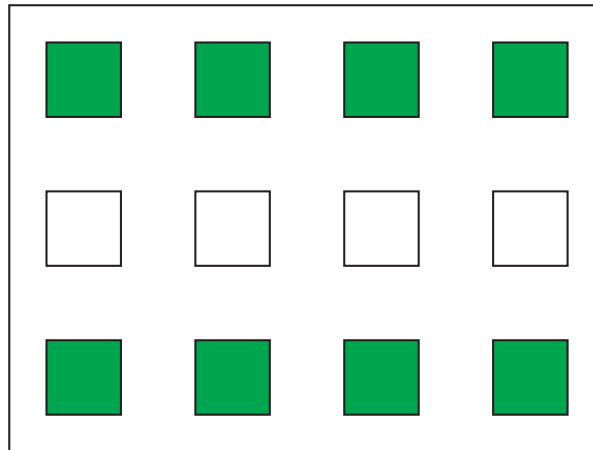


Abbildung 3.34: Gesetz der Ähnlichkeit: Farbe

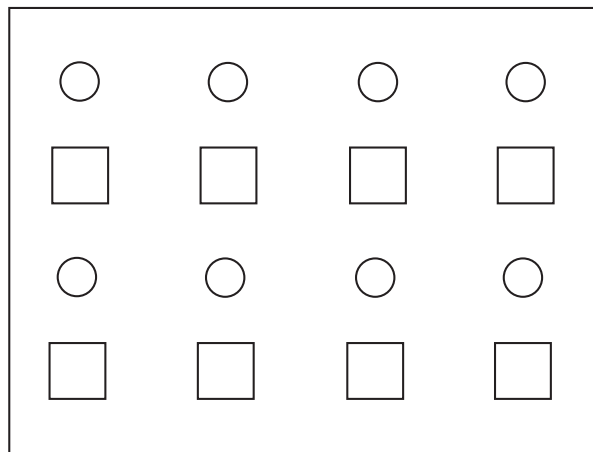


Abbildung 3.35: Gesetz der Ähnlichkeit: Form

- Gesetz der gemeinsamen Region:

Objekte, die sich in einem geschlossenen Bereich befinden, werden als eine Gruppe gesehen (Abbildung 3.36) (vgl. Mazza, 2009, 44).

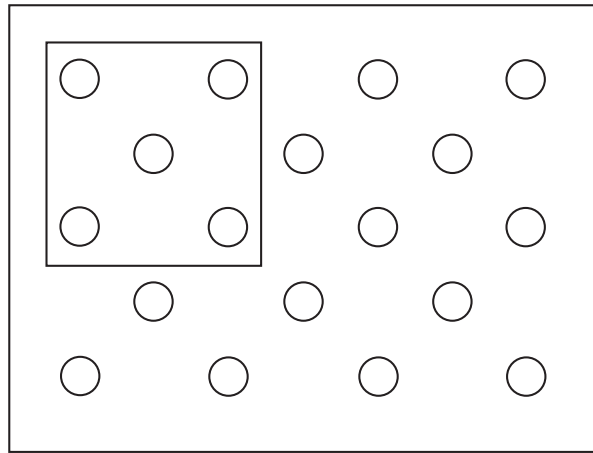


Abbildung 3.36: Gesetz der gemeinsamen Region

- Gesetz der Geschlossenheit:

Ist ein Objekt nicht komplett von einer Kontur umschlossen, werden diese Lücken von der Wahrnehmung ergänzt (Abbildung 3.37) (vgl. Mazza, 2009, 43).

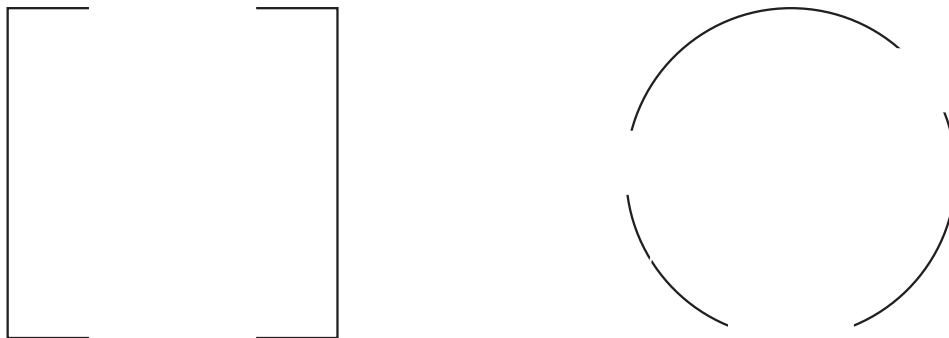


Abbildung 3.37: Gesetz der Geschlossenheit

- Gesetz der Verbundenheit:

Miteinander verbundene Elemente werden als eine Einheit wahrgenommen. Laut Ware wirkt dieses Prinzip in unserer Wahrnehmung stärker als das der räumlichen Nähe oder der Ähnlichkeit (Abbildung 3.38); deutlich erkennen lässt sich dies bei Node-Link-Diagrammen (vgl. Ware, 2013b, 183).

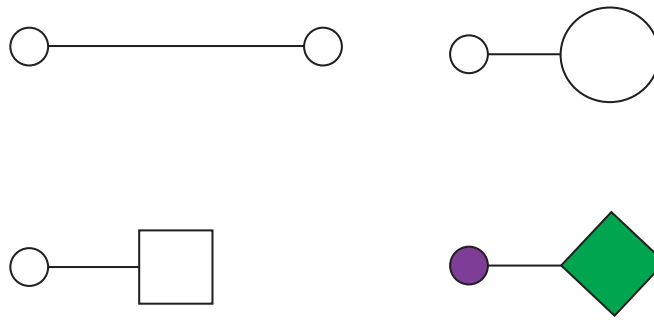


Abbildung 3.38: Gesetz der Verbundenheit

- Gesetz der Kontinuität:

Es besagt, dass man eher solche Elemente als Einheit wahrnimmt, die glatt und fortlaufend sind, als jene, bei denen es zu abrupten Änderungen der Richtung kommt (vgl. Ware, 2013b, 183). Durchgehend gerade bzw. gering gekrümmte Linien können am besten zu einer Einheit gruppiert werden (Abbildung 3.39) (vgl. Ditzinger, 2013, 19).

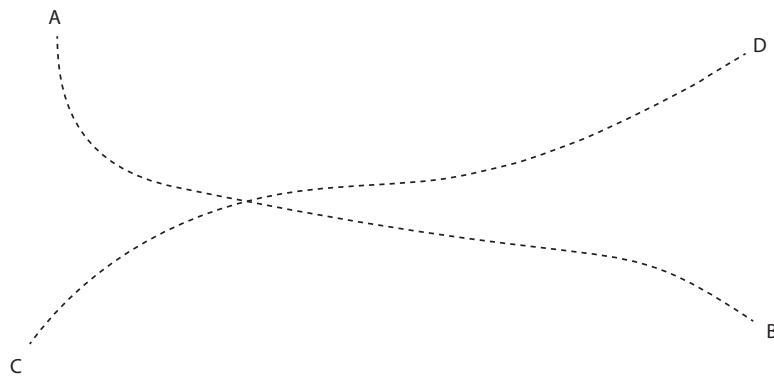


Abbildung 3.39: Gesetz der Kontinuität

- Gesetz der Symmetrie:

Elemente, die symmetrisch angeordnet sind, werden als eine Einheit gesehen (Abbildung 3.40 und Abbildung 3.41) (vgl. Ware, 2013b, 185).



Abbildung 3.40: Gesetz der Symmetrie: nicht symmetrisch

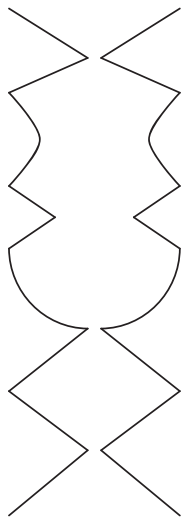


Abbildung 3.41: Gesetz der Symmetrie: symmetrisch

- Gesetz des gemeinsamen Schicksals / der gemeinsamen Bewegung:

Elemente, die sich in die gleiche Richtung bewegen, werden als eine Einheit wahr-

genommen (Abbildung 3.42) (vgl. Ditzinger, 2013, 29).

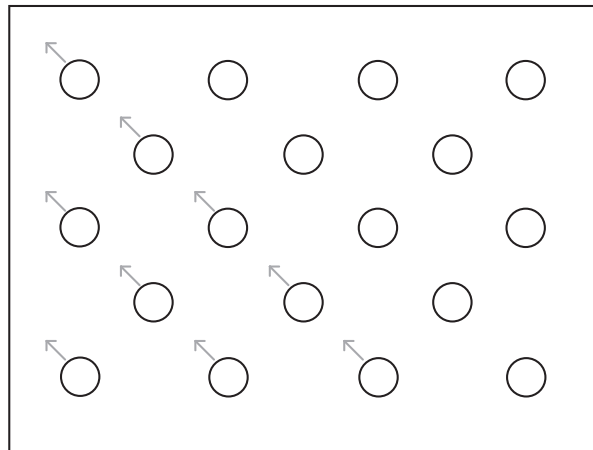


Abbildung 3.42: Gesetz des gemeinsamen Schicksals / der gemeinsamen Bewegung

- Gesetz der Erfahrung:

Erfahrungen haben einen wichtigen Einfluss auf die Gruppierung von Bildelementen (Abbildung 3.43). Jemand, der den Buchstaben „B“ nicht kennt, wird hier nur dicke schwarze Striche und Bögen sehen (vgl. Ditzinger, 2013, 20).



Abbildung 3.43: Gesetz der Erfahrung

Eine wichtige Erkenntnis der Gestalttheoretiker lautet, dass je nach Situation die Wahrnehmungsprozesse unterschiedliche Ergebnisse liefern können (vgl. Schumann & Müller, 2000, 108).

3. Stufe (visuelles Arbeitsgedächtnis):

Auf der dritten Stufe werden ganze Objekte im visuellen Arbeitsgedächtnis gehalten. Es können jedoch nur wenige Objekte gleichzeitig dort gehalten werden (vgl. Ware, 2013a, 22); diese Objekte können auch komplex sein (Carroll, 2003, 18).

Werden die Erkenntnisse der Wahrnehmungsforschung berücksichtigt, kann die Qualität von Visualisierungen stark verbessert werden.

4 Bilder und Visualisierungen in der Wissenschaft

In der Literatur werden die Begriffe „wissenschaftliches Bild“, „Wissenschaftsbild“ und „Visualisierung“ häufig synonym verwendet. Nicht immer ist mit „Visualisierung“ auch die computergestützte Visualisierung gemeint. In diesem Kapitel werden Wissenschaftsbilder im Allgemeinen betrachtet und computergestützte Visualisierungen im Speziellen behandelt.

4.1 Wissenschaftsbild – wissenschaftliches Bild

Wodurch unterscheidet sich das wissenschaftliche vom künstlerischen Bild? Die Einteilung in Objekte der Wissenschaft bzw. Objekte der Kunst ist laut Caroline A. Jones und Peter Galison historisch konstruiert und daher wandelbar. Dies gelte auch für Bilder (vgl. Jones & Galison, 1998a, 1)¹. Markus Buschhaus vertritt die Meinung, dass Bilder, wenn sie sich im Gebrauch befinden, immer schon Wissensbilder, Bilder des Wissens oder epistemische Bilder waren (vgl. Buschhaus, 2007, 59).

„Was wissenschaftliche Bilder zu sehen geben, woher sie kommen und wohin sie führen, zeigt sich in der Regel erst im Hinblick auf den Zusammenhang, in dem sie zum Vorschein gebracht werden.“ (Geimer, 2003, 36) Also erst der Kontext ihres Gebrauchs macht Bilder zu Bildern der Wissenschaft (vgl. Heßler, 2006a, 15). Geimer führt weiter aus, dass

¹ zitiert nach (Heßler, 2006a, 14).

jedoch „der Status einer wissenschaftlichen Abbildung“ nicht erst bei der Betrachtung verliehen werde, „sondern bereits in den experimentellen Verstrickungen ihrer Entstehung“ (Geimer, 2003, 37). Das „fertige Bild“, das der Öffentlichkeit preisgegeben wird, ist „das Ergebnis eines langen Transformationsprozesses, der im Experiment beginnt und über verschiedene Kommunikationsstufen zu diesen ‚Endprodukten des Labors‘ führt.“ (Heßler, 2004, 12)

Auch Rudolf Kötter sieht den Unterschied zwischen wissenschaftlichen Bildern und Bildern aus der Kunst weniger in den Darstellungsmitteln und -formen als vielmehr in den Absichten, mit denen diese Bilder erstellt wurden bzw. wie diese Absichten vom Betrachter aufgenommen werden. Interpretationsbedürftigkeit ist ein wesentliches Merkmal der Kunst; beim Bild in den Wissenschaften ist die Interpretationsfreiheit stark eingeschränkt (vgl. Kötter, 2007, 165). Visualisierungen, bei denen bereits anlässlich der Erstellung ein Forschungsinteresse besteht und die in einem wissenschaftlichen Kontext interpretiert werden, können somit als wissenschaftliche Bilder angesehen werden.

Ein Unterschied zwischen Bildern der Kunst und Bildern der Wissenschaft lässt sich auch an der Verwendung von Farben erkennen. In der Kunst können mittels Farben Emotionen hervorgerufen werden. Bei Visualisierungen, die in der Wissenschaft, besonders in den Naturwissenschaften, verwendet werden, dienen Farben der Sichtbarmachung von Prozessen, die mit dem bloßen Auge nicht wahrnehmbar wären (vgl. Groß & Westermann, 2007, 13).

Wissenschaftliche Bilder haben je nach Disziplin unterschiedliche Aufgaben und Funktionen (vgl. Heßler, 2006a, 16) und werden in den Wissenschaften zum eigenständigen Werkzeug des Denkens. Unabhängig von einer Fachrichtung sind es folgende Aufgaben:

- Sie dienen als Argument und Beweis.
- Sie dokumentieren und entwerfen.

- Sie modellieren und simulieren
- Sie zeigen Sichtbares und Unsichtbares (vgl. Rahden & Tödt, 2008, 356).

Boehm spricht in seinem Aufsatz „Zwischen Auge und Hand. Bilder als Instrumente der Erkenntnis“ über die Leistungen wissenschaftlicher Bilder (vgl. Boehm, 2001, 53):

- Sie sind deiktisch - sie zeigen.
- Sie zeigen wegen veränderlicher Vorgriffe, basierend auf Dispositiven.
- Sie sind Konstrukte und können Verborgenes sichtbar machen.
- Sie sind Bilder in Aktion.
- Sie sind Aspekte eines Denkens mit dem Auge.

Gleichzeitig lässt er auch ihre Defizite nicht außer Acht (vgl. Boehm, 2001, 53):

- Wissenschaftliche Bilder sind jedoch „schwache Bilder“. Sie fungieren lediglich als Instrumente.
- Sie streben Eindeutigkeit an. Idealerweise lassen sie keine Mehrdeutigkeiten zu und bieten keinen Interpretationsspielraum.
- Sie sind „Verbrauchsbilder“. Wenn sie ihren Zweck erfüllt haben, sind sie nicht interessant.
- Ästhetische Kriterien spielen kaum eine Rolle.

Gerade diese Defizite aus Sicht der Kunst sind die Stärke von Bildern in Bezug auf ihre wissenschaftliche Verwendung (vgl. Heßler, 2006a, 16).

4.2 Publikum

Wissenschaftliche Bilder und Visualisierungen können ein entscheidendes Mittel zur Durchsetzung und Stabilisierung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in der Öffentlichkeit oder innerhalb der scientific community sein (vgl. Heßler, 2004, 8), z.B. wenn es darum geht, Forschungsgelder zu lukrieren. „Mit Bildern werden Verbündete gesucht, sie fungieren als Überzeugungs- und Legitimationsmittel.“ (Heßler, 2004, 8) Peter Geimer weist auf das Handbuch „Envisioning Science“ der Wissenschaftsfotografin Felice Frankel hin. Diese versteht ihr Buch als Hilfestellung für Naturwissenschaftler, um Investoren, Funding-Agenturen und auch die Öffentlichkeit mit Hilfe von interessanten Bildern von ihrer Forschung zu überzeugen (vgl. Geimer, 2003, 31).

Man unterscheidet zwischen

- Wissenschaftsbildern, die sich an die Gemeinschaft der Wissenschaftler, und
- Wissenschaftsbildern, die sich an ein breiteres Publikum, also auch an Laien, richten

Die Grenzen dieser Unterscheidung sind jedoch fließend. Erstere sind für eine kleine Gruppe an Rezipienten gedacht. Hin und wieder gelangen sie jedoch wegen ihres Neuigkeitswertes oder aufgrund von ästhetischen Merkmalen an die Öffentlichkeit (z.B. als „Wissenschaftsbild des Jahres“). Bilder, die von Wissenschaftlern erstellt wurden und sich an Nicht-Wissenschaftler richten, sagen etwas über „Einschätzung des öffentlichen Wissens über Wissenschaft und des Interesses an ihr seitens der Wissenschaftler“ (Hüppauf & Weingart, 2009b, 12-13) aus.

Wissenschaftsbilder werden mit einer bestimmten Intention für eine bestimmte kleine Gruppe von Experten erstellt (vgl. Hüppauf & Weingart, 2009b, 14). Bilder erhalten auch den Status von Autoritäts- und Machtträgern, wenn es um deren Präsentation innerhalb einer Fachcommunity geht. Sie werden verwendet, um Wissen zu demonstrieren, fachliche Kompetenz zu betonen, Argumenten Nachdruck zu verleihen und um die

Aktualität der eigenen Forschung zu unterstreichen. Bildliche Darstellungen lenken die Aufmerksamkeit und besitzen eine Überzeugungswirkung, die man strategisch einsetzen kann, um seiner eigenen Theorie (mehr) Aufmerksamkeit zu verschaffen (vgl. Burri, 2001, 297-298).

Die Intention bei der Herstellung und beim Betrachten unterscheidet Wissenschaftsbilder mehr als alles andere von anderen Gattungen. Geraten wissenschaftliche Bilder vom Expertenkreis in die Öffentlichkeit, so werden sie zu anderen Bildern. Diese Bilder lassen beim Betrachter interne Bildzusammenhänge und externe Assoziationen entstehen, die das Bild selbst gar nicht aufweist (vgl. Hüppauf & Weingart, 2009b, 14).

Bilder, die sich an ein Fachpublikum richten, sind nur schwer oder gar nicht von Laien zu verstehen. Etwa in den Ingenieurwissenschaften sind technische Zeichnungen für die Präsentation vor Laien wenig geeignet. So bestehen Werkstattzeichnungen aus einer „sprachlich nur schwer auflösbaren, symbolischen Verschlüsselung.“ (Breiing, 2001, 189) Samuel Edgerton und Michael Lynch stellten 1988 fest,

„dass Astronomen nicht erst dann eine spezifische Bildästhetik entwickeln, wenn sie ihre Daten für populärwissenschaftliche Kontexte zu ‚pretty pictures‘ machen. Vielmehr setzt schon die an das Fachpublikum gerichtete Praxis eine spezifische Arbeit am Bild voraus. So werden etwa visuelle Rohdaten am Computer von optischen Defekten gereinigt, um ihre Sichtbarkeit zu erhöhen. Dabei müssen Entscheidungen getroffen werden, die darüber bestimmen, welche Teile im Bild als Information zu gelten haben und welche Teile als Artefakte ausgeschieden werden.“ (Geimer, 2003, 32)

Eine Aufbereitung von wissenschaftlichen Bildern im Allgemeinen und Visualisierungen im Speziellen, die sich an Nicht-Wissenschaftler bzw. fachfremde Personen richten sollen, ist jedoch nicht einfach, oder wie Thomas Nocke and Thomas Schneider Deimling anmerken: „Eine geeignete visuelle Aufbereitung dieser Informationen – sodass sie auch für den Nicht-Experten leicht interpretierbar sind – ist nicht trivial.“ (Nocke & Deimling, 2008, 21)

Die neuere Forschung geht im Gegensatz zum früher dominierenden Ansatz des Diffusionsmodells², von verschlungenen Kommunikationswegen des Wissens aus. Die am Entstehen von Wissen beteiligten Personen (einzelne Personen oder Gruppe(n)) haben hierbei eine aktive Rolle, die unabhängig von deren Ort (Labor, Hörsaal, Redaktion etc.) und sozialer Hierarchie ist.

Zu bedenken ist, dass das gleiche Bild, je nach dem Kontext, in dem es erscheint, unterschiedliche Bedeutungen haben kann. Es ist vom Erwartungshorizont des Betrachters abhängig. „Seine Wirkung außerhalb des ursprünglich geplanten Wirkungskontextes ist prinzipiell unvorhersehbar.“ (Hüppauf & Weingart, 2009b, 16)

Wolf-Andreas Liebert spricht gar davon, dass popularisierende Medien „Interpreationskurse“ integrieren müssten, wenn sie Visualisierungen aus dem wissenschaftlichen Bereich veröffentlichen. Auch kritisiert er, dass sie es mit der Authentizität von wissenschaftlichen Bildern häufig nicht besonders genau nehmen würden (vgl. Liebert, 2011, 367).

4.3 Objektivität

Bilder werden unterschiedlich interpretiert. Die Interpretation hängt von zahlreichen Faktoren ab, wie etwa dem Vorwissen, dem persönlichen Geschmack, den Sehgewohnheiten oder der wissenschaftlichen Tradition (vgl. Heckl, 2004, 197).

In ihrem viel zitierten Aufsatz erwähnen Lorraine Daston und Peter Galison, dass Wissenschaft nicht immer durch Objektivität definiert ist (vgl. Daston & Galison, 2007, 17) und beschreiben den Begriff der „Objektivität“ folgendermaßen:

„Objektiv sein heißt, auf ein Wissen auszusein, das keine Spuren des Wissenden trägt - ein von Vorurteil oder Geschicklichkeit, Phantasievorstellungen oder Urteil, Wünschen oder Ambitionen unberührtes Wissen.“ (Daston & Galison, 2007, 17)

² Beim Diffusionsmodell wird zwischen einer privilegierten Gruppe von Wissenschaftlern und einer breiten Öffentlichkeit von Laien unterschieden. Letzterer wird die passive Rolle eines Empfängers zugeschrieben. Das spezialisierte und schwer zugängliche Wissen wird in aufklärerischer bzw. möglicherweise sogar propagandistischer Absicht vereinfacht und an das Publikum weitergegeben. Die Popularisierer nehmen eine Zwischenstellung zwischen Wissenschaftlern und Laienpublikum ein (vgl. Hüppauf & Weingart, 2009b, 15).

Sie sprechen von drei epistemischen Tugenden: Naturwahrheit, mechanischer Objektivität und geschultem Urteil. Die mechanische Objektivität hat jedoch nicht die Naturwahrheit entthront, die Naturwahrheit war vielmehr Vorbedingung für sie. So gab es auch Ende des 20. Jahrhunderts Wissenschaftler, die nach Naturwahrheit strebten. Ebenso wurde die mechanische Objektivität nicht durch das geschulte Urteil verdrängt, sondern war Voraussetzung für dieses (vgl. Daston & Galison, 2007, 18-19).

Im Laufe des 19. Jahrhunderts fingen Wissenschaftler (wie etwa Astronomen und Bakteriologen) an, die Tradition der idealisierenden Darstellung, die seit langer Zeit ein Leitprinzip war, in Zweifel zu ziehen (vgl. Daston & Galison, 2007, 14). Mitte des 19. Jahrhunderts begann die Geschichte der Objektivität in den Naturwissenschaften und war ab ca. 1860 dominant (vgl. Daston & Galison, 2007, 28). Man bemühte sich um „mechanische Objektivität“:

„Unter mechanischer Objektivität versteht man das entschlossene Bestreben, willentliche Einmischungen des Autors/Künstlers zu unterdrücken und statt dessen eine Kombination aus Verfahren einzusetzen, um die Natur wenn nicht automatisch, dann mit Hilfe eines strengen Protokolls sozusagen aufs Papier zu bringen.“
(Daston & Galison, 2007, 127)

Zu diesem Zweck wurden sowohl Maschinen eingesetzt als auch das mechanisierte Handeln einer Person (vgl. Daston & Galison, 2007, 127). Hierzu wurden Bildtechniken verwendet, wie etwa die Lithographie, die Camera lucida oder die Mikrophotographie. Der Vorteil der Unterstützung durch Maschinen war, dass diese fleißig, nicht ablenkbar und immun gegenüber Versuchungen waren. Mechanische Objektivität wurde jedoch nie vollkommen verwirklicht. Die objektive Abbildung in den Wissenschaften wurde als ein Orientierungspunkt betrachtet. Die Gelehrten des 18. Jahrhunderts versuchten noch, den Illustratoren ihren Willen und ihre Sehweise aufzudrängen. Im 19. Jahrhundert verließ man sich darauf, vom Illustrator „in Schach gehalten“ zu werden (vgl. Daston & Galison, 2007, 128-130).

Die mechanische Objektivität hatte sich am Ende des 19. Jahrhunderts fest etabliert. Es stellt sich die Frage, ob der Ansturm auf die Objektivität durch die Photographie zu erklären ist. Daston und Galison verneinen dies. Sie sei nicht der erste Beweggrund in der Geschichte der Objektivität gewesen und falle nicht vollständig in die Rubrik objektives Sehen. Fotos wurden auch kritisiert, transformiert und verschönert (vgl. Daston & Galison, 2007, 132). „Nicht alle objektiven Bilder waren Photos und nicht alle Photos wurden selbstverständlich für objektiv gehalten.“ (Daston & Galison, 2007, 132) Wissenschaftshistoriker stellten fest, dass Fotografen, Wissenschaftler und deren Publikum genau wussten, wie gut Fotos gefälscht, retuschiert und sonst wie manipuliert werden konnten (vgl. Daston & Galison, 2007, 141).

Künstler und Wissenschaftler begriffen, dass Photographie für die Aufzeichnung von Details verwendbar war. Sie waren jedoch uneinig über die Nützlichkeit für die mechanische Objektivität (vgl. Daston & Galison, 2007, 135). Im 19. Jahrhundert wurde die Photographie zum „hochgeschätzten Medium wissenschaftlicher Illustrationen und besserer Reproduktion von Kunstwerken.“ (Daston & Galison, 2007, 137) Ein weiteres Argument für Photographie als ausgesprochen wissenschaftliches Medium war: „Die Automatik des fotografischen Verfahrens versprach Bilder, die unberührt von Interpretation waren - objektive Bilder wurden sie genannt.“ (Daston & Galison, 2007, 137-138). Bald wurden die handgefertigten Zeichnungen und Skizzen durch die fotografische Verfahren abgelöst (vgl. Mayer, 2011, 135).

Der französische Schriftsteller Charles Baudelaire (1821 – 1867) und der französische Schriftsteller und Mediziner Louis Figuier (1819 – 1894) waren bei der Frage, ob Photographie als Kunst gelten sollte, gegensätzlicher Meinung. Baudelaire kritisierte die Photographie scharf. Er räumte jedoch ein, dass sie wohl ausgezeichnet für Astronomen und Naturforscher sei. Figuier verteidigte die Photographie als Kunst, indem er auf den individuellen Stil und die Empfindung der Kunst hinwies. Um 1860 wurde der Begriff „mechanische Photographie“ als Gegensatz zur „ästhetischen Photographie“ verwendet

(vgl. Daston & Galison, 2007, 140).

Wissenschaftler fürchteten die Projektion ihrer eigenen vorgefassten Meinungen und Theorien auf Daten und Bilder. Manchmal wurde dies umgangen, indem es zur Arbeitsteilung mit dem Techniker kam, der keine Ahnung von der wissenschaftlichen Materie hatte (vgl. Daston & Galison, 2007, 141). Das mechanische Bild wurde daher als Lösung für das Problem verstanden, unbeabsichtigt Subjektivität in die Forschung einfließen zu lassen (vgl. Daston & Galison, 2007, 145).

Kötter bemerkt jedoch zu den Ausführungen von Daston und Galison:

„So scheint mir der Streit um Naturtreue versus mechanische Objektivität letztlich ein Scheinproblem zu betreffen, welches daher rührt, dass bei der Beurteilung von wissenschaftlichen Abbildungen die Bedeutung der damit verbundenen Beschreibungen und der ihnen zugrunde liegenden theoretischen Leistungen sträflich unterschätzt worden ist; und dies gilt meiner Meinung auch für die Darstellung, die Loraine Daston und Peter Galison vorgelegt haben.“ (Kötter, 2007, 171)

In der Botanik wurde der Übergang von der vom Wissenschaftler gemachten Zeichnung zu selbstregistrierenden Instrumenten (wie etwa dem Kymographen³) als Objektivitätsgewinn angesehen. Man stellte jedoch im Laufe der Zeit fest, dass die Anwendung der Aufzeichnungsgeräte botanisches Wissen erforderte. Man erkannte, dass Objektivität und Authentizität keine geeigneten Maßstäbe sind, „da sie an einem repräsentationalistischen Modell der Realität und an einem Subjekt/Objekt-Schema der Erkenntnis orientiert waren.“ (Bohn, 2001, 343)

„Graphen oder andere technische Bilder sind also keineswegs neutrale Vermittler, sie bestätigen nicht die Wahrnehmung, sondern allenfalls Theorien. Visualisierung ist somit in erster Linie ein Prozeß, der jenseits der Erfahrung der Sinne situiert ist. Ihre Reflexion hätte das Sichtbare und das Unsichtbare zu thematisieren und damit die Bedingungen der Sichtbarkeit mitzureflektieren.“ (Bohn, 2001, 344)

Ein wesentlicher Punkt in Bezug auf Objektivität ist die bewusste und unbewusste Manipulation. Der Blick kann bei Bildern gelenkt oder gar abgelenkt werden. Wie von Klampfl im Kapitel 2.2.2 auf S.13 erwähnt, transportieren Bilder nicht nur die Inten-

³ Ein Kymograph ist ein Wellenschreiber.

tionen und Vorstellungen derer, die sie erstellen, sondern auch jener, die den Auftrag hierzu gaben.⁴

4.4 Ästhetik

Peter Geimer weist in einem seiner Aufsätze aus dem Jahr 2003 darauf hin, dass es schon seit längerem eine Tendenz gäbe, Wissenschaft und Kunst einander näher zu bringen (Geimer, 2003, 27). Nach traditioneller Vorstellung sind wissenschaftliche Bilder frei von ästhetischen Einflüssen und Entscheidungen. Dieser Gedanke kommt nicht von ungefähr - Wissenschaftler selbst haben dies immer wieder betont. Wissenschaftliche Bilder sind jedoch das Resultat unterschiedlicher ästhetischer Eingriffe. Es werden wissenschaftliche Bilder präsentiert, die durch ästhetische Perfektion glänzen und (dadurch) auch Interesse bei der Öffentlichkeit hervorrufen. Gerade das Aufkommen von digitalen Technologien bedeutete einen Wendepunkt bezüglich der Darstellungsweisen der Sichtbarmachung und des ästhetischen Handelns von Wissenschaftlern (vgl. Heßler, 2004, 36). Ästhetik dient auch als Überzeugungsinstrument: Durch die Berücksichtigung von ästhetischen Darstellungen kann die Wahrscheinlichkeit der Akzeptanz in wissenschaftlichen Journalen und die Gewährung von Forschungsgeldern erhöht werden (vgl. Rösl, 2008, 19).

Die Wahl der Farben entsteht durch Konventionen, es sind implizite, nicht festgeschriebenen Standardisierungen. Sie sind kulturell kodiert, so ist etwa rot mit „positiv“ oder „heiß“ und blau mit „negativ“ oder „kalt“ verknüpft. Im Bereich der medizinischen Forschung kann man festzustellen, dass sich die westlich kulturell codierte Standardisierung durchgesetzt hat (vgl. Burri, 2001, 282).

Der Schritt von der künstlichen Konstruktion bis zur bewussten künstlerischen Verarbeitung wissenschaftlicher Eindrücke ist nicht weit (z.B. bei Leonardo da Vinci). In jüngster Zeit findet wieder ein verstärkter Austausch zwischen Wissenschaft und Kunst

⁴ Im Bereich der Wissenschaft kommen Forschungsgelder nicht nur von selbstlosen Geldgebern.

statt (vgl. Heckl, 2004, 139-140).

„Die Bedeutung der Ästhetik wissenschaftlicher Bilder kann zwar kritisch beurteilt werden, erfährt aber im individuellen Empfinden des jeweiligen Betrachters seine Grenzen. Denn die Rezeption von Bildern hat etwas mit sinnlichem Erleben zu tun, in dem sich Objektivität mit Subjektivität, Verstehen mit Intuition und implizitem Wissen überlagern. Genau dieses Zur-Deckung-Bringen führt letztlich zu unseren inneren Bildern, die unser Denken leiten und nach denen wir handeln.“ (Rösl, 2008, 19)

Der Visualisierungsexperte Ben Fry berichtete bei einem Vortrag an der Stanford University über seine Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern:

„There’s this funny thing that happens with visual materials that we have an instant reaction toward as things get more pretty we naturally think their functional purpose actually goes down and so this was a typical reaction working with scientists looking at genetic data. The redesigned version of the software [...], people actually didn’t trust it at first because it was too pretty. One person actually said ‚I don’t think I’m doing science. It’s too pretty. This can’t possibly be correct.‘ And then a week later said ‚I can’t be going back to this older version because it’s awful. Things are much clearer now and I understand what’s going on.‘“ (Fry, 2010, ab ca. Minute 5:30)

Fry deutet mit seiner Anekdote an, dass Wissenschaftler dazu tendieren, kritisch gegenüber „schönen“ Visualisierungen zu sein und ihre Funktionalität in Frage stellen. Tatsächlich könnten diese sogar dabei helfen, Dinge besser zu verstehen.

4.5 Rolle und Einsatz in der Wissenschaft

„We must have images, we cannot have images.“ (Galison, 2002, 300)

Mit diesem Satz fasst Peter Galison die zwiespältige Einstellung zu Bildern im Bereich der Wissenschaften zusammen. Einerseits werden Bilder auch dort als unabdingbar angesehen, andererseits auch als betrügerisch (vgl. Galison, 2002, 300).

In Wissenschaft und Forschung spielt grundsätzlich die Sprache eine große Rolle. Forschungsarbeiten werden vor allem in schriftlicher Form verfasst. So mächtig die Sprache ist, sie kann an ihre Grenzen stoßen. Bildhafte Repräsentationen haben mittlerweile eine

wichtige Funktion in der Wissenschaft übernommen.

Forschung und Technik nutzen heutzutage vermehrt bildgebende Verfahren in den Bereichen Darstellung, Messung, Modellierung und Produktion (vgl. Schnettler, 2007, 192).

„In den vergangenen Jahren ist häufig und zu Recht betont worden, dass Bilder - gerade auch wissenschaftliche Bilder - nicht einfach Illustrationen bestehender Sachverhalte sind, dass sie diese Sachverhalte vielmehr mitbestimmen oder gar zuallererst hervorbringen.“ (Geimer, 2003, 36)

Seit den 1980er Jahren beschäftigt sich die Wissenschaftsforschung verstärkt mit der wissenschaftlichen Bildpraxis. Wissenschaftsbilder werden nicht mehr nur als ästhetisches Beiwerk oder nebensächliche Illustration betrachtet, sondern als wesentliche Elemente für Wissenserzeugung, Analyse, Dokumentation und Kommunikation (vgl. Singer, 2004, 60). Sie wurden zuvor lange Zeit nicht zur wissenschaftlichen Analyse herangezogen. Sie spielten höchstens aus didaktischer oder ästhetischer Perspektive eine Rolle. Dies verwundert aus zwei Gründen:

- Die Fertigung bildlicher Darstellung gilt bei zahlreichen Disziplinen als „hohes und anerkanntes Ziel wissenschaftlicher Arbeit“ (Kötter, 2007, 161). Dies ist etwa in der Anatomie, den Geowissenschaften oder der Morphologie der Fall.
- Aus der Wissenschaftsgeschichte kann man erkennen, dass die Arbeit am Bild ein entscheidendes Mittel war und ebenso gegenwärtig ist, um wissenschaftliche Ziele zu verfolgen (vgl. Kötter, 2007, 161).

Dieter Mersch erwähnt, dass Bilder zwar immer schon zum Repertoire wissenschaftlicher Darstellungsmittel gehörten, jedoch wurde

„ihr epistemischer Status ebenso in Zweifel gezogen und relativiert wie visuellen Medien bestenfalls der Status eines Beiwerks oder Zusatzes zugebilligt [wurde]. Das lässt sich historisch in Naturwissenschaften und Technik mindestens vom späten Mittelalter bis heute verfolgen.“ (Mersch, 2004, 405)

Gerade in der medizinischen Forschung und der klinischen Anwendung haben bildgebende Verfahren oft den Status von Hilfsmitteln. Die Bezeichnung „Hilfsmittel“ ist jedoch nicht abwertend zu verstehen. Die Aussage „ein Bild sagt mehr als tausend Worte“ hat

in der Wissenschaft und ebenso in der Medizin ihre Richtigkeit. So sagte ein von Regula Burri befragter Radiologe, dass er dem Chirurgen auch schriftlich vermitteln könne, was ihn (z.B. bei einer Operation) erwartet, dafür aber mehrere Seiten benötige. Auf einem Bild würde es der Chirurg auf einem Blick erkennen (vgl. Burri, 2001, 291-292).

In der frühen Neuzeit kam es zu einer Aufwertung der „epistemologischen Möglichkeiten“ des Visuellen. Galileo Galilei (1564–1642) nutzte seine Zeichnungen, die er nach den Teleskopbildern angefertigt hatte, als Erkenntnismittel. Mit Robert Hookes Mikroskopbildern wurde bisher Unsichtbares sichtbar gemacht (vgl. Bohn, 2001, 341-342). „Die Aufwertung der Visualisierung⁵ war in der Annahme begründet, bildliche Darstellung und Vorstellung könne brachliegende Funktionen übernehmen. Die strikte Unterscheidung von sinnlicher und rationaler Kognition, von Ästhetik und Logik, führte freilich dazu, daß dem Bild ein abstraktes Analysepotential abgesprochen wurde.“ (Bohn, 2001, 342)

Im 18. Jahrhundert vollzog sich eine umfassende Verbildlichung in Form von Enzyklopädien und Bildtafeln. Man erkannte, dass Bilder das Wissen schneller vermitteln können als die „Langsamkeit der Wortfolge“ (vgl. Bohn, 2001, 341-342). Dem Bild wurde eine Evidenz attribuiert, da man meinte, ihm würde ein Vereindeutungspotential innewohnen. „[E]s gilt als Medium, an dem die Einheitsprozesse vollziehen.“ (Bohn, 2001, 342) Doch auch Fragen der Objektivität, Authentizität, Glaubwürdigkeit, Täuschung, Beweiskraft eines Bildes tauchen immer wieder auf (vgl. Bohn, 2001, 343).

In den letzten Jahren wurde dem Bild in der Wissenschaft mehr Aufmerksamkeit zuteil (vgl. Kötter, 2007, 161). Auch die Wissenschaft blieb vom Iconic Turn nicht unberührt:

„Technologische Verbildlichungsverfahren sind in der Überzahl, wenn der iconic turn gegenwärtig in den Naturwissenschaften, in Technik und Medizin vorangetrieben wird. Bildgebende Verfahren wie Röntgen, Ultraschall, MRT in der Medizin bis hin zu geographischen Verbildlichungen in Form von Satellitenbildern der Erde stellen hier eine zentrale Methode dar, nicht zuletzt in den Neurowissenschaften.“ (Bachmann-Medick, 2006, 356)

⁵ Hier ist natürlich nicht die computergestützte Visualisierung gemeint

In Kapitel 2.2.3 wurde Scholz's Theorie erwähnt, nach der die Bilderflut durch Entwicklungen und Veränderungen im Bereich der Technik, Wirtschaft und des Rezeptionsverhaltens begründet sei. Diese Erklärung trifft auch auf die Bilderflut im Bereich der Wissenschaften zu. Gerade die Veränderungen im technischen Bereich haben hier einen großen Einfluss. In den Naturwissenschaften etwa veränderte die Digitalisierung die Labore, indem nun Computer, Software zum Generieren und Bearbeiten von Bildern sowie hochauflösende Drucker zur Standardausstattung eines wissenschaftlicher Arbeitsplatzes gehören. Es kam zu einer Veränderung der naturwissenschaftlichen Bilderwelten, in bezug auf deren Praxen, den Regeln der Produktion von Bildern und den produzierten Bildern selbst (vgl. Heßler, 2006a, 11). Martina Heßler sieht die Herstellung und den Gebrauch von digitalen Bildern in den Wissenschaften als einen Einschnitt, der den wissenschaftlichen Bildern große Aufmerksamkeit bescherte, betont aber, dass visuelle Darstellungen auch in den Naturwissenschaften nicht neu seien. Naturwissenschaftler, Ingenieure und Techniker hätten schon seit Jahrhunderten Zeichnungen, Illustrationen und Schemata für die Gewinnung und Fixierung von Erkenntnissen und die Veranschaulichung von Zusammenhängen genutzt (vgl. Heßler, 2006a, 12).

Bettina Heintz schreibt, dass durch den Computer Bilder wieder in die Wissenschaft zurückgebracht worden seien. Jacques Le Rider sprach von einer „Wiedergewinnung der Vision“ in bezug auf die (post-)moderne Literatur. Dieser Satz könne aber auch auf die Wissenschaften angewandt werden (vgl. Heintz, 1995, 47).

Bilder „dienen der Vergegenständlichung der Wissenskonkretisierung und Formung der (oft nur temporären) Wissensdokumentation, der Fixierung und Vermittlung, der Strukturierung und Klärung, als Analyseinstrument, Argument, Beweismittel und Legitimation.“ (Beyer & Lohoff, 2005a, 12)

Sie können grundlegend für die Kommunikation in den Wissenschaften sein. Karin Knorr-Certina spricht in diesem Zusammenhang, in Analogie zum Begriff des Diskurses, von „Viskursen“, einer Kombination aus visueller Darstellung und fortlaufendem kommunikativen Diskurs. Auch visuelle Darstellungen laufen durch ein Experiment. Sie werden

von Wissenschaftlern zur Kenntnis genommen, begutachtet, sind Stimulus für weitere Arbeiten und unterstützen die Imagination. Sie sind nicht isoliert, sondern stehen im Zusammenhang mit vorherigen, gleichzeitigen und neuen Darstellungen. Außerdem „entfalten Viskurse technische Objekte und haben eine interne Beziehung zu wissenschaftlicher Forschung.“ (Knorr-Cetina, 2001, 308) So kommt es auch, dass durch den Viskurs reine Diskurse als „bloßes Reden“ gesehen werden (vgl. Knorr-Cetina, 2001, 308-309). Viskurse helfen dabei, Wissensgebiete zusammenzufassen, zu ordnen und zu vereinheitlichen (vgl. Knorr-Cetina, 2001, 310-320).

Die verwendeten Darstellungsarten variieren je nach Fachgebiet und der visuellen Dialektik, deren sich dieses bedient (vgl. Russell, 2005, 20-21). Es werden je nach wissenschaftlicher Disziplin unterschiedliche Visualisierungen eingesetzt:

„Jede wissenschaftliche Disziplin erstellt ihre eigenen Visualisierungen und folgt ihren eigenen visuellen Kulturen, d.h. sie muss sich intern mit ihren expliziten und impliziten Maßstäben, die an die Produktion von authentischem Wissen angelegt werden, auseinandersetzen und diese extern auch darlegen können.“ (Mayer, 2011, 47)

Visualisierungen im Speziellen sind Instrumente der Erkenntnis und bekommen durch diesen Status in verschiedenen Wissenschaftsbereichen eine wachsende Bedeutung. Gerade in den Natur- und Ingenieurwissenschaften sind sie zu einem unverzichtbaren Instrument für die Produktion und Verbreitung von Wissen geworden (vgl. Schnettler & Pötzsch, 2007, 2). Visualisierungen gab es, wie bereits erwähnt, schon vor der Erfindung des Computers, trotzdem wurde ihre große Bedeutung im Bereich der Wissenschaften erst durch die digitale Technologie untermauert. Sie hat für eine regelrechte Flut an Visualisierungen gesorgt (vgl. Schnettler, 2007, 190). Außerdem nehmen sie immer mehr Raum in wissenschaftlichen Diskursen ein (vgl. Schnettler & Pötzsch, 2007, 12). Andererseits werden Visualisierungen zunehmend sowohl im akademischen als auch im außerakademischen Bereich nicht nur für die Analyse sondern auch für die Darstellung von Ergebnissen und die Verbreitung von (wissenschaftlichem) Wissen genutzt (vgl. Schnettler, 2007, 196-197).

In den Naturwissenschaften werden bildgebende Verfahren verwendet, um Erkenntnisse zu erzielen, die nur auf diesem Weg gewonnen werden können (vgl. Boehm, 2004, 29). Dank bildgebender Verfahren können Dinge sichtbar gemacht werden, die vorher unsichtbar blieben. Das ist z.B. in der Medizin von Bedeutung. Die aus technischen Messungen produzierten Bilder ermöglichen neue Optionen für Diagnose und Therapie (vgl. Schulz, 2009, 17).

Auch in den Ingenieurwissenschaften haben Bilder und Visualisierungen eine große Bedeutung. Das Anfertigen von Konstruktionsplänen ist ein essentielles und unersetzbares Element (vgl. Kötter, 2007, 161), und Skizzen unterstützen den Entscheidungsprozess wesentlich (vgl. Breiing, 2001, 197). Die visuelle Darstellung ist sowohl beim wissenschaftlichen Arbeiten als auch bei technischen Planungen unverzichtbar. Mit Worten alleine lassen sich Bauprojekte, Maschinen oder technische Systeme nicht beschreiben (vgl. Duddeck, 2008, 28). Die hochkomplexen Vorgehensweisen können durch bildhafte Methoden besser kommuniziert werden und sie werden von Konstrukteuren gegenüber den verbalen vorgezogen. Mit Sprache kann man die Bilder im Kopf oft nur umständlich oder gar nicht übermitteln (vgl. Breiing, 2001, 187-190). Als gar tausendfach überlegen bezeichnet Duddeck das Bild gegenüber dem Wort in diesem Bereich (vgl. Duddeck, 2008, 28).

Die bildgebenden Verfahren ermöglichen auch eine Visualisierung technischer Prozesse und Gefahrenszenarien, was vor wenigen Jahren noch kaum vorstellbar war, wie etwa Flug- und Fahrsimulationen, virtuelle Simulation von Prozessketten (für Optimierung in der Produktion), virtuelle Montagevorgänge und Simulation von Katastrophenszenarien (Feuer im Tunnel, Erdbeben, Hochwasser)(vgl. Duddeck, 2008, 29).

Im Bereich der Medizin haben bildgebende Verfahren (Röntgentechnik, Ultraschall, Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Positronen-Emissions-Tomographie etc.) in der Diagnostik, Therapeutik und medizinischen Forschung eine wichtige Rolle

übernommen (vgl. Burri, 2001, 277). Die Anatomie, welche neben der Chirurgie und der Gynäkologie die „historisch älteste und systematisch ausdifferenzierteste Bildkultur der Medizin“ (Stahnisch & Bauer, 2007, 63) besitzt, ist zwar disziplinär nicht auf Bildwissen angelegt, benötigt es jedoch um Bild- um Körperwissen durch Bilder zu formieren. Regula Burri bezeichnet medizinische Verbildlichungen als soziotechnische Konstrukte. Sie werden „im Prozess eines komplexen Zusammenspiels wirtschaftlicher, politischer, institutioneller, gerätespezifischer, medizinischer und kognitiver Faktoren hergestellt. Diese sind als soziale und technische Strukturen in den fabrizierten Bildern eingeschrieben.“ (Burri, 2001, 279)

Entgegen der herrschenden Meinung haben Visualisierungen etwa in der Mathematik immer eine Rolle gespielt. Zwar findet man eher weniger Visualisierungen in Publikationen, jedoch bei Vorträgen, informellen Gesprächen vor einer Wandtafel oder alleine am Schreibtisch (vgl. Heintz, 1995, 64). Diese Visualisierungen boten die Möglichkeit, eine abstrakte Idee visuell darzustellen, sowohl für sich selbst als auch für den Austausch mit anderen Wissenschaftlern (vgl. Heintz, 1995, 68).

Der Mathematiker Konrad Polthier beschrieb die Anfänge seines Studiums in den 1980er Jahren. Damals hätten Text und Formeln in den Büchern dominiert und nur vereinzelt wären Grafiken zur Erläuterung oder Auflockerung eingesetzt worden (vgl. Polthier, 2008, 23). Später jedoch wurden Bilder erzeugt und eingesetzt, die weniger als Illustration als vielmehr als Veranschaulichung von Forschungsergebnissen dienten (vgl. Polthier, 2008, 24). Er schreibt weiter: „Empfanden einige die Visualisierung zunächst als etwas unmathematisch, unpräzise oder zu bildlich für eine reine, formale Wissenschaft, so wich die anfängliche Distanz doch im Laufe der kommenden Jahre recht schnell, als sich das ungeheure Potenzial von visuellen Darstellungen vormals unendlicher Zahlenkolonnen der numerischen Simulation, der computerunterstützten Konstruktion (CAD) und vieler anderer Bereiche zeigte.“ (Polthier, 2008, 24) Heute wird die Visualisierung als wichtiges Werkzeug in der Mathematik angesehen (vgl. Polthier, 2008, 27). Neue

Visualisierungstechniken haben dazu beigetragen, dass die visuelle Dimension in der Mathematik salonfähig geworden ist (vgl. Heintz, 1995, 70).

Der Klimaforschung kam in den letzten Jahren viel Aufmerksamkeit zu. Es handelt sich dabei um ein komplexes Thema; die Daten aus meteorologischen Beobachtungen und Klimasimulationen sind umfangreich und für Laien nur schwer zu verstehen. Die Erkenntnisse der unterschiedlichen Disziplinen müssen geeignet aufbereitet werden, damit sie in Fachkreisen kommuniziert werden können. Gleichzeitig müssen sie auch so gestaltet werden, dass ein breites Publikum erreicht werden kann. Ziel ist es, ein öffentliches Bewusstsein für die Folgen eines möglichen Klimawandels zu schaffen. Hierbei muss eine verständliche Bereitstellung der Informationen für Medien, politische Entscheidungsträger sowie den Bildungsbereich erfolgen. Klimaszenarien können dank Computersimulation erstellt werden. Die Visualisierung dieser Daten ist ein wichtiges Mittel, um auch Nicht-Experten die Zusammenhänge verständlich zu machen. Aus den Daten werden zwei- oder dreidimensionale grafische Repräsentationen erstellt, die nicht nur der Kommunikation dienen, sondern auch verwendet werden, um neue Phänomene zu erforschen (vgl. Nocke & Deimling, 2008, 20).

5 Visualisierungen in den Digital Humanities

5.1 Geisteswissenschaften - Digital Humanities

Im „Lexikon der Geisteswissenschaften“ wird auf folgende wichtige Eigenschaften und Aufgaben der Geisteswissenschaften hingewiesen:

„Grundsätzlich sind die Geisteswissenschaften grenzüberschreitend, transdisziplinär, integrativ und dialogisch ausgerichtet. Sie sind eigentlich 'Reflexionswissenschaften', und ihre Bedeutung liegt vor allem in der Theoriebildung über historisch-kulturelle Wirklichkeiten und in ihrer aufklärerisch-ideologiekritischen Funktion. Sie sind in ihrem Programm einer aufgeklärten reflexiven Moderne verpflichtet, auch gegen Argumente, die heute die Aufklärung und Moderne als angeblich gescheitertes Projekt grundsätzlich in Frage stellen.“ (Reinalter & Brenner, 2011, VI)

Die von der OECD verfasste Klassifikation „Fields of Science and Technology“ (FOS) teilt Wissenschaft in sechs Felder ein, denen die unterschiedlichen Disziplinen zugeordnet sind (Tabelle 5.1). Auf dieser Einteilung basiert auch die „Österreichische Systematik der Wissenschaftszweige 2012“ (ÖFOS 2012), die den österreichischen Gegebenheiten angepasst ist.

Digitale Technologien bekamen in den letzten Jahren eine wichtige Rolle in allen Lebensbereichen, so auch in den Wissenschaften im Allgemeinen. In den Geistes- und Sozialwissenschaften üben sie auf verschiedene Art und Weise einen Einfluss auf Forschung und Lehre aus und haben die Quantifizier- und Kalkulierbarkeit des wissenschaftlichen

Feld	Disziplin
1. Natural Sciences	1.1 Mathematics 1.2 Computer and information sciences 1.3 Physical sciences 1.4 Chemical sciences 1.5 Earth and related environmental sciences 1.6 Biological sciences 1.7 Other natural sciences
2. Engineering and Technology	2.1 Civil engineering 2.2 Electrical engineering, electronic engineering, information engineering 2.3 Mechanical engineering 2.4 Chemical engineering 2.5 Materials engineering 2.6 Medical engineering 2.7 Environmental engineering 2.8 Environmental biotechnology 2.9 Industrial Biotechnology 2.10 Nano-technology 2.11 Other engineering and technologies
3. Medical and Health Sciences	3.1 Basic medicine 3.2 Clinical medicine 3.3 Health sciences 3.4 Health biotechnology 3.5 Other medical sciences
4. Agricultural Sciences	4.1 Agriculture, forestry, and fisheries 4.2 Animal and dairy science 4.3 Veterinary science 4.4 Agricultural biotechnology 4.5 Other agricultural sciences
5. Social Sciences	5.1 Psychology 5.2 Economics and business 5.3 Educational sciences 5.3 Sociology 5.5 Law 5.6 Political Science 5.7 Social and economic geography 5.8 Media and communications 5.7 Other social sciences
6. Humanities	6.1 History and archaeology 6.2 Languages and literature 6.3 Philosophy, ethics and religion 6.4 Art (arts, history of arts, performing arts, music) 6.5 Other humanities

Tabelle 5.1: Wissenschaftliche Felder und Disziplinen (OECD, 2007, 12)

Wissens reorganisiert und auch beschleunigt (vgl. Reichert, 2014c, 514).

Zwar wurde der Computer bereits in den 1960er Jahren für die Textanalyse, Erstellung von Biographien und Berechnungen quantitativer Analysen eingesetzt, doch erst in den 1980er Jahren mit Einführung des Personal Computers, begann er sich in den Geistes- und Kulturwissenschaften zu etablieren. Spätestens seit den 2000er Jahren werden Computer nicht mehr nur als reine Schreibwerkzeuge betrachtet. Das Internet und die elektronische Datenverarbeitung wurden Teil der Arbeitspraxis von Geisteswissenschaftlern (vgl. Gasteiner & Haber, 2010, 11).

Der Begriff „Digital Humanities“ („DH“) wird als Klammerbegriff für das große Feld virtuell geprägter Arbeitsweisen im Bereich der Geistes- und Sozialwissenschaften verwendet (vgl. Krause, 2012, 11). Die Digital Humanities haben durch die zunehmende Verfügbarkeit digitaler Daten ab ca. 2000 an Bedeutung gewonnen und sind ein heterogenes Forschungsfeld (vgl. Reichert, 2014c, 511). Sie operieren an der Schnittstelle zwischen Geisteswissenschaften und Informatik - „Digital Humanities is born of the encounter between traditional humanities and computational methods.“ (Lunenfeld, Burdick, Drucker, Presner & Schnapp, 2012, 3).

Als Pionier der Digital Humanities wird der italienische Jesuitenpater Roberto Busa (1913 – 2011) genannt. Er hat 1949 gemeinsam mit Thomas Watson (Gründer von IBM) mit dem „Index Thomisticus“ eine vollständige Konkordanz zu den Werken von Thomas von Aquin (1225 – 1274), basierend auf Lochkarten entwickelt. Ramón Reichert merkt an, dass sich jedoch bereits im Vorfeld eine Vielzahl an anderen Bereichen und Disziplinen (Archiv- und Bibliothekswissenschaften) mit informatikwissenschaftlichen Verfahren beschäftigt haben und daher „weder die Forschungsfrage noch die methodischen Verfahren von Busa [als] voraussetzungslos“ (Reichert, 2014c, 512-513). betrachtet werden können.

In den späten 1990er Jahren wurden die Digital Humanities noch als „Computation in the humanities“ bzw. mit „Humanities computing“ bezeichnet. In dieser Zeit wurden sie jedoch eher als technische Unterstützung von „echten“ Geisteswissenschaftlern angesehen (vgl. Berry, 2012, 2) und ihnen „keine aktive Rolle innerhalb des Forschungsprozesses zugestanden“ (Missomelius, 2014, 102).

Mit dem Aufkommen des Begriffs „Digital Humanities“ sollte signalisiert werden, dass es sich nun nicht mehr bloß um ein Hilfsmittel handelt, sondern vielmehr um ein Feld mit eigenen Praktiken, Standards und interessanter Forschung (vgl. Berry, 2012, 2). Die Förderpolitik der USA, die Forschungsprojekte im Bereich der Digital Humanities in großem Ausmaß finanzierte, sorgte zusätzlich für eine Verbreitung dieser neuen Einstellung (vgl. Missomelius, 2014, 103).

Innerhalb der einzelnen Disziplinen stoßen digitale Technologien auf unterschiedliche Resonanz und bisweilen auch auf negative Kritik (vgl. Berry, 2012, 1). So meinen Kritiker, dass die traditionellen Geisteswissenschaften mit der Informatik absolut nicht vereinbar wären (vgl. Missomelius, 2014, 103). Petra Missomelius führt an, dass Projekte im Bereich der Digital Humanities als „zu techniklastig ausgerichtet und theoretisch genügsam kritisiert“ (Missomelius, 2014, 104) werden oder dass sich die Geisteswissenschaften durch die Digital Humanities „von einer kritischen Gesellschaftsinstanz zu einer Hilfswissenschaft degradieren“ (Missomelius, 2014, 104) ließen. Es gibt auch Bedenken von Seiten traditioneller Geisteswissenschaftler, dass „die neuen Methoden [...] der Komplexität ihrer Forschungsprozesse nicht gerecht werden [können]“ (Krause, 2012, 10).

Ramón Reichert erwähnt drei richtungsweisende Theorieansätze, welche die historischen Entwicklungen und die wissenspolitischen Verschiebungen des Forschungsfeldes der Digital Humanities gut umgrenzen (vgl. Reichert, 2014c, 511-514):

1. Im Mittelpunkt stehen die Geistes- und Kulturwissenschaftliche Computeranwendung und die Digitalisierung. In den vergangenen Jahren gab es zahlreiche Digitalisierungsprojekte, die dafür sorgten, dass analoge Materialien auch digital verfügbar

wurden.

2. In dieser Phase beschäftigt man sich zusätzlich zur quantitativen Digitalisierung mit der „qualitativen Nutzung der erzeugten, aufbereiteten und gespeicherten Daten“ (Reichert, 2014c, 512) = „Enhanced Humanities“.
3. Es werden die Möglichkeiten des Web 2.0 genutzt um vernetzte Forschungsinfrastrukturen aufzubauen. Durch die Sozialen Medien haben sich nicht nur neue Möglichkeiten des kooperativen und kollaborativen Forschens entwickelt, es haben sich auch neue Möglichkeiten der Distribution, Qualitätsprüfung und Transparenz im Internet aufgetan = „Social Humanities“.

Celia Krause beschreibt Wissenschaftler im Sinne der Digital Humanities bzw. Social Humanities folgendermaßen:

Diese Wissenschaftler befinden sich an der (bereits oben erwähnten) Schnittstelle zwischen Geisteswissenschaften und Informationstechnologie, wobei sich ihr wissenschaftliches Kerngebiet zumeist in den Geisteswissenschaften verortet. Bezeichnend für diese Gruppe ist, dass der Computer nicht mehr vorrangig als Mittel angesehen wird um bequem an geisteswissenschaftliches Wissen heranzukommen. Stattdessen werden z.B. durch Auswertung erzeugte Daten als Ausgangsbasis für weitere Fragen herangezogen. Die Potentiale des Web 2.0, einschließlich des Semantic und des Social Web, werden von den Wissenschaftlern ausgeschöpft.

Zur Anwendung kommen Verfahren zur Strukturierung und Modellierung von Datenmaterial (z.B. Textauszeichnung mit XML¹, Auszeichnung mit Metadaten, Textkodierung nach TEI/MEI-Standards)², Tools zur Verknüpfung zwischen Texten, Bildern und Links, Text- und Bilderkennungsverfahren, Visualisierungs- und Repräsentationstechniken, Metasuchmaschinen, Repositorien (für die Veröffentlichung von digitalen Ressourcen), Virtuelle Forschungsumgebungen und -infrastrukturen³ und der Einsatz von E-Learning im

¹ Viele Visualisierungswerkzeuge arbeiten mit XML-Files, wie etwa der Mandala Browser.

² Durch die Nutzung von standardisierten Textauszeichnungen, wie SGML (Standard Generalized Markup Language) und softwarebasierten Textverarbeitungsprogrammen, kam es zu einem Medienumbruch in den Bereichen Produktion und Rezeptionsästhetik (vgl. Reichert, 2014c, 513).

³ Virtuelle Forschungsumgebungen ermöglichen örtlich und fachlich verteilten Wissenschaftlern den gleichzeitigen Zugriff zu Forschungsdaten, die mit unterschiedlichen Werkzeugen auf einer gemein-

Bereich der Lehre. Des weiteren können die neuen Formen digitaler Kommunikation (wie etwa Blogs, Twitter, Soziale Netzwerke) und genuin digital erzeugte Quellen (wie Computerspiele, Websites etc.) als Material für sozial- und kulturwissenschaftliche Forschung herangezogen werden (vgl. Krause, 2012, 4-5).

5.2 Einsatz und Aufgaben von Visualisierungen

Martina Heßler erwähnt in ihrer Explorationsstudie, dass hier ein Unterschied zwischen den Geistes- und Naturwissenschaften zu erkennen sei. In den Geisteswissenschaften würden Bilder zur Erkenntnisgewinnung eine deutlich geringere Rolle spielen (vgl. Heßler, 2004, 6). Christine Brocks bemerkt, dass die Geistes-, Kultur- und Sozialwissenschaften an Bildern nicht interessiert seien und weiterhin am Monopol der Sprache festhielten (vgl. Brocks, 2012, 12).

Wolfgang Ullrich spricht von einer „generellen Visualisierungsresistenz“ der Geistes- und Sozialwissenschaften, was dazu führt, dass sie im Gegensatz zu den mit spektakulären Bildern vertretenden Naturwissenschaften, in den Massenmedien kaum vorkommen. Er meint damit offenbar nicht die computergestützte Visualisierung, der sich diese Arbeit widmet, trotzdem ist seine Schlussfolgerung interessant: In weiterer Folge würde die gesellschaftliche Legitimation der Geistes- und Sozialwissenschaften leiden: “Wer zum großen Bildermarkt nichts beizutragen hat, droht im schlimmsten Fall für inexistent gehalten zu werden.“ (Ullrich, 2003, 82)

Doch der Visual Turn hat vor den Geisteswissenschaften nicht halt gemacht (vgl. Lunenfeld et al., 2012, 42). Auch Wissenschaftler geisteswissenschaftlicher Disziplinen haben sich den Visualisierungen zugewandt: „humanities always avoided diagrams, let alone graphs, and the fact that visualization is now allowed to enter humanities is already quite amazing.“ (Manovich, 2012a). Sie nehmen eine immer zentraler werdende Rolle in den Digital Humanities ein (vgl. Lunenfeld et al., 2012, 18) und werden zu einem neuen

samen Benutzeroberfläche bearbeitet werden können, z.B. TextGrid.

erkenntnistheoretischen Prinzip (Shevelev, 2014, 77). Wissenschaftler der Digital Humanities nutzen Anwendungen wie etwa GIS-Mapping⁴ oder Visualisierungstechniken, welche ursprünglich für andere Disziplinen entwickelt wurden (vgl. Drucker, 2011, 1). Es stellt eine große Herausforderung dar, **eigene** Forschungsinstrumente in diesem Bereich zu entwickeln.

In einem working paper, das sich mit den Verfahren der Digital Humanities in den Geistes- und Kulturwissenschaften beschäftigt, wird erwähnt, dass man zwei Stränge beim Einsatz von Visualisierungen feststellen kann: Visualisierungen von Zusammenhängen etc., deren Basis erfasste und aufbereiteten Daten sind, und 3D-Modelle von Objekten, Bauwerken etc. Es wird weiter angemerkt, dass Visualisierungen einerseits als Verfahren für den Erkenntnisgewinn und andererseits als Darstellungsverfahren genutzt werden (vgl. Reiche et al., 2014, 26). „Insofern handelt es sich bei der Visualisierung um ein Verfahren, das bei der Datenaufbereitung sowie der Dokumentation und Publikation eine immer größere Rolle spielt, aber auch um ein Analyseverfahren, das für die Datenauswertung genutzt wird, indem Relationen und Muster digital gestützt sichtbar gemacht werden, die ohne Computertechnik nicht zugänglich wären.“ (Reiche et al., 2014, 26)

Geisteswissenschaftliche Disziplinen arbeiten ebenfalls mit großen Datenmengen. Dies ist unter anderem der Digitalisierung von analogen Medienprodukten zu verdanken, der Weiterentwicklung von Geräten, die das Erstellen von digitalen Bildern ermöglichen (Digitalkameras, Smartphones, Tablets) und dem Web 2.0 mit seinen benutzergenerierten Inhalten. Immer häufiger taucht der Begriff „Big Data“⁵ im Zusammenhang mit riesigen

⁴ GIS steht für Geoinformationssysteme. Sie ermöglichen die Erfassung, Analyse und Visualisierung von räumlichen Daten. GIS-Datenbanken enthalten zwei Arten von Daten: räumliche Parameter (Punkte, Linien, Flächen), die in einem Koordinatensystem definiert sind und damit verknüpfte Attributdaten mit zusätzlichen Informationen (wie Bodentypen, Bevölkerungszahl). Die Datenbankinhalte können auf einer Landkarte dargestellt werden und geben damit Einblicke, die in tabellarischer Form nicht erreicht werden können. GIS wird u.a. in der Geschichtswissenschaft, Archäologie und Sprachwissenschaft (z.B. raumbezogene Verteilung sprachlicher Phänomene) eingesetzt (vgl. Pfanzelter & Praxmarer, 2010, 252-256).

⁵ Der Big-Data-Ansatz hat sich in den Human-, Sozial- und Kulturwissenschaften etabliert (vgl. Rei-

Datenmengen auf. Lev Manovich meint, dass selbst das umfangreichste Datenmaterial, das in digitalen Projekten der Geisteswissenschaften verwendet wird, noch immer kleiner sei als jenes, das von den Naturwissenschaften als „Big Data“ bezeichnet wird. Dieser Unterschied soll jedoch verschwinden, wenn Geisteswissenschaftler sich den immensen Mengen an nutzergenerierten Inhalten, wie hochgeladenen Bildern, Kommentaren, Metadaten etc., auf den sozialen Plattformen zuwenden (vgl. Manovich, 2014, 66). Gerade die sozialen Netzwerke fungieren als Speicher für riesige Datenmengen (vgl. Reichert, 2014b, 38):

„Soziale Netzwerke [sind] zu gewichtigen Quellensammlungen für die statistische Massenerhebung aufgestiegen [...] und [haben] neue Formen wissenschaftlichen Wissens hervorgebracht [...]. Ihre gigantischen Datenbanken dienen der systematischen Informationsgewinnung und werden für das Sammeln, Auswerten und Interpretieren von sozialstatistischen Daten und Informationen eingesetzt. In ihrer Funktion als Speicher-, Verarbeitungs- und Verbreitungsmedium von Massendaten haben Soziale Netzwerke umfangreiche Datenaggregate hervorgebracht, die zur Prognose von gesellschaftlichen Entwicklungen herangezogen werden.“ (Reichert, 2014b, 51)

Die Daten bzw. Metadaten können über die APIs von Socialmedia-Plattformen gewonnen werden.

Es gibt jedoch mehrere Dinge, die bei der Arbeit mit nutzergeneriertem Inhalt aus sozialen Netzwerken zu beachten sind. Ein Grund ist, dass gerade der Content von sozialen Plattformen (Bilder, Posts, Kommentare etc.) nicht als authentisch angesehen werden kann. Sowohl aus politischen Gründen als auch aus Gründen der Selbstinszenierung ist es möglich, dass sich User zensurieren oder verstellen (vgl. Manovich, 2014, 71-72). „[W]ir müssen [...] daran denken, dass all diese Daten uns keineswegs die Fantasien, Absichten, Motive, Meinungen und Gedanken der Menschen offenbaren.“ (Manovich, 2014, 72) Man sollte sich bewusst sein, dass auch diese Daten kritisch betrachtet werden müssen und vielmehr als Schnittstellen zwischen dem Menschen und der Welt angesehen werden können. Unter ihnen befinden sich nur einige Daten des realen Lebens einer Person und es ist möglich, dass ein kleiner oder großer Teil aus fiktiven Daten besteht (vgl. Manovich,

chert, 2014b, 38). Unter Big Data werden aber nicht nur wissenschaftliche Datenpraktiken verstanden. Laut Ramón Reichert steht der Begriff „auch für einen gesellschaftlichen Wandel und eine Medienkultur im Umbruch.“ (Reichert, 2014b, 37)

2014, 72).

Bei manchen Forschungen im Bereich der Digital Humanities steht bereits zu Beginn eine Forschungsfrage fest (vgl. Hoyt, Ponto & Roy, 2014, 38). Angesichts der Größe von Sammlungen an digitalen Medien ist es z.B. unmöglich zu sehen, was sich genau darin befindet, noch bevor man beginnt, Forschungsfragen zu formulieren und Hypothesen aufzustellen (vgl. Manovich, 2011b, 2). Es werden daher auch in den Geisteswissenschaften Visualisierungen zur explorativen und konfirmativen Analyse eingesetzt (z.B. um Muster, Anomalien oder Übereinstimmungen zu erkennen), ebenso wie zur Präsentation von Forschungsergebnissen (siehe Kapitel 3.2).

In ihrem Artikel „Humanities Approaches to Graphical Display“ schreibt Johanna Drucker über die Wichtigkeit, dass man alle Daten als „Capta“ ansieht. Visualisierungen wurden lange Zeit in den Natur- und Sozialwissenschaften verwendet, ehe sie in den Geisteswissenschaften zur Anwendung kamen. Von daher kommt die Annahme, dass die verwendeten Daten neutral, unabhängig vom Beobachter und nicht interpretiert sind. Daten seien etwas „Gegebenes“. Drucker plädiert dafür, Daten aus geisteswissenschaftlicher Sicht zu betrachten. Daten seien Capta, etwas „Genommenes“, Konstruiertes, vom Beobachter abhängig (vgl. Drucker, 2011, 1). Sie fordert:

„The digital humanities can no longer afford to take its tools and methods from disciplines whose fundamental epistemological assumptions are at odds with humanistic method.“ (Drucker, 2011, 6)

Sie führt die zwei Basisprinzipien der Geisteswissenschaften an:

„[F]irst, [...] the humanities are committed to the concept of knowledge as interpretation, and, second, [...] the apprehension of the phenomena of the physical, social, cultural world is through constructed and constitutive acts, not mechanistic or naturalistic realist representations of pre-existing or self-evident information.“ (Drucker, 2011, 7)

Wenn z.B. statistische Information in grafische Form gebracht wird, dann erhält sie eine Einfachheit, die jeden Aspekt der zugrundeliegenden interpretativen Arbeit verschweigt

(vgl. Drucker, 2011, 8). Man ist dazu verführt, nur die Visualisierung zu sehen und nicht die Daten in Frage zu stellen, auf deren Basis sie erstellt wurde.

Drucker führt folgendes Beispiel an: Ein einfaches Balkendiagramm (Informationsvisualisierung) soll die Anzahl der Männer und die Anzahl der Frauen in sieben unterschiedlichen Nationen in der Jetztzeit vergleichen (Abbildung 5.1)

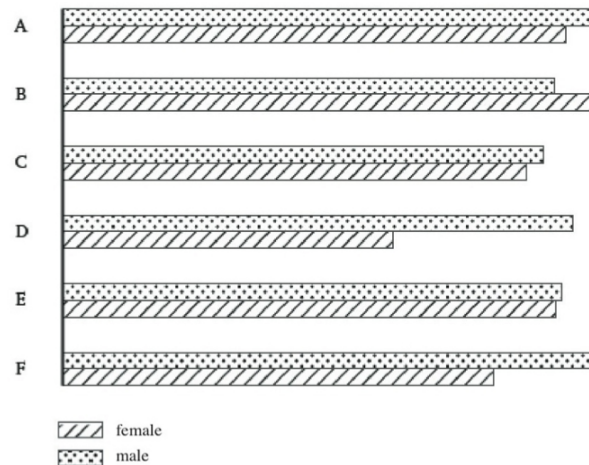


Abbildung 5.1: Einfachs Balkendiagramm (Drucker, 2011, Figure 1)

Doch: Was zählt als Nation? Sind hier auch Immigranten erfasst? Was gilt als Jetztzeit? Wer gilt als Mann, wer als Frau? Worauf beruht diese Einteilung? Noch viele Fragen mehr könnten hier gestellt werden. Drucker möchte damit klar machen, dass bereits diese einfachen Kategorisierungen, Ausdruck einer Interpretation sind. Man sieht jedoch an der Visualisierung die Interpretation, die Ambiguität und die Unsicherheit nicht (vgl. Drucker, 2011, 11-12). Sie möchte, dass grafische Mittel gefunden werden, um dies in einer Visualisierung ausdrücken zu können (vgl. Drucker, 2011, 50).

Druckers Gedanken lassen sich jedoch nicht ohne weiteres umsetzen. Mit den vorgefertigten Tools, die man z.B. im Internet findet, kann man Ihren Ansatz nicht verwirklichen. Die Tools wurden vor allem für die Darstellung von eindeutigen Fakten gefertigt. Man müsste zu diesem Zweck eigene Visualisierungstechniken entwickeln, die dabei helfen, Unsicherheiten, Interpretationen und Ambiguitäten deutlich sichtbar zu machen. Gerade bei statischen Visualisierungen könnte die Lesbarkeit leiden, wenn man, so wie

Drucker es vorschlägt, Unsicherheiten auszeichnet. Anhand von zahlreichen Publikationen aus dem Bereich der Informatik kann man erkennen, dass die Darstellung von Unsicherheiten eine allgemeine Herausforderung ist.

„Quantifying uncertainty is an increasingly important topic across many domains. The uncertainties present in data come with many diverse representations having originated from a wide variety of disciplines. Communicating these uncertainties is a task often left to visualization without clear connection between the quantification and visualization.“ (Potter, Rosen & Johnson, 2012, 7)

Ein häufiger Kritikpunkt bei Visualisierungen ist, dass Techniken angewandt werden, die zwar aus technischer und/oder ästhetischer Sicht interessant sind, jedoch keine Lösung für reale Fragestellungen liefern. Hier gehen gutes Aussehen oder anspruchsvolle technische Funktionen zulasten der Lesbarkeit. Dieses Problem tritt auf, wenn Auftraggeber und Entwickler nicht dieselbe Person sind und die Entwickler die technischen Möglichkeiten ausreizen möchten, ihnen jedoch das Verständnis dafür fehlt, was wirklich notwendig ist, um die Probleme ihrer potentiellen Nutzer zu lösen. Die potentiellen Nutzer selbst, also in erster Linie die Forscher, können selten ihre Bedürfnisse so artikulieren, dass die Entwickler sie verstehen (vgl. Stone, 2009, 47). Beide „Parteien“ arbeiten in komplexen Feldern und haben mit Verständnisbarrieren zu kämpfen. „Successful collaborations that blend the skills of both are all too rare.“ (Stone, 2009, 47)

5.3 Visualisierungsformen

In Kapitel 3.3 wurden unterschiedliche Visualisierungsformen besprochen. In geisteswissenschaftlichen Disziplinen werden vor allem Informationsvisualisierungen und Medienvisualisierungen in der Forschungspraxis eingesetzt. In den Naturwissenschaften sind die Daten bzw. Informationen oft numerischer Natur. Sie eignen sich daher gut für die Verwendung in Informationsvisualisierungen. Handelt es sich um physikalische Daten mit Raumbezug werden wissenschaftliche Visualisierungen erstellt.

In den Geisteswissenschaften hat man es mit konkreten Artefakten, wie etwa Texten,

ganzen Büchern, nutzergenerierten Inhalten, Computerspielen, Websites, Photographien, Filmen, Cartoons, Grafiken, Urkunden etc., zu tun (vgl. Manovich, 2012b, 5). Diese Artefakte müssen zuerst in Daten umgewandelt werden. Dabei ist zu bedenken, dass der Prozess nicht standardisiert ist und in vielen Fällen die Vorgehensweise erst problembezogen erarbeitet werden muss.

Mit der Umwandlung der Artefakte in Daten kommt es zu einer Reduktion, was z.B. in den Medienwissenschaften oder der Kunstgeschichte nicht unbedeutend ist.

„We throw away 99 % of what is specific about each object to represent only 1 % in the hope of revealing patterns across this 1% of objects’ characteristics.“ (Manovich, 2010, 6)

Die Ästhetik und die Details des Artefakts werden durch grafische Primitive ersetzt. Dadurch kann man zwar neue Muster erkennen, jedoch kann man die Artefakte selbst nicht mehr sehen. Es werden zwar Dinge sichtbar, jedoch auch gleichzeitig Dinge unsichtbar gemacht (vgl. Manovich, 2012b, 6-7).

Artefakte sind zumeist mit Metadaten bestückt, wie etwa dem Namen des Künstlers bzw. Autors, dem Jahr der Erstellung, dem Land etc. Metadaten bestehen üblicherweise aus Text und Zahlen. Für diese Datentypen existieren zahlreiche Visualisierungstechniken im Bereich der Informationsvisualisierung. Die Metadaten selbst müssen jedoch auch hinterfragt werden. Haben bestimmte Metadaten überhaupt eine Bedeutung für eine Visualisierung? (vgl. Manovich, 2012b, 7) Kann man sich auf ihre Richtigkeit verlassen?

Die wohl innovativsten Visualisierungen im Bereich der Geisteswissenschaften sind Medienvisualisierungen (siehe Kapitel 3.3.2). Lev Manovich ist der Meinung, dass gerade die Form der Media Visualization/Direct Visualization für Geisteswissenschaften und kulturelle Institutionen von Wichtigkeit sein kann. Diese haben gerade erst den Nutzen von Visualisierungen erkannt und könnten sie als Werkzeuge für Forschung, Lehre

und zur Präsentation von kulturellen Artefakten verwenden (vgl. Manovich, 2010, 26). Er sieht es als entscheidend wichtig an, die Artefakte mit allen Details zu zeigen, also das eigentliche visuelle Medium, statt grafische Primitive zu verwenden. Das kann dem Forschenden helfen, nicht nur neue Muster zu erkennen, sondern auch die Bedeutung und/oder die Ursache hinter den Mustern auszumachen.

„In our experience, practically every time we analyze and then visualize a new image video collection, or even a single time-based media artifact (a music video, a feature film, a video recording of a game play), we find some surprising new patterns.“ (Manovich, 2011c, 8)

Befördert wird die Verwendung dieser Form von Visualisierung durch die Weiterentwicklung von Computern (vgl. Manovich, 2010, 27).

Mit Hilfe von Medienvisualisierungen können auch „close reading“ und „distant reading“ in einer Visualisierung verbunden werden (siehe hierzu „Phototrails“ auf S. 100). Betrachtet man die Visualisierung aus der Ferne bzw. als Gesamtbild, kann man Muster erkennen. Betrachtet man sie aus der Nähe, so kann man die Details einzelner Objekte erfassen (vgl. Manovich, 2012b, 12).

Aus der Sicht der Semiotik (siehe Kapitel 2.2.1.1) bedeutet Medienvisualisierung eine Abkehr von der traditionellen Semiotik der Informationsvisualisierungen. Die abstrakten Elemente der Informationsvisualisierung sind Zeichen, die durch Konvention eine bestimmte Bedeutung haben. In der Medienvisualisierung werden die Objekte selbst gezeigt. Es findet keine Übersetzung in Zeichen statt (vgl. Manovich, 2012b, 12).

Informationsvisualisierung und Medienvisualisierung können kombiniert werden (vgl. Manovich, 2012b, 16) und zwar sowohl in einer einzelnen Visualisierung als auch in einer Kombination aus mehreren Visualisierungen. Für beide Visualisierungsformen ist es nötig, die Metadaten zu ergänzen. Es gibt zwei Methoden, um neue Informationen hinzuzufügen:

- Tags bzw. Formen an Annotationen (z.B. Kategorisierungen) oder

- Ratings (z.B. ob ein Bild auf einer Skala von 1 bis 5 abstrakt ist) (vgl. Manovich, 2012b, 13).

Bei diesem Prozess werden manuell zusätzliche Informationen zu einem Artefakt hinzugefügt. Diese Methoden haben jedoch Grenzen. Sie sind nicht für große Datenmengen geeignet (z.B. hoher Aufwand beim Hinzufügen von Tags für 10.000 Objekte). Außerdem ist die menschliche Sprache limitiert. Die Wörter, die in der natürlichen Sprache existieren um z.B. Ästhetik zu beschreiben, sind begrenzt. Sie können nicht das gesamte Spektrum an Farben, Texturen, Zusammensetzungen, Rhythmus und Bewegung ausdrücken (vgl. Manovich, 2012b, 14).

Beide Probleme können jedoch mit technischen Mitteln überwunden werden. Mit Hilfe von Techniken aus dem Bereich der Bildverarbeitung und der Computer Vision können Informationen zu Bildern und Videos automatisch ausgelesen werden. In der Informatik wird dieser Prozess des automatischen Analysieren von Bildern „Feature extraction“ (zu dt. „Merkmalsextraktion“) genannt. Dabei wird angenommen, dass der Computer automatisch und objektiv die Informationen extrahiert, die bereits im Bild oder Video vorhanden sind (z.B. Helligkeit, Sättigung, Farbton etc.) (vgl. Manovich, 2012b, 14-15).

Das manuelle Hinzufügen und die automatische Analyse haben Stärken, die durch Kombination genutzt werden können. Letztere kann die feinen Details der visuellen Form erfassen (welche die natürliche Sprache auch nicht ausdrücken kann), jedoch ist es sehr schwer, damit den gegenständlichen Inhalt zu verstehen. Für den Menschen selbst ist dies kein Problem: er kann bei Bildern Objekte erkennen und diese benennen (vgl. Manovich, 2012b, 15). Der Computer beschreibt die Details der visuellen Form in reellen Zahlen. Nimmt man sich z.B die Helligkeit eines Bildes vor, so könnte der Mensch folgende Einteilungen treffen: „sehr hell“, „hell“, „mittel“, „dunkel“, „sehr dunkel“. Der Computer hingegen nutzt eine Wertskala mit 256 Stufen. Jedes Pixel im Bild hat einen Grauwert von 0 (schwarz) bis 255 (weiß). Um die durchschnittliche Helligkeit eines Bildes zu berechnen, werden die Werte aller Pixel zusammengezählt und durch die Anzahl der Pixel

dividiert. Das ergibt dann eine reelle Zahl wie etwa 121,08. Damit wird ein wesentlich differenzierteres System geboten als durch die oben genannten sprachlichen Begriffe (vgl. Manovich, 2012b, 15-16).

Die automatische Analyse einer riesigen Anzahl von Datensätzen hilft dabei, Muster in den Daten entdecken, die beim Close Reading verborgen bleiben würden. Bestimmte Datensätze könnten dann der genaueren Analyse unterzogen werden, denn um einen Sinn in den Mustern zu erkennen, bedarf es immer noch eines Menschen. Eine vollautomatische Analyse von sozialen und kulturellen Daten würde keine aussagekräftigen Resultate liefern, da die Fähigkeit von Computern, den Inhalt von Bildern und andere Medien zu verstehen, trotz der enormen Fortschritte in diesem Bereich, immer noch beschränkt ist (Manovich, 2011c, 9). Lev Manovich beschreibt eines seiner Projekte, bei dem er zuerst die Vorteile der automatischen Analyse genutzt hat, indem er eine Bildverarbeitungssoftware über eine Million Bilder laufen ließ, um bestimmte Eigenschaften eines Bildes zu extrahieren. Eine kleine Anzahl von mehreren hundert Bildern wurde dann manuell verschlagwortet um jene Charakteristika zu erfassen, die der Computer nicht erkennen kann (vgl. Manovich, 2012b, 16).

5.4 Visualisierungstechniken

Die verwendete Visualisierungstechnik, hängt von mehreren Faktoren ab, wie etwa der Struktur der Daten, den Fragen, die man an die Daten stellt (vgl. Lunenfeld et al., 2012, 43), den Konventionen die innerhalb einer Disziplin vorherrschen etc. In Kapitel 3.6 wurden unterschiedliche Visualisierungstechniken vorgestellt. Diese werden für Visualisierungen im wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Bereich eingesetzt, so auch für Visualisierungen in den Digital Humanities. Man findet etwa vermehrt Timelines und Karten, wenn es um die Visualisierung von historischen Daten geht. Viele der klassischen Techniken haben sich bewährt und benötigen keine oder wenig Einarbeitungszeit um die Visualisierung richtig lesen zu können. Die Visualisierungstechniken sind jedoch

nicht immer für alle Vorhaben geeignet. Die Forschungsprojekte in den Digital Humanities sind vielfältig. Die unterschiedliche Beschaffenheit, die Komplexität der Daten und Fragestellungen im Bereich der Geisteswissenschaften stellen eine große Herausforderung für deren Visualisierung dar (vgl. Missomelius, 2014, 107-108). Besonders wenn man an Johanna Druckers Ansatz denkt, man solle Unsicherheiten und Ambiguitäten in einer Visualisierung erkennen können, stößt man an die Grenzen der klassischen Techniken.

In diesem Fall können entweder eigene Visualisierungstechniken entwickelt bzw. vorhandene Techniken weiterentwickelt werden oder man greift auf spezielle Visualisierungswerkzeuge zurück, die den Anforderungen besser entsprechen.

5.4.1 Werkzeuge

Folgende Werkzeuge haben sich für Projekte in den Digital Humanities bewährt:

Webservices wie ManyEyes, Voyant, Palladio, TimeFlow, Google Fusion Tables und Google NGram Viewer.

Desktop Anwendungen wie Gephi, Graphviz, Prefuse, Tableau, NodeXL (Softwarepaket für Microsoft Excel), ScripThreads, ImagePlot (Makro für ImageJ) und Mandala-Browser.

Einige dieser Tools wurden speziell für den Einsatz in geisteswissenschaftlichen Disziplinen entwickelt, wie etwa Voyant. Andere Werkzeuge richten sich zwar nicht vornehmlich an Geisteswissenschaftler, haben sich jedoch auch bei ihnen etabliert, wie etwa Gephi. Manche Werkzeugen bieten zusätzlich die Möglichkeit, Erweiterungen einzubinden um die Applikation an die eigenen Bedürfnisse anzupassen.

Voyant

Voyant ist eine Sammlung an webbasierten Werkzeugen (<http://voyant-tools.org>), die von Stefan Sinclair und Geoffrey Rockwell entwickelt wurden und der Textanalyse die-

nen sollen. Es bietet auch die Möglichkeit, eigene Tools für Voyant zu entwickeln.

Die Benutzer können ihre Texte (in unterschiedlichen Formaten, wie etwa HTML, XML, PDF, RTF) hochladen bzw. direkt auf der Website einfügen.

Als Beispiel wurde hier der Text des Kapitels 2.1 herangezogen.

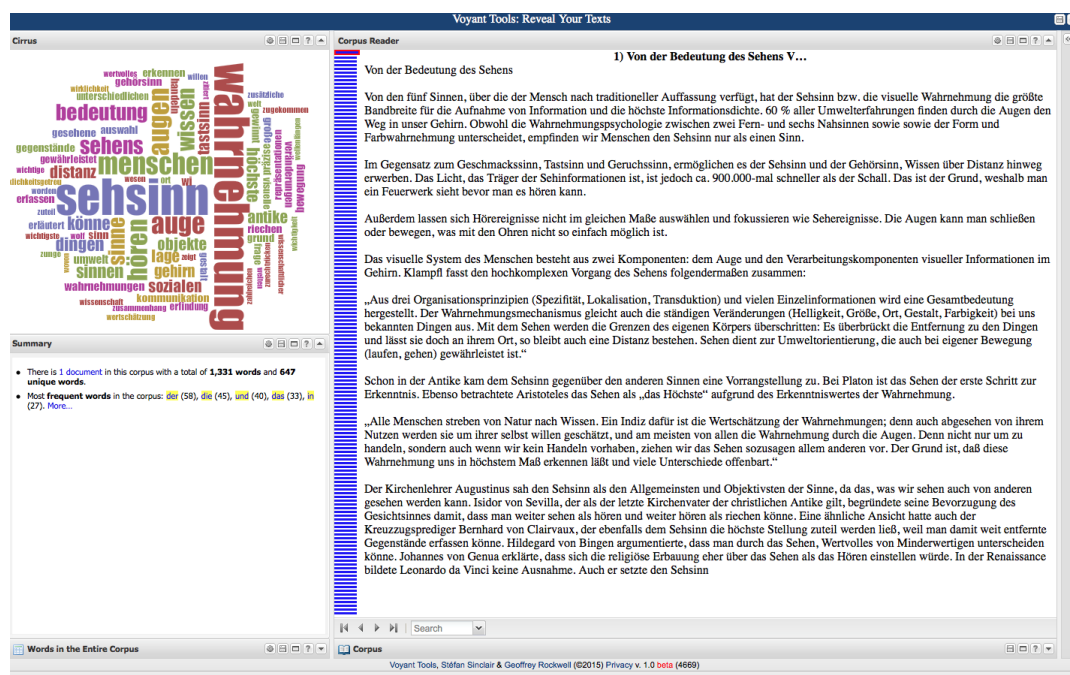


Abbildung 5.2: Voyant - die erste Ansicht (erstellt mit Voyant Tools - Screenshot)

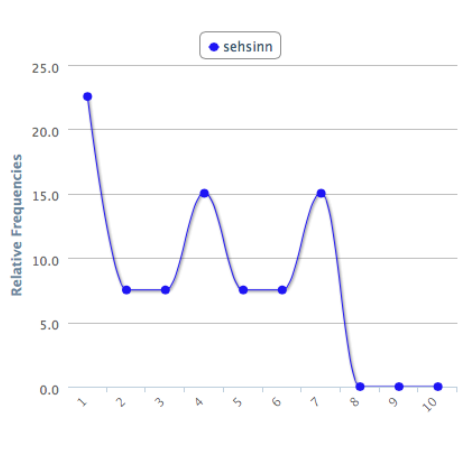
Der erste Bildschirm (Abbildung 5.2) zeigt eine Analyse des Texts mit einer Word Cloud, die hier „Cirrus“ genannt wird. Bestimmte Wörter („Stoppwörter“) wie „die“, „der“, „und“ etc. können herausgefiltert werden. Word clouds werden auch Tag clouds genannt. Sie werden sowohl zu dekorativen (Präsentation) als auch zu funktionalen Zwecken eingesetzt. Lev Manovich ordnet sie in den Bereich der Medienvisualisierungen ein, da die Wörter für die Visualisierung nicht in graphische Primitive umgewandelt werden (vgl. Manovich, 2010, 14). Der Text, der für Word clouds verwendet wird, kann aus sehr unterschiedlichen Quellen stammen: aus ganzen Büchern, Artikeln, Webseiten etc.

Je öfter ein Wort in einem Text auftaucht, umso größer wird das Wort in der Word cloud dargestellt (Größe wird präattentiv wahrgenommen - siehe Kapitel 3.7). Es ist zwar möglich, zwei oder mehr Word clouds miteinander zu vergleichen um einen Ein-

Bei diesem Beispiel sieht man, dass vor allem die Wörter „Sehsinn“, „Wahrnehmung“ und „Auge“ in höherer Anzahl vorkommen. Fährt man in der Webanwendung mit der Maus über die Wörter, wird die genaue Anzahl als Tooltip angezeigt (Abbildung 5.3).



Eine weitere Visualisierungstechnik nennt sich Word Trend. Dort wird die relative Häufigkeit eines ausgewählten Wortes in den Segmenten des Dokuments visualisiert (Abbildung 5.4).



92

Man kann anhand des Beispiels erkennen, dass das Wort „Sehsinn“ zu Beginn häufig verwendet wurde, während es gegen Ende im Text nicht mehr vorkommt.

Durch die Export-Funktion kann der Nutzer auf weitere Tools zugreifen. Zwei sollen hier näher betrachtet werden:

Bubblelines

Bei diesem Beispiel wird das gesamte Dokument als eine horizontale Linie dargestellt. Jeder Begriff (sehen, Sehsinn, Wahrnehmung) wird als eine Blase repräsentiert. Wieder wird die Wortfrequenz in den Segmenten des Dokuments angezeigt. Die Größe der Blase richtet sich nach der Häufigkeit des Begriffs. Auch hier sieht man, dass der Begriff des Sehsinns vor allem zu Beginn vorkommt, während sich der Begriff der Wahrnehmung gleichmäßig über den Text verteilt und der Begriff des Sehens besonders konzentriert in der ersten Hälfte des Textes vorkommt (Abbildung 5.5).

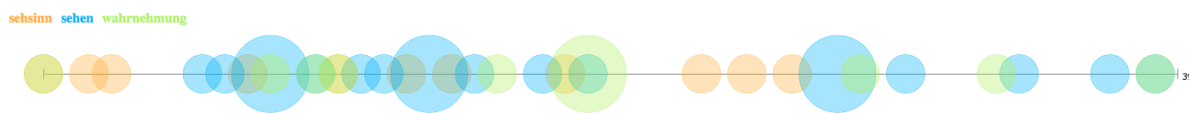


Abbildung 5.5: Voyant - Bubblelines (erstellt mit Voyant Tools - Screenshot)

Das Tool Bubblelines ist im Gegensatz zu Word Clouds besser geeignet um Dokumente auf die Häufigkeit des Vorkommens von bestimmten Wörtern zu vergleichen. Im Gegensatz zu Word Clouds muss man jedoch bereits wissen, welche Wörter dargestellt werden sollen. Word Clouds unterstützen somit die explorative Analyse, während man mit Bubblelines eine konfirmative Analyse durchführen kann.

In Abbildung 5.6 werden die Inaugurationsreden von George W. Bush und Barak Obama in Bezug auf das Vorkommen bestimmter Wörter verglichen, die der Benutzer selbst auswählen kann (in diesem Fall: freedom, new, hope). Die erste Linie repräsentiert die Rede von George W. Bush aus dem Jahr 2005, die zweite jene von Barack Obama aus dem Jahr 2009. Es lässt sich erkennen, dass ersterer das Wort freedom weitaus öfter

verwendet hat als sein Nachfolger im Präsidentenamt der USA.

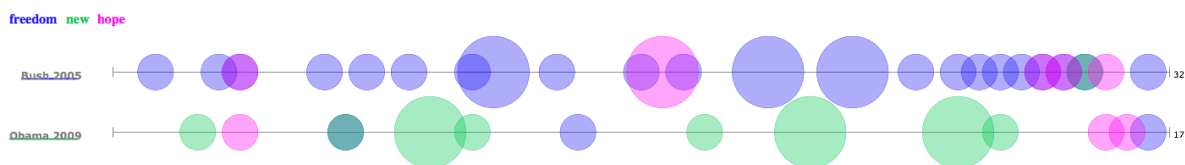


Abbildung 5.6: Voyant - Bubblelines: Vergleich zwischen Inaugurationsreden von Bush und Obama (erstellt mit Voyant Tools - Screenshot)

Collocate Clusters

Collocate Clusters findet das gehäufte benachbarte Auftreten von Wörtern und zeigt diese in einer Netzwerkgrafik an (Abbildung 5.7).

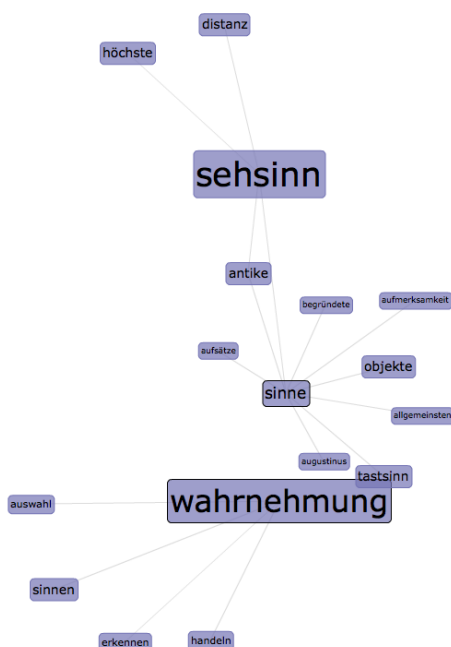


Abbildung 5.7: Voyant - Collocate Clusters mit den Begriffen „Sehsinn“ und „Wahrnehmung“ (erstellt mit Voyant Tools - Screenshot)

Es ist möglich, die Arbeiten in Voyant zu speichern um später nochmals auf die Ergebnisse zurückgreifen zu können bzw. um sie mit anderen zu teilen.

ScripThreads

ScripThreads stammt von Eric Hoyt, Kevin Ponto und Carrie Roy. Es ist ein Programm zum Analysieren und Visualisieren von Drehbüchern. Es können damit Muster und die Interaktionen der Figuren sichtbar gemacht werden. Bei den hauptsächlichsten Nutzern wurde an Filmwissenschaftler gedacht:

„ScripThreads is meant to help researchers gain a richer understanding of the text or texts they are studying. This is a tool to aid Humanities scholars in analysis and interpretation, not a substitute for screenwriting and criticism.“ (Hoyt et al., 2014, 57)

Möglich wäre aber auch eine Verwendung durch Regisseure und Drehbuchautoren. Diese könnten damit schon vor der Verfilmung eines Drehbuchs einen Eindruck von der Struktur des Films bekommen.

Die Software wurde in C++ programmiert und nutzt die QT-Klassenbibliothek⁶ (vgl. Hoyt et al., 2014, 10).

Das Interface besteht aus drei Teilen (Abbildung 5.8):

- Reading View (1): hier wird das Script angezeigt
- Visualization View (2): hier sieht man die ausgewählte Visualisierung
- Character/Settings View (3): hier sind die Figuren farblich unterlegt (um sie in der Visualisierung zuordnen zu können). Außerdem können die Einstellungen angepasst werden.

⁶ Mit QT können plattformübergreifende GUI-Anwendungen programmiert werden. ScripThreads ist derzeit für Windows und MacOS X verfügbar.

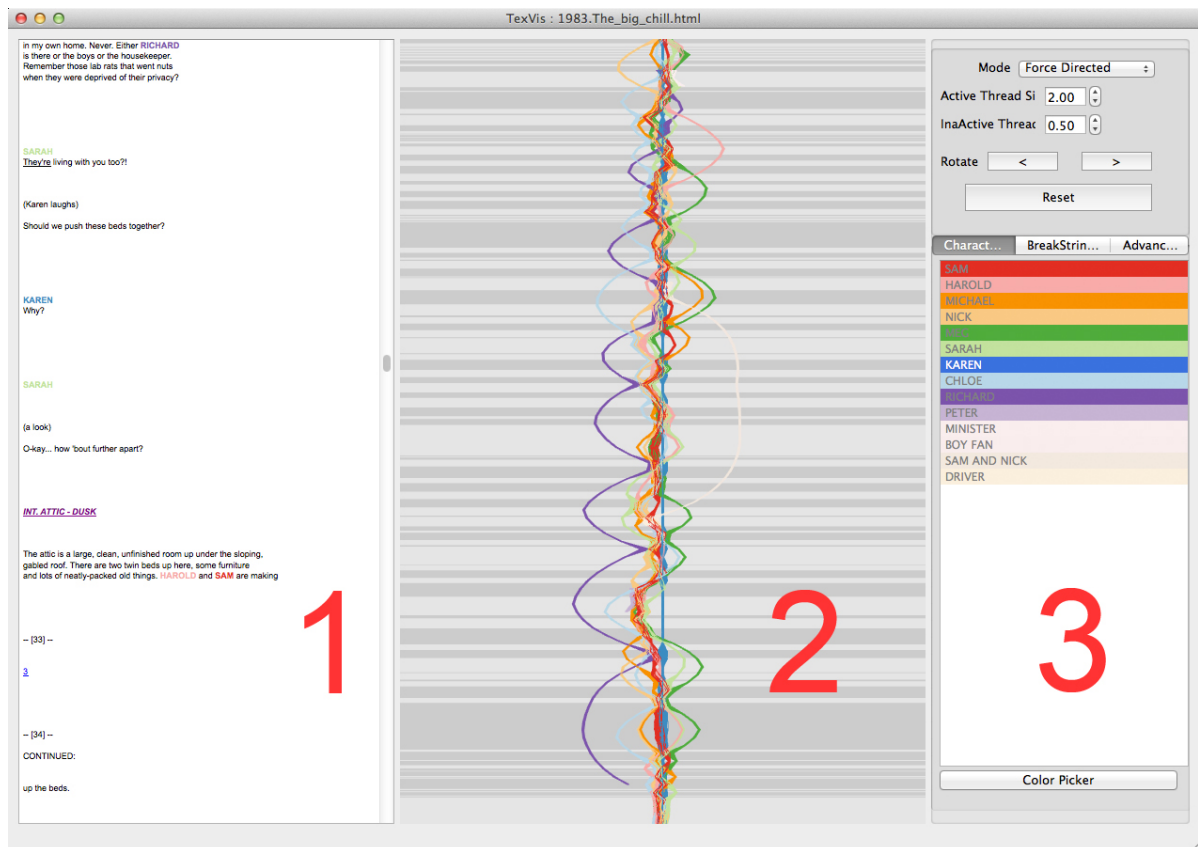


Abbildung 5.8: ScripThreads - Interface (erstellt mit ScripThreads - Screenshot)

Das Drehbuch wird als HTML-Datei eingelesen. Dank ihrer Formatierungskonventionen eignen sich Drehbücher gut für die computergestützte Analyse⁷; wenn etwa eine Figur spricht, wird ihr Name bzw. ihre Bezeichnung groß geschrieben und zentriert. Der gesprochene Text befindet sich darunter (vgl. Hoyt et al., 2014, 5).

Nachdem der Drehbuchtext eingelesen und geparsed wurde, kann man die gewünschte Visualisierung auswählen. Hier sollen die Visualisierungstechniken Force Directed Graph und Increasing Graph näher betrachtet werden.

Im Force Directed Graph können Einsichten über die Erzählstruktur gewonnen werden. Im Beispiel sieht man einen Force Directed Graph zum Film „The Big Chill“ (dt. „Der große Frust“) aus dem Jahre 1983 (Abbildung 5.9). Der Film handelt von einer Gruppe

⁷ Nicht bei allen Drehbüchern werden diese Konventionen eingehalten

von College-Freunden, die sich nach dem Tod ihres gemeinsamen Freundes Alex wieder trifft. Nach der Beerdigung ist ein Ferienhaus der Hauptort der Handlungen. Die Interaktionen zwischen den Figuren reichen von privaten Vier-Augen-Gesprächen bis hin zu Szenen, in denen die ganze Gruppe zusammen ist. Die Häufigkeit dieser Interaktionen lässt sich an der engen Anhäufung der Linien von Sam (rot), Harold (rosa), Michael (orange), Nick (hellorange), Meg (grün) und Sarah (hellgrün) in der Mitte des Graphen erkennen. Chloe (hellblau, deren Bogen ist am größten) war nicht mit der Kerngruppe am selben College und spricht wesentlich weniger als die anderen Charaktere, was sich in dem Graphen niederschlägt (vgl. Hoyt et al., 2014, 20).

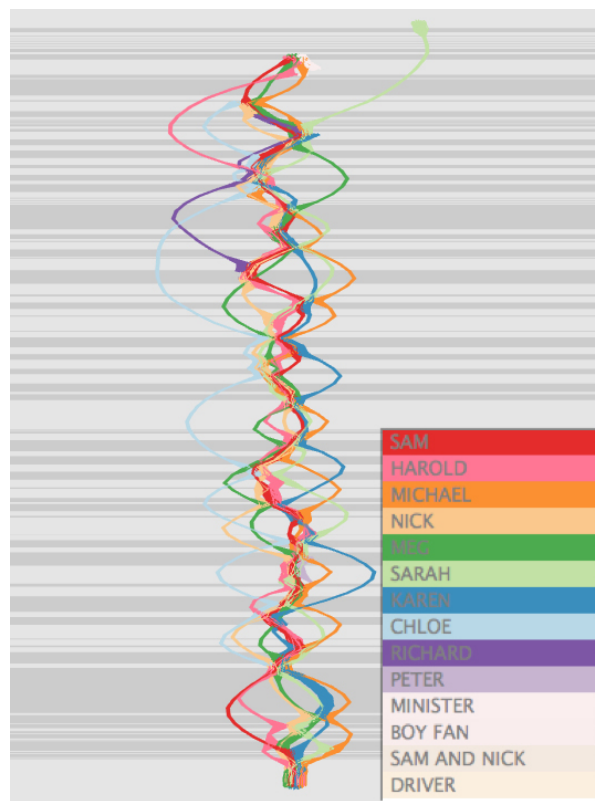


Abbildung 5.9: ScripThreads - Force Directed Graph (Hoyt et al., 2014, 21, Figure 7)

Im Increasing Graph steht die X-Achse für Zeit und die Y-Achse für die Präsenz einer Figur. Wenn eine Figur in einer Szene auftaucht, dann steigt ihre Linie. Wenn sie nicht anwesend ist, dann bleibt die Linie gerade.

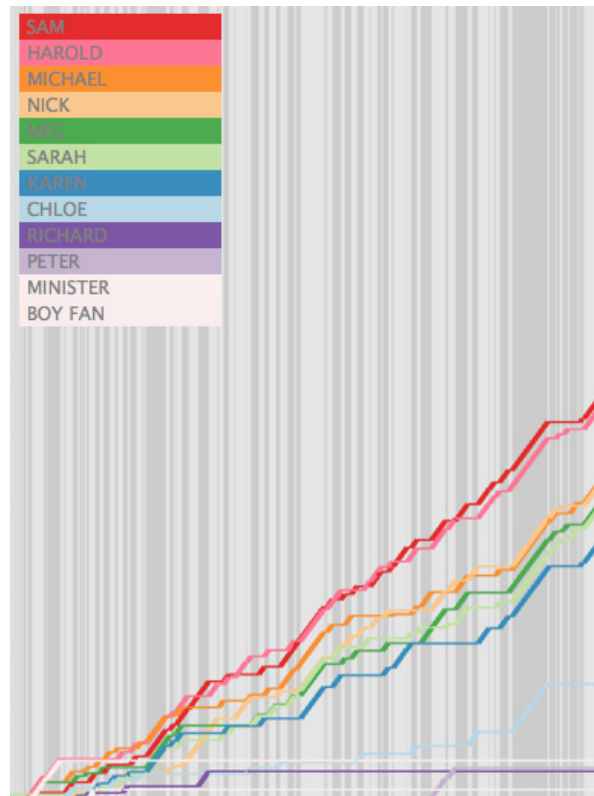


Abbildung 5.10: ScripThreads - Increasing Graph (Hoyt et al., 2014, 26, Figure 9)

Im Beispiel wird wieder der Film „The Big Chill“ behandelt. Sam (rot) und Harold (rosa) haben nahezu die gleiche Präsenz, gefolgt von Michael (orange) und Nick (hellorange). Die beiden weiblichen Figuren, Meg (grün) und Sarah (hellgrün), kommen in weniger Szenen vor als die vier männlichen Figuren. Chloes (hellblau) Anwesenheit ist erwartungsgemäß gering.

Eine Linie, die sich von allen anderen weit abhebt, deutet darauf hin, dass man in diesem Drehbuch auf einen einzelnen Protagonisten fokussiert ist, der in jeder oder fast jeder Szene auftaucht (vgl. Hoyt et al., 2014, 28). Ein Beispiel hierfür ist der Film „I am a Fugitive from a Chain Gang“ (1932) (Abbildung 5.11).

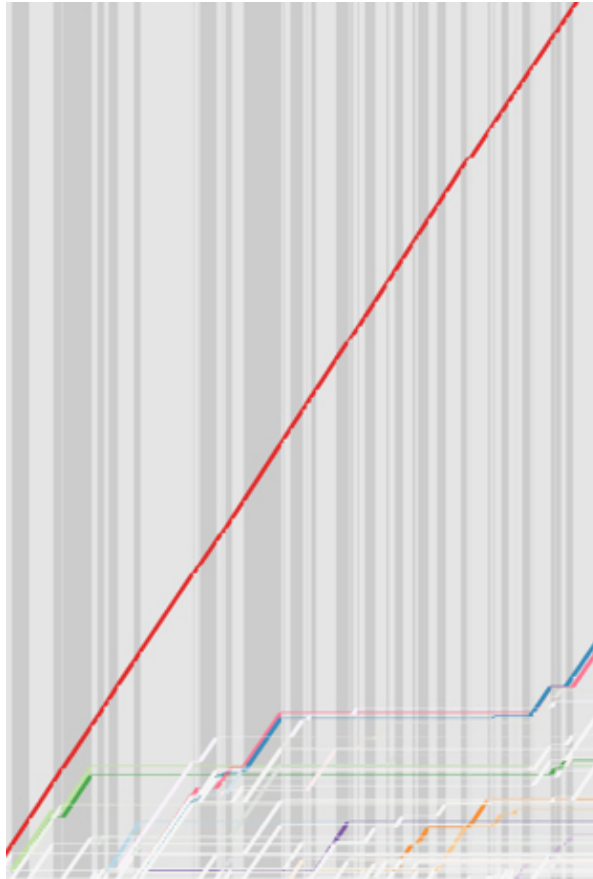


Abbildung 5.11: ScripThreads - Increasing Graph mit einem Protagonisten, der in jeder oder fast jeder Szene auftaucht (vgl. Hoyt et al., 2014, 26, Figure 38)

Das genaue Lesen eines Scripts soll jedoch nicht ersetzt werden. Der Einsatz der Visualisierungen soll vielmehr als Unterstützung oder Erweiterung begriffen werden. Wenn die Nutzer der Software eine große Zahl an Drehbüchern analysieren um diese miteinander zu vergleichen, dann können sie Muster erkennen, ohne ein Vorwissen zu diesen zu haben. Um jedoch genaue Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen zu ziehen, bedarf es filmwissenschaftlichen Wissens und einer eingehenden Betrachtung einzelner Drehbücher (vgl. Hoyt et al., 2014, 56).

Besonders interessant aus filmwissenschaftlicher Sicht ist, dass die narrative Struktur von nicht realisierten Drehbüchern visualisiert werden kann: „We would no longer be visualizing American film history; we would be visualizing a history that might have

been.“ (Hoyt et al., 2014, 57)

Falls ein Drehbuch verfilmt wurde gibt es beim Einsatz der computergestützten Analyse zu bedenken, dass sich ein Drehbuch fast immer von der fertigen Filmfassung unterscheidet. Gründe sind u.a. improvisierte Dialoge oder Veränderungen in der Phase der Postproduktion (vgl. Hoyt et al., 2014, 8).

ImagePlot

Bei ImagePlot handelt es sich um ein vom Software Studies Lab entwickeltes Macro für das Bildanalyse-Tool ImageJ⁸. Mit dem Tool kann man Muster, Cluster und Ausreißer in großen, digitalisierten Bildsammlungen erkunden. Es werden Bilddaten entsprechend bestimmter Aspekte verglichen (wie etwa Helligkeit, Sättigung). Das Ergebnis ist in einem Scatterplot zu sehen, jedoch statt graphischer Primitive werden die eigentlichen Bilder der Sammlung angezeigt. Es ist somit eine Medienvisualisierung (siehe Kapitel 5.3 und Kapitel 3.3). ImagePlot kann in der Kunst- und Kulturgeschichte eingesetzt werden, jedoch auch in anderen Wissenschaften, die sich mit der Analyse von großen Bildbeständen auseinandersetzen.

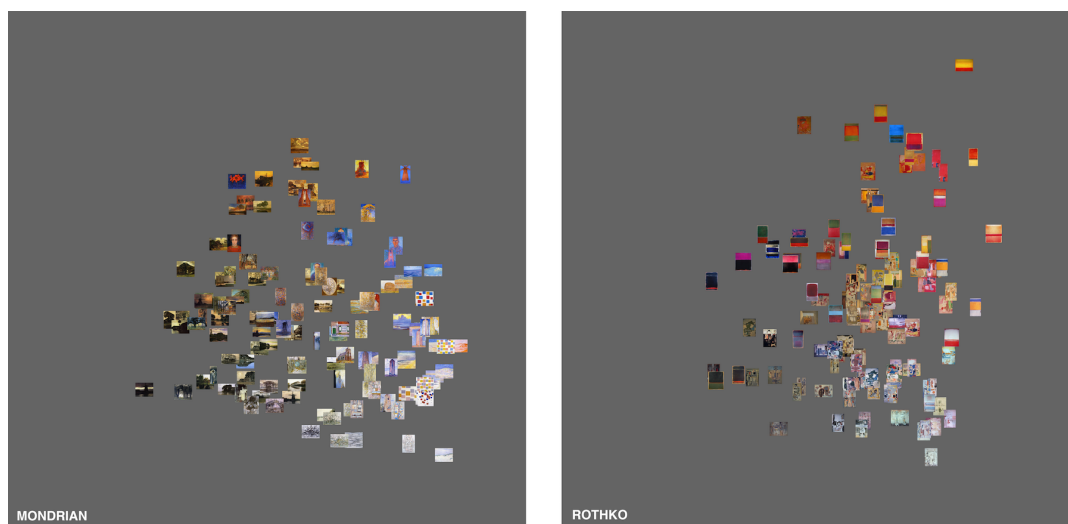


Abbildung 5.12: ImagePlot - Vergleich der Werke von Mondrian und Rothko (Manovich, 2011a)

⁸ ImageJ ist plattformunabhängig (Java) und wird für die wissenschaftliche Bildanalyse verwendet.

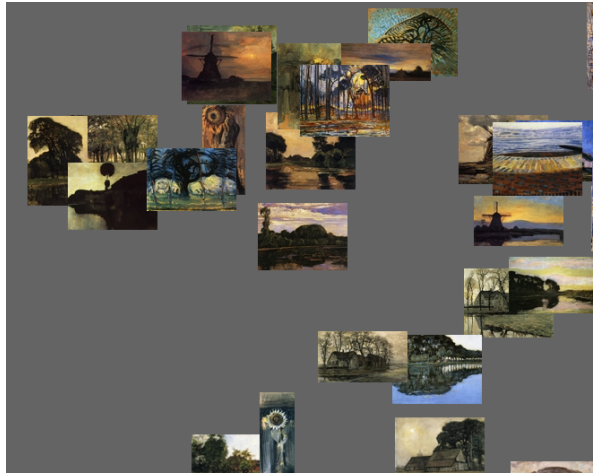


Abbildung 5.13: ImagePlot - Vergrößerter Ausschnitt (Manovich, 2011a)

Im Beispiel (Abbildung 5.12) wurden 128 Gemälde von Piet Mondrian (1872 – 1944) und 123 Gemälde von Mark Rothko (1903 – 1970) verglichen. Hierzu wurden Bilder aus jenen Perioden in der Karriere der Künstler ausgewählt, die einander strukturell ähnlich sind. Die Platzierung der Bilder entspricht ihrem Helligkeitswert (X-Achse) und Ihrem Sättigungswert (Y-Achse), d.h. in der jeweils linken unteren Ecke sieht man das dunkelste Bild mit der geringsten Sättigung. Bei einem Vergleich der beiden Plots fällt z.B. auf, dass die Werke Mark Rothkos eine Sättigung aufweisen, die von Mondrian nicht erreicht wurde.

Um die Entwicklung in Bezug auf Helligkeit und Sättigung während der vergleichbaren Zeiträume zu sehen, kann man die Bilder als Farbkreise visualisieren. Die Farben zeigen die Position der einzelnen Bilder innerhalb des Zeitraums, von blau (früh) nach rot (spät). Damit die Muster noch leichter erkannt werden können, variieren auch die Größe der Kreise, vom kleinsten (früh) zum größten (spät).

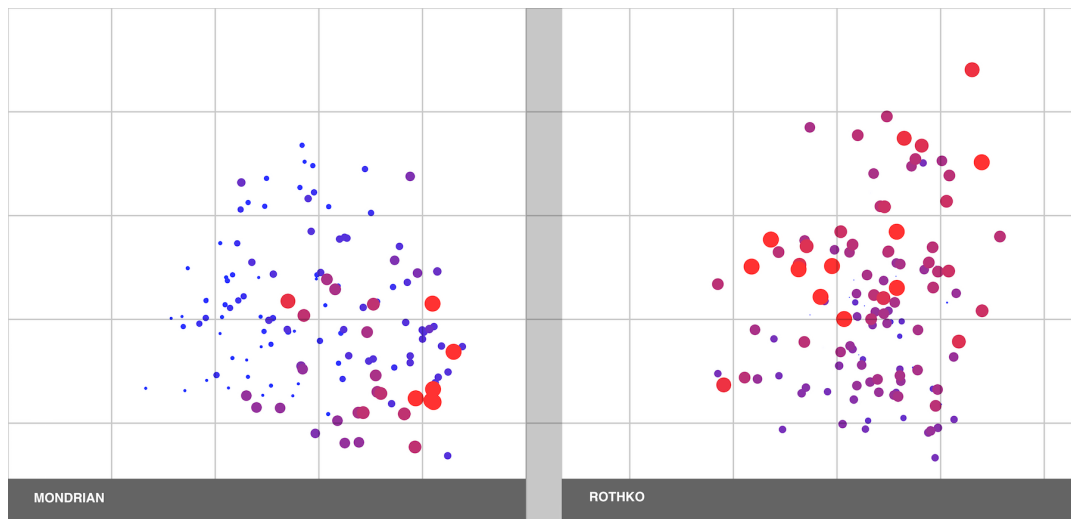


Abbildung 5.14: ImagePlot - Vergleich mit Einbezug der Zeitdimension (Manovich, 2011a)

Auch an dieser Visualisierung lassen sich interessante Muster entdecken. Am Vergleich der beiden Plots kann man erkennen, dass bei Mondrian die frühen Werke eine hohe Sättigung aufweisen, während dies bei Rothko umgekehrt ist.

Durch die Kombination von Medienvisualisierung und Informationsvisualisierung können Muster, die in einer der beiden Formen entdeckt wurden, in der anderen Form genauer untersucht werden.

„Das Mondrian-Rothko-Beispiel zeigt gut, dass eine Visualisierung als Ergebnis eines (Bild-)Analyseprozesses weiterer Interpretation bedarf und dass das Ergebnis der Natur des hermeneutischen Zirkels gemäß wieder den Ausgangspunkt für weitere Fragen darstellt.“ (Krause & Reiche, 2013, 31)

Mandala-Browser

Der Mandala-Browser (<http://mandala.humviz.org>) von Oksana Cheypesh, Constanza Pacher, Sandra Gabriele, Stéfan Sinclair und Stan Ruecker kann sowohl über die Voyant-Website ausgeführt werden als auch als Java-Applikation und ist somit plattformunabhängig.⁹ Er wird für die Analyse von Dramentexten verwendet, die im XML-Format vorliegen müssen. Es können sowohl ein Text als auch mehrere Texte gleichzeitig unter-

⁹ Für diese Arbeit wurde letztere verwendet.

sucht werden.

In diesem vereinfachten Beispiel soll „Romeo und Julia“ von William Shakespeare analysiert werden. Jeder kleine graue Punkt am Rand des großen grauen Kreises repräsentiert eine Rede im Stück (Abbildung 5.15).

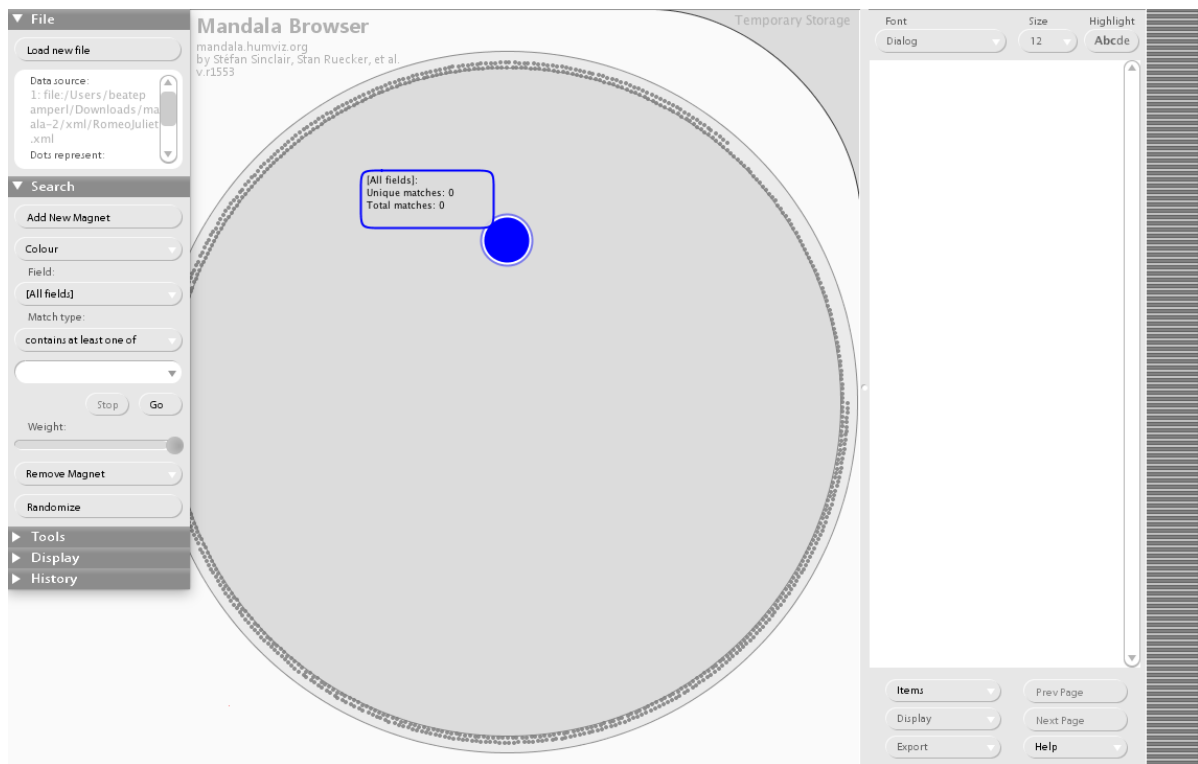


Abbildung 5.15: Mandala-Browser - Interface (Screenshot)

Der farbige Kreis wird „Magnet“ genannt. Magneten können von den Nutzern selbst hinzugefügt werden und als Person (speech-speaker), Rede (speech) oder Datei (file) definiert werden. In diesem Fall werden ein Magnet für Romeo (blau) und ein Magnet für Julia (grün) erstellt. Ganz im Sinne von echten Magneten, ziehen diese die grauen Punkte zu sich, sodass sie deren Farbe annehmen. Bei dieser Visualisierung erkennt man, dass Romeo 163 Reden hat und Julia 208 (Abbildung 5.16).

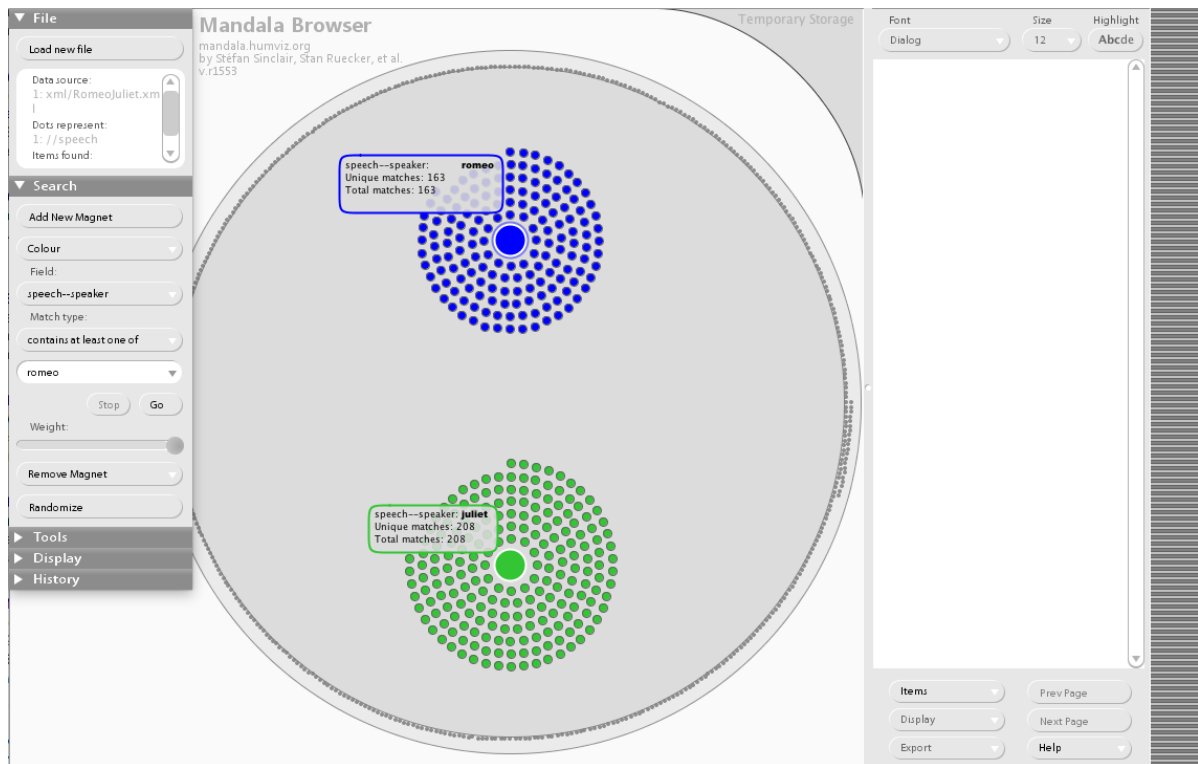


Abbildung 5.16: Mandala-Browser - Romeo und Julia: Magneten für die beiden Protagonisten (erstellt mit Mandala Browser - Screenshot)

Des weiteren wird ein speech-Magnet (rosa) erstellt, der alle Reden mit dem Wort „love“ an sich ziehen soll. Es werden automatisch zwei neue (kleinere) Kreise platziert, die eine Verbindung zwischen Romeo bzw. Julia und dem Suchwort darstellen (blau/rosa für Romeo, grün/rosa für Julia) (Abbildung 5.17).

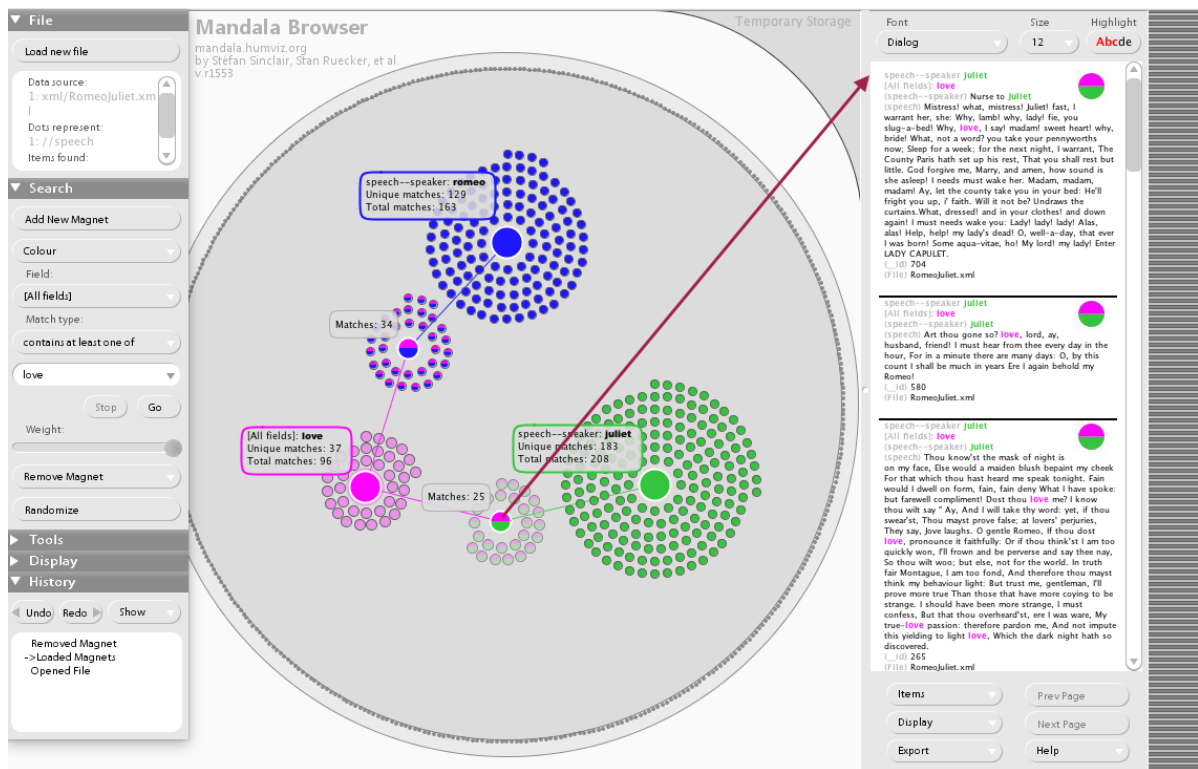


Abbildung 5.17: Mandala-Browser - Romeo und Julia: Vorkommen des Begriffs „love“ in Textstellen (erstellt mit Mandala Browser - Screenshot)

Nun erkennt man, dass das Wort „love“ insgesamt 96 Mal im Stück vorkommt. Es wird 34 Mal von Romeo, 25 Mal von Julia und 37 Mal von anderen Figuren verwendet.

Möchte man z.B. wissen, wo Julia das Wort „love“ verwendet, so muss man auf den grün/rosa Kreis klicken und erhält dann im Text-Panel alle Textstellen hierzu.

Auch wenn die Reden durch graphische Primitive dargestellt werden, könnte man in diesem Fall von einer Medienvisualisierung bzw. Direct Visualisierung sprechen, da jederzeit auf den Text zu dieser Rede zugegriffen werden kann.

Bei jeder Abfrage gibt der Mandala Browser ein visuelles Feedback. Außerdem werden alle Abfragen in einer einzelnen Visualisierung abgebildet (vgl. Sinclair et al., 2013, 3-4) und es besteht die Möglichkeit, Schritte rückgängig zu machen.

Gephi

Gephi ist eine plattformunabhängige, Open Source Desktop-Anwendung mit der Netzwerke analysiert und visualisiert werden können (vgl. Bastian, Heymann & Jacomy, 2009, 1). Es wurde nicht speziell für die Arbeit im geisteswissenschaftlichen Bereich entwickelt, erfreut sich dort jedoch großer Beliebtheit. Es kann z.B. für die Visualisierung von Sozialen Netzwerken verwendet werden, die dann interaktiv erforscht werden können.

Um Gephi adäquat nutzen zu können, sind Basiskenntnisse der Graphentheorie notwendig. Netze und Graphen bestehen aus Akteuren (Knoten, engl. nodes) und Beziehungen (Kanten, engl. edges). Wenn ein Graph nur wenige Kanten enthält, dann weist er eine geringe Dichte auf. Wenn jedoch Beziehungen zu fast allen Knoten bestehen, dann hat man es mit einem dichten Graphen zu tun (vgl. Krempel, 2005, 74). Umso dichter ein Netzwerk ist, umso schwieriger kann man die einzelnen Teile erkennen. Durch die Zoom Funktion und die Möglichkeit zu filtern, kann die Lesbarkeit erhöht werden.

Die Analyse selbst beschäftigt sich mit den Relationen zwischen den Akteuren (vgl. Krempel, 2005, 73). Sie hängt von den verfügbaren Informationen ab: ob diese Informationen vollständig und komplex sind, ob wenige oder alle Beziehungen in einem Netz existieren und ob quantitative Beobachtungen vorhanden sind (vgl. Krempel, 2005, 29).

Aufgrund des hohen Funktionsumfangs, erfordert die Einarbeitung in Gephi etwas Zeit. Das Programm kann zusätzlich mit Plugins erweitert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Graphen als SVG, PDF oder PNG zu exportieren.

Im Beispiel, das in Abbildung 5.18 zu sehen ist, werden die Einflüsse unterschiedlicher Philosophen zueinander dargestellt. Die Daten hierzu stammen aus Wikipedia und wurden über DBpedia gewonnen.¹⁰ Zu Bedenken bei Verwendung von Daten aus Wikipedia

¹⁰ Die Daten wurden mit Hilfe eines Plugins (Semantic Web Import Plugin), das die Verwendung von SPARQL-Abfragen unterstützt, extrahiert. Die Beispielabfrage basiert auf <http://blog.ouseful.info/2012/07/03/visualising-related-entries-in-wikipedia-using-gephi/> und wurde für diese Arbeit angepasst.

ist, dass diese nicht unbedingt vollständig sind und möglicherweise Fehler enthalten.

Im Beispielgraphen ist jeder Philosoph ein Knoten und wird als Kreis dargestellt. Wenn Philosoph A auf Philosoph B und Philosoph C Einfluss hatte, dann führt eine Kante von A zu B und C. Die Größe des Kreises und des Philosophennamens ist umso höher je mehr Verbindungen dieser zu anderen Philosophen hat. Erwartungsgemäß kann man feststellen, dass Aristoteles und Platon viel Einfluss auf andere Philosophen hatten.

Weitere Tools für die Visualisierung von Netzwerkgraphen sind Pajek, NodeXL und Knot.

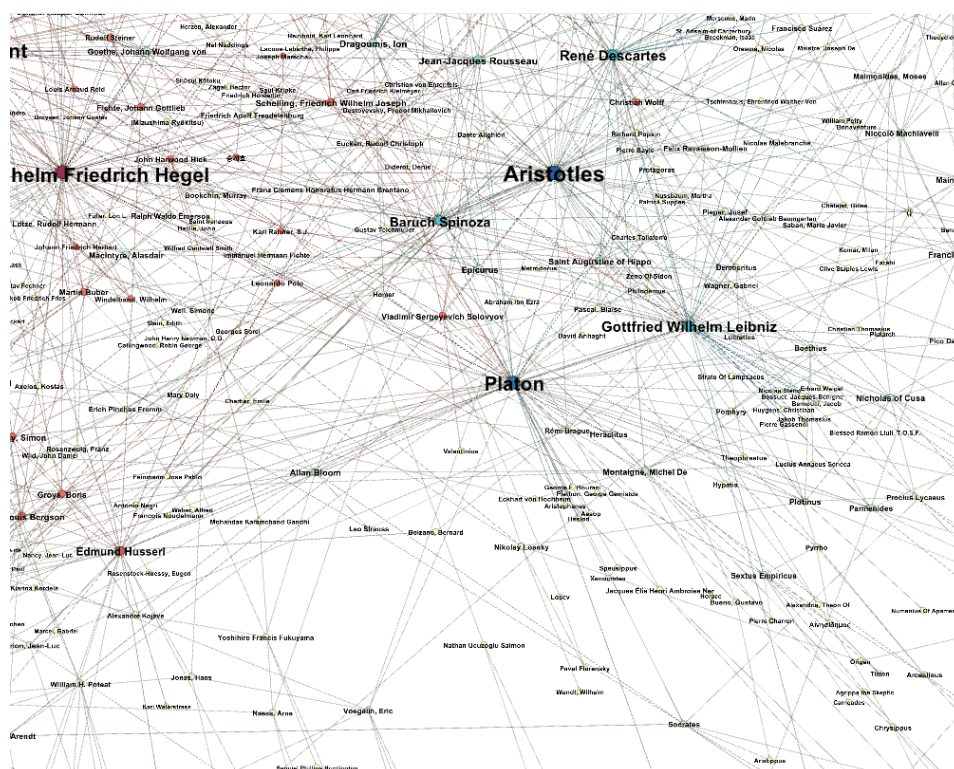


Abbildung 5.18: Gephi - Einfluss von Philosophen aufeinander (erstellt mit Gephi - Screenshot)

Palladio

Palladio ist ein webbasiertes Tool (<http://palladio.designhumanities.org>) und etwas einfacher zu bedienen als Gephi. Es wurde an der Stanford University entwickelt und richtet sich speziell an Forscher der Digital Humanities. Mit seiner Hilfe kann man komplexe,

multi-dimensionale Daten analysieren (vgl. *Palladio*, o. J.). Diese Daten, die zur Analyse herangezogen werden sollen, müssen in tabellarischer Form vorliegen (z.B. CSV-Dateien).

Für diese Arbeit wurden Beispieldaten¹¹ verwendet, die über folgende Seite abrufbar sind: <http://palladio.designhumanities.org/sample/>. Bei den Beispieldaten handelt es sich um biographische Daten von Personen, die im Zusammenhang mit der Geschichte des Monte Carlo Casino-Resorts stehen, das 1863 gegründet wurde.

In Palladio können verschiedene Views für die Visualisierung der Daten genutzt werden: Map View, Graph View, List View und Gallery View. Hier sollen Map View und Graph View näher betrachtet werden.

Map View

In der Map View werden Punkte gemäß der Koordinaten aus den zugrundeliegenden Daten platziert. In Abbildung 5.19 wurde die Satelliten-Ansicht gewählt. Die Punkte repräsentieren die Geburtsorte, der mit dem Monte Carlo Casino-Resort verknüpften Personen. Zusätzlich wurde ein Filter eingesetzt, sodass nur die Frauen angezeigt werden.

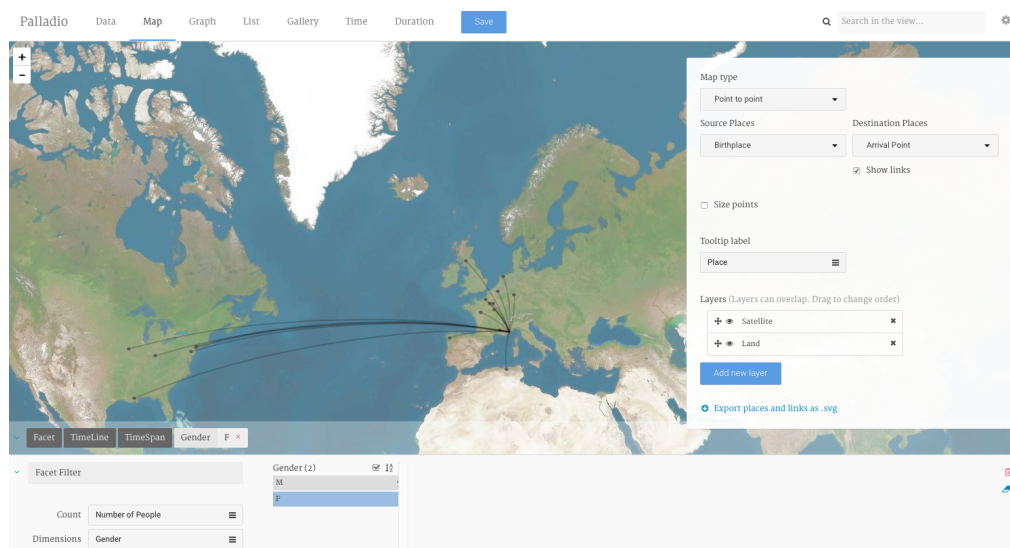


Abbildung 5.19: Palladio - Map View (erstellt mit Palladio - Screenshot)

¹¹ Die Daten stammen von Mark Braude, der am Center for Spatial and Textual Analysis der Stanford University forscht.

Eine zusätzliche zeitliche Dimension kann mit dem TimeLine Tool eingeblendet werden, das gestapelte Säulendiagramme als Visualisierungstechnik verwendet. Im Beispiel soll gezeigt werden, in welchen Jahren die Frauen geboren wurden, die mit dem Monte Carlo Casio-Resort verbunden sind (Abbildung 5.20) Die X-Achse repräsentiert die Geburtsjahre, die Y-Achse die Personenanzahl. Man kann erkennen, dass drei Frauen im Jahr 1883 geboren wurden.

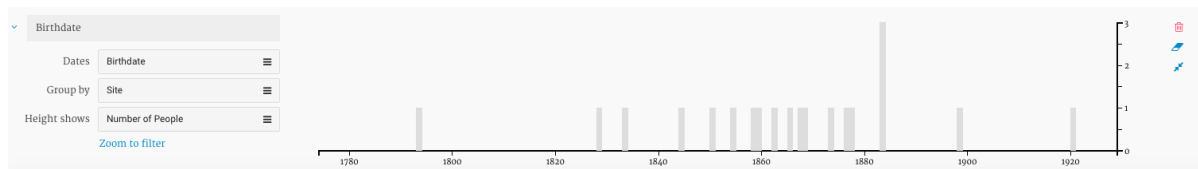


Abbildung 5.20: Palladio - TimeLine Tool (erstellt mit Palladio - Screenshot)

Graph View

Im Graph View werden die Daten, wie der Name schon sagt, als Graph visualisiert. In Abbildung 5.21 sind die Personen gemäß ihrer Position (Künstler, Consultant, Financier etc.) dargestellt. Manche Personen haben mehrere Positionen inne, wie etwa Charles Garner, der sowohl Künstler als auch Consultant ist.

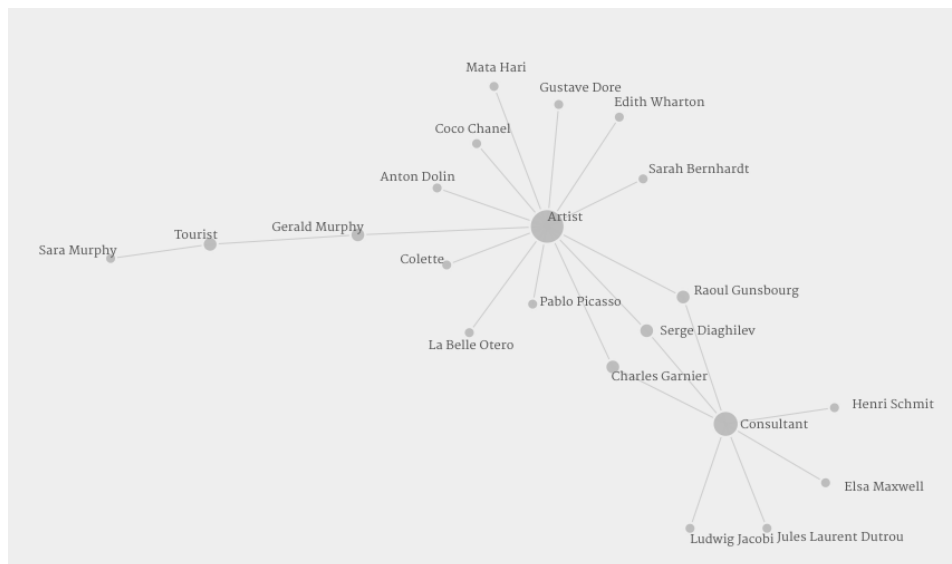


Abbildung 5.21: Palladio - Graph View (erstellt mit Palladio - Screenshot)

In Abbildung 5.22 findet man eine Map View, die im Rahmen des Projekts „Monastische

Aufklärung und die Benediktinische Gelehrtenrepublik. Die Korrespondenz der Brüder Pez¹² erstellt wurde. Dargestellt ist der Briefverkehr der Gebrüder Pez aus Melk mit ihren Korrespondenzpartnern in Europa. Eindeutig zu erkennen ist die deutliche Ausrichtung der Korrespondenz nach Westen. (Monastische Aufklärung, o. J.)



Abbildung 5.22: Palladio - Visualisierung der Pez-Korrespondenz

Die Arbeit in Palladio kann als Palladio Data Model lokal gespeichert und bei der nächsten Verwendung des Palladio Interfaces wieder hochgeladen werden. Ebenso können die Visualisierungen als SVG-Datei exportiert werden (vgl. *Palladio*, o. J.).

¹² Das FWF-Start-Projekt lief von 2008 bis 2014 und gehörte zum Institut für Geschichte an der Universität Wien. „Zentrales Anliegen des Projekts ‚Monastische Aufklärung‘ ist die Edition der Korrespondenz von Bernhard und Hieronymus Pez, Geschichtsforscher im Kloster Melk in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Die über 1000 erhaltenen Briefe zählen zweifellos zu den aussagekräftigsten Quellenbeständen der österreichischen Gelehrsamkeitsgeschichte in diesem Zeitraum.“

TimeFlow

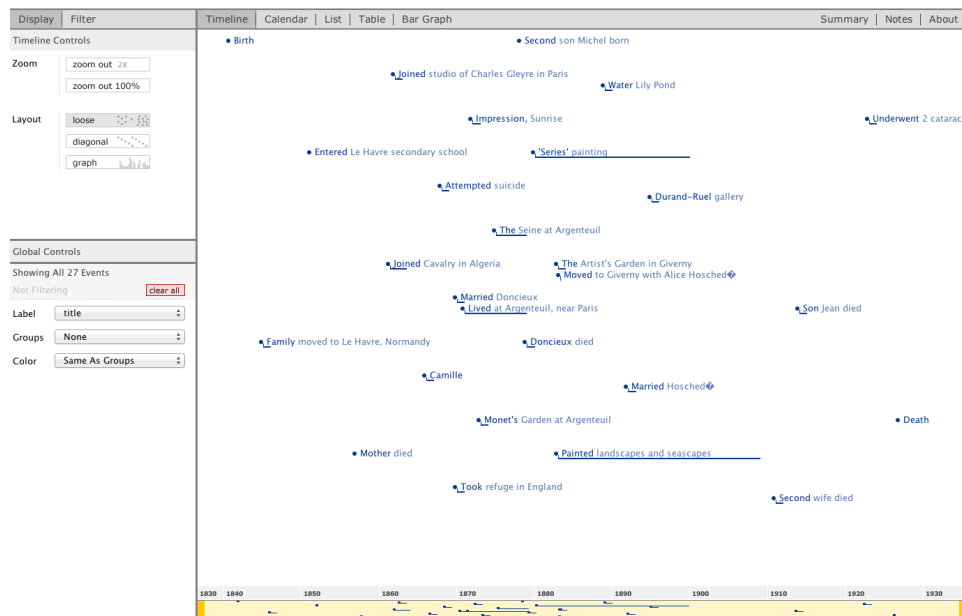


Abbildung 5.23: TimeFlow - Leben von Claude Monet (erstellt mit TimeFlow - Screenshot)

TimeFlow ist eine Opensource Desktop-Anwendung, die in Java programmiert wurde und daher plattformunabhängig ausgeführt werden kann. Ursprünglich wurde es von Fernanda Viégas und Martin Wattenberg für Journalisten entwickelt um ihnen die Analyse von Zeitdaten zu erleichtern. Das Programm eignet sich jedoch ebenso gut für Geisteswissenschaftler, die chronologische Abläufe visualisieren möchten (vgl. *TimeFlow*, o. J.).

Man hat die Möglichkeit Daten zu importieren (in den Formaten CSV, TSV oder HTML) oder direkt in das laufende Programm einzutragen. Die klassischen Visualisierungstechniken Zeitleiste und Balkendiagramm können für die Darstellung herangezogen werden. Parallele Ereignisse können durch erstere schnell erkannt werden.

Für Abbildung 5.23 wurden in der Anwendung integrierte Beispieldaten mit Lebensereignissen von Claude Monet (1840 – 1926) verwendet. Man kann z.B. relativ schnell feststellen, dass seine erste Ehefrau Camille Doncieux (1847 – 1879), seine zweite Ehefrau Alice Hoschedé (1844 – 1911) und sein Sohn Jean (1888 – 1979) vor ihm starben.

Die Daten können als TSV, CSV oder HTML exportiert werden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt besteht keine Möglichkeit, die Visualisierungen in ihrer interaktiven Form im Web zu veröffentlichen.

Weitere Tools für die Visualisierung von chronologischen Daten sind u.a. Timeline und ThemeRiver.

5.4.2 Beispiele/Projekte

Abschließend sollen drei Projekte genauer betrachtet werden, die mit für Geisteswissenschaftler relevanten Daten arbeiten.

Mapping the Republic of Letters project at Stanford University

In „Mapping the Republic of Letters“ werden Briefwechsel von europäischen Intellektuellen der Frühen Neuzeit visualisiert. Die Metadaten aller Briefe (Datum, Absender, Empfänger und Ort) wurden in einer Datenbank¹³ erfasst und werden für die Visualisierung herangezogen. Es werden verschiedene Visualisierungstechniken der Informationsvisualisierung geboten um die Daten zu untersuchen. Muster oder Auffälligkeiten, die man mit einer Technik entdeckt hat, kann man mit einer anderen noch näher erkunden.

Das Interface (Abbildung 5.24) ist webbasiert und gegenwärtig über <http://toolingup.stanford.edu/rplviz/> zu erreichen. Es gliedert sich in fünf Bereiche:

- Mit dem Auswahlmü (1) kann entschieden werden, welche Visualisierungstechnik angezeigt werden soll.
- Mit dem Filter (2) kann der Fokus auf bestimmte Korrespondenten gelegt werden.
- Die Visualisierungsansicht (3) zeigt die aktuelle Visualisierung.

¹³ Die Daten stammen von der Electronic Enlightenment Datenbank, in der über 55,000 Briefe und Dokumente von 6,400 Korrespondenten erfasst sind (vgl. Chang, Ge, Song, Coleman et al., 2009, 1).

- Der gewünschte Zeitraum lässt sich mit einem Time Slider (4) anpassen. Auch sieht man einen Scatterplot, dessen X-Achse der Zeit (in Jahren) und dessen Y-Achse der Anzahl der Briefe entspricht. Umso höher ein Punkt, umso höher war der Briefverkehr in diesem Jahr.
- Hier wird ein gestapeltes Balkendiagramm gezeigt (5), dass je nach ausgewähltem Zeitraum und Filter sowohl jene Orte anzeigt, an denen das größte Briefaufkommen zu verzeichnen ist als auch jene Korrespondenten, welche die meisten Briefe versandt oder erhalten haben.



Abbildung 5.24: Republic of Letters - Interface (Screenshot)

Die unterschiedlichen Visualisierungen werden als „Views“ bezeichnet: Connection-View, Volume-View, Flow-View und Comparison-View. An einem Beispiel sollen die Techniken, die sich hinter ihnen verbergen, näher betrachtet werden.

Connection-View:

Die Linien zeigen den Schriftverkehr zwischen Korrespondenten in unterschiedlichen Städten. Umso dicker eine Linie ist, umso höher war das Briefaufkommen zwischen zwei Orten. Optional können die Namen der Orte eingeblendet werden. In Abbildung 5.25 wurde als Zeitraum 1700 bis 1800 gewählt. Jegliche Korrespondenz, die in der Datenbank erfasst ist und auf die dieser Zeitraum zutrifft, wird hier angezeigt. Man kann erkennen, dass der Briefverkehr verstärkt an drei Orten stattfand: London, Paris und an einem Ort in der Gegend der Schweiz. Um diesen genauer auszumachen, kann man in die Karte hineinzoomen oder sich das Balkendiagramm auf der rechten Seite ansehen. In dem Fall handelt es sich nicht um einen Ort, sondern um zwei: Genf und Ferney.



Abbildung 5.25: Republic of Letters - Connection View (erstellt mit Republic of Letters - Screenshot)

Volume-View:

Die Kreise zeigen den Anteil von eingehender (grün) und ausgehender (rot) Korrespondenz an einem bestimmten Ort. Umso größer der Kreis ist, umso höher war der Schriftverkehr an diesem Ort. Auf den ersten Blick ist zu erkennen, dass der höchste Schriftverkehr

in London und Paris zu verzeichnen ist, wobei an beiden Orten mehr Briefe eingingen als versandt wurden.

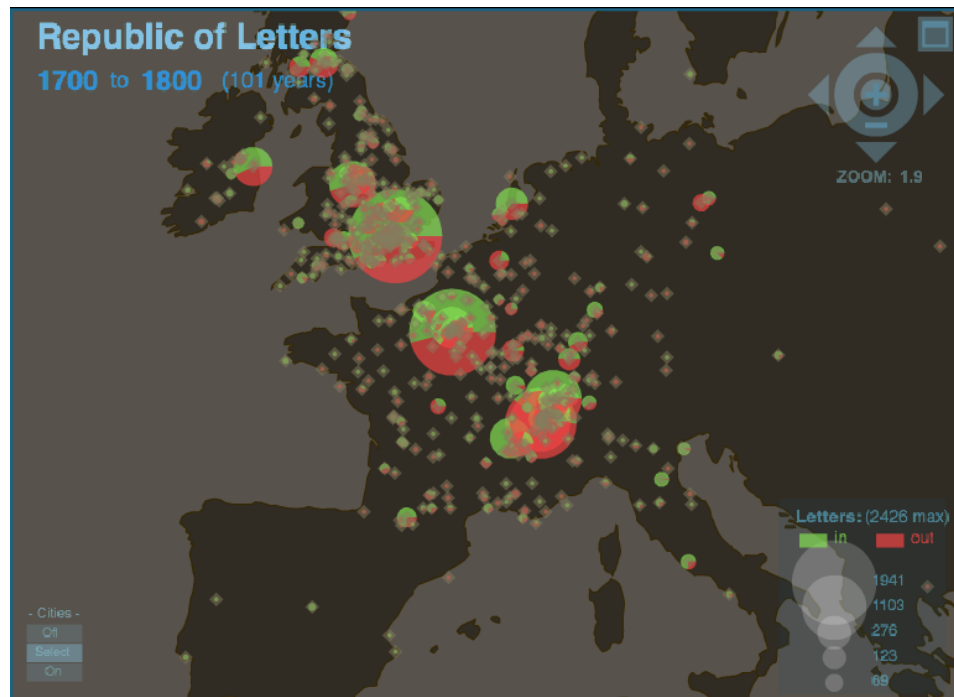


Abbildung 5.26: Republic of Letters - Volume View (erstellt mit Republic of Letters - Screenshot)

Flow-View:

Um den Verkehr von ausgehenden und eingehenden Briefe darstellen zu können, wird hier eine animierte Ansicht geboten. Die Briefe werden als Punkte dargestellt, die sich von ihrem Absendeort zu ihrem Empfangsort bewegen. Umso mehr Briefe versandt wurden, umso öfter zirkulieren diese Punkte. Anhand ihrer Bewegungsrichtung kann man ausmachen, ob sie an einem Ort versandt oder empfangen wurden. Als Beispiel (Abbildung 5.27) wurde der Schriftverkehr von Voltaire (1694 – 1778) herangezogen. An der Visualisierung sieht man, dass die Punkte in hoher Frequenz von Ferney nach Paris zirkulieren. Voltaire hat ab 1759 in Ferney gelebt und von dort die meisten seiner Briefe nach Paris versandt.

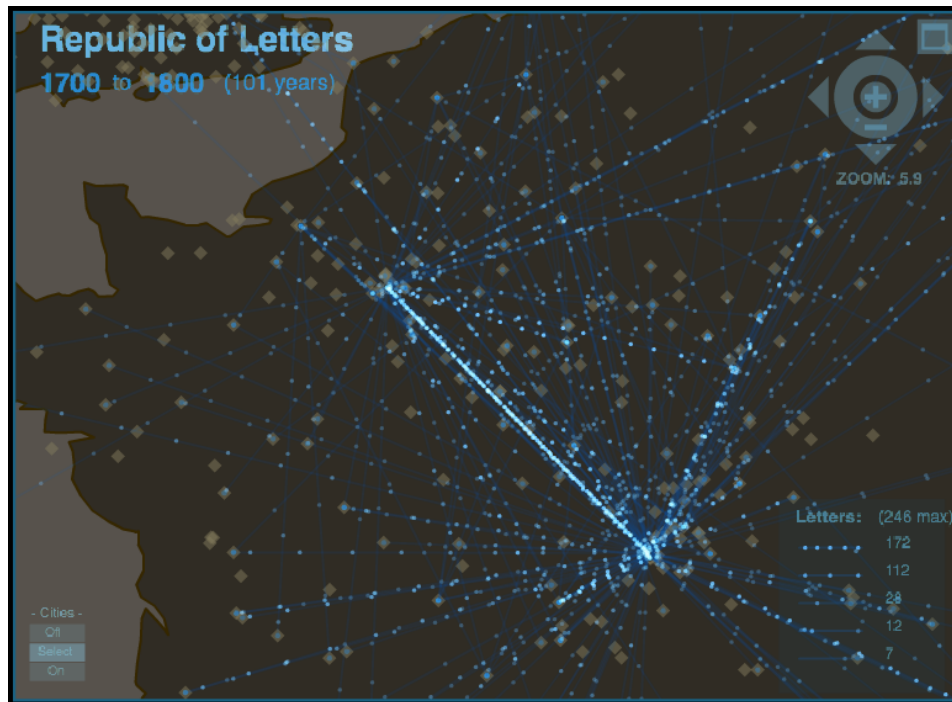


Abbildung 5.27: Republic of Letters - Flow View (erstellt mit Republic of Letters - Screenshot)

Comparison View:

Für diese Visualisierung kann der Nutzer zwei Gruppen von Autoren auswählen und deren Netzwerke auf mögliche Übereinstimmungen vergleichen. In Abbildung 5.28 wird die Korrespondenz von Voltaire (gelb) und jene von Jean-Jacques Rousseau (1712 – 1778, blau) angezeigt. Es fällt u.a. auf, dass Rousseau häufiger mit Personen in Großbritannien korrespondiert hat als Voltaire. Voltaires Briefwechsel fanden vor allem mit Personen in Frankreich und der Schweiz statt.

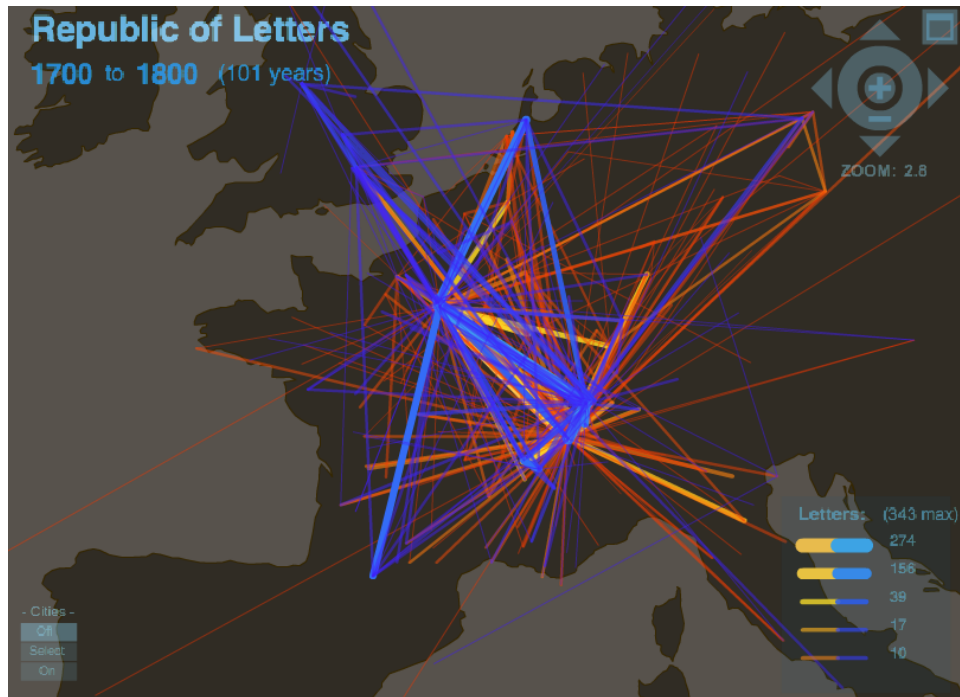


Abbildung 5.28: Republic of Letters - Comparison View (erstellt mit Republic of Letters - Screenshot)

Das Interface von Mapping the Republic of Letters ist sowohl zur explorativen und konfirmativen Analyse geeignet, als auch zur eindrucksvollen Präsentation, z.B. mit der animierten Flow View. So fällt etwa bei der explorativen Analyse von Voltaire's Korrespondenzen auf, dass er viele seiner Briefe von Jean-Robert Tronchin (1710 – 1793) erhalten hatte. Interessant ist, dass dieser Briefverkehr einseitig war. Damit stellt sich die Frage, welcher Art die Beziehung zwischen Tronchin und Voltaire war. Warum schrieb Voltaire fast keine Briefe an Tronchin? Gingen die Briefe verloren oder hatte Voltaire sie unter einem anderen Namen versandt? (vgl. Chang, Ge & Song, 2009, 9) Um hierauf eine Antwort zu bekommen, bedarf es weiterer Forschung. Dies ist nur ein Beispiel für die vielen Erkenntnisse und darauffolgenden weiteren Fragen, die sich beim Analysieren der Daten durch die Visualisierungen formen.

Das Projekt bot jedoch nicht nur neue Einsichten für Forscher, die sich mit der Frühen Neuzeit beschäftigen, sondern auch für Informatiker:

„For humanities scholars this collaboration provided direct new insight into the changing shape of the network of intellectuals that constituted the Enlightenment. For computer scientists this collaboration offered insights into designing productive data visualizations for scholars. Both sides concluded that such iterative collaborations around building data visualizations can be productive elements of our research processes and produce new knowledge in each of our disciplines.“ (Chang, Ge, Song, Coleman et al., 2009, 2)

Phototrails

Dieses Projekt von Lev Manovich, Nadav Hochman und Jay Chow widmet sich der Erforschung von Big Visual Data mit Hilfe von Medienvisualisierungen. Es soll gezeigt werden, wie visuelle Medien und Metadaten, die mit der ganzen Welt geteilt werden, genutzt werden können um Muster zu finden und zu untersuchen. Anhand der Visualisierungen sollen kulturelle, soziale und politische Einsichten zu bestimmten Orten während bestimmten Zeiträumen (z.B. während Feiertagen) gewonnen werden. Die Forscher entschieden sich für Fotos, die mit dem Foto- und Video-Sharing-App Instagram hochgeladen wurden. Sie machten sich die speziellen Eigenschaften der Instagram Software zu nutze: Instagram fügt automatisch Koordinaten und einen Zeitstempel bei all den Fotos hinzu, die damit gemacht werden. Außerdem haben alle Fotos das gleiche Format und die gleiche Auflösung. Die Fotos, die im Rahmen des Phototrails-Projekts Verwendung fanden, wurden über die Instagram-API gewonnen (vgl. Hochmann & Manovich, 2013). Als Software wurde ImageJ mit dem von Lev Manovich entwickelten Macro ImagePlot genutzt (siehe S. 100).

Es wurden 2,353,017 Fotos aus 13 Städten (u.a. New York, Tokio, Bangkok, Tel Aviv) für dieses Forschungsprojekt herangezogen. Für eine genauere Analyse wurden Fotos gewählt, die in Tel Aviv gemacht wurden. Insgesamt handelt es sich hierbei um 212,242 Bilder, welche während eines Zeitraums von drei Monaten hochgeladen wurden. Anschließend wurden jene Fotos genauer begutachtet, die innerhalb von zwei Wochen an nationalen Feiertagen (Jom haScho'a, Jom haZikaron, Jom haAtzma'ut) in dieser Stadt gemacht wurden. Schließlich fokussierte man sich auf ein paar Tage innerhalb dieser zwei

Wochen (vgl. Hochmann & Manovich, 2013).

Für die Visualisierung kamen unterschiedliche Techniken zur Anwendung (Radial, Montage, Photoplot und Points and Lines). Die Bilder wurden entweder in Bezug auf deren Metadaten oder mit Hilfe von Feature extraction platziert (siehe Kapitel 5.3).

In Abbildung 5.29 sieht man eine Visualisierung von 33,292 Bildern, die in Tel Aviv zwischen 20. und 26. April 2012 hochgeladen wurden. Die Fotos wurden gemäß des Zeitpunkts ihres Hochladens (X-Achse) und des Farbtons (Y-Achse) platziert. Die verwendete Visualisierungstechnik nennt sich Photoplot und basiert auf dem Prinzip von Scatterplot, wobei jedoch anstatt von Punkten die eigentlichen Fotos angezeigt werden. Im Beispiel sticht der Abend des 25. April heraus. Es wurden deutlich mehr Bilder hochgeladen als an den Abenden zuvor. Zoomt man näher an die Bilder heran, kann man auffallend viele Fotos von Feuerwerken erkennen. Der 25. April ist der Vorabend zu Jom haAtzma'ut, dem Unabhängigkeitstag von Israel (vgl. Hochmann & Manovich, 2013).

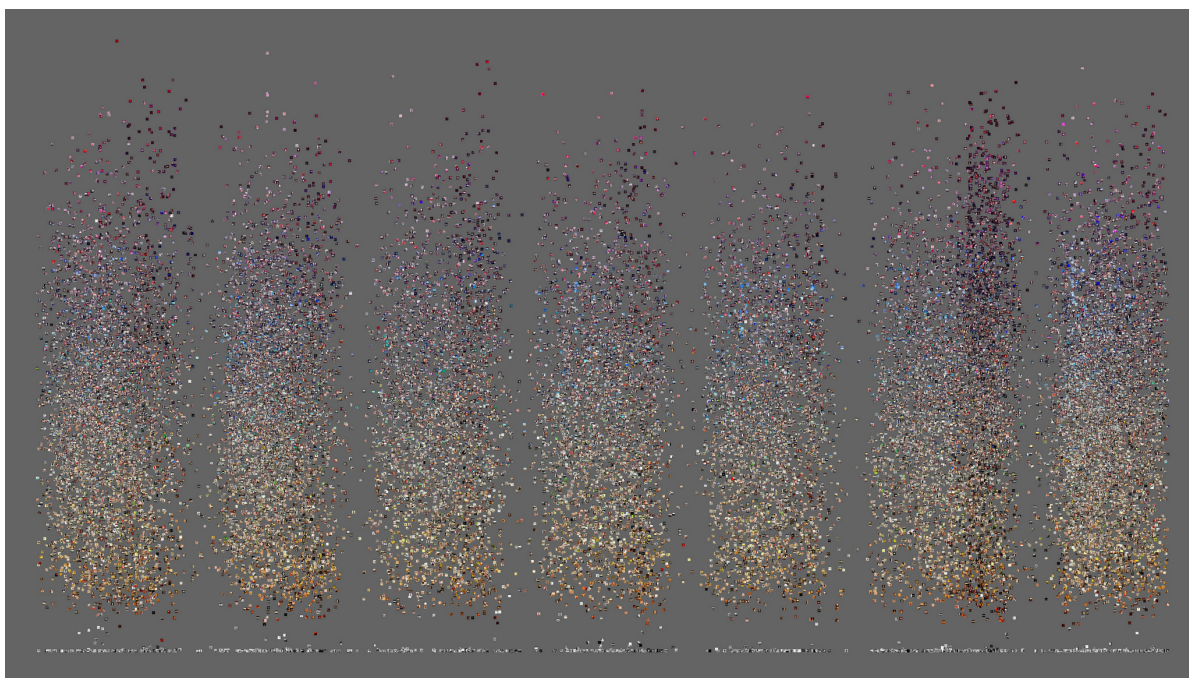


Abbildung 5.29: Phototrails - Überblick über den 20. bis 26. April 2012 in Tel Aviv (vgl. Hochmann & Manovich, 2013)

On the Origin of Species: The Preservation of Favoured Traces

Diese Visualisierung von Ben Fry zeigt die Änderungen, die Charles Darwin (1809 – 1882) an seinem Buch „Über die Entstehung der Arten“ (engl. „On the Origin of Species“) ¹⁴ bis zur sechsten Auflage durchgeführt hatte. Darwins Theorie wuchs von 150.000 Wörtern in der ersten auf 190.000 Wörter in der sechsten Edition (vgl. Fry, o. J.).

Die Visualisierung ist webbasiert (<http://benfry.com/traces/>) und zeigt alle 15 Kapitel aus Charles Darwins Werk in einer einzigen Ansicht (Abbildung 5.30).



Abbildung 5.30: On the Origin of Species: The Preservation of Favoured Traces (vgl. Fry, o. J.) - Screenshot

Durch Animation kann man erkennen, welche Stellen von Darwin verändert oder gelöscht wurden. Die Änderungen in einer bestimmten Edition sind farblich kodiert, so werden Modifikationen in der zweiten Edition in orange dargestellt, in der in der dritten Edition in grün etc. Man kann feststellen, dass es sich bei den Änderungen nicht um das bloße

¹⁴ Die erste Auflage erschien 1859, die sechste Auflage erschien 1872.

Ausbessern kleiner Feinheiten handelt, sondern sogar um Änderungen an Ideen. Anhand der Visualisierung kann man verfolgen, wie Darwins Gedanken sich weiterentwickelt haben.

Die verwendete Visualisierungstechnik arbeitet zwar mit einer Reduktion (die Sätze werden als kleine Rechtecke dargestellt = graphisches Primitiv) doch kann man in jedem Moment sofort auf den gesamten Text zugreifen, indem man mit der Maus über die Kästchen fährt. Die entsprechende Textpassage wird dann als Tooltip angezeigt. Aufgrund dessen wird diese Visualisierung von Lev Manovich als Medienvisualisierung bzw. Direct Visualization bezeichnet (vgl. Manovich, 2010, 18).

6 Zusammenfassung

Ohne das Sehen können Visualisierungen nicht erfasst werden, da ihre Botschaft nur über die Augen aufgenommen werden kann. Man hatte bereits in der Antike die große Wichtigkeit des Sehens in bezug auf den Gewinn von Erkenntnis erkannt. Gerade die Wahrnehmung spielt im Zusammenhang mit Visualisierungen eine große Rolle. Durch die Umsetzung von Erkenntnissen aus der Wahrnehmungsforschung, kann die Qualität von Visualisierungen stark verbessert werden.

Waren Bilder zu Beginn des 19. Jahrhunderts aufgrund ihres aufwändigeren Herstellungsprozesses noch selten, haben wir es im 21. Jahrhundert mit einer regelrechten Bilderflut zu tun. Sie haben fast alle Lebensbereiche durchdrungen. Gründe hierfür sind Veränderungen im Bereich der Technik, der Wirtschaft und des Rezeptionsverhaltens. Durch die digitale Technologie ist es in der heutigen Zeit einfach, Bilder zu produzieren und zu verbreiten.

Die Untersuchung von Bildkulturen wurde lange Zeit aufgrund der Dominanz der Sprache in der westlichen Kultur, vernachlässigt. Der Iconic/Pictorial Turn, der in den 1990er Jahren aufkam, bedeutet eine Hinwendung zum Bild, aber nicht, dass der Linguismus gänzlich durch einen Pictorialismus ersetzt werden soll. Er ist vielmehr eine Forderung, Bilder ernster zu nehmen und sich kritischer mit ihnen auseinanderzusetzen. Sowohl das Nachdenken über Bilder als auch das Denken mit Hilfe von Bildern sollte eine Aufwertung erfahren.

Visualisierungen selbst sind ebenfalls Bilder und haben in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen. Im weiteren Sinn versteht man unter Visualisierung „etwas sichtbar zu machen“. Im Fall der computergestützten Visualisierung sollen Muster und Regularitäten erkennbar gemacht werden.

Wenn Visualisierungen in einem wissenschaftlichen Kontext genutzt werden, dann werden sie zu wissenschaftlichen Bildern. Der Status eines wissenschaftlichen Bildes wird jedoch nicht erst bei seiner Betrachtung verliehen, sondern bereits bei seiner Entstehung.

Visualisierungen werden auch zunehmend im Bereich der Digital Humanities eingesetzt und zwar sowohl zur explorativen und konfirmativen Analyse als auch zur Präsentation von Ergebnissen. Aus der Literatur, der Betrachtung von Projekten in diesem Bereich und der Befassung mit für Geisteswissenschaftler speziell entwickelten oder bei ihnen bewährten Werkzeugen zur Visualisierung, konnte ich feststellen, dass an Visualisierungsformen vor allem die Informationsvisualisierung und die Medienvisualisierung zum Einsatz kommen. Bei letzterer werden die eigentlichen Artefakte (z.B. Bilder) gezeigt, anstatt graphische Primitive zu verwenden, wie es bei der Informationsvisualisierung der Fall ist. Medienvisualisierung und Informationsvisualisierung können gut miteinander kombiniert werden und sich so ergänzen.

Es existieren zahlreiche Visualisierungstechniken, die nach Datentyp, Darstellungsart und Interaktions- und Verzerrungstechnik eingeteilt werden. Die Wahl der Technik hängt von verschiedenen Faktoren ab: dem Datentyp, der Menge der Daten und dem Verwendungszweck. Zum Einsatz der Visualisierungstechniken konnte ich herausfinden, dass die klassischen Techniken wie Scatterplot, Netzwerkgraphen, Balken-, Säulen-, und Kreisdiagramme häufig verwendet werden. Sie sind relativ einfach zu lesen (benötigen keine oder kaum Einarbeitungszeit) und haben sich bewährt. Man hat es in den Digital Humanities jedoch auch mit ganz unterschiedlichen Formen an Artefakten/Daten in unterschiedlicher Größe (z.B. „Big Data“) und komplexen Fragestellungen zu tun. „Gewöhnliche“ Techniken stoßen hier mitunter an ihre Grenzen. Außerdem verschweigen sie den Aspekt

der zugrundeliegenden interpretativen Arbeit und können Unsicherheiten und Ambiguitäten nicht oder nur unzureichend ausdrücken. In diesem Fall können vorhandene Techniken modifiziert oder eigene entwickelt werden.

Es wurden spezielle Werkzeuge für Forscher der Digital Humanities entwickelt, die zum Teil kostenlos genutzt werden können. Sammlungen an Werkzeugen wie etwa Voyant, oder der Mandala Browser, bieten Visualisierungstechniken an, die sich speziell für die Fragestellungen von Geisteswissenschaftlern eignen. Ebenso können Tools und Plattformen genutzt werden, die sich nicht vornehmlich an Geisteswissenschaftler richten. Diese könnten auch mit (eigenen) Plugins und Makros erweitert werden um sie an die Bedürfnisse des Wissenschaftlers anzupassen. Einige Plattformen bieten auch die Möglichkeit, die erstellten Visualisierungen online zu speichern oder zu exportieren um sie mit anderen Forschern teilen.

In Hinblick auf meine Forschungsfrage (Welche Visualisierungsformen werden in den Digital Humanities eingesetzt und haben sich bereits spezielle Visualisierungstechniken ausgebildet?) kann man zusammenfassend sagen: Es werden vor allem Informations- und Medienvisualisierungen eingesetzt. Hauptsächlich werden klassische Techniken wie Balkendiagramme und Netzwerkgraphen genutzt, jedoch wurden auch eigene Techniken entwickelt bzw. bestehende modifiziert (Bubble Lines, modifizierte Timelines und Kartenvisualisierungen, Photoplot etc.).

7 Quellenverzeichnis

- Aichinger, W. (2003). Sinne und Sinneserfahrung in der Geschichte. Forschungsfragen und Forschungsansätze. In W. Aichinger, F. X. Eder & C. Leitner (Hrsg.), *Sinne und Erfahrung in der Geschichte* (S. 9-28). Innsbruck; Wien [u.a.]: Studien-Verl.
- Aichinger, W., Eder, F. X. & Leitner, C. (Hrsg.). (2003). *Sinne und Erfahrung in der Geschichte*. Innsbruck; Wien [u.a.]: Studien-Verl.
- Aissen-Crewett, M. (1989). Paideia und Bildende Kunst. *Rheinisches Museum für Philologie*, 132(3/4), 266-279.
- Arenhoevel, D., Deißler, A. & Vögtle, A. (Hrsg.). (1990). *Die Bibel. Die Heilige Schrift des Alten und Neuen Bundes. Deutsche Ausgabe mit den Erläuterungen der Jerusalemer Bibel (Sonderausgabe)*. Wien; Genf; New York: Lechner.
- Aristoteles. (2003). *Metaphysica* (T. A. Szlezák, Hrsg.). Berlin: Akad.-Verl.
- Bachmann-Medick, D. (2006). *Cultural Turns. Neuorientierungen in den Kulturwissenschaften*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Bachmann-Medick, D. (2008). Gegen Worte – Was heißt „Iconic/Visual Turn“? *Gegenworte*, 20, 8-15.
- Balmes, H. J., Bong, J. & Helmut, M. (Hrsg.). (2003). *Neue Rundschau: Themenheft 'Bildkompetenzen'* (Bd. 114) (Nr. 3).
- Bastian, M., Heymann, S. & Jacomy, M. (2009). Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks. *Proceedings of the Third International ICWSM Conference*, 361-362. Zugriff am 18.1.2015 auf <https://gephi.org/.../gephi-bastian-feb09.pdf>
- Belting, H. (Hrsg.). (2007). *Bilderfragen. Die Bildwissenschaften im Aufbruch*. München: Fink.
- Berry, D. M. (Hrsg.). (2012). *Understanding digital humanities*. Houndmills, Basingstoke, Hampshire: Palgrave Macmillan.
- Bertin, J. (1982). *Graphische Darstellungen und die graphische Weiterverarbeitung der Information*. Berlin, New York: de Gruyter.

- Beyer, A. & Lohoff, M. (2005a). Bildhandeln. Eine Einführung. In A. Beyer & M. Lohoff (Hrsg.), *Bild und Erkenntnis. Formen und Funktionen des Bildes in Wissenschaft und Technik* (S. 11-15). München, Berlin: Dt. Kunstverl. [u.a.].
- Beyer, A. & Lohoff, M. (Hrsg.). (2005b). *Bild und Erkenntnis. Formen und Funktionen des Bildes in Wissenschaft und Technik*. München, Berlin: Dt. Kunstverl. [u.a.].
- Boehm, G. (2001). Zwischen Auge und Hand. Bilder als Instrumente der Erkenntnis. In B. Heintz & J. Huber (Hrsg.), *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten* (S. 43-54). Zürich: Ed. Voldemeer.
- Boehm, G. (2004). Jenseits der Sprache? Anmerkungen zur Logik der Bilder. In C. Maar & H. Burda (Hrsg.), *Iconic turn. Die neue Macht der Bilder* (S. 28-43). Köln: DuMont.
- Boehm, G. (2006a). Die Wiederkehr der Bilder. In *Was ist ein Bild?* (S. 11-38). München: Fink.
- Boehm, G. (2006b). Einleitung. In *Was ist ein Bild?* (S. 7-9). München: Fink.
- Boehm, G. (2006c). *Was ist ein Bild?* München: Fink.
- Boehm, G. (2007). Iconic Turn. Ein Brief. In H. Belting (Hrsg.), *Bilderfragen. Die Bildwissenschaften im Aufbruch* (S. 27-36). München: Fink.
- Bohn, C. (2001). Sprache, Schrift, Bild. In B. Heintz & J. Huber (Hrsg.), *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten* (S. 321-345). Zürich: Ed. Voldemeer.
- Brandt, R. (2004). Bilderfahrungen - von der Wahrnehmung zum Bild. In C. Maar & H. Burda (Hrsg.), *Iconic turn. Die neue Macht der Bilder* (S. 44-54). Köln: DuMont.
- Breiting, A. (2001). Visualisierung in den Ingenieurwissenschaften. In B. Heintz & J. Huber (Hrsg.), *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten* (S. 187-199). Zürich: Ed. Voldemeer.
- Brockhaus. (2006). Visualisierung. In *Brockhaus Enzyklopädie in 30 Bänden* (21. Aufl., S. 150-153). Leipzig, Mannheim: Brockhaus Verl.
- Brocks, C. (2012). *Bildquellen der Neuzeit*. Paderborn: Schöningh.
- Brodbeck, D., Mazza, R. & Lalanne, D. (2009). Interactive Visualization - A Survey. In D. Lalanne & J. Kohlas (Hrsg.), *Human Machine Interaction* (Bd. 5440, S. 27-46). Berlin Heidelberg: Springer. Zugriff am 11.1.2015 auf http://doi.org/10.1007/978-3-642-00437-7_2

- Burda, H. (2004). „Iconic turn weitergedreht“ - Die neu Macht der Bilder. In C. Maar & H. Burda (Hrsg.), *Iconic turn. Die neue Macht der Bilder* (S. 9-13). Köln: DuMont.
- Burri, R. (2001). Doing Images: Zur soziotechnischen Fabrikation visueller Erkenntnis in der Medizin. In B. Heintz & J. Huber (Hrsg.), *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten* (S. 277-303). Zürich: Ed. Voldemeer.
- Buschhaus, M. (2007). 'Bilderflut' - ,Bilderrausch' - ,Bildermedizin': Anmerkungen zum medizinischen Bildhaushalt. In F. Stahnisch & H. Bauer (Hrsg.), *Bild und Gestalt: Wie formen Medienpraktiken das Wissen in Medizin und Humanwissenschaften?* (S. 57-74). Hamburg; Münster: LIT.
- Card, S. K., Mackinlay, J. D. & Shneiderman, B. (Hrsg.). (1999). *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Carroll, J. M. (Hrsg.). (2003). *HCI Models, Theories, and Frameworks: Toward a Multidisciplinary Science*. Amsterdam, Oxford, Paris: Morgan Kaufmann.
- Chang, D., Ge, Y. & Song, S. (2009). *Visualizing the Republic of Letters. An Interactive Visualization Tool for Exploring Spatial History and the Enlightenment*. Zugriff am 15.1.2015 auf www.shiweisong.com/files/rpl.pdf
- Chang, D., Ge, Y., Song, S., Coleman, N., Christensen, J. & Heer, J. (2009). *Visualizing the Republic of Letters*. Zugriff am 15.1.2015 auf http://web.stanford.edu/group/toolingup/rplviz/papers/Vis_RofL_2009
- Däbler, R. (2006). Informationsvisualisierung. Stand, Kritik und Perspektiven. In P. Drexler & J. Klinger (Hrsg.), *Bilderwelten. Strategien der Visualisierung in Wissenschaft und Kunst* (S. 211-236). Trier: WVT.
- Daston, L. & Galison, P. (2007). *Objektivität*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Diekmannshenke, H.-J. (Hrsg.). (2011). *Bildlinguistik. Theorien, Methoden, Fallbeispiele*. Berlin: E. Schmidt.
- Dienstfrey, A. M. & Boisvert, R. F. (Hrsg.). (2012). *Uncertainty Quantification in Scientific Computing; 10th IFIP WG 2.5 Working Conference, WoCoUQ 2011, Boulder, CO, USA, August 1-4, 2011, Revised Selected Papers*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Ditzinger, T. (2013). *Illusionen des Sehens. Eine Reise in die Welt der visuellen Wahrnehmung*. Berlin, Heidelberg: Springer. Zugriff am 25.7.2014 auf <http://doi.org/10.1007/978-3-642-37712-9>

- Drexler, P. & Klinger, J. (Hrsg.). (2006). *Bilderwelten. Strategien der Visualisierung in Wissenschaft und Kunst* (Nr. 40). Trier: WVT.
- Drucker, J. (2011). Humanities Approaches to Graphical Display. *Digital Humanities Quarterly*, 5 (1). Zugriff am 13.12.2015 auf <http://www.digitalhumanities.org/dhq/vol/5/1/000091/000091.html>
- Duddeck, H. (2008). Braucht das Bild das Wort? Zur Visualisierung in der Technik. *Gegenworte*, 20, 28-31.
- Ebert, A., van der Veer, G. C., Domik, G., Gershon, N. D., Scheler, I. & Spence, B. (Hrsg.). (2014). *Building Bridges: HCI, Visualization, and Non-formal Modeling*. Berlin Heidelberg: Springer. Zugriff am 29.10.2014 auf <http://doi.org/10.1007/978-3-642-54894-9>
- Filk, C., Lommel, M. & Sandbothe, M. (Hrsg.). (2004). *Media synaesthetics. Konturen einer physiologischen Medienästhetik*. Köln: Halem.
- Fry, B. (o. J.). *On the Origin of Species: The Preservation of Favoured Traces*. Zugriff am 17.1.2015 auf <http://benfry.com/traces/>
- Fry, B. (2010). *Data Visualization and Aesthetic Design*. Zugriff am 12.12.2014 auf <https://itunes.apple.com/de/itunes-u/hasso-plattner-institute-design/id388055541?mt=10>
- Galison, P. (2002). Images Scatter into Data. Data Gather into Images. In B. Latour (Hrsg.), *Iconoclash* (S. 300-323). Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT-Press.
- Gapminder. (o. J.). Web-Service. Zugriff am 11.1.2015 auf <http://www.gapminder.org>
- Gasteiner, M. & Haber, P. (Hrsg.). (2010). *Digitale Arbeitstechniken für Geistes- und Kulturwissenschaften*. Wien, Köln, Weimar: Böhlau (UTB).
- Geimer, P. (2003). Weniger Schönheit. Mehr Unordnung. Eine Zwischenbemerkung zu 'Wissenschaft und Kunst'. In H. J. Balmes, J. Bong & M. Helmut (Hrsg.), *Neue Rundschau: Themenheft 'Bildkompetenzen'* (Bd. 114, S. 26-38).
- Georges, K. E. (1998). *Ausführliches lateinisch-deutsches Handwörterbuch. I-Z* (Nachdruck Aufl.). Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Gephi. (o. J.). Desktop-Applikation.
- Goodman, N. (1973). *Sprachen der Kunst. Ein Ansatz zu einer Symboltheorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Groß, D. & Westermann, S. (Hrsg.). (2007). *Vom Bild zur Erkenntnis? Visualisierungskonzepte in den Wissenschaften*. Kassel University Press.

- Healey, C. G. & Enns, J. (2012, July). Attention and Visual Memory in Visualization and Computer Graphics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18 (7), 1170-1188. Zugriff am 8.12.2014 auf <http://doi.org/10.1109/TVCG.2011.127>
- Heckl, W. M. (2004). Das Unsichtbare sichtbar machen - Nanowissenschaften als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts. In C. Maar & H. Burda (Hrsg.), *Iconic turn. Die neue Macht der Bilder* (S. 128-141). Köln: DuMont.
- Heintz, B. (1995). Zeichen, die Bilder schaffen. In J. Hofbauer, G. Prabitz & J. Wallmannsberger (Hrsg.), *Bilder, Symbole, Metaphern. Visualisierung und Informierung in der Moderne* (S. 47-81). Wien: Passagen-Verl.
- Heintz, B. & Huber, J. (Hrsg.). (2001). *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten*. Zürich: Ed. Voldemeer.
- Hessler, M. (2004). *Visualisierungen in der Wissenskommunikation. Explorationsstudie im Rahmen der BMBF-Förderinitiative „Wissen für Entscheidungsprozesse“*. Zugriff am 14.6.2014 auf <http://www.sciencepolicystudies.de/dok/explorationsstudie-hessler.pdf>
- Hessler, M. (2006a). Einleitung. Annäherungen an Wissenschaftsbilder. In M. Hessler (Hrsg.), *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit* (S. 11-37). München: Fink.
- Hessler, M. (Hrsg.). (2006b). *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*. München: Fink.
- Hessler, M. (2006c). Von der doppelten Unsichtbarkeit digitaler Bilder. In *zeitenblicke* (Bd. 5). Zugriff am 22.7.2014 auf http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/dppl/DPPL_v2_de_06-2004.html
- Hochmann, N. & Manovich, L. (2013). Zooming into an Instagram City: Reading the local through social media. *First Monday*, 18 (7). Zugriff am 15.01.2015 auf <http://doi.org/10.5210/fm.v18i7.4711>
- Hofbauer, J., Prabitz, G. & Wallmannsberger, J. (Hrsg.). (1995). *Bilder, Symbole, Metaphern. Visualisierung und Informierung in der Moderne*. Wien: Passagen-Verl.
- Hoffmann, T. & Rippl, G. (Hrsg.). (2006a). *Bilder. ein (neues) Leitmedium?* Göttingen: Wallstein.
- Hoffmann, T. & Rippl, G. (2006b). Einleitung. In T. Hoffmann & G. Rippl (Hrsg.), *Bilder. ein (neues) Leitmedium?* (S. 7-12). Göttingen: Wallstein.
- Hoyt, E., Ponto, K. & Roy, C. (2014). Visualizing and Analyzing the Hollywood Screenplay with ScripThreads. *Digital Humanities Quarterly*, 8 (4). Zugriff am 10.1.2015 auf <http://www.digitalhumanities.org/dhq/vol/8/4/000190/000190.html>

- Hüppauf, B. & Weingart, P. (2009a). *Frosch und Frankenstein. Bilder als Medium der Popularisierung von Wissenschaft*. Bielefeld: Transcript.
- Hüppauf, B. & Weingart, P. (2009b). Wissenschaftsbilder - Bilder der Wissenschaft. In *Frosch und Frankenstein. Bilder als Medium der Popularisierung von Wissenschaft* (S. 11-43). Bielefeld: Transcript.
- ImageJ mit ImagePlot*. (o. J.). Desktop-Applikation und Makro.
- Jessop, M. (2008). Digital visualization as a scholarly activity. *Literary and Linguistic Computing*, 23 (3), 281-293. Zugriff am 3.1.2015 auf <http://doi.org/10.1093/llc/fqn016>
- Jonas, H. (1999). Der Adel des Sehens. Eine Untersuchung zur Phänomenologie der Sinne. In R. Konersmann (Hrsg.), *Kritik des Sehens* (S. 247-271). Leipzig: Reclam.
- Jones, C. A. & Galison, P. (1998a). Introduction. In C. A. Jones & P. Galison (Hrsg.), *Picturing science, producing art* (S. 1-23). New York, London: Routledge.
- Jones, C. A. & Galison, P. (Hrsg.). (1998b). *Picturing science, producing art*. New York, London: Routledge.
- Jütte, R. (2007). Augenlob – oder die (Neu-)Bewertung des Sehannes in der Frühen Neuzeit. In G. Wimböck, K. Leonard & M. Friedrich (Hrsg.), *Evidentia. Reichweiten visueller Wahrnehmung in der Frühen Neuzeit* (S. 41-58). Berlin [u.a.]: LIT.
- Keim, D. A. (2001). Visual exploration of large data sets. *Communications of the ACM*, 44 (8), 38-44. Zugriff am 11.11.2014 auf <http://doi.org/10.1145/381641.381656>
- Keim, D. A. (2002a). Datenvisualisierung und Datamining. *Datenbank-Spektrum* (2), 30-39. Zugriff am 13.11.2014 auf <http://fusion.cs.uni-magdeburg.de/pubs/spektrum.pdf>
- Keim, D. A. (2002b). Information Visualization and Visual Data Mining. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 8 (1), 100-107. Zugriff am 8.11.2014 auf <http://doi.org/10.1109/2945.981847>
- Keim, D. A. & Ertl, T. (2004). Wissenschaftliche Visualisierung. *it – Information Technology*, 46 (3), 109-110. Zugriff am 21.10.2014 auf <http://doi.org/10.1524/itit.46.3.109.34216>
- Klampf, A. (2003). Sehen und Schauen in der Geschichte Bildwahrnehmung, Sehen und medialer Wandel. In W. Aichinger, F. X. Eder & C. Leitner (Hrsg.), *Sinne und Erfahrung in der Geschichte* (S. 91-110). Innsbruck; Wien [u.a.]: Studien-Verl.
- Kleinspehn, T. (1991). *Der flüchtige Blick. Sehen und Identität in der Kultur der Neuzeit*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

- Knorr-Cetina, K. (2001). Viskurse der Physik. In B. Heintz & J. Huber (Hrsg.), *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten* (S. 305-320). Zürich: Ed. Voldemeer.
- Köller, W. (2004). *Perspektivität und Sprache; zur Struktur von Objektivierungsformen in Bildern, im Denken und in der Sprache*. Berlin [u.a.]: de Gruyter.
- Konersmann, R. (Hrsg.). (1999). *Kritik des Sehens*. Leipzig: Reclam.
- Kötter, R. (2007). Abbildung, Verbildlichung und Veranschaulichung: Zu Grundfunktionen des Bildes in den Wissenschaften. In F. Stahnisch & H. Bauer (Hrsg.), *Bild und Gestalt: Wie formen Medienpraktiken das Wissen in Medizin und Humanwissenschaften?* (S. 161-178). Hamburg; Münster: LIT.
- Krause, C. (2012). *Quo vadis, Digital Humanities? Gedanken zum Einsatz des Computers in den Geisteswissenschaften*. Zugriff am 31.12.2014 auf http://dhd-blog.org/wp-content/uploads/2012/07/Quo_Vadis_DH2.pdf
- Krause, C. & Reiche, R. (2013). Ein Bild sagt mehr als tausend Pixel? Über den Einsatz digitaler Methoden in den Bild- und Objektwissenschaften. *Kunstgeschichte. Open Peer Reviewed Journal*. Zugriff am 6.1.2015 auf <http://www.kunstgeschichte-ejournal.net/420/>
- Krempel, L. (2005). *Visualisierung komplexer Strukturen. Grundlagen der Darstellung mehrdimensionaler Netzwerke*. Frankfurt am Main [u.a.]: Campus.
- Kruse, C. (2006). Vom Ursprung der Bilder aus Furcht vor Tod und Vergessen. In T. Hoffmann & G. Rippl (Hrsg.), *Bilder. ein (neues) Leitmedium?* (S. 15-42). Göttingen: Wallstein.
- Lalanne, D. & Kohlas, J. (Hrsg.). (2009). *Human Machine Interaction* (Bd. 5440). Berlin Heidelberg: Springer. Zugriff am 11.1.2015 auf 10.1007/978-3-642-00437-7
- Latour, B. (Hrsg.). (2002). *Iconoclash*. Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT-Press.
- Liebert, W.-A. (2011). Mit Bildern Wissenschaft vermitteln. Zum Handlungscharakter visueller Texte. In H.-J. Diekmannshenke (Hrsg.), *Bildlinguistik. Theorien, Methoden, Fallbeispiele* (S. 357-368). Berlin: E. Schmidt.
- Lunenfeld, P., Burdick, A., Drucker, J., Presner, T. & Schnapp, J. (Hrsg.). (2012). *Digital_Humanities*. MIT Press. Zugriff am 2.1.2015 auf http://mitpress.mit.edu/sites/default/files/titles/content/9780262018470_Open_Access_Edition.pdf
- Maar, C. & Burda, H. (Hrsg.). (2004). *Iconic turn. Die neue Macht der Bilder*. Köln: DuMont.

Mackinlay, J. (1986). Automating the design of graphical presentations of relational information. *ACM Trans. Graph.*, 5 (2), 110–141. Zugriff am 5.7.2014 auf <http://doi.org/10.1145/22949.22950>

Mandala Browser. (o. J.). Desktop-Applikation.

Manovich, L. (2010). What Is Visualization? *Poetess Archive Journal*, 2 (1). Zugriff am 18.8.2014 auf <http://athanasius.stanford.edu/Readings/Manovich.pdf>

Manovich, L. (2011a). *Imageplot*. Zugriff am 31.12.2014 auf <http://lab.softwarestudies.com/2011/06/mondrian-vs-rothko-footprints-and.html>

Manovich, L. (2011b). *Media Visualization: Visual Techniques for Exploring Large Media Collections*. Zugriff am 30.12.2014 auf <http://manovich.net/content/04-projects/067-media-visualization-visual-techniques-for-exploring-large-media-collections/66-article-2011.pdf>

Manovich, L. (2011c). *Trending: The Promises and the Challenges of Big Social Data*. Zugriff am 29.12.2014 auf <http://manovich.net/index.php/projects/trending-the-promises-and-the-challenges-of-big-social-data>

Manovich, L. (2012a). *The meaning of statistics and digital humanities*. Zugriff am 30.12.2014 auf <http://lab.softwarestudies.com/2012/11/the-meaning-of-statistics-and-digital.html>

Manovich, L. (2012b). *Visualization Methods for Media Studies*. Zugriff am 10.10.2014 auf http://softwarestudies.com/cultural_analytics/Manovich.Visualization_Methods_Media_Studies.pdf

Manovich, L. (2014). Trending — Verheißungen und Herausforderungen der Big Social Data. In J. Schröter (Hrsg.), *Big Data. Analysen zum digitalen Wandel von Wissen, Macht und Ökonomie* (S. 65-83). Stuttgart [u.a.]: Metzler.

Mapping the Republic of Letters. (o. J.). Web-Service. Zugriff am 8.1.2015 auf <http://web.stanford.edu/group/toolingup/rplviz/rplviz.swf>

Markschies, A. (2007). In Bildern denken. In D. Groß & S. Westermann (Hrsg.), *Vom Bild zur Erkenntnis? Visualisierungskonzepte in den Wissenschaften* (S. 149-165). Kassel: Kassel University Press.

Mayer, K. (2011). *Imag(in)ing Social Networks. Zur epistemischen Praxis der Visualisierung Sozialer Netzwerke* (Unveröffentlichte Dissertation). Universität Wien, Wien.

Mazza, R. (2009). *Introduction to Information Visualization*. London: Springer.

McCormick, B. H., DeFanti, T. A. & Brown, M. D. (Hrsg.). (1987). *Visualization in Scientific Computing*. ACM Press.

- Meinel, C. (Hrsg.). (2000). *Instrument - Experiment. historische Studien*. Berlin [u.a.]: Verl. für Geschichte der Naturwiss. und der Technik.
- Mersch, D. (2004). Bild und Blick. Zur Medialität des Visuellen. In C. Filk, M. Lommel & M. Sandbothe (Hrsg.), *Media synaesthetics. Konturen einer physiologischen Medienästhetik* (S. 95-122). Köln: Halem.
- Missomelius, P. (2014). Medienbildung und Digital Humanities. Die Medienvergessenheit technisierter Geisteswissenschaften. In H. Ortner, D. Pfurtscheller, M. Rizzolli & A. Wiesinger (Hrsg.), *Datenflut und Informationskanäle* (S. 101-111). Innsbruck: Innsbruck Univ. Press.
- Mitchell, W. J. T. (2008). *Bildtheorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Monastische Aufklärung. (o. J.). *Projekthomepage*. Zugriff am 2.1.2015 auf http://www.univie.ac.at/monastische_aufklaerung
- Müller, W. & Frings, S. (2009). *Allgemeine Sinnesphysiologie, gefühlte Welt und Körperwahrnehmung*. Springer Berlin Heidelberg. Zugriff am 16.7.2014 auf http://doi.org/10.1007/978-3-642-00462-9_17
- Nocke, T. & Deimling, T. S. (2008). Visualisierung in der Klimaforschung. *Gegenworte*, 20, 20-22.
- North, C. (2006). Information Visualization. In G. Salvendy (Hrsg.), *Handbook of human factors and ergonomics* (S. 1222-1246). Hoboken, NJ: Wiley.
- OECD. (2007). *Revised Field of Science and Technology (FOS) classification*. Zugriff am 11.12.2014 auf <http://www.oecd.org/science/inno/38235147.pdf>
- Ortner, H., Pfurtscheller, D., Rizzolli, M. & Wiesinger, A. (Hrsg.). (2014). *Datenflut und Informationskanäle*. Innsbruck: Innsbruck Univ. Press.
- Palladio*. (o. J.). Web-Service. Zugriff am 4.1.2015 auf <http://palladio.designhumanities.org/>
- Pfanzelter, E. & Praxmarer, C. (2010). Geographische Informationssysteme (GIS): Ein Ort in den Geisteswissenschaften. In M. Gasteiner & P. Haber (Hrsg.), *Digitale Arbeitstechniken für Geistes- und Kulturwissenschaften* (S. 251-259). Wien, Köln, Weimar: Böhlau (UTB).
- Platon. (1958). *Phaidon, Politeia. Sämtliche Werke* (W. Otto, Hrsg.). Hamburg: Rowohlt.
- Polthier, K. (2008). Als die Dreiecke laufen lernten. Eine persönliche Geschichte zur Visualisierung in der Mathematik. *Gegenworte*, 20, 23-27.

- Potter, K., Rosen, P. & Johnson, C. R. (2012). From Quantification to Visualization: A Taxonomy of Uncertainty Visualization Approaches. In A. M. Dienstfrey & R. F. Boisvert (Hrsg.), *Uncertainty Quantification in Scientific Computing; 10th IFIP WG 2.5 Working Conference, WoCoUQ 2011, Boulder, CO, USA, August 1-4, 2011, Revised Selected Papers* (S. 226-249). Berlin, Heidelberg: Springer. Zugriff am 8.1.2015 auf http://doi.org/10.1007/978-3-642-32677-6_15
- Preim, B. & Dachsel, R. (2010). Die visuelle Kodierung von Informationen. In *Interaktive Systeme* (S. 435-508). Berlin; Heidelberg: Springer. Zugriff am 1.7.2014 auf http://doi.org/10.1007/978-3-642-05402-0_11
- Rahden, W. & Tödt, G. (2008). Visualisierung oder Vision? Einführung und Dokumentation. *Gegenworte*, 20, 3-9.
- Reiche, R., Becker, R., Bender, M., Munson, M., Schmunk, S. & Schöch, C. (2014). *Verfahren der Digital Humanities in den Geistes- und Kulturwissenschaften* (Bericht Nr. 4). Göttingen: DARIAH-DE. Zugriff am 19.1.2015 auf <http://webdoc.sub.gwdg.de/pub/mon/dariah-de/dwp-2014-4.pdf>
- Reichert, R. (Hrsg.). (2014a). *Big Data. Analysen zum digitalen Wandel von Wissen, Macht und Ökonomie*. Bielefeld: transcript-Verl.
- Reichert, R. (2014b). Big Data: Medienkultur im Umbruch. In H. Ortner, D. Pfurtscheller, M. Rizzolli & A. Wiesinger (Hrsg.), *Datenflut und Informationskanäle* (S. 37-54). Innsbruck: Innsbruck Univ. Press.
- Reichert, R. (2014c). Digital Humanities. In J. Schröter (Hrsg.), *Handbuch Medienwissenschaft* (S. 511-515). Stuttgart [u.a.]: Metzler.
- Reinalter, H. & Brenner, P. J. (Hrsg.). (2011). *Lexikon der Geisteswissenschaften. Sachbegriffe - Disziplinen - Personen*. Wien [u.a.]: Böhlau.
- Renneberg, M. (2000). Sehen mit unsichtbarem Licht: Das Auge und andere optische Instrumente im frühen 19. Jahrhundert. In C. Meinel (Hrsg.), *Instrument - Experiment. historische Studien* (S. 242-249). Berlin [u.a.]: Verl. für Geschichte der Naturwiss. und der Technik.
- Rösl, F. (2008). Visuelle Evidenz in der Biomedizin. *Gegenworte*, 20, 16-19.
- Russell, P. (2005). Der blinde Wissenschaftler. In A. Beyer & M. Lohoff (Hrsg.), *Bild und Erkenntnis. Formen und Funktionen des Bildes in Wissenschaft und Technik* (S. 19-21). München, Berlin: Dt. Kunstverl. [u.a.].
- Ryan, M.-L., Emerson, L. & Robertson, B. J. (Hrsg.). (2014). *The Johns Hopkins guide to digital media*. Baltimore, Md.: Johns Hopkins Univ. Press.
- Sachs-Hombach, K. (Hrsg.). (2004). *Bild - Bildwahrnehmung - Bildverarbeitung. Interdisziplinäre Beiträge zur Bildwissenschaft*. Wiesbaden: DUV.

- Sachs-Hombach, K. (Hrsg.). (2006a). *Bild und Medium; kunstgeschichtliche und philosophische Grundlagen der interdisziplinären Bildwissenschaft*. Köln: Halem.
- Sachs-Hombach, K. (2006b). Einleitung. In K. Sachs-Hombach (Hrsg.), *Bild und Medium; kunstgeschichtliche und philosophische Grundlagen der interdisziplinären Bildwissenschaft* (S. 7-10). Köln: Halem.
- Salvendy, G. (Hrsg.). (2006). *Handbook of human factors and ergonomics*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Schiele, H.-G. (2012). *Computergrafik für Ingenieure: Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin, Heidelberg: Springer. Zugriff auf 7.1.2015 doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-642-23843-7>
- Schnettler, B. (2007). Auf dem Weg zu einer Soziologie visuellen Wissens. *sozialersinn. Zeitschrift für hermeneutische Sozialforschung*, 189-210.
- Schnettler, B. & Pötzsch, F. S. (2007). Visuelles Wissen. In R. Schützeichel (Hrsg.), *Handbuch Wissenssoziologie und Wissensforschung* (S. 472-484). Konstanz: UVK.
- Scholz, O. R. (2004). *Bild, Darstellung, Zeichen. Philosophische Theorien bildhafter Darstellung*. Frankfurt am Main: Klostermann.
- Schröter, J. (2004). Analog / Digital - Opposition oder Kontinuum? In J. Schröter & A. Böhnke (Hrsg.), *Analog / Digital - Opposition oder Kontinuum? Zur Theorie und Geschichte einer Unterscheidung* (Bd. 2, S. 7-30). Bielefeld: Transcript Verl.
- Schröter, J. & Böhnke, A. (Hrsg.). (2004). *Analog / Digital - Opposition oder Kontinuum? Zur Theorie und Geschichte einer Unterscheidung* (Bd. 2). Bielefeld: Transcript Verl.
- Schulz, M. (2009). *Ordnungen der Bilder. Eine Einführung in die Bildwissenschaft*. München: Fink.
- Schumann, H. & Müller, W. (2000). *Visualisierung. Grundlagen und allgemeine Methoden*. Berlin [u.a.]: Springer.
- Schumann, H. & Müller, W. (2004). Informationsvisualisierung: Methoden und Perspektiven. *it - Information Technology*, 46, 135-141. Zugriff am 4.11.2014 auf <http://doi.org/10.1524/itit.46.3.135.34217>
- Schützeichel, R. (2004). *Soziologische Kommunikationstheorien*. Konstanz: UVK.
- Schützeichel, R. (Hrsg.). (2007). *Handbuch Wissenssoziologie und Wissensforschung*. Konstanz: UVK.
- Scriptthreads*. (o. J.). Desktop-Applikation.

- Shevelev, E. (2014). Screening methodology: Visualization in digital humanities. *The Russian Academic Journal*, 29 (3), 77-81. Zugriff am 5.1.2015 auf <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.15535/290>
- Shneiderman, B. (1996). The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. *IEEE Symposium on Visual Languages*, 336–343. Zugriff am 4.11.2014 auf <http://doi.org/10.1109/VL.1996.545307>
- Sinclair, S. & Rockwell, G. (o. J.). *Voyant Tools*. Web-Service. Zugriff am 10.1.2015 auf <http://voyant-tools.org>
- Sinclair, S., Ruecker, S. & Radzikowska, M. (2013). Information Visualization for Humanities Scholars. In *Literary Studies in the Digital Age: A Methodological Primer*. Modern Language Association of America. Zugriff am 13.12.2015 auf <http://doi.org/10.1632/lssa.2013.6>
- Singer, W. (2004). Das Bild in uns. Vom Bild zur Wahrnehmung. In C. Maar & H. Burda (Hrsg.), *Iconic turn. Die neue Macht der Bilder* (S. 56-76). Köln: DuMont.
- Spence, B. (2014). Teaching Information Visualization via Creative Design. In A. Ebert, G. C. van der Veer, G. Domik, N. D. Gershon, I. Scheler & B. Spence (Hrsg.), *Building Bridges: HCI, Visualization, and Non-formal Modeling* (S. 3-7). Berlin Heidelberg: Springer. Zugriff am 29.10.2014 auf http://doi.org/10.1007/978-3-642-54894-9_1
- Stahnisch, F. & Bauer, H. (Hrsg.). (2007). *Bild und Gestalt: Wie formen Medienpraktiken das Wissen in Medizin und Humanwissenschaften?* Hamburg; Münster: LIT.
- Stone, M. (2009). *Information Visualization: Challenge for the Humanities*. Zugriff am 15.1.2015 auf http://www.clir.org/pubs/resources/promoting-digital-scholarship-ii-clir-neh/stone11_11.pdf
- TimeFlow*. (o. J.). Desktop-Applikation.
- Turner, E. (o. J.). *Life in LA, 1970*. Zugriff am 12.11.2014 auf <http://www.csun.edu/~hfgeg005/eturner/gallery.html>
- Ullrich, W. (2003). Das Vorzimmer Gottes. *Neue Rundschau*, 114 (3), 75-87.
- Universität Wien. (2013). *Zentrale statistische Informationen der Universität Wien*. Zugriff am 28.12.2014 auf <http://studienservice-lehrwesen.univie.ac.at/weiteres-service/statistik/zahlen-und-statistiken/>
- Ware, C. (2013a). Chapter One - Foundations for an Applied Science of Data Visualization. In *Information Visualization* (Third Edition Aufl., S. 1-30). Boston: Morgan Kaufmann. Zugriff am 1.7.2014 auf <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-381464-7.00001-6>

Ware, C. (2013b). Chapter Six - Static and Moving Patterns. In *Information visualization* (S. 179 - 237). Boston: Morgan Kaufmann. Zugriff am 1.7.2014 auf <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-381464-7.00006-5>

Ware, C. (2013c). *Information visualization. Perception for design*. Boston: Morgan Kaufmann. Zugriff am 1.7.2014 auf <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123814647>

Westermann, S. & Groß, D. (2007). Vom Bild zur Erkenntnis? Eine Einführung. In D. Groß & S. Westermann (Hrsg.), *Vom Bild zur Erkenntnis? Visualisierungskonzepte in den Wissenschaften* (S. 11-16). Kassel University Press.

Wimböck, G., Leonard, K. & Friedrich, M. (Hrsg.). (2007). *Evidentia. Reichweiten visueller Wahrnehmung in der Frühen Neuzeit*. Berlin [u.a.]: LIT.

Wolfram Alpha. (o. J.). Web-Service. Zugriff am 22.1.2015 auf <http://www.wolframalpha.com>

8 Abbildungsverzeichnis

2.1	Stammbaum des Bildes (Mitchell, 2008, 20)	12
3.1	Wissenschaftliche Visualisierung in der Medizin (Brodbeck et al., 2009, 32)	24
3.2	Informationsvisualisierung (erstellt mit Gapminder - Screenshot)	25
3.3	Medienvisualisierung (erstellt mit ImageJ und dem Makro ImagePlot - Screenshot)	27
3.4	Nicht-expressive Darstellung (Mackinlay, 1986, 122)	27
3.5	Expressive Darstellung (Mackinlay, 1986, 123)	27
3.6	Nicht-effektive Darstellung (Bertin, 1982, 146)	28
3.7	Effektive Darstellung (Bertin, 1982, 146)	28
3.8	Visualisierungspipeline - nach Schumann und Müller (Schumann & Müller, 2000, 15)	30
3.9	Visualisierung univariater Daten mit Dashboard (Preim & Dachzelt, 2010, 454)	33
3.10	Visualisierung bivariater Daten mit Streudiagramm (Schumann & Müller, 2000, 131)	33
3.11	Visualisierung des Netzwerks von Facebook-Freunden (erstellt mit Wolfram Alpha - Screenshot)	34
3.12	Kreisdiagramm: eingeschriebene Studierende (nach Herkunft) an der Universität Wien im Wintersemester 2013/14 (Universität Wien, 2013)	36
3.13	Parallele Koordinaten (Mazza, 2009, 50)	36
3.14	„Life in LA, 1970“ von Eugene Turner - Visualisierung mit Chernoff-Faces (Turner, o. J.)	37
3.15	Circle Segments Technik (Keim, 2002b, 103)	38
3.16	Suche nach der Zahl 7	41
3.17	Veränderung des Elements Farbe: Farbton	42
3.18	Veränderung des Elements Farbe: Intensität	42
3.19	Veränderung des Elements Form: Orientierung/Kollinearität	43
3.20	Veränderung des Elements Form: Länge	43
3.21	Veränderung des Elements Form: Breite	44
3.22	Veränderung des Elements Form: Größe	44
3.23	Veränderung des Elements Form: Krümmung	45
3.24	Veränderung des Elements Form: räumliche Gruppierung	45
3.25	Veränderung des Elements Form: zusätzliche Markierung	46
3.26	Veränderung des Elements Form: Form	46

3.27	Veränderung des Elements Form: Anzahl	47
3.28	Veränderung des Elements räumliche Position/Ausrichtung: Konvexität/- Konkavität	47
3.29	Gesetz der Prägnanz	48
3.30	Gesetz von Figur und Grund	49
3.31	Gesetz der Nähe - Objekte sind gleichmäßig verteilt	49
3.32	Gesetz der Nähe - einige Objekte liegen näher beieinander	50
3.33	Gesetz der Ähnlichkeit: Größe	50
3.34	Gesetz der Ähnlichkeit: Farbe	51
3.35	Gesetz der Ähnlichkeit: Form	51
3.36	Gesetz der gemeinsamen Region	52
3.37	Gesetz der Geschlossenheit	52
3.38	Gesetz der Verbundenheit	53
3.39	Gesetz der Kontinuität	53
3.40	Gesetz der Symmetrie: nicht symmetrisch	54
3.41	Gesetz der Symmetrie: symmetrisch	54
3.42	Gesetz des gemeinsamen Schicksals / der gemeinsamen Bewegung	55
3.43	Gesetz der Erfahrung	55
5.1	Einfachs Balkendiagramm (Drucker, 2011, Figure 1)	84
5.2	Voyant - die erste Ansicht (erstellt mit Voyant Tools - Screenshot)	91
5.3	Voyant - Cirrus (erstellt mit Voyant Tools - Screenshot)	92
5.4	Voyant - Word Trends am Beispiel des Wortes „Sehsinn“ (erstellt mit Voyant Tools - Screenshot)	92
5.5	Voyant - Bubblelines (erstellt mit Voyant Tools - Screenshot)	93
5.6	Voyant - Bubblelines: Vergleich zwischen Inaugurationsreden von Bush und Obama (erstellt mit Voyant Tools - Screenshot)	94
5.7	Voyant - Collocate Clusters mit den Begriffen „Sehsinn“ und „Wahrneh- mung“ (erstellt mit Voyant Tools - Screenshot)	94
5.8	ScripThreads - Interface (erstellt mit ScripThreads - Screenshot)	96
5.9	ScripThreads - Force Directed Graph (Hoyt et al., 2014, 21, Figure 7)	97
5.10	ScripThreads - Increasing Graph (Hoyt et al., 2014, 26, Figure 9)	98
5.11	ScripThreads - Increasing Graph mit einem Protagonisten, der in jeder oder fast jeder Szene auftaucht (vgl. Hoyt et al., 2014, 26, Figure 38)	99
5.12	ImagePlot - Vergleich der Werke von Mondrian und Rothko (Manovich, 2011a)	100
5.13	ImagePlot - Vergrößerter Ausschnitt (Manovich, 2011a)	101
5.14	ImagePlot - Vergleich mit Einbezug der Zeitdimension (Manovich, 2011a)	102
5.15	Mandala-Browser - Interface (Screenshot)	103
5.16	Mandala-Browser - Romeo und Julia: Magneten für die beiden Protago- nisten (erstellt mit Mandala Browser - Screenshot)	104
5.17	Mandala-Browser - Romeo und Julia: Vorkommen des Begriffs „love“ in Textstellen (erstellt mit Mandala Browser - Screenshot)	105

5.18	Gephi - Einfluss von Philosophen aufeinander (erstellt mit Gephi - Screenshot)	107
5.19	Palladio - Map View (erstellt mit Palladio - Screenshot)	108
5.20	Palladio - TimeLine Tool (erstellt mit Palladio - Screenshot)	109
5.21	Palladio - Graph View (erstellt mit Palladio - Screenshot)	109
5.22	Palladio - Visualisierung der Pez-Korrespondenz	110
5.23	TimeFlow - Leben von Claude Monet (erstellt mit TimeFlow - Screenshot)	111
5.24	Republic of Letters - Interface (Screenshot)	113
5.25	Republic of Letters - Connection View (erstellt mit Republic of Letters - Screenshot)	114
5.26	Republic of Letters - Volume View (erstellt mit Republic of Letters - Screenshot)	115
5.27	Republic of Letters - Flow View (erstellt mit Republic of Letters - Screenshot)	116
5.28	Republic of Letters - Comparison View (erstellt mit Republic of Letters - Screenshot)	117
5.29	Phototrails - Überblick über den 20. bis 26. April 2012 in Tel Aviv (vgl. Hochmann & Manovich, 2013)	119
5.30	On the Origin of Species: The Preservation of Favoured Traces (vgl. Fry, o. J.) - Screenshot	120

9 Curriculum vitae

Persönliche Daten:

Name: Beate Maria Pamperl
Geburtsort: Horn

Schulbildung:

1998-2003 Handelsakademie mit Schwerpunkt
Wirtschaftsinformatik und Organisation, 2042
Hollabrunn

Studium:

Seit 2003 Studium der Theater-, Film und Medienwissenschaft
an der Universität Wien
Seit 2009 Studium der Informatik an der Technischen Universität
Wien

Beruflicher Werdegang:

Seit 2007 EDV-Beauftragte am Institut für Geschichte der
Universität Wien
Seit 2008 Mitarbeit an zahlreichen Projekten an der Universität
Wien
Seit 2014 IT-Koordinatorin der Historisch-Kulturwissenschaftlichen
Fakultät der Universität Wien

Wissenschaftliche Publikationen und Vorträge:

- „Kösten, Juchten, Gschmeid...“ : Der Kremser Handel im Zeitalter des Merkantilismus – Datenbank und Analyse. Vortrag im Rahmen der Reihe „Geschichte am Mittwoch“, 18. November 2009.
- Rauscher, P., Serles, A., & Pamperl, B. M. (2012). Die Kremser Waag- und Niederlagsbücher. Bedeutung und Möglichkeiten der digitalen Erschließung von wirtschaftshistorischen Massenquellen. *Pro Civitate Austriae*, 57-82.

Hobbys:

Lesen, Sport, Programmieren