



Universität Siegen

Fakultät IV - Fachbereich Informatik - Lehrstuhl für Computergraphik

Bachelorarbeit

Mock-Ups für Visualisierungen kooperationsrelevanter medizinischer Daten

im Teilprojekt „Visuell integrierte medizinische Kooperation“
des DFG Sonderforschungsbereichs 1187 „Medien der Kooperation“

Eingereicht von:

Julia Moos

Matrikelnummer: 1100910

Schlosserstr. 05

57076 Siegen

1. Gutachter:

Prof. Dr. Andreas Kolb

2. Gutachter

Dr. phil. Cornelius Schubert

Bachelorstudiengang: Informatik PO 2012

6. Fachsemester

Abgabedatum: 16.09.2016

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, insbesondere keine anderen als die angegebenen Informationen aus dem Internet. Diejenigen Paragraphen der für mich gültigen Prüfungsordnung, welche etwaige Betrugsversuche betreffen, habe ich zur Kenntnis genommen. Der Speicherung meiner Bachelorarbeit zum Zwecke der Plagiatsprüfung stimme ich zu. Ich versichere, dass die elektronische Version mit der gedruckten Version inhaltlich übereinstimmt.

(Ort, Datum)

(Unterschrift der Verfasserin)

Abstrakt

Ziel dieser Bachelorarbeit ist ein grobes Konzept für die Erstellung von Mock-Ups im Rahmen des Projekts „Visuell Integrierte Klinische Kooperation“. In diesem Projekt geht es darum, integrierte Kooperationsformen im Bereich der Neurochirurgie zu beobachten und in einem visuellen System zu integrieren. Die Mock-Ups in dieser Arbeit sollen es ermöglichen, erste Ansätze und Visualisierungsmethoden zu veranschaulichen. Dabei geht es speziell um Methoden, welche Daten am menschlichen Körper visualisieren.

Im ersten Teil werden dafür die Grundlagen der Visualisierung erklärt und der Bezug zur visuellen Tradition der Medizin dargelegt. Danach wird ein „Use Case“ beschrieben, welcher die Daten für die Visualisierungen liefert. Dieser wurde durch eigene Beobachtungen erarbeitet. Darauf aufbauend werden mögliche Visualisierungsmethoden ausfindig gemacht und skizziert. Im Anschluss wird ein grobes Konzept zur Erstellung von Mock-Ups präsentiert und beispielhaft umgesetzt. Abschließend werden resultierende Aufgaben genannt und ein Ausblick auf den weiteren Verlauf des Projekts gegeben.

Abstract

The aim of this bachelor thesis is a rough concept for creating mock-up for the project „Visual Integrated Clinical Cooperation“. The project aims to integrate forms of cooperation in the field of neurosurgery in a visual system. The mock-up in this work should illustrate first methods of visualisation. The focus is lies on methods which visualize data on the human body.

The first part describes the basics of visualization and the relation to visual tradition in medicine. Afterwards a „Use Case “ is defined which provides the data for the visualization. It was developed through own observations. Possible visualization methods are identified and outlined. A rough concept for creating mock-up will be presented and implemented by way of example. Finally, resulting tasks are named and an outlook on the further course of the project is given.

Danksagung

Vielen Dank an meine beiden Betreuer Herr Kolb und Herr Schubert und das gesamte Projektteam des VikK Projekts. Ich bin froh, ein so spannendes Thema in dem Projekt gefunden zu haben und sehr dankbar für die Unterstützung bei der Bearbeitung.

Ganz besonderer Dank gilt meiner Mama. Ohne sie hätte ich es nie so weit geschafft!

Und auch allen anderen fleißigen Zuhörern und Korrekturlesern gilt mein Dank: meinem Bruder, meinem Freund, meinem Papa und meinem Opa.

Nicht zu vergessen: Michelle Flender! Ohne sie wäre ich regelmäßig verzweifelt.

Verweis: Mit jeder Personenbezeichnung sind immer beide Geschlechter gemeint. In dieser Ausarbeitung wird stellvertretend die männliche Form verwendet.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Motivation und Aufbau der Arbeit	1
1.2. Kontext - Das Projekt: „Visuell integrierte klinische Kooperation“	2
1.3. Zielsetzung	3
2. Grundlagen	4
2.1. Grundlagen der Visualisierung	4
2.2. Wissenschaftliche Visualisierung	9
2.3. Informationsvisualisierung	10
2.4. Illustrative Visualisierung	11
2.5. Interaktion	12
2.6. Medizinische Visualisierung	13
2.7. Techniken der Visualisierung	16
3. Spezifikation der Zielsetzung	22
4. Der Use Case	23
4.1. Herangehensweise und Finden des Use Case	23
4.2. Visuell relevante Daten	26
5. Konzepte zur Visualisierung	29
5.1. Kriterien für geeignete Konzepte	29
5.2. Vorgehensweise	30
5.3. Visualisierungsansätze (Scribbles) und angewendete Techniken	32
6. Mock-Up Erstellung	39
6.1. Anforderungen und Konzeptentwicklung	39
6.2. Umsetzung	41
7. Zusammenfassung und Ausblick	46
7.1. Zusammenfassung und Fazit	46
7.2. Ausblick	47
Literaturverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Anhang	V

1. Einleitung

„Eine Chance auf Veränderung“ oder „Parallelwelten zusammenführen“ ¹

Die Einleitung gibt einen Überblick über das Thema und den Aufbau der Arbeit (Abschnitt 1.1). Dazu werden das Projekt, in dessen Rahmen diese Arbeit entsteht, in Abschnitt 1.2 vorgestellt und die konkreten Forschungsfragen definiert (Abschnitt 1.3).

1.1. Motivation und Aufbau der Arbeit

Visuelle Verfahren spielen in der Medizin schon immer eine entscheidende Rolle. Seit jeher gibt es Lehrbücher, welche Anschauungen und Skizzen des menschlichen Körpers, von Bakterien über Zellen bis zu Knochen, enthalten. In der heutigen Zeit, wo Computer große Datenmengen berechnen und darstellen können, ist Visualisierung auch in der Medizin gefragter denn je. Im medizinischen Kontext, in dieser Arbeit die Diagnose und Therapie der Neurochirurgie, ist es enorm wichtig, viele Informationen zu kombinieren und zu extrahieren [19]. Nur so können die richtigen Schlussfolgerungen bezogen auf die Diagnose und Behandlung eines Patienten gezogen werden. Visualisierung kann diesen Prozess unterstützen, die Merkfähigkeit erhöhen und die Kommunikation fördern [20]. Eine gute Weiterentwicklung und Verbesserung von diesem Bereich ist also sinnvoll. Aus diesem Grund sollten auch neue Arten der Visualisierung untersucht werden.

In der Medizin dreht sich alles um den menschlichen Körper. Deshalb werden in dieser Bachelorarbeit Visualisierungstechniken betrachtet, um Daten und Informationen auf einem Bild des menschlichen Körpers darzustellen.

Der erste Teil dieser Arbeit beschäftigt sich konkret mit der Frage: Wie können Daten auf dem Körper visualisiert werden? Dazu wird erst einmal darauf eingegangen, was Visualisierung überhaupt ist. Der Unterschied zwischen Wissenschaftlicher Visualisierung und Informations-Visualisierung wird erklärt und grundlegende Visualisierungstechniken werden erläutert. Ein durch eigene Beobachtungen gefundener „Use Case“ ² bildet dann die Grundlage, um Kriterien für geeignete Visualisierungen zu definieren. Erste Ideen werden durch Skizzen beispielhaft illustriert.

¹Aussagen aus Besprechung im Jung-Stilling-Krankenhaus siehe Abschnitt 5.2

²zu deutsch: Anwendungsfall

Im zweiten Teil der Arbeit wird ein Konzept für die Erstellung von Mock-Ups entwickelt. Beispielhaft werden Visualisierungsideen aus dem ersten Teil dargestellt. Die 2D Skizzen werden dafür in 3D umgesetzt und entsprechend angezeigt.

1.2. Kontext - Das Projekt: „Visuell integrierte klinische Kooperation“

Die vorliegende Bachelor-Arbeit entsteht im Rahmen des Projekts „Visuell integrierte klinische Kooperation“ (im Folgenden VikK). Es ist ein von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördertes Teilprojekt des Sonderforschungsbereichs „Medien der Kooperation“³ an der Universität Siegen. Eine der Hauptfragestellungen, welche das Projekt beantworten möchte, lautet: Wie kann Kooperation im medizinischen Kontext durch Visualisierung unterstützt werden? Dazu wird u.a. der Ansatz der visuellen Überlagerung von Information und einem Bild des Patienten verfolgt. Speziell visuell integrierte Kooperationsformen für arbeitsteilig ausdifferenzierte Behandlungsabläufe in der Neurochirurgie [1] spielen für das Projekt eine wichtige Rolle.

Das Projektteam setzt sich zum einen aus Soziologen und Ethnologen zusammen, zum anderen aus Informatikern. Aus soziologischer Sicht steht die Beurteilung der Komplexität der Behandlungspfade und die visuelle Integration im Mittelpunkt. Aus Sicht der Informatik wird die Erzeugung neuer Visualisierungsmethoden und die Umsetzung in ein visuelles System besonders betrachtet. [1] Diese Interdisziplinarität ermöglicht die gezielte und auf den Anwendungsbereich abgestimmte Lösung der Forschungsfragen.

Da es um neue Formen der Kooperationsunterstützung geht, ist das Projekt im Bereich der Grundlagenforschung einzuordnen.

Mit dieser Arbeit wird ein Ansatz innerhalb des Projekts ausgearbeitet. Erste Visualisierungen werden ausprobiert, welche im weiteren Verlauf erweitert, verändert oder verworfen werden. Ein Use Case wird als erster Anwendungsfall festgelegt und durch die Mock Up eine effektive Kommunikation der Visualisierungsmethoden ermöglicht (vgl. Haupteinsatz von Mock-Ups in [5]).

³<http://www.mediacoop.uni-siegen.de/>

1.3. Zielsetzung

In dieser Arbeit geht es um zwei Forschungsfragen:

1. **Wie können relevante neurologische Daten am menschlichen Körper visualisiert werden?**
2. **Wie muss ein Konzept zur Erstellung von Mock-Ups für das Projekt VikK aussehen?**

Die erste Forschungsfrage beruht auf der Grundidee des VikK Projekts, Daten und Patient zu überlagern (siehe vorigen Abschnitt 1.2). Dafür sollen erste Visualisierungsmethoden gesucht oder entwickelt werden.

Es wird ein zweiteiliger Lösungsansatz für dieses Problem verfolgt: Zuerst muss ein Überblick über Visualisierungsmethoden erarbeitet werden, um die Grundlagen von Visualisierung zu verstehen. Daraus können sich erste Visualisierungsmethoden ergeben, um Daten an den Körper zu bringen. Danach sollen zusätzlich eigene kreative Überlegungen und das Diskutieren mit den Kollegen zu weiteren Visualisierungsansätzen führen. Um entscheiden zu können, welche Methoden geeignet sind, müssen entsprechende Kriterien definiert werden.

Die zweite Forschungsfrage dieser Bachelor-Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Konzepts zur Erstellung von Mock-Ups. Diese sollen möglichst in der gesamten ersten Projektphase des VikK Projekts genutzt werden können. Daraus resultieren komplexe Anforderungen, u.a. eine hohe Veränderbarkeit, damit neue Visualisierungsideen direkt und einfach umgesetzt werden können und das Darstellen eines 3D-Modells mit einem Tablet.

Da die Mock-Ups für das VikK Projekt entwickelt werden, wird für die Erstellung des Konzepts die Projektbeschreibung als Grundlage betrachtet. Weitere Anforderungen müssen im Verlaufe der Arbeit durch Gespräche mit dem Projektteam identifiziert werden. Um zu zeigen, dass das Konzept realisierbar ist, soll es beispielhaft umgesetzt werden.

2. Grundlagen

In diesem Kapitel wird erklärt was Visualisierung überhaupt ist (siehe Abschnitt 2.1). Zum grundlegenden Verständnis müssen auch die beiden große Forschungsrichtungen, Wissenschaftliche Visualisierung und Informationsvisualisierung, bekannt sein. Diese werden in Abschnitt 2.2 und Abschnitt 2.3 dargestellt. Danach wird in Abschnitt 2.4 die Illustrative Visualisierung beschrieben. Illustrative Visualisierung wird hauptsächlich in Anwendungsfällen der Wissenschaftlichen Visualisierung eingesetzt und könnte so auch als Teilgebiet von dieser angesehen werden. Es ist vielleicht nicht auf den ersten Blick offensichtlich, aber auch Interaktion spielt bei der Visualisierung eine wichtige Rolle. Deshalb wird Interaktion kurz in Abschnitt 2.5 beschrieben. Ein weiterer Spezialfall der Wissenschaftlichen Visualisierung ist die Visualisierung im medizinischen Kontext. Was genau für Visualisierungen in der Medizin vorkommen und wofür man sie braucht, klärt Abschnitt 2.6. Da hier auch das Thema Interaktion wichtig ist, wurde der entsprechende Abschnitt 2.5 vor der Medizinischen Visualisierung eingefügt.

2.1. Grundlagen der Visualisierung

Visualisieren bedeutet „optisch darstellen, veranschaulichen“⁴, also Daten oder Informationen durch ein Bild repräsentieren. Aber warum sollte man aus Daten ein Bild machen, wenn man sie ja auch einfach in eine Liste oder Tabelle schreiben könnte? Weil die visuelle Wahrnehmung beim Menschen eine besondere Rolle spielt. Große Teile des menschlichen Gehirns werden allein für das Sehen verwendet. So können sich Menschen Bilder besonders gut merken und sie schnell aus der Erinnerung wieder abrufen. Auch Veränderungen in Bildern fallen viel deutlicher auf als Veränderungen in rohen Daten (z.B. Veränderungen von Zahlenwerten). Außerdem gelingt eine (schnelle) Orientierung bei großen Datenmengen leichter, da der Mensch visuelle Informationen teilweise parallel erfassen kann. [4, 23]

Ein gutes Beispiel für eine Visualisierung durch bildgebende Verfahren in der Medizin, ist ein Magnetresonanztomografie-Bild. Bei der MRT (Magnetresonanztomografie) kann, mithilfe von starken Magnetfeldern und mathematischen Verfahren, die lokale Protonendichte im Gewebe bestimmt werden. Diese Dichten liegen dann als Zahlenwerte vor.

⁴Quelle: Duden siehe <http://www.duden.de/rechtschreibung/visualisieren>

Ohne eine Visualisierung können Ärzte aus diesen Zahlen keinen wirklich Nutzen ziehen. Deshalb wird dieser Dichte ein bestimmter Grauwert zugeordnet und diese Grauwerte entsprechend in einem Bild dargestellt. So werden die Zahlen durch ein Bild visualisiert. Der Arzt kann einzelne Gewebeschichten unterscheiden und so beispielsweise Organe und Tumore erkennen [19]. Um ein MRT also überhaupt sinnvoll nutzen zu können, braucht man Visualisierung.

Wie man an diesem Beispiel gut erkennen kann, ist das Ziel von Visualisierung der Einblick in Daten und nicht die Erzeugung eines Bildes. Visualisierung dient der Darstellung, dem Verständnis, der Analyse und der Kommunikation von Daten. Sie soll es ermöglichen, Beziehungen, Strukturen und Muster in Daten zu erkennen und diese zu extrahieren (im Beispiel des MRT-Bildes: Ein Organ erkennen und einzeln darstellen). Bei der Analyse und dem Verstehen von Daten kommen menschliche Eigenschaften, wie Flexibilität, Kreativität und Allgemeinverständnis, zum Einsatz. Deshalb hängt Visualisierung nicht nur von den Daten ab, sondern muss immer auch auf den Menschen, den Anwender, abgestimmt sein. [6, 12, 20]

Aus diesen Abhängigkeiten ergeben sich Kriterien, nach denen man eine Visualisierung bewerten kann:

Expressivität, Effektivität und Angemessenheit.[22]

Die **Expressivität** bezieht sich auf die Daten. Wenn eine visuelle Darstellung expressiv ist, gibt sie die ihr zu Grunde liegenden Daten unverfälscht wieder. Es werden also keine Daten oder Beziehungen hinzugefügt, die in den eigentlichen Daten nicht enthalten sind. [22] Ein Beispiel für eine Darstellung mit bzw. ohne Expressivität sieht man in Abbildung 2.1 auf der nächsten Seite. Die Abbildung zeigt zwei unterschiedliche Visualisierungen für die Verteilung der Sitze im Bundestag 2015. Die erste Darstellung spiegelt die Verteilung korrekt und ohne zusätzliche Informationen oder Beziehungen wieder. Sie ist also expressiv. Bei der Zweiten hingegen wurde noch ein weiterer unbeschrifteter Kreisteil hinzugefügt. Diese helle Fläche könnte vom Betrachter als eine oder mehrere zusätzliche Partei(n) interpretiert werden oder für ihn bedeuten, dass entsprechend viele Sitze im Bundestag leer bleiben. Es entstehen also ungewollte Informationen und Beziehungen und die Darstellung ist nicht expressiv.

Das zweite Kriterium, die **Effektivität**, rückt den Betrachter in den Fokus: Eine Visua-

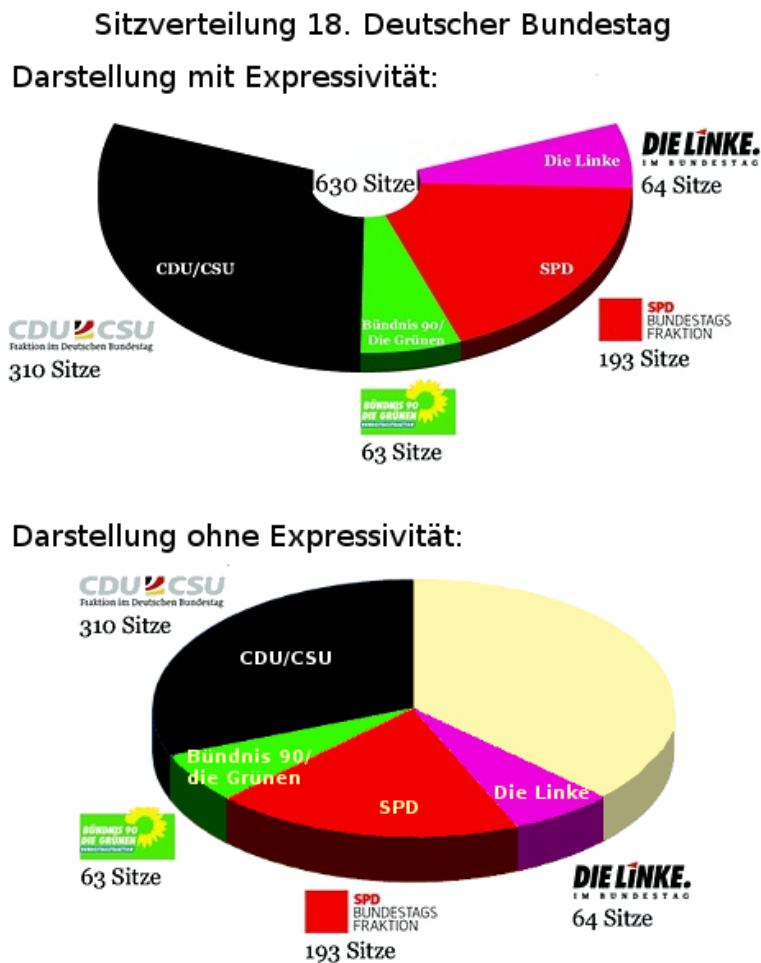


Abbildung 2.1: Beispiel zur Expressivität:

Sitzverteilung des 18. Deutschen Bundestages, Stand:09 2015

Quelle obere Darstellung:

https://www.bundestag.de/bundestag/plenum/sitzverteilung_18wp

lisierung ist effektiv, wenn sie besonders gut an die visuellen Eigenschaften des Menschen angepasst ist. Zusätzlich berücksichtigt die Effektivität die Anpassung an das Ausgabe- oder Darstellungsgerät, sowie an die Zielsetzung und den Anwendungskontext. [22] Ein gutes Beispiel dafür sind verschiedene Karten in einem Atlas, wie eine physische und eine politische Karte (siehe Abbildung 2.2 auf der nächsten Seite). Möchte man sich über die politischen Grenzen informieren, ist die politische Karte effektiver. Dem Betrachter wird es, z.B. durch die unterschiedlichen Farben, besonders einfach gemacht, einzelne Länder zu unterscheiden und Grenzen zu finden. Auch die verhältnismäßige Größe der Länder

kann schnell erfasst werden. Das ist bei der physischen Karte nicht der Fall. Der Betrachter muss sich deutlich anstrengen, um die hellen Linien der Landesgrenzen zu erkennen. Sie ist für diesen Anwendungsfall also weniger effektiv. Ist hingegen die Erdoberfläche mit ihren Höhen von Interesse, ist die Effektivität der physischen Karte sehr gut. Man kann auf den ersten Blick erkennen, wo die Berge hoch sind, wo das Land flach ist, das Meer sehr tief ist usw. Die Effektivität steht und fällt also mit dem Ziel des Betrachters.

physische Weltkarte:



politische Weltkarte:



Abbildung 2.2: Beispiel zur Effektivität:
physische und politische Weltkarte
Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Physische_Karte und
https://de.wikipedia.org/wiki/Politische_Karte

Jetzt bleibt noch das dritte Kriterium zu erläutern: Die **Angemessenheit**. Hierbei geht es um den Kosten-Nutzen Aufwand zur Erstellung einer Visualisierung. Die Angemessenheit beschreibt somit eine andere Bewertungsebene als Expressivität und Effektivität.

vität, da nicht mehr der Mensch im Fokus steht. Eine angemessene Visualisierung ist ein „goldener Mittelweg“ zwischen Kosten und ihrem Nutzen. [22] Dafür muss beispielsweise die Dauer der Berechnungszeit gegen das Ergebnis und seine Effektivität abgewogen werden.

Nachdem die Bewertungskriterien für eine Visualisierung erläutert wurden, soll nun die Fragestellung, was eine gute Visualisierung ausmacht, behandelt werden. In [14] werden dazu drei Bedingungen aufgestellt, von denen eine Visualisierung abhängt (siehe auch Abbildung 2.3):

1. Datentyp der zu visualisierenden Daten
2. Visualisierungstechnik
3. Interaktions- und Verzerrungstechnik

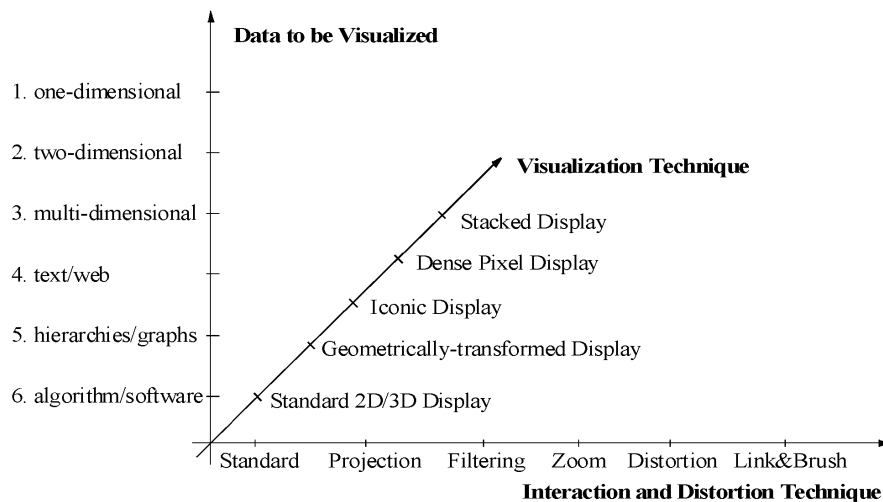


Abbildung 2.3: Mapping:
Auswahl der Visualisierungstechnik
Quelle: [14]

Bei den zu visualisierenden Daten kommt es besonders auf den Datentyp an. Dabei wird z.B. zwischen eindimensionale oder zweidimensionale Daten, Texte oder Graphen unterschieden. Einen guten Überblick über Datentypen liefert [23]. Es gibt Datentypen die direkt visualisiert werden können (dazu gehören Zahlen) und Datentypen die erst transformiert werden müssen (dazu gehören Text). Es geht also um die Frage: „Was wird visualisiert?“

Die zweite Bedingung, die Visualisierungstechnik, bezieht sich auf die gewählte Darstellungsart. Das Auswählen einer geeigneten Visualisierungstechnik wird als **Mapping** bezeichnet. [22] Die Auswahlkriterien für das Mapping entsprechen den Bewertungskriterien einer Visualisierung, also Expressivität, Effektivität und Angemessenheit. Beim Mapping wird die Frage: „Wie wird visualisiert?“, betrachtet. In Abschnitt 2.7 werden, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, die einige Techniken vorgestellt.

Die Interaktions- und Verzerrungstechniken bestimmen die Möglichkeiten des Nutzers, die Visualisierung zu verändern, zu filtern oder zu zoomen etc. (weitere Techniken siehe [14]). Die Frage: „Was kann der Nutzer mit der Visualisierung anfangen?“, fasst diesen dritten Punkt gut zusammen.

2.2. Wissenschaftliche Visualisierung

Wissenschaftliche Visualisierung ist eine von zwei Hauptforschungsrichtungen in der Informatik zum Thema Visualisierung. Das wichtigste Merkmal von Wissenschaftlicher Visualisierung ist die **räumliche Struktur** der zu visualisierenden Daten.[6] Es werden z.B. zwei- oder dreidimensionale Daten dargestellt. Diese können aus Mess- oder Simulationsergebnissen gewonnen werden. Die drei Hauptziele von Wissenschaftlicher Visualisierung sind [19]:

- Daten untersuchen
- eine Hypothese aufgrund von Messergebnissen/Simulationen und deren Visualisierung testen
- Präsentation von Ergebnissen

Wissenschaftliche Visualisierung existierte bereits bevor es Computer gab. Seit es Messergebnisse gibt, haben Menschen versucht diese entsprechend zu visualisieren. Seitdem Computer vorhanden sind, haben sich die Methoden vom zweidimensionalen zum dreidimensionalen entwickelt. Eine dreidimensionale Darstellung von Daten ist heute aus der Wissenschaft nicht mehr wegzudenken. Die Wissenschaftliche Visualisierung ist ein eigenständiges Forschungsgebiet, welches sich innerhalb der Computergraphik einordnen lässt. [12] Teilgebiete der Wissenschaftlichen Visualisierung sind beispielsweise Visuali-

sierung von Simulationsergebnissen im Automobilbau [21] und die Visualisierung von Volumendaten [18].

2.3. Informationsvisualisierung

Informationsvisualisierung ist die zweite Hauptforschungsrichtung bezüglich Visualisierung in der Informatik. In der Informationsvisualisierung geht es um die visuelle Darstellung von abstrakten Daten, meistens ohne direkten räumlichen Bezug. Das können textuelle oder numerische Daten sein, wie Börsenkurse oder auch Baum- und Netzstrukturen. Die Ziele der Informationsvisualisierung sind:

- abstrakte Daten erfassbar und verständlich machen [6, 15]
- Verstärkung der menschlichen Kognition [6, 15]
- schnelles Erkennen von Besonderheiten in großen Datenmengen, z.B. Muster, Anhäufungen, Lücken [23]

Die Informationsvisualisierung ist aus Wissenschaftlicher Visualisierung entstanden.[15] Der Hauptunterschied liegt in der Struktur der Daten: Daten mit räumlichem Bezug in der Wissenschaftlichen Visualisierung und abstrakte Daten ohne räumlichen Bezug in der Informationsvisualisierung.

Techniken der Informationsvisualisierung sind u.a. Diagramme, Graphen oder Netzwerke. Ein Beispiel wäre Abbildung 2.4 (siehe nächste Seite). Hier sieht man eine Visualisierung einer Zitationsanalyse im Bereich der Publikationen zum Thema Outsourcing durch einen Graphen.

In der Informationsvisualisierung ist eine interaktive Gestaltung von besonderer Bedeutung. Nur so kann das visuelle System des Benutzers optimal unterstützt werden. Techniken der Interaktion sind beispielsweise Filter oder Zoom.[15]

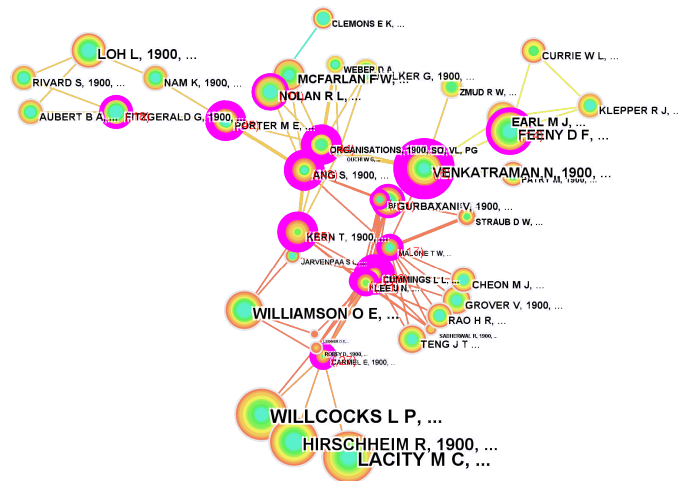


Abbildung 2.4: Beispiel zur Informationsvisualisierung:
Streckenplan der Londoner U-Bahn
Quelle: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/Autor.png>

2.4. Illustrative Visualisierung

Ein anderer Ansatz der visuellen Darstellung ist die Illustrative Visualisierung. Illustrative Visualisierung kommt hauptsächlich in der Wissenschaftlichen Visualisierung zum Einsatz. Als erstes fragt man sich vielleicht: Wo ist der Unterschied zwischen Illustration und Visualisierung? Denn beide Richtungen haben das gleiche Ziel: die visuelle Repräsentation von Daten.

Laut Rautek [20] sind die Begriffe Illustration und Visualisierung eine Tautologie, bedeuten also das Gleiche. Allerdings geht es bei Illustration immer um eine Darstellung durch (menschliche) Zeichnungen, während in der Visualisierung zusätzlich andere Methoden gebraucht werden (siehe Abschnitt 2.7). Verbindet man beides zur Illustrativen Visualisierung, hat man eine Methode die versucht, die Eigenschaften menschlicher Zeichnungen durch einen Computer umzusetzen. Solche Techniken werden auch als „Non-photorealistic Rendering“ [26] bezeichnet. Es geht vor allem um die **Vermittlung und Kommunikation von Wissen**. [10, 20] Das deckt sich wieder mit dem Ziel von Illustrationen, welche man früher in vielen Lehrbüchern gefunden hat und immer noch findet.

Mit der normalen, computergenerierten Darstellung verbindet man Objektivität und

Autorität. Handgemalte oder skizzenhafte Darstellungen implizieren eher Menschlichkeit und öffnen so Wege für die Kommunikation. Sie nehmen Ängste vor Perfektion und erleichtern die Abschätzung vom Ziel, der Zugehörigkeit und der Exaktheit von Daten.[26] Mit dieser Methode können oftmals mehr Daten (auch Daten die über die Realität hinaus gehen) dargestellt werden. Allerdings eignen sich nicht alle künstlerischen bzw. illustrativen Methoden, um (wissenschaftliche) Daten zu zeigen. Da bei Illustrationen die Objektivität fehlt, haben computergestützte Rendering Techniken ebenfalls ihre Daseinsberechtigung, um Exaktheit oder Korrektheit zu repräsentieren (siehe S.21 Abbildung 2.11). [20]

Skizzenhafte Darstellung wird auch als „Sketchyness“ bezeichnet und ist eine grundlegende Technik der Illustrativen Visualisierung. Sie wird häufig zum Design von User-Interfaces und zum Prototyping verwendet. So wird direkt der Eindruck vermittelt, dass das Interface noch nicht fertig ist und die Schwelle aktiv mitzugestalten ist geringer. Das ist außerdem hilfreich, wenn Nutzer oder Kunden interviewt oder befragt werden. [26] Weitere Methoden arbeiten mit dem Material, der Beleuchtung, mit Schraffuren. [10]



Abbildung 2.5: Illustrative Visualisierung von Gehirnfasern mittels Depth-Dependant-Halo Methode
Quelle: [10]

2.5. Interaktion

Oftmals ist es für das Verständnis von Daten wichtig, dass persönliche Einstellungen getroffen werden können. Deshalb muss für eine gelungene Visualisierung immer berücksichtigt werden, ob Interaktionsmethoden benötigt werden. Durch Interaktionsmethoden kann der Nutzer die Visualisierung verändern und seinen Bedürfnissen anpassen. Damit er durch das Einstellen nicht seinen Fokus auf die Daten verliert, braucht man eine in-

tuitive Bedienung. [19] So können Auge, Hand und Gehirn zusammen arbeiten.[23] Da der Mensch nur ein begrenztes Kurzzeitgedächtnis besitzt, ist es schwer bis unmöglich große Datenmengen ohne persönliche Einstellungen oder sofortiges Feedback⁵ zu erfassen. Beispielsweise hilft bei der Operationsplanung ein direktes Feedback dem Arzt, sich mögliche Fehler oder geeignete Zugangswege besser einzuprägen. [24] Allerdings werden in der Medizin bisher nur wenige interaktive Systeme verwendet.

Die Wahl der Interaktionsmethode hängt laut [24] von drei Kriterien ab:

- der Aufgabe,
- der Nutzerintention
- und dem Nutzerverhalten.

Einige Beispiele für Interaktionstechniken sind interaktive Projektion, Filterung, Zoom und Verzerrung. [14] Widget-Techniken, wie Buttons und Sliders, können zum Einstellen verwendet werden und per dynamic query Technik eine direkte Veränderung im Bild bewirken. [6]

2.6. Medizinische Visualisierung

Medizinische Visualisierung bedeutet einfach: Visualisierung von medizinischen Daten [19]. Der Anfang der Medizinischen Visualisierung liegt, wie bei der Visualisierung selbst, schon weit zurück. Sehr bekannte, wenn auch basale, medizinische Visualisierungen stammen von Leonardo Da Vinci aus dem 16. Jahrhundert. Da Vinci untersuchte Muskeln und Organe an Leichen und erstellte davon anatomische Skizzen und Dokumentationen, welche als eine erste Form der Visualisierung interpretiert werden können.⁶

Es werden zumeist Daten mit räumlichem Bezug visualisiert, demnach kann die Medizinische Visualisierung als Spezialfall der Wissenschaftlichen Visualisierung betrachtet werden. Alle zuvor genannten Ziele der Wissenschaftlichen Visualisierung kann man auch bei der Medizinischen Visualisierung wiederfinden. In der folgenden Aufzählung ist zu jedem Ziel ein Beispiel aus der Medizin angegeben [19]:

⁵zu deutsch: Rückmeldung

⁶<https://www.br.de/fernsehen/ard-alpha/sendungen/schulfernsehen/meilensteine-leonardo-davinci-anatomie-100.html>

- Daten untersuchen: Wenn man keine Krankheit bestimmen kann (keine Hypothese), werden z.B. radiologische Bilddaten untersucht (mittels Bildverarbeitung, quantitative Bildanalyse, Visualisierung)
- Hypothese: Patient hat bestimmte Krankheit; testen dieser durch klinische Befunde und Bilder
- Daten präsentieren: Radiologe ist zu Diagnose gekommen und will diese dem entsprechenden Arzt präsentieren, oder Operationsplanung (eigenes Beispiel)

Aus diesen Beispielen lässt sich bereits gut erkennen, wofür man Medizinische Visualisierungen meistens braucht: Zur Unterstützung der Behandlungsentscheidungen, der Diagnose und Therapie. Allerdings kommt sie auch bei der Dokumentation, Ärzteausbildung und Medizinforschung zum Einsatz.[19]

Es ist gar nicht leicht ein solches Visualisierungs-System zu entwickeln. Es sind sehr gute Kenntnisse über den diagnostischen Prozess, die Behandlungsentscheidungen und Abläufe erforderlich. Außerdem muss die Wahrnehmung der Rezipienten besonders berücksichtigt werden.[19] Ein Arzt stellt aufgrund der Visualisierung eine Diagnose oder ordnet eine Therapie an. Es dürfen also nur Daten abgebildet werden, welche wirklich vorhanden sind und die Visualisierung muss schnell und intuitiv erfassbar sein. Die Expressivität und Effizienz medizinischer Visualisierungen muss demnach besonders betont werden, da es um verantwortungsvolle, manchmal lebenswichtige, Entscheidungen geht.

Die Interaktion mit dem System ist aus demselben Grund von hoher Bedeutung. Die Bedienung muss möglichst einfach und effizient sein. So können Fehler reduziert werden und Abläufe, z.B. im Krankenhaus, müssen nicht unterbrochen werden. Hier kommt das Forschungsgebiet der **Human Computer Interaction**⁷, also der Mensch-Computer-Interaktion, mit ins Spiel.

Um die oben genannten Eigenschaften der Medizinischen Visualisierung zu illustrieren, finden sich im Folgenden einige Beispiele. Klassiker findet man in der **Medizinischen Bildgebung**. Dazu gehören u.a. das Röntgen, die Computertomographie (im Folgenden CT), die Magnetresonanztomographie und die Sonographie (Ultraschall). Entsprechende Bilder finden sich in Abbildung 2.6 (siehe nächste Seite). Bei diesen Beispiel ist zu beach-

⁷weitere Informationen finden sich in [7]

ten, dass jeweils andere Verfahren zur Datenerzeugung verwendet werden und deshalb auch die Visualisierungstechniken entsprechend unterscheiden.

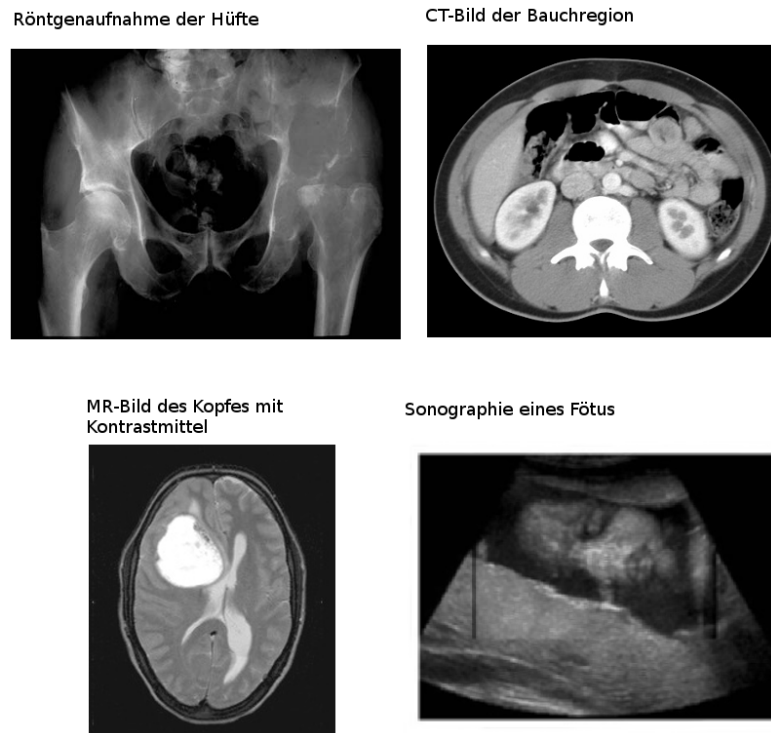


Abbildung 2.6: Beispiele zur Visualisierung in der Bildgebung
Quelle: [11]

Die Daten, welche aus den bildgebenden Verfahren gewonnen werden, werden mittels einer Farbskala visuell dargestellt. Durch die unterschiedlichen Grautöne, kann der Arzt Knochen oder Weichteile erkennen und unterscheiden. CT und MRT Bilder sind sog. Schichtbilder. Es wird eine Folge von 2D Bildern generiert, welche jeweils eine Schicht des Körpers zeigen. Diese können dann nicht nur als 2D-Schichtbilder visualisiert werden, sondern auch zu einem 3D-Modell verrechnet werden. Die Radiologie ist die Fachdisziplin zur Erstellung und Auswertung von medizinischen Bildern. Hier kommen häufig nur 2D-Bilder zum Einsatz. Das hat zum einen viel mit der Tradition in der Radiologie zu tun und zum anderen können durch das einzelne Betrachten jeder Schicht mehr Details erkannt werden. Bei der Operations-Planung werden jedoch 3D-Bilder häufig bevorzugt. Der Operateur muss so nicht von einem 2D-Bild auf den 3D-Patientenkörper „umdenken“.

Zusätzlich zu den Grauwert-Farbskalen werden häufig zusätzliche Farben, Segmen-

tierung und Filterung zum Hervorheben oder Abgrenzen verwendet (siehe auch Abbildung 2.7 auf der nächsten Seite). [19]

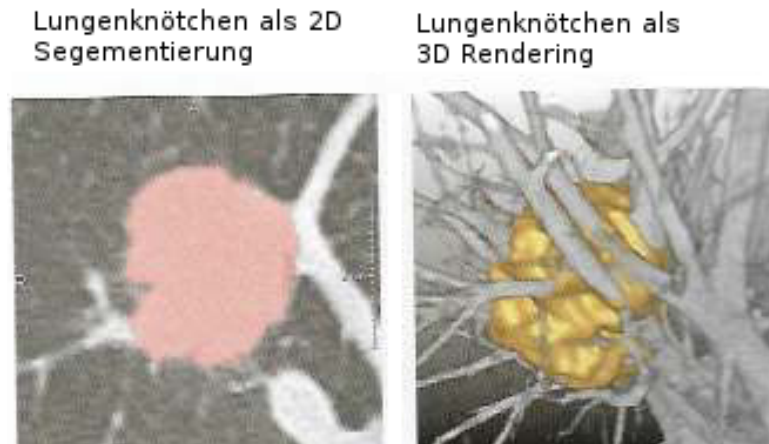


Abbildung 2.7: Beispiel 2D/3D Visualisierung
Quelle: [19]

Für die 3D-Visualisierung werden u.a. auch die Techniken der Volumenvisualisierung verwendet. Für die Medizinische Bildgebung sind besonders Algorithmen wichtig, welche sehr effizient arbeiten und somit Bilder schnell rendern⁸. Ein anderer Ansatz der Medizinischen Visualisierung ist die Illustrative Visualisierung. Hier wird besonderer Fokus auf das schnelle Verständnis des Bildbetrachters gelegt. Schon in den ersten medizinischen Atlanten findet man illustrative Darstellungen der Anatomie des Menschen. Es liegt also nahe, Illustrationen auch weiterhin in der Ärzteausbildung zu verwenden. Zusätzlich kommen solche Darstellungen mehr und mehr auch in der Operationsplanung und Operationsunterstützung zum Einsatz. So können beispielsweise Gewebegrenzen durch eine Linie markiert werden.[16, 19]

2.7. Techniken der Visualisierung

Die grundlegenden Techniken der Visualisierung hat H. Schumann in [22] zusammengestellt. In diesem Kapitel wird sich an Schumanns Gruppierung der Techniken orientiert. Alle Techniken werden nur grob beschrieben, um eine Übersicht zu ermöglichen. Die Aus-

⁸Rendern bedeutet: Ein Bild wird erst mal wegen geringerer Rechenzeit in einem komprimierten Datenformat erstellt und bearbeitet. Danach, beim endgültigen Erstellen, werden durch das Rendern weitere Eigenschaften wie die Oberflächenstruktur, der Farbverlauf oder die Lichtquellen hinzugefügt.

wahl der Techniken basiert auf den Zielen dieser Arbeit und den Techniken die hier zum Einsatz kommen bzw. für das Projekt interessant sein können. Details zu den in dieser Arbeit verwendeten Techniken finden sich in Abschnitt 5.3.

Daten können unterschiedliche Dimensionen haben. Sie werden wie folgt bezeichnet:

- Eindimensionale Daten als **univariate Daten**,
- zweidimensionale Daten als **bivariate Daten**,
- dreidimensionale Daten als **trivariate Daten** und
- mehrdimensionale Daten als **multivariate Daten**.

Multivariate Daten sind schwieriger zu visualisieren. Deshalb werden im Folgenden zuerst die Techniken für uni-, bi- und trivariate Daten erläutert und multivariate Daten im Anschluss behandelt.

Darstellung von uni-, bi- und trivariate Daten

Unter **1D**, **2D**- und **3D** kann sich fast jeder etwas vorstellen. Aber wo genau liegt der Unterschied bei der Visualisierung? 1D und 2D-Techniken brauchen keine Projektionen oder Sichtbarkeitsberechnungen und sind somit wenig rechenintensiv. 3D-Techniken hingegen können helfen einen Gesamtüberblick zu vermitteln. Sie bestehen aus dreidimensionalen Elementen, welche sich gegenseitig verdecken können (deswegen Sichtbarkeitsberechnung) und bei der Ausgabe auf einen Sichtbereich projiziert werden müssen.[22] In vielen Fällen gibt die Struktur der Daten vor, ob 1D, 2D oder 3D Visualisierungen verwendet werden müssen. Es gibt aber auch Fälle (wie bei dem VikK Projekt), wo diese Entscheidung aktiv getroffen werden muss. So können Visualisierungen bewusst einfacher oder komplexer gehalten werden. Es konnten bisher allerdings noch keine allgemeinen Regeln entwickelt werden, wann z.B. eine zweidimensionale und wann eine dreidimensionale Visualisierung sinnvoller ist.

Die örtliche Auflösung ist im visuellen System des Menschen besonders ausgeprägt. Wir können also Positions- und Größenverhältnisse, sowie die Orientierung von Objekten besonders gut vergleichen. Außerdem können Position, Größe, Orientierung und Farbe vom Menschen spontan, also ohne bewusste Anstrengung, wahrgenommen werden. Aus

diesem Grund werden in den grundlegenden Visualisierungstechniken ebendiese Elemente verwendet.[22]

Eine Visualisierungstechnik, die das schnelle Erkennen von **Position, Größe und Orientierung** nutzt, sind Diagramme. Diagramme geben ein Bezugssystem vor, zu welchem sich die Objekte relativ positionieren. Dadurch werden alle Objekte auf den gleichen Ursprungspunkt, das gleiche Abstandssystem bezogen und können leicht verglichen werden.[8] Als Beispiel kann ein Punktdiagramm genannt werden (siehe Abbildung 2.8). Die Achsen bilden ein rechtwinkliges Bezugssystem und man kann so entscheiden welcher Punkt höher oder tiefer liegt. Als weiteres Beispiel sei ein Kreisdiagramm genannt. Hier ist das Bezugssystem kreisförmig und nicht rechtwinklig. [22]

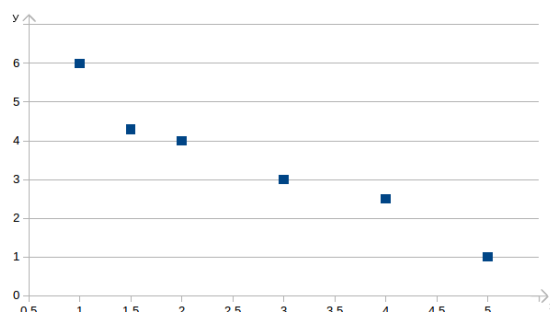


Abbildung 2.8: Beispiel eines Punktdiagramms

Techniken die hauptsächlich Position, Größe oder Orientierung nutzen sind für Daten ohne Ortsbezug geeignet. Sie kommen dementsprechend hauptsächlich in der Informationsvisualisierung zum Einsatz (s.o. Abschnitt 2.3). Haben die Daten einen Ortsbezug, können Techniken, welche **Struktur und Form** nutzen, verwendet werden. Diese sind folglich der Wissenschaftlichen Visualisierung zuzuordnen. Zu dieser Sorte von Techniken gehören beispielsweise Isolinien. Isolinien sind vergleichbar mit Höhenlinien auf einer Landkarte und verbinden Punkte mit gleichen Werten durch eine Linie. So lassen sich räumliche Verläufe und Verteilungen erkennen.

Aus dem Visualisieren mithilfe von **Farbe** ergeben sich weitere Techniken. Dazu gehört u.a. das Abbilden von Daten auf Farbskalen. Farbskalen lassen sich meist sehr gut mit den zuvor genannten Arten (Position, Größe, Orientierung und Struktur, Form) kombinieren. [22] So kann das visuelle System des Menschen oftmals noch besser unterstützt werden. Allerdings gibt es laut Schumann [22] auch vorbelegte Farbdarstellungen, welche

metaphorische Bedeutungen haben und entsprechende Interpretationen erlauben. Das kann zum einen für eine effektivere Visualisierung sorgen, in anderen Situationen aber durchaus ungewollt oder verwirrend sein. Farbe kann, genau wie Form und Größe, zur Objektunterscheidung eingesetzt werden. Des Weiteren können so Elemente betont und Stimmungen ausgedrückt werden. Die Effektivität von Farbe kann aber aufgrund des Interpretationsspielraums sehr unterschiedlich ausfallen.[22] Farben können sowohl in der Wissenschaftlichen- als auch in der Informationsvisualisierung gebraucht werden.

Eine gute Technik, um globale Eigenschaften und lokale Unterschiede deutlich zu machen, sind **Texturen**. [22] In Abbildung 2.9 sieht man drei Beispiele, wie eine Textur aussehen kann.

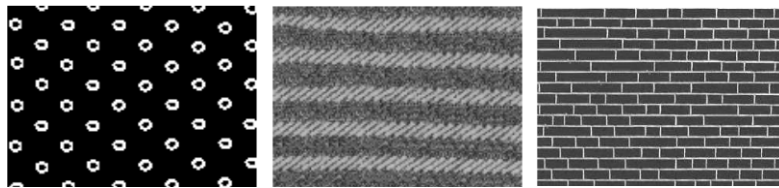


Abbildung 2.9: Textur-Beispiele: 1) Syntetische Ringe, 2) Brodatz Textur D11, 3) Mauer
Quelle: [9]

Texturen zeichnen sich im Allgemeinen aus durch:

Größe, Kontrast, Gerichtetheit, Linienartigkeit, Regelmäßigkeit und Rauigkeit. [22]

Wann genau Texturen als unterschiedlich wahrgenommen werden, ist bisher noch Forschungsgegenstand der Wahrnehmungspsychologie ⁹. Ähnlich wie bei Farben, haben Texturen den gleichzeitigen Vor- und Nachteil der Interpretation bzw. Fehlinterpretation. Auch Texturen können in beiden großen Forschungsrichtungen zum Einsatz kommen.

Alle diese Techniken wurden schon zur Visualisierung genutzt bevor es Computer gab. Allerdings brachte der Computer einige Erweiterungen mit sich, z.B. die Möglichkeit eine wesentlich größere Farbvielfalt zu verwenden.

Weiterführende Techniken für multivariate Daten

Im Weiteren werden nun einige exemplarische Techniken zur Visualisierung von multivariaten Daten erläutert. Einen guten Überblick über Techniken zur Visualisierung von multivariaten Daten liefern [22, 25].

⁹weitere Informationen unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Wahrnehmungspsychologie>

Die erste hier genannte Technik heißt Ikonenbasierte Visualisierung (siehe nächste Seite Abbildung 2.10). Bei dieser Technik werden die Daten mit einer Ikone verknüpft und durch diesen repräsentiert. Sie wird häufig verwendet und kann Abhängigkeiten illustrieren, sowie ganze Datensätze kompakt zusammenfassen und vergleichbar machen.[14]



Abbildung 2.10: Repräsentation von Schmerzempfinden durch Ikonenbasierte Technik
Quelle: [25]

Ein weiteres Beispiel für die Darstellung von multivariaten Daten sind Pixelbasierte Techniken (siehe Abbildung 2.11).

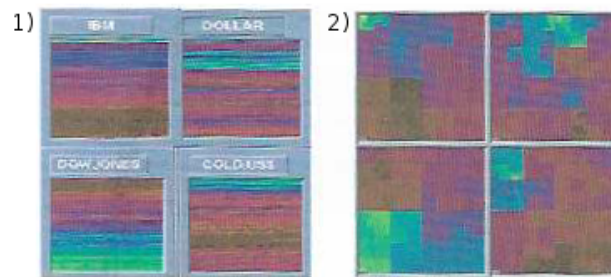


Abbildung 2.11: Visualisierung von Finanzdaten durch Pixelbasierte Technik
1) zeilen-/spaltenweise Anordnung 2) raumfüllende Anordnung
Quelle: [13]

Jedem Datum wird ein Pixel mit einem bestimmten Farbwert zugeordnet, also das Pixel durch den Farbwert kodiert. Eine große Datenmenge kann so kompakt und übersichtlich veranschaulicht werden. Die Daten können entweder zeilen- und spaltenweise oder raumfüllend (d.h. entlang einer Kurve im dreidimensionalen Raum) angeordnet werden. [22]

Als drittes Beispiel seien hierarchische Techniken genannt. Bei dieser Art von Technik

geht es darum, die Daten in eine Rangordnung zu bringen. So sollen Trends und gleichzeitig Details zu erkennen sein. Eine mögliche hierarchische Technik heißt „Worlds Within Worlds Technique“. In einem Koordinatensystem wird immer nur eine Teilmenge der Daten gezeigt. Interaktiv können alle Punkte des Koordinatensystem angesteuert werden und daraufhin wird ein inneres Koordinatensystems aufgespannt. Die Koordinatensysteme sind also ineinander verschachtelt. Jede Achse repräsentiert eine ausgewählte Variable und wird entsprechend des zugehörigen Wertebereichs skaliert. [22] Dieses Überladen bzw. Überlagern ist eine gute Methode, um komplexe Strukturen auf einem einfachen Bildschirm anzuzeigen. Allerdings muss für den Benutzer zu jeder Zeit klar sein, welche Koordinatenachse welche Variable darstellt und wie der Zusammenhang zwischen den Achsen (Variablen) zu verstehen ist. [6]

Für multivariate Daten können auch mehrere Techniken kombiniert werden. Laut Shneiderman [23] müssen die Techniken so ausgewählt werden, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

- einen Überblick verschaffen
- Möglichkeiten für Zoom, Filter, Details-On-Demand (Details nur anzeigen, wenn von Nutzer gebraucht)
- Beziehungen darstellen
- Geschichte (z.B. Rückgängig machen ermöglichen)
- Extraktion: Heraussuchen von Gruppen und Untergruppen

Die Schwierigkeiten bei diesen Daten liegen also nicht nur im Finden der richtigen Technik, sondern auch in der Kombination von Techniken. Multivariate Daten und genannte Visualisierungstechniken findet man sowohl in der Wissenschaftlichen Visualisierung als auch in der Informationsvisualisierung.

3. Spezifikation der Zielsetzung

In 1.3 wird das Auffinden von Lösungsideen, um Informationen an einem Körper zu visualisieren, als erstes Ziel dieser Arbeit vorgestellt. Wie in Abschnitt 2 gezeigt wird, hängt die Wahl der Visualisierungsmethode u.a. stark von den zu visualisierenden Daten ab. Um also Kriterien für geeignete Methoden zu definieren, muss man zuerst die Daten kennen, welche man darstellen möchte.

Das VikK Projekt wird von der Neurochirurgie des Jung-Stilling-Krankenhauses der Diakonie Südwestfalen unterstützt. Die Ärzte sind Experten ihres Fachgebiets und wissen selbst am besten was sie brauchen und welche Methoden funktionieren können. Deshalb werden sie von Anfang an mit in das Projekt einbezogen.

Auf der Neurochirurgie fallen jeden Tag sehr viele verschiedene Daten an. Dazu zählen patientenbezogene Daten, Diagnosedaten, die Bettenbelegung, Termine für die Bildgebung und Operationen. Diese Daten sind sehr unterschiedlich und nicht alle sind relevant für die Kooperation (siehe Fragestellung des Projekts Abschnitt 1.2). Eine konkrete Umsetzung von Visualisierungsideen ist mit so vielen Daten nicht möglich. Außerdem kann in dieser (ersten) Projektphase noch nicht eindeutig bestimmt werden, welche Daten für die Kooperationen relevant sind. Um trotzdem erste Visualisierungsmethoden zu finden, braucht es einen sogenannten „Use Case“. Dieser Anwendungsfall liefert die Daten für die Visualisierungen und legt so einen ersten Ansatzpunkt fest.

Es ist nicht Ziel dieser Arbeit alle Informationen des Use Case auf einmal zu visualisieren. Daraus würden sich weiterführenden Fragestellungen ergeben, beispielsweise zum Umgang mit Unübersichtlichkeit oder Überlagerung von Informationen, welche nicht im Rahmen dieser Bachelor-Arbeit behandelt werden können. Vielmehr soll das Prinzip gezeigt werden, wie visuell relevante Informationen am Körper dargestellt werden können. In dieser Arbeit werden deshalb die Daten nur einzeln visualisiert, d.h. nur ein Datum und eine Visualisierungsmethode pro Skizze. Dieser Ansatz reicht aus, um die Frage nach ersten geeigneten Methoden zu beantworten. Im Anschluss können dann die Methoden und Daten kombiniert werden, um dazu beizutragen, auch die genannten weiterführenden Fragestellungen zu beantworten.

4. Der Use Case

In der Software-Entwicklung ist ein Use Case im Allgemeinen ein Anwendungsfall. Dieser Anwendungsfall beschreibt alles was passieren kann, wenn ein Nutzer versucht ein bestimmtes Ziel zu erreichen [3]. Ein Use Case wird sowohl für die Entwicklung von Software als auch für das Testen verwendet [17]. Da es hier (noch) nicht um Softwareentwicklung oder -Testung geht, wird der Begriff Use Case etwas allgemeiner verstanden:

Der Use Case ist ein Anwendungsfall aus dem Alltag der Neurochirurgie des Jung-Stilling-Krankenhauses, bei dem der Einsatz von Visualisierungsmethoden denkbar ist.

Abschnitt 4.1 beschäftigt sich mit der Herangehensweise und Methodik, sowie der Beschreibung des gefundenen Use Case. Danach wird in Abschnitt 4.2 besonderer Fokus auf die sich ergebenden Daten gelegt, um darauf das Konzept zur Visualisierung aufbauen zu können.

4.1. Herangehensweise und Finden des Use Case

Um einen geeigneten Use Case zu finden, werden vorab entsprechende Anforderungen definiert. Die Anforderungen ergeben sich aus der Zielsetzung dieser Bachelor-Arbeit, welche sich wiederum aus den Forschungsfragen des VikK Projekts ergibt. Das Projekt zielt auf ein System ab, welches allgemein die Kooperation unterstützt und nicht nur bei besonderen Einzelfällen sinnvoll ist. Um das von Anfang an zu berücksichtigen, sollte der Use Case im Alltag der Neurochirurgie gesucht werden. Die aus dem Use Case resultierenden Daten müssen für eine Visualisierung geeignet sein. Sie sollten eine exakte und einfache Aussage treffen, die sich in eine visuelle Form übertragen lässt. Zusätzlich ist es wichtig, dass die Datenmenge auf eine überschaubare Größe begrenzt ist. Sonst wären keine konkreten Umsetzungen der Visualisierungsmethoden möglich. Auch sollte Kooperation im Use Case eine Rolle spielen. Allerdings wird sich die Definition von Kooperation erst im Verlauf des Projekts ergeben und auch die kooperationsrelevanten Daten werden erst zu einem späteren Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Deshalb soll der Use Case nur vorbereitend den Aspekt Kooperation berücksichtigen.

Hier nochmal die Anforderungen im Überblick:

- Der Use Case ist im Alltag der Neurochirurgie des Jung-Stilling Krankenhauses zu finden.
- Die Daten sind visuell relevant, aussagekräftig, exakt und möglichst einfach.
- Die Datenmenge ist überschaubar.
- Der Use Case enthält oder bedingt im weitesten Sinne Kooperation.

Um einen Anwendungsfall im Alltag der Neurochirurgie finden zu können, muss man erst einmal diesen Alltag kennen. Die Autorin durfte drei Tage auf der Neurochirurgie verbringen und konnte so einen Einblick in die Abläufe und Kooperationen gewinnen. Unterstützt wurde sie dabei durch die Soziologin Julia Kurz und die Ethnologin Judith Wilkomm des VikK Projekts.

Aus den vielen Informationen, stach besonders der Aufnahmebogen ins Auge. Er kommt immer zum Einsatz, wenn ein neuer Patient auf der Station aufgenommen wird. Der Aufnahmebogen enthält u.a. ein Bild des menschlichen Körpers (siehe Abbildung 4.1), um Taubheitsgefühle des Patienten zu dokumentieren. Es ist also bereits eine Visualisierung am Körper vorhanden und so scheint es sinnvoll davon ausgehend weitere Visualisierungsmethoden zu finden. Es gibt zwei verschiedene Versionen des Aufnahmebogens. Die

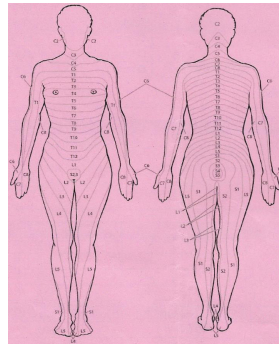


Abbildung 4.1: Bild im Aufnahmebogen,
Quelle: Neurochirurgie, Jung-Stilling Krankenhaus der Diakonie Südwestfalen

ältere Version gibt Stichworte und Überschriften vor und wird hauptsächlich handschriftlich ausgefüllt. Die neuere Version enthält viele Tabellen mit Kästchen zum Ankreuzen

MOTORIK	Links (KG)						Rechts (KG)					
M. deltoideus (C5)	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5
M. biceps (C6)	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5
M. triceps (C7)	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5
Fingermuskeln (C8)	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5
M. psoas (L2/L3)	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5
M. quadrizeps (L4)	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5
Fußheber (L4/L5)	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5
Zehenheber (L5)	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5
Fußsenker (S1)	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5
Peroneus	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5	□0/5	□1/5	□2/5	□3/5	□4/5	□5/5

Abbildung 4.2: Tabelle im Aufnahmebogen,
Quelle: Neurochirurgie, Jung-Stilling Krankenhaus der Diakonie Südwestfalen

und muss kaum noch handschriftlich ausgefüllt werden (siehe z.B. Abbildung 4.2). Die Tabellen haben für die Ärzte den Vorteil, dass sie keine unleserlichen Handschriften mehr entziffern müssen. Allerdings wird die ältere Version trotzdem von einigen Ärzten bevorzugt, da ihnen das handschriftliche ausfüllen leichter fällt. Für die Visualisierung bieten die Tabellen ebenfalls einige Vorteile:

- Sie liefern konkrete Daten und Einheiten (z.B. Angabe über die Kraft eines Patienten von 0 bis 5 Abbildung 4.2).
- Sie schaffen einen Überblick über mögliche Daten, welche bei der Aufnahme überprüft werden können.
- Sie geben einen festen Rahmen an Daten vor.

Die handschriftlich ausgefüllten Bögen müssen im Gegensatz dazu erst analysiert und ausgewertet werden, um entsprechende Daten zu ermitteln. Der neuere Aufnahmebogen ist deshalb geeigneter.

Die Aufnahme eines Patienten in der Neurochirurgie hat sich somit als Use Case herauskristallisiert. Im Aufnahmebogen werden alle für die Aufnahme benötigten Informationen festgehalten. Die Aufnahme und der damit verknüpfte Aufnahmebogen entsprechen allen am Anfang von diesem Kapitel definierten Anforderungen für den Use Case. Die Aufnahme ist alltäglich in der Neurochirurgie, der Bogen liefert entsprechende Daten und gibt eine überschaubare Datenmenge vor. Außerdem ist der Aufnahmebogen insofern für die Kooperation relevant, als dass er alle wichtigen Informationen über den Patienten enthält. Die Informationen sind so theoretisch für alle zugänglich. In der Praxis wird der Aufnahmebogen allerdings meist erst wieder gebraucht, um den Entlassungsbrief zu

schreiben. In der Zwischenzeit werden die Informationen häufig mündlich weitergegeben oder zusätzlich in der Krankenakte oder anderen Medien vermerkt.

4.2. Visuell relevante Daten

Der Aufnahmebogen, also der Use Case, reduziert die Datenmenge bereits beträchtlich. Er beinhaltet aber immer noch viele verschiedene Daten mit unterschiedlichen Datentypen. Diese werden entweder durch Tabellen, beschriftete Ankreuzfelder, durch ein Bild des Körpers oder handschriftlich repräsentiert. Um eine Visualisierung zu erstellen, müssen die Daten auf ihre visuelle Relevanz hin geprüft und anschließend sortiert werden.

Im Rahmen dieser Arbeit können nicht alle diese Daten visualisiert werden. Das ist auch nicht nötig, da es nicht um die Daten, sondern um die Methoden geht. Deshalb werden einige Daten herausgegriffen und exemplarisch visualisiert. Der Übersicht halber wird im Folgenden auch nur auf diese Daten näher eingegangen.

Es geht also zuerst um die visuelle Relevanz der Daten. Was bedeutet visuelle Relevanz in dieser Arbeit überhaupt?

Daten sind visuell relevant, wenn sie am menschlichen Körper visualisiert werden können.

Alle Daten, welche nicht dieser Definition entsprechen, fallen weg und werden nicht visualisiert. Dazu gehören beispielsweise alle formalen Daten, wie die Telefonnummer des Patienten, die Versicherung, der Hausarzt etc. und das „Procedere“, also der weitere Verlauf der Behandlung.

Die Daten, die jetzt noch übrig sind, müssen nun sortiert werden. Dazu werden folgende Datenklassen verwendet:

1. Klasse: **Daten mit Ortsbezug am Körper**, welche **einfach zu visualisieren** sind
2. Klasse: **Daten mit Ortsbezug am Körper**, welche **schwer zu visualisieren** sind
3. Klasse: **Daten ohne Ortsbezug am Körper**

Ortsbezug meint, dass ein Datum mit einem bestimmten Körperteil oder -bereich in Verbindung gebracht wird. „Einfach zu visualisieren“ bedeutet, die Visualisierung ist eher offensichtlich und intuitiv. Bei „schwer zu visualisierenden“ Daten muss man mehr überlegen, bis man auf eine geeignete Visualisierung kommt oder für die Visualisierung an sich einen höheren Aufwand betreiben. Die Grenze zwischen „einfach zu visualisieren“ und „schwer zu visualisieren“ ist keine klare Linie. Vielmehr gibt es einen fließenden Übergang. Die dritte Kategorie, Daten ohne Ortsbezug am Körper, wird nicht in einfach und schwer zu visualisieren unterteilt. Daten, welche keinen direkten Bezugspunkt am Körper haben, sind immer schwer zu visualisieren.

Die Daten können jetzt in die Klassen eingeordnet werden. Zur Klasse eins, **Daten mit Ortsbezug am Körper**, welche **einfach zu visualisieren** sind, gehören u.a. folgende Daten:

- Sensibilität (Gefühl bzw. Taubheitsgefühl in den Extremitäten)
- Motorik (Kraft der Extremitäten)
- Bewegungseinschränkungen
- Schmerzen

Die Darstellung der Sensibilität wird im Aufnahmebogen durch ein Bild des Körpers umgesetzt (siehe auch S.24 Abbildung 4.1), die Motorik wird tabellarisch (siehe auch S.25 Abbildung 4.2) und Schmerzen und Bewegungseinschränkungen handschriftlich festgehalten.

Klasse zwei, **Daten mit Ortsbezug am Körper**, welche **schwer zu visualisieren** sind, umfasst neben weiteren diese Daten:

- Sprache bzw. Sprachstörungen
- Visusstörung (Sehstörungen z.B. Doppelbilder)
- Ganganalyse

Wie gut oder schlecht ein Mensch im Vergleich zu seiner Sprache im gesunden Zustand, sprechen kann, wird handschriftlich in einer Zahl zwischen eins und fünf aufgeschrieben.

Eins bedeutet dabei, dass der Mensch nicht sprechen kann. Bei fünf ist er voll orientiert und seine Sprache hat sich gegenüber seinem gesunden Zustand nicht verändert. Visusstörungen werden zum einen handschriftlich und zum anderen durch Ankreuzfelder erfasst. Für die Ganganalyse gibt es ebenfalls Ankreuzfelder.

In der dritten und letzten Klasse, **Daten ohne Ortsbezug am Körper**, ist es sehr schwer Daten einzuordnen. Es stellt sich die Frage, ob Daten, welche keinen Ortsbezug am Körper haben, überhaupt der visuellen Relevanz entsprechen. Es gibt auf jeden Fall sehr viele wichtige Daten, welche keinen Ortsbezug haben. Als Beispiel sei eine Latex-Allergie genannt. Um den Patienten nicht zu gefährden, muss der Arzt latexfreie Handschuhe anziehen. Die Allergie hat keinen direkten Ortsbezug, kann aber vielleicht trotzdem visualisiert werden. Man könnte z.B. einen künstlichen Ortsbezug festlegen, in diesem Beispiel die Hände aufgrund der latexfreien Handschuhe. An diesem Beispiel sieht man, dass auch Daten ohne Ortsbezug visuell relevant sein können. Um die visuell relevanten Daten aus dieser Klasse ausfindig zu machen ist allerdings ein näheres Gespräch mit den Ärzten nötig. Deshalb wird diese Datenklasse vorerst ausgeklammert und im weiteren Verlauf der VikK Projekts näher betrachtet.

5. Konzepte zur Visualisierung

Um aus den vielen Methoden der Visualisierung die Geeigneten auszuwählen, werden in diesem Kapitel Auswahlkriterien definiert (Abschnitt 5.1). Darauf aufbauend wird das weitere Vorgehen und die Verwendung der Methoden beschrieben.

5.1. Kriterien für geeignete Konzepte

Die folgenden Auswahlkriterien dienen als Zielfunktion für die Methodenwahl. Das VikK Projekt wird nach und nach immer besseren Einblick in die Abläufe und Bedürfnisse der Neurochirurgie des Jung-Stilling Krankenhauses erhalten. Das wirkt sich natürlich auch auf die Methodenwahl aus. Deshalb werden die hier definierten Kriterien im Laufe des Projekts entsprechend verändert und ergänzt werden müssen. Sie stellen einen ersten Ansatz zur begründeten Auswahl von Methoden in dieser Arbeit dar und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Kriterien beruhen auf eigenen Überlegungen und Diskussionen innerhalb des Projektteams.

Folgende Kriterien sollen für alle in dieser Arbeit verwendeten Visualisierungsmethoden gelten:

1. eine Visualisierung am Patientenkörper ist möglich
2. es ergeben sich keine Widersprüche zur vorhandenen visuellen Tradition in der Medizin
3. die Methode ist einfach, das heißt nicht zusammengesetzt aus mehreren Methoden
4. es ist möglich nur ein Datum darzustellen

Die Visualisierung am Patientenkörper ist eine Grundidee des VikK-Projekts und somit ein unumgängliches Kriterium. Des Weiteren muss geprüft werden, ob die Methode bereits in der Medizin verwendet wird. Wenn ja, sollte sich die Visualisierung an die traditionelle Verwendung anlehnen. So ist für die Ärzte und Pfleger keine Umgewöhnung notwendig und es kommt nicht zu Verwechslungen und Fehlinterpretationen.

Die Einfachheit der Methode sowie die Möglichkeit nur ein Datum darzustellen, sind spezielle Kriterien für diese Arbeit. Hier geht es um einen ersten Ansatz und deshalb ist

eine Reduzierung auf einfache Methoden und nur ein Datum pro Visualisierung sinnvoll (vgl. Spezifikation der Zielsetzung in Abschnitt 3 auf S.22).

Zusätzlich sind drei weitere wichtige Kriterien zu erwähnen: die Methoden müssen ausgewertet und verglichen werden können, sie müssen eindeutig und intuitiv sein. Die Vergleichbarkeit der Methoden ist wichtig, um zu entscheiden, welche Methoden besser oder schlechter geeignet sind. Die genauen Bedingungen zum Vergleich von Methoden müssen im Rahmen des übergeordneten Projekts erst noch entwickelt werden. Die zwei weiteren wichtigen Punkte sind die Eindeutigkeit und die Intuitivität einer Methode. Da sich das Projekt noch in der Anfangsphase befindet, ist es bei jetzigem Kenntnisstand, schwer zu entscheiden, was eine eindeutige oder eine intuitive Visualisierung ausmacht. Selbst in dem eingeschränkten Bereich der Neurochirurgie des Jung-Stilling Krankenhauses gibt es viel Interpretationsspielraum und Subjektivität. Auch diese Kriterien werden also im Verlauf des Projekts entsprechend ergänzt werden müssen.

Darüber hinaus können noch folgende Kriterien für die Methodenvielfalt definiert werden:

- es werden Methoden aus der 2D- und der 3D-Visualisierung verwendet
- es werden Methoden mit und ohne Personalisierungsmöglichkeiten ausprobiert
- traditionelle und neue Visualisierungsmethoden kommen zum Einsatz
- es werden sketchy und photorealistische Methoden benutzt

Bei diesen Kriterien muss jeweils ausgewertet werden, welche Methode für welche Daten in Abstimmung mit den Benutzern am besten geeignet sind. Aufgrund des Umfangs werden diese Kriterien in der vorliegenden Bachelor-Arbeit nicht vollständig umgesetzt und müssen im Anschluss an diese Arbeit genauer betrachtet werden.

5.2. Vorgehensweise

Die zu visualisierenden Daten wurden durch den Use Case (Abschnitt 4 ab S.23) festgelegt und die Kriterien für die Visualisierungsmethoden sind definiert worden (siehe voriger Abschnitt 5.1). Nun muss beides noch zusammengebracht werden. Die einzelnen Schritte der Vorgehensweise zeigt Abbildung 5.1 auf der nächsten Seite.

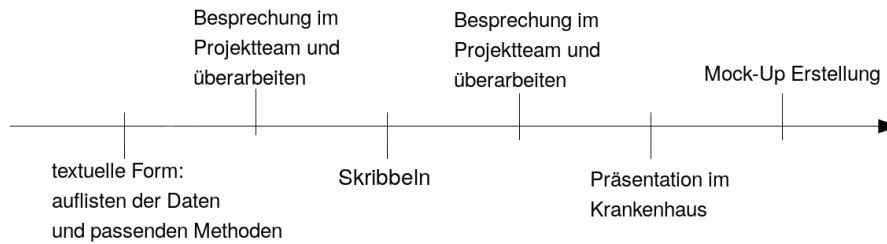


Abbildung 5.1: Schritte der Vorgehensweise

Das Auflisten in textueller Form sorgt für eine übersichtliche und strukturierte Darstellung der Daten und Methoden. So war das Diskutieren der einzelnen Methoden im Projektteam leichter möglich. Die Originalversion findet sich im Anhang unter dem Namen „Anatomischer Atlas“.

Durch die Diskussionen und den Abgleich mit den Methodenkriterien haben sich einige Methoden herauskristallisiert:

- Farben: Farbbereiche und -verläufe, Veränderung der Sättigung und Helligkeit, Einfärben (Veränderung der natürlichen Farbe)
- Texturen
- Veränderung der Kontur: Vergrößerung/Verkleinerung, Verwischen
- Erweiterungen und Ikonen

Eine genau Begründung der Methodenwahl sowie die Skribblings folgen in Abschnitt 5.3. Ein Skribbling ist eine (vorläufige) Skizze, um einen ersten Eindruck zu vermitteln. Skibbeln beschreibt dementsprechend den Erstellungsprozess. Die Methoden können teilweise für verschiedene Daten angewendet werden. Das sorgt für eine bessere Vergleichbarkeit bei der Auswertung der Visualisierungen im Anschluss an diese Arbeit.

Die Präsentation im Krankenhaus bildet in dieser Arbeit den Abschluss der Methodenfindung. Für das VikK Projekt ist es sehr wichtig, dass die Ärzte und Pfleger von Anfang an mit eingebunden werden. Da sie am besten wissen, was sie brauchen und können, ist es sinnvoll das System mit ihrer Unterstützung zu entwickeln. Deshalb wurden die Skribblings den Ärzten und Pflegern der Neurochirurgie des Jung-Stilling-Krankenhauses

präsentiert und im Anschluss zur Diskussion gestellt. So sollten erste Vor- und Nachteile der Methoden aufgedeckt werden und ein näherer Einblick in die visuelle Tradition im Jung-Stilling Krankenhaus möglich werden. Die konkreten Visualisierungsmethoden wurden aber wenig diskutiert. Die Diskussion drehte sich eher allgemein um das Projektthema. Die Rückmeldungen zu dem Projekt reichten von sehr positiv bis zu eher skeptisch und es kamen einige Wünsche und Ideen auf, die im Projekt berücksichtigt werden sollten.

Aufgrund der geringen Rückmeldung bezüglich der Visualisierungen hat das Projektteam beschlossen, im Anschluss an diese Arbeit, in kleineren Gruppen mit den Ärzten und Pflegern ganz konkret über die einzelnen Visualisierungsmethoden zu diskutieren.

5.3. Visualisierungsansätze (Skibblings) und angewendete Techniken

Die Visualisierungsansätze, welche sich aus den oben genannten Schritten ergeben haben, wurden nach der textuellen Darstellung durch Skibblings illustriert. Diese sind zuerst von Hand gemalt worden. Im nächsten Schritt fand eine Bearbeitung der eingescannten Skizzen, mit dem Bildbearbeitungsprogramm GIMP¹⁰, statt. Dadurch war es möglich, die Farben, Texturen, Konturen und Erweiterungen deutlicher hervorzuheben. Zusätzlich können die Skibblings so leicht wieder verändert und angepasst werden. Die Wahl des Programms beruht auf den vorhandenen Erfahrungen der Autorin. Als letztes wurde für alle Skizzen die Kontur des Körper aus dem Aufnahmebogen verwendet (vgl. Abbildung 4.1 auf S.24). So lenken keine Abweichungen in der Körperkontur (wie sie durch ein händisches Zeichnen entstehen) von den eigentlich Visualisierungen ab. Zudem erhöht sich die Vergleichbarkeit der Methoden, denn die Kontur hat so keinen Effekt auf die Auswertung. Ein dritter Vorteil liegt in dem Wiedererkennungswert. Die Ärzte und Pfleger im Krankenhaus kennen die Kontur bereits und so sind nur die Visualisierungen neu für sie. Auch das unterstützt die Konzentration auf das Wesentliche, also die Visualisierungsmethoden. Diese Kontur wurde dann mit GIMP entsprechend farblich gestaltet, texturiert und verändert. Der Skibblingprozess wird beispielhaft auf der nächsten Seite in Abbildung 5.2 dargestellt.

¹⁰<https://www.gimp.org/>

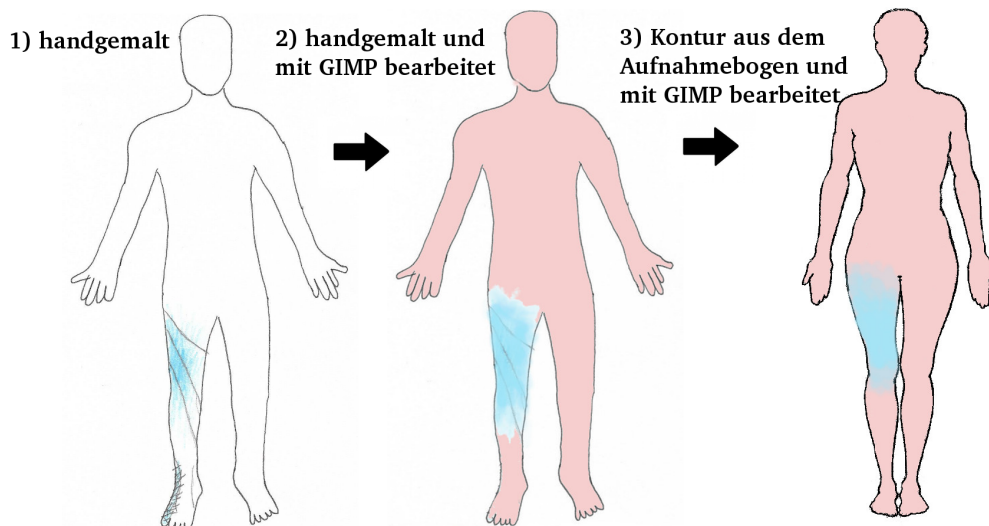


Abbildung 5.2: Skribblingprozess

In Abschnitt 5.2 haben sich die vier übergeordnete Methoden zur Visualisierung ergeben: Farben, Texturen, Veränderung der Kontur und Erweiterungen. An dieser Stelle sei nochmals betont, dass es sich nur um erste Ansätze handelt und die Methoden im weiteren Voranschreiten des Projekts noch verändert, erweitert oder auch verworfen werden. Die Methoden werden an dieser Stelle detaillierter erläutert und die Auswahl begründet. Dafür wird die genaue Anwendung, sowie die Bedeutung beschrieben. Die hier vorgestellten Visualisierungen beinhalten eigene Interpretationen. Die Bedeutungen sind somit nicht allgemeingültig, sondern als Möglichkeiten zu verstehen. Zusätzlich konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht alle visuellen Traditionen in der Medizin berücksichtigt werden. Dementsprechend beeinflussen auch nur die bekanntesten Medizinischen Visualisierungen die vorgestellten Methoden. Im Anschluss an die Arbeit sollten die konkreten Visualisierungen in der Neurochirurgie des Jung-Stilling Krankenhauses eindeutig betrachtet und ausgewertet werden.

Übergeordnete Methode: Farbe

Als erstes wird auf Visualisierungen mit **Farbe** eingegangen. Die entsprechenden Skizzen zeigt Abbildung 5.3.

Die Visualisierungsmethode Farbe entspricht allen oben definierten Auswahlkriterien. Es ist leicht Farbe am Patientenkörper, sowohl in 2D als auch in 3D, anzubringen. Zudem

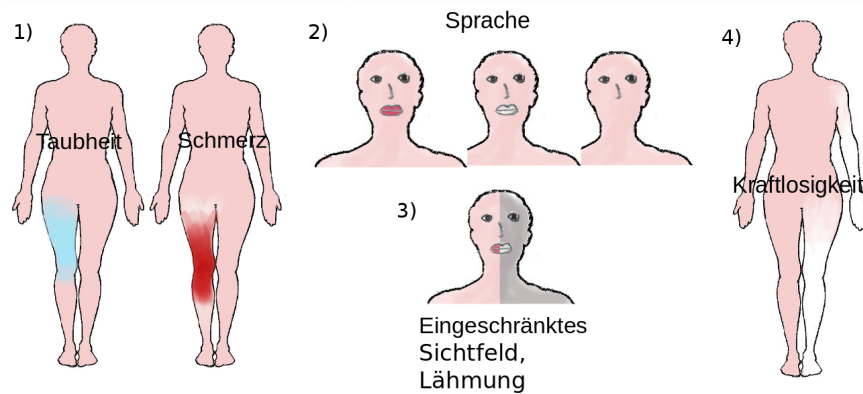


Abbildung 5.3: Skribblings: Farbe

werden Farben bereits in der Medizin zur Visualisierung eingesetzt. So werden beispielsweise Strukturen hervorgehoben oder Daten kodiert. [19] Die gezeigten Skizzen heben ebenfalls durch Farben hervor. Zudem ist die Methode nicht zusammengesetzt und kann ein einzelnes Datum visualisieren.

Ein Problem mit Farben ist der Interpretationsspielraum. Für jeden Menschen kann eine Farbe eine andere Bedeutung haben. Deshalb sollte Farbe vorsichtig eingesetzt werden und auf den Anwendungsbereich abgestimmt sein [22]. Welche Farbe im Anwenderfeld der Ärzte und Pfleger der Neurochirurgie für welche Bedeutung steht, wird sich erst durch die Auswertung der Methoden ergeben.

In den Skribblings (siehe Abbildung 5.3) wurde Taubheit mit einer blauen Farbe und Schmerz mit einer roten Farbe dargestellt. Bei der Präsentation im Krankenhaus und den projektinternen Diskussionen kamen aber auch andere Bedeutungen zu Sprache. Blau könnte beispielsweise auch für Kälte oder Unbeweglichkeit und rot für eine Blutung stehen.

Sprache bzw. Sprachverlust wird in Bild zwei durch eine farbliche Kodierung des Mundes visualisiert. Ist der Mund rot, kann der Mensch normal sprechen. Ist der Mund grau, treten Wortfindungsstörungen auf und ist der Mund nicht sichtbar, kann der Mensch gar nicht sprechen.

Eine weitere Veränderung der natürlichen Farbe findet man in der dritten Visualisierung. Hier wurde die eine Seite des Gesichts mit Grautönen eingefärbt. Das könnte zum einen ein eingeschränktes Sichtfeld suggerieren und zum anderen eine Lähmung.

Im vierten Bild wird durch Weglassen der Farbe visualisiert. Diese Methode könnte für Kraftlosigkeit oder Bewegungseinschränkungen stehen.

Übergeordnete Methode: Textur

In Abbildung 5.4 sind die Skizzen bzgl. der Visualisierungen durch Texturen zu sehen.

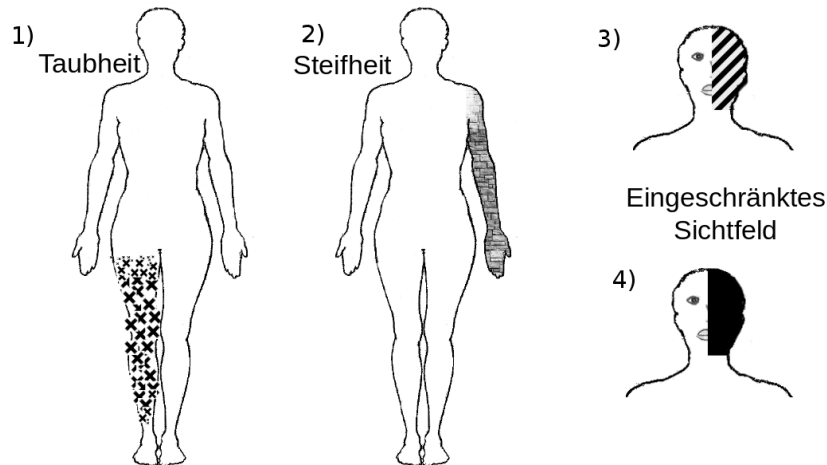


Abbildung 5.4: Skibblings: Textur

Auch diese Methode entspricht den Auswahlkriterien. Texturen sind genau wie Farben einfach auf den Körper aufzubringen. In der Medizin werden Texturen hauptsächlich im Zusammenhang mit der Volumenvisualisierung verwendet (texture-based flow visualization). [19] Da für die im Use Case enthaltenen Daten keine Volumenvisualisierung benötigt wird, sind die vorgestellten Texturierungen weitestgehend unabhängig von der traditionellen Verwendung in der Medizin. Texturen sind einfache Visualisierungsmethoden und können einzelne Daten darstellen.

Texturwahrnehmung kann, ähnlich wie Farben, sehr subjektiv sein und benötigt Interpretation von Seiten des Betrachters. So können die oben genannten Schwierigkeiten auch hier auftreten.

In der ersten Visualisierung in Abbildung 5.4 wird eine Textur aus unterschiedlich großen Kreuzchen verwendet. Diese kann beispielsweise als Kribbeln bzw. Taubheitsgefühl interpretiert werden.

Die nächste verwendete Textur stellt eine Mauer dar. Diese Textur ist sehr metaphorisch und könnte für Steifheit und Unbeweglichkeit stehen. Metaphorische Texturen (oder

Farben) benötigen auf jeden Fall eine Interpretation. Dies bringt neben den genannten Nachteilen auch einige Vorteile: Den Anwendern bekannte Symbole können aufgegriffen werden und so ist eine schnelle Wahrnehmung möglich. Zudem können sich Menschen solche Metaphern besonders leicht merken.

Die dritte und vierte der Texturen können beide als eine Einschränkung des Sichtfeldes oder eine Lähmung gedeutet werden. Man erkennt eine gestreifte Textur und eine schwarze Textur, die über die eine Hälfte des Gesichts gelegt wurden.

Neben den hier gezeigten Texturen, könnten außerdem Texturen aus dem Bereich der Strömungsvisualisierung, z.B. die Linienintegralfaltung ¹¹, zum Einsatz kommen. Diese könnten dabei helfen die Richtung von Schmerzen anzuzeigen. Im Anschluss an diese Arbeit sollten entsprechende Methoden in Betracht gezogen werden.

Übergeordnete Methode: Veränderung der Kontur

Bei der dritten übergeordneten Methode geht es um die Veränderung der Kontur. Die Kontur wurde aus dem Bild aus dem Aufnahmebogen übernommen (siehe Abbildung 4.1 auf S.24 und Abschnitt 5.2 auf S.30). Sie wird nun vergrößert/verkleinert, verwischt oder es werden Teile weggelassen. Veränderungen fallen dem Menschen sehr schnell und intuitiv auf. Deshalb können mit dieser Methode besonders gut einzelne Körperteile oder -abschnitte hervorgehoben werden. Die Anwendung der Methoden sieht man auf der nächsten Seite in Abbildung 5.5

Die Konturveränderung kann sehr gut an einem Bild des menschlichen Körpers durchgeführt werden. Deshalb entspricht die Methode dem ersten Kriterium. In der Medizinischen Visualisierung finden sich keine der Autorin bekannten Visualisierungen, welche eine Kontur verändern. Darum muss keine traditionelle Verwendung berücksichtigt werden. Es gilt auch wieder, dass die Methode nicht zusammengesetzt ist und ein Datum zur Visualisierung genügt.

Das erste Bild in Abbildung 5.5 zeigt eine Verwischung der Kontur. Das könnte z.B. als Kraftlosigkeit ausgelegt werden. Die Verkleinerung der Hand im nächsten Bild könnte ebenfalls Kraftlosigkeit veranschaulichen. Die Vergrößerung des Fußes hingegen könnte eher auf Schmerz hindeuten.

¹¹weitere Informationen: https://en.wikipedia.org/wiki/Line_integral_convolution

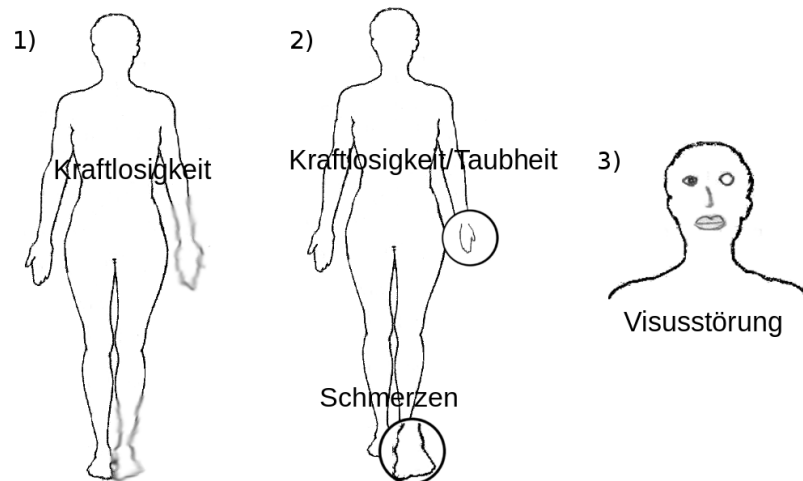


Abbildung 5.5: Skibblings: Kontur

In der dritten Visualisierung dieser Abbildung wurde eine Pupille leer gelassen. Das deutet z.B. eine Sehstörung oder sogar Blindheit an.

Übergeordnete Methode: Erweiterungen und Ikonen

In dieser übergeordneten Methodenklasse wurden mehrere Methoden zusammengefasst. Die Gemeinsamkeit der Methoden besteht darin, dass alle dem Körper etwas Zusätzliches hinzufügen. Die Visualisierungen sind in der nachfolgenden Abbildung 5.6 zu finden.

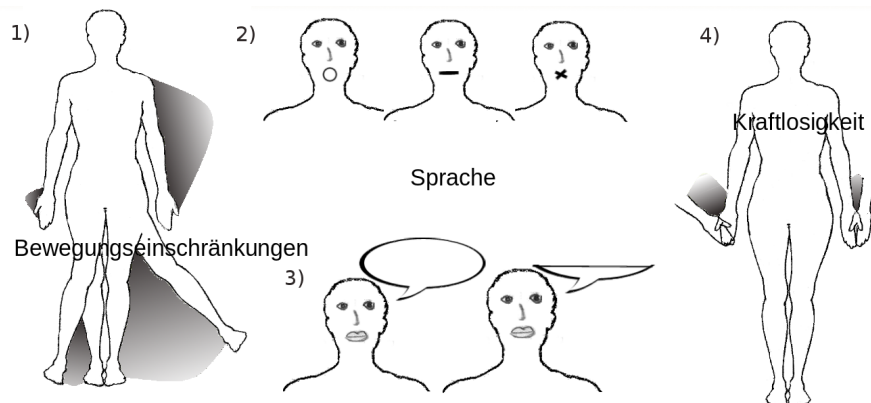


Abbildung 5.6: Skibblings: Erweiterungen und Ikonen

Da hier unterschiedliche Methoden zusammengefasst sind, werden für jedes Bild einzeln die Methodenkriterien überprüft. Das erste Bild verwendet eine Bereichsanzeige, um z.B. die Beweglichkeit von Armen und Beinen zu illustrieren. Die Methode kann also für die

Visualisierung am menschlichen Körper verwendet werden. Eine solche Visualisierung in der Medizin ist der Autorin nicht bekannt und darum wird keine traditionelle Anwendung berücksichtigt. Die Erweiterung ist nicht zusammengesetzt und kann ein einzelnes Datum, in diesem Fall Beweglichkeit, darstellen.

Im Bild sind zwei unterschiedliche Bereichsanzeigen zu erkennen: die Beweglichkeit der Arme wird durch einen grauen Bereich verdeutlicht, wohingegen bei den Beinen noch je ein zusätzliches Bein den Bewegungsbereich abgrenzt.

Im zweiten und dritten Bild werden Ikonen verwendet. Die Ikonen im zweiten Bild sind skizzenhafte Darstellungen von Gesichtsausdrücken und symbolisieren so das Sprachvermögen des Patienten. Denkbar wäre auch eine grobe Darstellung des Wohlbefindens durch solche Ikonen und Gesichter. Eine ähnliche Anwendung gibt es bereits in der Medizin: Patienten sollen den Grad ihrer Schmerzen anhand von Gesichtern einordnen. Eine mögliche Methode ist die „Wong-Baker FACES Pain Rating Scale“, welche in [2] näher erläutert wird.

Wie sich leicht erkennen lässt, kann man mit dieser Methode etwas am menschlichen Körper veranschaulichen. Die Methode basiert auf der Ikonenbasierten Technik und ist somit nicht zusammengesetzt und kann einzelne Daten visualisieren. Sie lehnt sich beispielsweise an die visuelle Tradition der oben genannten Schmerzgesichter an.

Bild drei fügt dem Kopf eine vollständige bzw. eine unvollständige Sprechblase hinzu. Auch so soll eine Sprachstörungen und ein normaler Sprachgebrauch versinnbildlicht werden.

Ikonen sind auf einer subjektiven Ebene einzuordnen. Auch hier braucht es eine Interpretation der Visualisierung, was schon genannte Vor- und Nachteile mit sich bringt.

Im vierten und letzten Bild werden zwei Hände zur normalen Körperkontur hinzugefügt. Sie könnten z.B. die Hände des Arztes demonstrieren. In der Neurochirurgie wird, zur Untersuchung der Extremitäten und der Beurteilung der Muskulatur, häufig die Kraft des Patienten getestet. Dafür wird der Patient gebeten gegen die Hand des Arztes zu drücken. Ausgehend von dieser Diagnosemethode könnte die Visualisierung die Kraft des Patienten anzeigen.

6. Mock-Up Erstellung

Mock-Ups sind laut Duden ¹² Attrappen in natürlicher Größe. Bezieht man diese Aussagen auf Software bedeutet das: eine erste Form der Software, welche nicht funktionsfähig ist. Diese erste Form zeigt im Allgemeinen die Benutzeroberfläche des Programms. Oftmals werden Mock-Ups als Skizzen erstellt, wodurch die Vorteile der Illustrativen Visualisierung (siehe S.11 Abschnitt 2.4) zum Tragen kommen. Dazu gehört z.B. ein erleichterter Zugang der Partizipierenden bei Umfragen oder Interviews zur Auswertung der Mock-Ups und eine niedrigere Schwelle die Mock-Ups zu verändern [26].

Mock-Ups und Prototypen unterscheiden sich. Prototypen müssen mindestens einige der am Ende gewünschten Funktionen aufweisen. Sie werden weiterentwickelt und irgendwann resultiert die endgültige Software aus dem Prototyp. Mock-Ups hingegen müssen nicht unbedingt zum Endprodukt weiterentwickelt werden. Sie können in einer anderen Programmiersprache oder Form vorliegen als das Endprodukt und sollen nur einen Eindruck vermitteln. Sie sollen das Programm vorab visualisieren.

Allerdings sind auch für Mock-Ups schon realistische oder echte Daten aus dem Anwendungsfeld notwendig. Nur so können Mock-Ups später auch in die Prototypen Erstellung einfließen und die Software effektiv repräsentieren. [26]

Der folgende Abschnitt 6.1 führt die speziellen Anforderungen an die Mock-Ups auf, welche im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurden. Aus diesen Anforderungen wird das Konzept für die Mock-Up Erstellung entwickelt. Danach wird in Abschnitt 6.2 eine erste Umsetzung gezeigt.

6.1. Anforderungen und Konzeptentwicklung

Die Mock-Ups in dieser Arbeit werden für das VikK-Projekt entwickelt. Deshalb ergeben sich die nachfolgenden Anforderungen zum einen aus der Projektbeschreibung (siehe auch S.2 Abschnitt 1.2). Zum anderen gründen sie sich auf eigenen Überlegungen und Erfahrungen während der Entwicklung der Visualisierungen aus Abschnitt 5 (ab S.29) und der Diskussion mit dem Projektteam.

Das Projekt betreibt Grundlagenforschung, bei der es um neue Visualisierungskonzepte und -methoden geht. Deshalb müssen die Mock-Ups sehr **flexibel und veränderbar**

¹²<http://www.duden.de/woerterbuch/englisch-deutsch/mock-0>

sein. Neue Methoden müssen sich einfach integrieren lassen und das **Wechseln zwischen Ansichten** verschiedener Methoden soll ohne Aufwand möglich sein. Die Mock-Ups müssen also auf der einen Seite **benutzerfreundlich für die Entwickler** der Methoden sein. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass das Projektteam nicht nur aus Informatikern, sondern auch aus Soziologen besteht. Der Aspekt der Inklusion, welche u.a. das Zusammenbringen von unterschiedlicher Kommunikation und Denkweise beinhaltet, spielt auch bei der Benutzerfreundlichkeit eine Rolle.

Auf der anderen Seite muss die **Benutzerfreundlichkeit ebenfalls für die Ärzte und Pfleger**, die späteren Anwender, gewährleistet sein. Hier sollte der Fokus besonders auf den möglichen Einsatz bei der Auswertung und dem (Weiter-)entwickeln von Methoden durch die Anwender liegen.

Aus der Projektbeschreibung (siehe auch S. 2 Abschnitt 1.2) geht die mögliche Anwendung im 3D-Bereich hervor. Ob eine Umsetzung in 3D oder 2D sinnvoller ist, wird sich im Projektverlauf zeigen. Deshalb müssen die Mock-Ups sowohl **2D- als auch 3D-fähig** sein.

Außerdem soll die zu entwickelnde Software auf einem Tablet laufen. Da für eine Auswertung der Methoden aber nicht unbedingt ein Tablet nötig ist, sollen die Mock-Ups sowohl auf normalen Computern und Laptops, als auch auf Tablets laufen. Durch die Tablets ist die Hardwareleistung begrenzt. Die eigentlichen Mock-Ups haben also nur begrenzte Ressourcen zur Verfügung. Diese Einschränkung soll allerdings nicht für das Erstellen von (3D-)Visualisierungen gelten, sondern nur für das anschließende Darstellen. Die Erstellung sollte aber, wegen der Benutzerfreundlichkeit für das Projektteam, trotzdem mit einem durchschnittlichen Computer/Laptop möglich sein. Weiterhin sollten für das Darstellen der Mock-Ups möglichst keine zusätzlichen Installationen notwendig sein.

Zudem müssen die zuvor erstellten Skribblings exemplarisch umgesetzt werden können.

Die **Anforderungen im Überblick**:

1. **Veränderlichkeit und Flexibilität**: Verwendung von anderen/neuen Visualisierungsmethoden
2. schneller **Wechsel zwischen Ansichten** von verschiedenen Methoden
3. **Benutzerfreundlich** für Projektteam und spätere Anwender (Ärzte und Pfleger)

4. 2D- und 3D-fähig

5. lauffähig auf PC und Tablet möglichst ohne zusätzliche Installationen

6. Beispielhaftes Verwenden der Skribblings

Die Nummerierung der Anforderungen dient nur der Übersichtlichkeit und spiegelt keine Rangfolge wieder.

Aus den Anforderungen ergibt sich ein grobes Konzept zu Erstellung der Mock-Ups: Um Methoden überhaupt visualisieren zu können, braucht es zuerst einmal ein Tool, mit dem man Visualisierungen erstellen kann. Um der Anforderung vier, der 2D- und 3D Umsetzung, zu entsprechen, gibt es zwei Möglichkeiten: entweder ein Tool, dass sowohl 2D- als auch 3D-Bilder erstellen kann oder zwei verschiedenen Tools (eines für 2D-Bilder, das andere für 3D-Bilder).

Neben einem Tool zur Bilderstellung, braucht man auch etwas um die Bilder anzuzeigen. Auch hier sollte eine 2D, sowie eine 3D Darstellung möglich sein. Zudem muss die Oberfläche benutzerfreundlich gestaltet und verändert werden können (Anforderung eins, zwei und drei). Die Veränderungen könnten zum einen durch ein Austauschen der Visualisierung und somit der Visualisierungsmethode umgesetzt werden. Zum anderen wäre eine aktive Veränderung der Visualisierung beispielsweise durch eine Farb- oder Texturauswahl per Regler oder Buttons denkbar.

Bei der Auswahl der Tools ist die benötigte Rechenleistung gemäß Anforderung fünf zu beachten, sowie die einfache Ausführung möglichst ohne zusätzliche Software-Installationen zu realisieren.

6.2. Umsetzung

Da es den Rahmen dieser Bachelor-Arbeit überschreiten würde, werden erst im Anschluss geeignete Tools zur Umsetzung des Konzepts ermittelt. Allerdings wird hier einführend eine erste Umsetzung verwirklicht. Die Auswahl der Tools beruht auf den vorhandenen Erfahrungen und Fähigkeiten der Autorin. So nutzt sie beispielsweise das 3D-Tool Blender¹³ und setzt ihre Erfahrungen in der Web-Programmierung ein.

¹³<https://www.blender.org/>

Aufgrund der exemplarischen Verwirklichung der Mock-Ups, werden nicht alle in Abschnitt 5.3 (ab S. 32) vorgestellten Bilder in die Mock-Ups eingebracht.

Neben dem bereits erwähnten Programm Blender kommt das 3-D Modellierungstool Makehuman¹⁴ zum Einsatz. Die Erstellung vom Modell eines Menschen ist damit möglich. Beide Tools sind Open Source¹⁵ und somit frei erhältlich. Für die 2D-Variante wird wieder das Bildbearbeitungsprogramm GIMP benutzt, welches bereits bei den Skibblings in Abschnitt 5.3 zum Einsatz kam.

Zur Darstellung der Bilder werden HTML5 und WebGL verwendet. HTML steht für „Hypertext Markup Language“, 5 für die fünfte Version der Sprache. HTML wird meistens im Zusammenhang mit dem Internet gebraucht und dient der Darstellung von Texten und Bildern (und weiteren Inhalten) in einem Web-Browser.

WebGL steht für „Web Graphics Library“ und ist eine Javascript Programmierschnittstelle zur Darstellung von 3D Inhalten in einem (WebGL-fähigen) Web-Browser. Zur Vereinfachung wird das babylonjs¹⁶ Framework genutzt. Ein Framework ist ein Programmgerüst, welches dem Programmierer eine Struktur für die Entwicklung einer Anwendung vorgibt. Im babylonjs werden bereits einige Funktionen, wie Rotation oder Zoom, zur Verfügung gestellt.

Die genannten Tools, Frameworks usw. sind Standard-Anwendungen in der Informatik. Darum werden diese nicht näher erläutert. Das Hauptaugenmerk liegt vielmehr auf dem Arbeitsablauf.

Zuallererst wird das Modell eines Menschen benötigt. Der Mensch wird mit Makehuman modelliert, d.h. sein Aussehen bestimmt. Es kann größtenteils der bereits von Makehuman vorgegebene, geschlechtsneutrale Mensch benutzt werden. Allerdings braucht er ein Skelett, mit dessen Hilfe später die Position angepasst werden kann (siehe nächste Seite Abbildung 6.1). Das Modell muss dann nur noch im „mhx2“ Format exportiert werden, damit es im nächsten Schritt in Blender importiert werden kann.

¹⁴<http://www.makehuman.org/>

¹⁵Open Source bedeutet quelloffen. Weitere Informationen gibt es hier: <https://opensource.org/>

¹⁶<https://doc.babylonjs.com/>

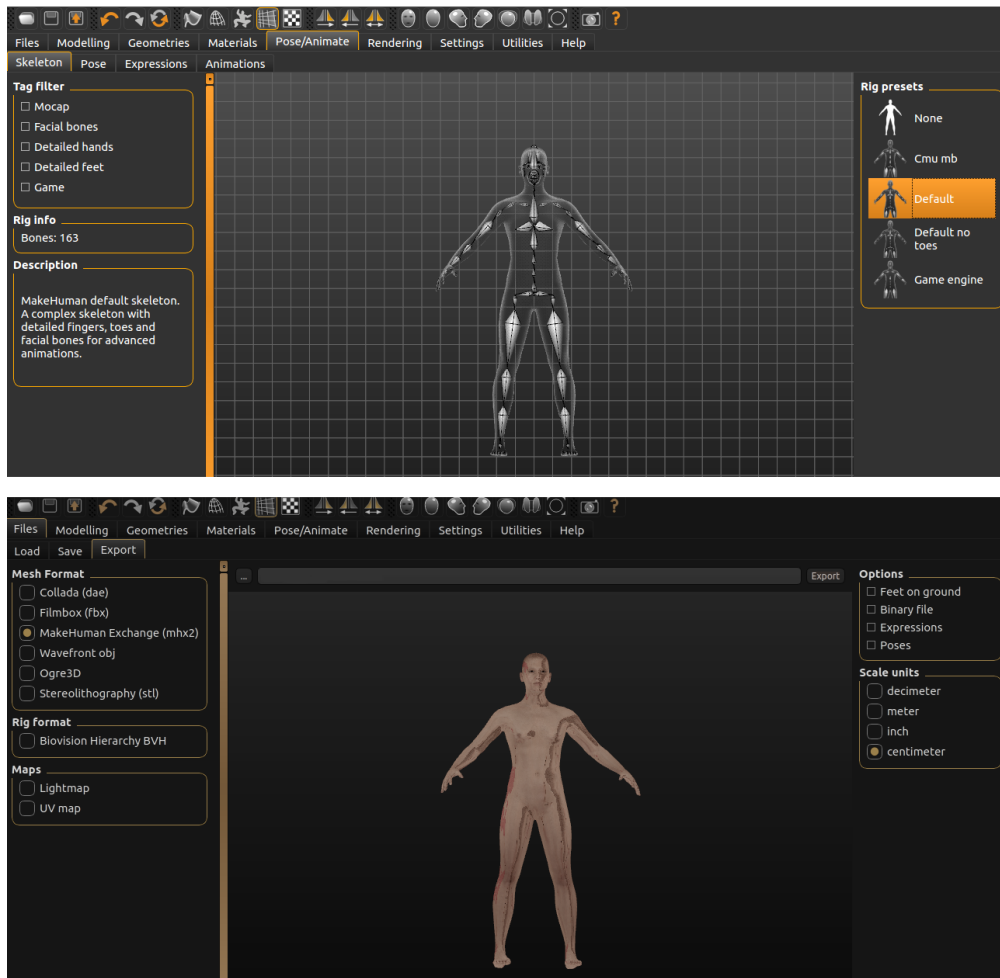


Abbildung 6.1: Makehuman: Skelett Auswahl und Export

Wie der vorige Satz schon andeutet, kommt nun Blender zu seinem Einsatz. Das Erstellte Modell wird importiert und kann jetzt bearbeitet werden. Zuerst wird die Beleuchtung hinzugefügt und die Pose wie gewünscht verändert (Arme neben den Körper). Das Ergebnis sieht man auf der folgenden Seite in Abbildung 6.2.

Jetzt können die entsprechenden Visualisierungstechniken angebracht werden. Die Kontur verändern kann man beispielsweise durch Auswählen der entsprechende Vertices und vergrößern oder verkleinern der Region (Bild eins in Abbildung 6.3 auf der nächsten Seite). Ein möglicher Weg, um Farben oder Texturen anzubringen ist die benötigten Vertices einer neuen Vertex-Gruppe zuzuordnen. Dieser Gruppe kann nun eine Farbe oder Tex-

6. Mock-Up Erstellung

tur zugewiesen werden ¹⁷(Bild zwei in Abbildung 6.3). Die Bilder müssen als „babylon“ exportiert werden, um dann im nächsten Schritt im Web-Browser angezeigt werden zu können.

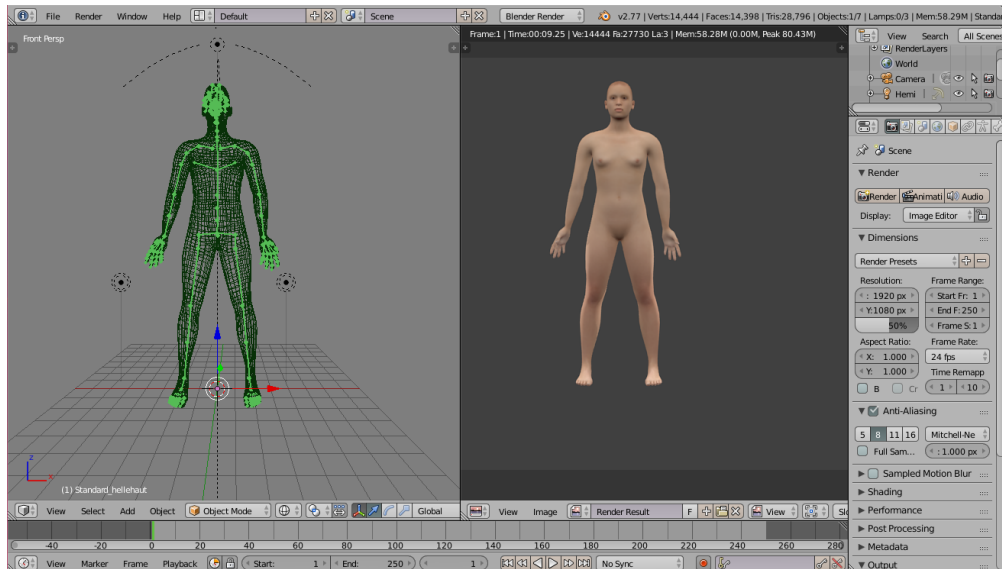


Abbildung 6.2: Blender: Veränderte Pose und Beleuchtung

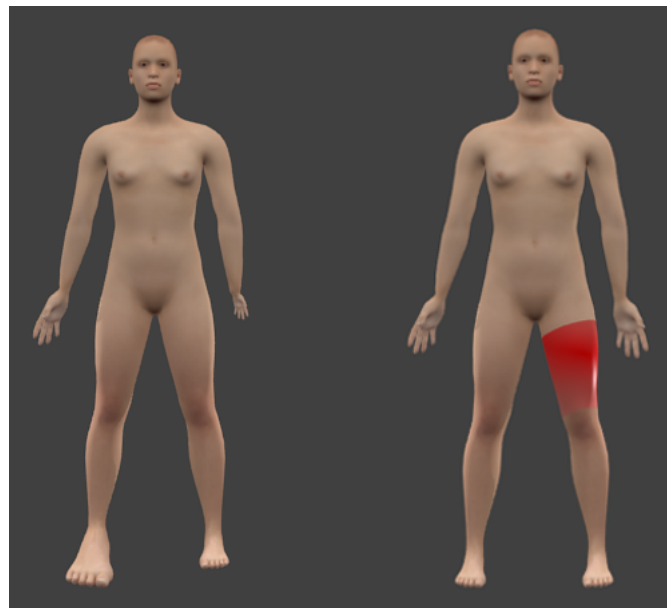


Abbildung 6.3: Blender: Visualisierungstechniken Kontur (1) und Farbe (2)

¹⁷Ein gutes Tutorium gibt es hier: <https://www.youtube.com/watch?v=vvAFUywsFbw>

Die generierten Bilder können jetzt mit dem in HTML5 und Javascript verfassten Skript geladen werden. Der Quelltext kann im Anhang eingesehen werden. Die Benutzeroberfläche zeigt Abbildung 6.4.

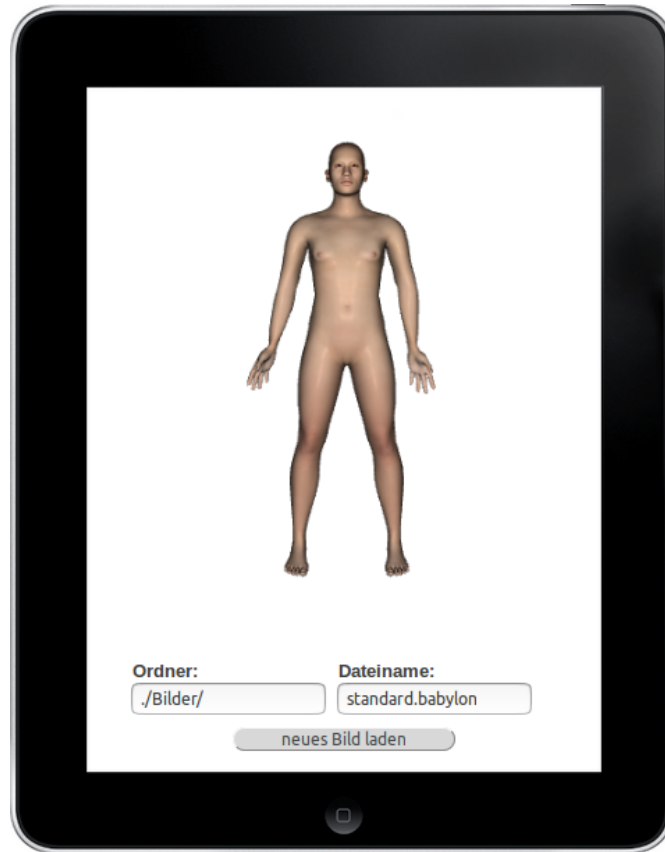


Abbildung 6.4: Benutzeroberfläche zum Laden neuer Visualisierungen

Das Laden von 2D Bildern wurde noch nicht integriert und muss nach dieser Arbeit noch weiter entwickelt werden. Vorerst kann ein einfaches Anzeigeprogramm wie die Windows-Fotoanzeige oder der GNOME-Bildbetrachter¹⁸ benutzt werden.

¹⁸<https://wiki.gnome.org/Apps/EyeOfGnome>

7. Zusammenfassung und Ausblick

In dem letzten Kapitel dieser Arbeit wird eine Zusammenfassung der Ergebnisse gegeben. Dabei wird besonders die Beantwortung der Forschungsfragen in den Vordergrund gestellt. Des Weiteren werden aus dieser Arbeit resultierende Fragestellungen genannt und die Relevanz für das Projekt erläutert. Außerdem wird ein Ausblick auf den weiteren Verlauf des Projekts gegeben.

7.1. Zusammenfassung und Fazit

In Abschnitt 1.3 (S.3) wurden für diese Arbeit zwei Forschungsfragen definiert:

1. **Wie können relevante neurologische Daten am menschlichen Körper visualisiert werden?**
2. **Wie muss ein Konzept zu Erstellung von Mock-Ups für das Projekt VikK aussehen?**

Der erste Teil dieser Arbeit (bis Abschnitt 5 ab S.29) beschäftigt sich mit der Beantwortung der ersten Fragestellung. Um die Grundlagen der Visualisierung zu verstehen, war der erste Schritt die Durchführung einer Literaturrecherche. Dabei wurde der Bereich der visuellen Tradition in der Medizin gesondert betrachtet. Als erstes Ergebnis konnte festgestellt werden, dass bereits viele Visualisierungen in der Medizin Verwendung finden, der medizinische Kontext aber auch besondere Anforderungen und Schwierigkeiten mit sich bringt. Danach wurde der Aufnahmebogen der Neurochirurgie des Jung-Stilling Krankenhauses als Use Case festgelegt. Die Methode des Use Case dient als Begrenzung der Daten und gibt so einen Rahmen für konkrete Umsetzungen von Visualisierungen am Körper vor. Auf der Grundlage der Literaturrecherche und den Daten des Use Case, konnten erste Kriterien für geeignete Visualisierungsmethoden definiert werden. Mithilfe dieser Kriterien wurden daraufhin Methoden zur Visualisierung gefunden und durch Skizzen illustriert. Die Antwort auf die erste Frage, welche im Rahmen dieser Arbeit gefunden wurde, lautet:

Um relevante neurologische Daten am menschlichen Körper zu visualisieren, können Methoden der Visualisierung mit **Farbe, Textur, Veränderung der Kontur**, sowie **zusätzlichen Elementen (Ikonen, Bereichsanzeigen)** verwendet werden.

Im Anschluss folgt, aufbauend auf diesen ersten Teil, die Betrachtung der zweiten Fragestellung. Hier stand die Definition von Anforderungen an die Mock-Ups am Anfang. Die Anforderungen basieren auf der Projektbeschreibung sowie eigenen Überlegungen und Gesprächen mit dem Projektteam. Daraus hat sich ein grobes Konzept ergeben, welches als die Beantwortung der zweiten Frage zu verstehen ist:

Als erstes braucht man ein **Tool, mit dem man Visualisierungen erstellen kann**. Dabei sollte die Anforderung nach **2D- und 3D Visualisierungen** Berücksichtigung finden.

Des Weiteren wird ein **Darstellungsprogramm** benötigt, um die Bilder anzuzeigen. Dabei muss eine Möglichkeit zur **2D, sowie 3D Darstellung** gegeben sein. Außerdem spielen **Benutzerfreundlichkeit** sowie **Veränderungsmöglichkeiten** eine entscheidende Rolle und müssen entsprechend integriert werden.

Das Konzept wurde zu Testzwecken erfolgreich umgesetzt. Eine genaue Untersuchung für am besten geeignete Tools wurde nicht durchgeführt. Aber diese erste Umsetzung beweist, dass das Konzept verwirklicht werden kann.

In dieser Bachelor-Arbeit wurden Erkenntnisse über Visualisierungsmöglichkeiten und die Darstellung von diesen Möglichkeiten gewonnen. Die am Anfang festgelegten Forschungsfragen wurden somit hinreichend beantwortet. Das VikK Projekt, welches den Rahmen dieser Arbeit festlegt, hat so einen Ausgangspunkt gewonnen. Von diesem Punkt aus kann nun weiter geforscht, entwickelt und ausgewertet werden.

7.2. Ausblick

Aus der vorliegenden Arbeit resultieren einige weiterführende Fragestellungen und Aufgaben. Zum einen werfen die im Use Case gefundenen Daten und die entsprechenden Visualisierungsmethoden folgende Fragen auf:

- Wie kann die Unschärfe und Subjektivität von Daten visualisiert werden?

- Wie kann die Veränderung von Daten im Verlauf der Behandlung dargestellt werden?
- Wie kann man Übersichtlichkeit schaffen, wenn viele Daten an einem Körper visualisiert werden müssen?
- Wie kann man Beziehungen zwischen Daten sichtbar machen?
- Wie kann man Daten bestimmten Personen und Aufgaben zuordnen?

Zum anderen ergeben sich Forschungsfragen aus dem Konzept zur Erstellung von Mock-Ups:

- Welche sind die besten Tools zur Umsetzung der Mock-Ups?
- Gibt es noch zusätzliche Kriterien, welche bedacht werden müssen?
- Wie kann die Bedienung benutzerfreundlich gestaltet werden?

Diese Fragestellungen sind eng mit dem Thema des VikK Projekts verknüpft und deren Beantwortung wird im Verlaufe des Projekts angestrebt. Außerdem wird durch das Projektteam eine Auswertung der in dieser Arbeit vorstellten Visualisierungsmethoden erfolgen. Dafür sind Interviews mit den Ärzten und Pflegeern der Neurochirurgie des Jung-Stilling Krankenhauses geplant.

Literatur

- [1] Website des VikK Projekts. <http://www.mediacoop.uni-siegen.de/en/project/visuell-integrierte-klinische-kooperation/>. Eingesehen am 01.09.2016.
- [2] Wong-baker faces pain rating scale. <http://wongbakerfaces.org/>. Eingesehen am 01.09.2016.
- [3] Frank Armour and Granville Miller. *Advanced use case modeling: Software systems*. Pearson Education, 2000.
- [4] Claudia Bingel. *Visualisieren*. Haufe Lexware GmbH and Co. KG, Munzinger Straße 9, 79111 Freiburg, 2012.
- [5] Eva Brandt. How tangible mock-ups support design collaboration. *Knowledge, Technology & Policy*, 20(3):179–192, 2007.
- [6] Stuart K Card and Jock Mackinlay. The structure of the information visualization design space. In *Information Visualization, 1997. Proceedings., IEEE Symposium on*, pages 92–99. IEEE, 1997.
- [7] John M Carroll. Human–computer interaction. *Encyclopedia of Cognitive Science*, 2009.
- [8] William S Cleveland. *Visualizing data*. Hobart Press, 1993.
- [9] Alexei A Efros and Thomas K Leung. Texture synthesis by non-parametric sampling. In *Computer Vision, 1999. The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on*, volume 2, pages 1033–1038. IEEE, 1999.
- [10] Maarten H Everts, Henk Bekker, Jos BTM Roerdink, and Tobias Isenberg. Depth-dependent halos: Illustrative rendering of dense line data. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15(6):1299–1306, 2009.
- [11] Heinz Handels. Medizinische Bilder und ihre Erzeugung. In *Medizinische Bildverarbeitung*, pages 7–47. Springer, 2009.

- [12] Daniel Keim and Thomas Ertl. Wissenschaftliche Visualisierung. *it-Information Technology (vormals it+ ti)/Methoden und innovative Anwendungen der Informatik und Informationstechnik*, 46(3/2004):109–110, 2004.
- [13] Daniel A Keim. Databases and visualization. In *SIGMOD Conference*, 1996.
- [14] Daniel A Keim. Information visualization and visual data mining. *IEEE transactions on Visualization and Computer Graphics*, 8(1):1–8, 2002.
- [15] Rainer Kuhlen, Wolfgang Semar, and Dietmar Strauch. *Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation. Handbuch zur Einführung in die Informationswissenschaft und -praxis*. Walter de Gruyter, 2013.
- [16] Kai Lawonn. *Illustrative Visualisierung von medizinischen Datensätzen*. PhD thesis, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2014.
- [17] Clementine Nebut, Franck Fleurey, Yves Le Traon, and J-M Jezequel. Automatic test generation: A use case driven approach. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 32(3):140–155, 2006.
- [18] Hanspeter Pfister. Moderne Volumenvisualisierung (Modern Volume Visualization). *it-Information Technology (vormals it+ ti)/Methoden und innovative Anwendungen der Informatik und Informationstechnik*, 46(3/2004):117–122, 2004.
- [19] Bernhard Preim and Charl Botha. *Visual Computing for Medicine*. Elsevier, Inc., 2014.
- [20] Peter Rautek, Stefan Bruckner, Eduard Gröller, and Ivan Viola. Illustrative visualization: New technology or useless tautology? *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 42(3):4, 2008.
- [21] Martin Schulz. *Interaktive Visualisierungssysteme zur beschleunigten Analyse von Simulationsergebnissen im Fahrzeugentwicklungsprozess*. PhD thesis, Institut für Informatik der Universität Stuttgart, 2002.
- [22] Heidrun Schumann and Wolfgang Müller. *Visualisierung: Grundlagen und allgemeine Methoden*. Springer-Verlag, 2000.

- [23] Ben Shneiderman. The eyes have it: A task by data type taxonomy for information visualizations. In *Visual Languages, 1996. Proceedings., IEEE Symposium on*, pages 336–343. IEEE, 1996.
- [24] Tatiana Von Landesberger, Arjan Kuijper, Tobias Schreck, Jörn Kohlhammer, Jarke J van Wijk, J-D Fekete, and Dieter W Fellner. Visual analysis of large graphs: State-of-the-art and future research challenges. In *Computer graphics forum*, volume 30, pages 1719–1749. Wiley Online Library, 2011.
- [25] Pak Chung Wong and R Daniel Bergeron. 30 years of multidimensional multivariate visualization. In *Scientific Visualization*, pages 3–33, 1994.
- [26] Jo Wood, Petra Isenberg, Tobias Isenberg, Jason Dykes, Nadia Boukhelifa, and Aidan Slingsby. Sketchy rendering for information visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(12):2749–2758, 2012.

Abbildungsverzeichnis

2.1. Beispiel zur Expressivität	6
2.2. Beispiel zur Effektivität	7
2.3. Mapping	8
2.4. Beispiel zur Informationsvisualisierung	11
2.5. Illustrative Visualisierung	12
2.6. Beispiel zur Bildgebung	15
2.7. Beispiel 2D-/3D-Visualisierung	16
2.8. Punktdiagramm	18
2.9. Textur-Beispiele	19
2.10. Ikonenbasierte Technik	20
2.11. Pixelbasierte Technik	20
4.1. Aufnahmebogen - Bild	24
4.2. Aufnahmebogen - Tabelle	25
5.1. Vorgehensweise	31
5.2. Skribblingprozess	33
5.3. Skribblings: Farbe	34
5.4. Skribblings: Textur	35
5.5. Skribblings: Kontur	37
5.6. Skribblings: Erweiterungen und Ikonen	37
6.1. Makehuman	43
6.2. Blender Vorbereitungen	44
6.3. Blender: Kontur und Farbe	44
6.4. Benutzeroberfläche	45

Anhang

A. Erste Ideen zu Visualisierungsmethoden (schriftliche Form)

„Anatomischer Atlas“ – Ideen zur Visualisierung

Drei Kategorien von Daten/Informationen:

„Beziehung“ steht im Folgenden für eine mögliche mentale Verknüpfung von den Daten/Informationen mit dem diagnostischen Prozess

1. Ortsbezug und leicht/intuitiv zu visualisieren

- Sensibilität (= Taubheits-Gefühl)
→ Beziehung: Welche Bandscheibe ist betroffen?
Methoden:
 - Farbkodierung z.B.
blau = kein Gefühl, keine Farbe (normale Hautfarbe)= volles Gefühl
 - Textur z.B.
„Kreuzchen“ für Kribbelsymptomatik
- Motorik (Kraft in Armen/Beinen/Füßen/Händen)
→ Beziehung: Welche Bandscheibe ist betroffen?
Methoden:
 - Farbtintensität, z.B.
Normale (Haut-)Farbe = volle Kraft, verblasste Farbe= wenig Kraft
 - Zoom, z.B.
Hand wird verkleinert dargestellt = Hand hat wenig Kraft
 - Konturen verschwommen/klar anzeigen, z.B.
Kontur der Hand verschwommen = wenig Kraft, Kontur klar = normale/volle Kraft
 - Kraftdreieck mit Hand des Arztes, z.B.
Zusätzliche Hand zur Patientenhand darstellen
Hände nah zusammen = normale/volle Kraft
Abstand oder Winkel zwischen Händen = wenig Kraft
- Bewegungseinschränkungen (hier muss nochmal genau gefragt werden ob und wie Bewegungseinschränkungen im Aufnahmebogen erfasst werden)
Methoden:
 - Bereich anzeigen, z.B.
Bewegungswinkel/-freiheit farblich markieren
- Schmerzen (werden bei Anamnese abgefragt und handschriftlich aufgeschrieben)
→ Beziehung: Welche Bandscheibe ist betroffen?
Methoden:
 - Farbbereich (Ärzte fragen immer genau nach wo Schmerz anfängt und aufhört)
 - Farbverlauf z.B.
Schmerz kommt vom Rücken und zieht in die Beine: Farbe am Rücken intensiv und wird zu den Beinen schwächer

2. Ortsbezug und schwer zu visualisieren

- Sprache

→ Beziehung: Bewusstsein des Patienten

Methoden:

- Öffnung des Mundes, z.B.

Mund geschlossen = Patient kann nicht reden/ist nicht orientiert

Mund geöffnet = Patient kann normal sprechen

- Sprechblase, z.B.

Keine Sprechblase/kleine Sprechblase = Patient kann nicht reden

Große Sprechblase = Patient kann normal sprechen

Anmerkung: Sprechblase ist zusätzlich zum Körper (ist ein Symbol), entspricht nicht ganz „Anatomie als Atlas“

- Farbsättigung/Helligkeit des Mundes, z.B.

Mund ist blass/nur Kontur zu erkennen = Patient kann nicht reden

(→ Mund eventuell gar nicht anzeigen??)

Mund hat normale Farbe = Patient kann normal sprechen

- Emoticons, z.B.

Mund x'en 

- Visusstörung (Sehstörung)

→ Beziehung: Hirnnerv II betroffen

Methoden:

- Gesicht nur einseitig anzeigen, z.B.

Visusstörung rechts= rechte Gesichtshälfte mit grauer Fläche überdecken

Oder verschwommen anzeigen

- Textur z.B.

Rechte Visusstörung = rechte Gesichtshälfte mit Textur belegen

- Einfärben, z.B.

- Rechte Visusstörung = rechte Gesichtshälfte in Graustufen anzeigen

- Einfärbung Augen/Pupillen, z.B.

Visusstörung rechts = rechte Pupille weiß anzeigen

- Strichgang (Fallneigung)

→ Beziehung: Diagnose eines Tumors im Kopf

Methoden:

- Schatten anzeigen, z.B.

Fallneigung nach links = Schatten wird links neben Patient angezeigt

3. Ohne direkten Ortsbezug → Abklärung mit Ärzten erforderlich

B. Quellecode für das Mock-Up Interface

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0, user-scalable=yes">
  <meta charset="utf-8">
  <title>Mock Up - Visualisierung am K mper</title>

  <!-- stylesheet einbinden -->
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="./css/style.css" />
  <!-- babylonjs Skript einbinden -->
  <script src="./babylonjs/hand.minified-1.2.js"></script>
  <script src="./babylonjs/cannon.js"></script>
  <script src="./babylonjs/oimo.js"></script>
  <script src="./babylonjs/babylon.2.4.js"></script>
</head>

<body>
<div class="wrapper"> <!-- iPad-Bild als Hintergrund -->
  <div class="content"> <!-- Visualisierung innerhalb iPad-Bild -->

    <!-- Container um Graphiken mit JavaScript zu zeichnen -->
    <canvas id="renderCanvas"></canvas>

    <script> // JavaScript welches innerhalb von Canvas zeichnet
      window.addEventListener('DOMContentLoaded', function() {
        // vorher definiertes canvas-Objekt benutzen
        var canvas = document.getElementById("renderCanvas");
        var engine = new BABYLON.Engine(canvas, true);

        //Ort der zu ladenden .babylon Dateien; wird aus Textfeld eingelesen
        var folder=document.getElementById('folder').value;
        //Name der zu ladenden .babylon Dateien; wird aus Textfeld eingelesen
        var name=document.getElementById('name').value;

        //kreiere die Szene (inklusive Mesh, Kamera und Beleuchtung)
        var createScene = function () {
          var scene = new BABYLON.Scene(engine);
          scene.clearColor = new BABYLON.Color4(0, 0, 0, 0); //Hintergrundfarbe weiß

          //Beleuchtung
          var light = new BABYLON.PointLight("Omni", new BABYLON.Vector3(20, 20, 100),
            scene);

          //"Arc Rotate Camera" hinzufügen (dreht sich um Punkt(0,-9,0))
          var camera = new BABYLON.ArcRotateCamera("Camera", -Math.PI/2, Math.PI/2, 30,
            BABYLON.Vector3(0,-9,0), scene);
          camera.attachControl(canvas, true); //bewegen der Kamera möglich
          //Begrenzung der Kamerabewegung:
          //Rotation um y-Achse (alpha)
          camera.lowerAlphaLimit= -4.5;
          camera.upperAlphaLimit= 1.75;
          //Rotation um x-Achse (beta)

```



```

camera.lowerBetaLimit = 0;
camera.upperBetaLimit = 3;
//Radius (Entfernung der Kamera von Ursprungspunkt)
camera.lowerRadiusLimit = 25;
camera.upperRadiusLimit = 40;

// Importieren vom Mesh aus angegebenem Ordner (folder) und Name (name) in die
// hier kreierte Szene (scene)
// der erste Parameter gibt an welche Meshs importiert werden soll
// hier sollen alle importiert werden
BABYLON.SceneLoader.ImportMesh("", folder, name, scene, function (newMeshes) {
    //Position des Meshs definieren
    newMeshes[0].position = new BABYLON.Vector3(0,-9,0); //Mesh der Augen
    newMeshes[1].position = new BABYLON.Vector3(0,-9,0); //Mesh des Körpers
});

//Kamera und Beleuchtung zusammen bewegen
scene.registerBeforeRender(function () {
    light.position = camera.position;
});

return scene; //Scene zurück geben
};

var scene = createScene(); //createScene Funktion aufrufen und Szene in scene speichern
engine.runRenderLoop(function () { //Szene rendern
    scene.render();
});
});
</script>

```

<!-- Form zum laden von neuem Bild: -->

<form>

<label for="folder">

<!-- Textfeld für die Eingabe des Ordnerpfades -->

<input id="folder" name="folder" type="text" value="./Bilder/" />

</label>

<label for="name">

<!-- Textfeld für die Eingabe des Dateinamens -->

<input type="text" name="name" id="name" value="standard_Kontur_Zoom.babylon" />

</label>

<!-- Button um Seite neu zu laden -->

<button type="button" onclick="window.location.reload()">neues Bild laden</button>

</form>

</div> <!-- Schließen von content -->

</div> <!-- Schließen von wrapper -->

</body>

</html>