

Ermittlung intuitiver User Interfaces zur Visualisierung einer Zeitreise

Diplomarbeit

zur Erlangung des Grades einer Diplom-Informatikerin
im Studiengang Computervisualistik

vorgelegt von
Ria Müller

Erstgutachter: Prof. Dr. Stefan Müller
(Institut für Computervisualistik, AG Computergraphik)
Zweitgutachter: Dipl. Informatiker Dominik Grüntjens
Institut für Computervisualistik

Koblenz, im Juli 2010

Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

	Ja	Nein
Mit der Einstellung der Arbeit in die Bibliothek bin ich einverstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Veröffentlichung dieser Arbeit im Internet stimme ich zu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

.....
(Ort, Datum)

.....
(Unterschrift)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Motivation	2
3	Begriffsdefinition anhand verwandter Arbeiten	3
3.1	User Interfaces	3
3.2	Interaktionstechniken	4
3.2.1	Deskriptive Interaktionstechniken	5
3.2.2	Deiktische Interaktionstechniken	5
3.2.3	Interaktionsaufgaben	7
3.3	Klassifikation verschiedener User Interface-Typen	9
3.3.1	Zwei-dimensionale User Interfaces	10
3.3.2	Drei-dimensionale User Interfaces und Virtuelle Realitäten	12
3.3.3	Avatare	16
3.4	Zusammenfassung	16
4	Intuitiv benutzbare User Interfaces	18
4.1	Begriffsdefinitionen	18
4.2	Software-ergonomische Aspekte	19
4.3	Psychologische Aspekte	22
4.4	Modelle und Prinzipien	25
4.5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	30
5	Konzept	31
5.1	Anforderungs- und Benutzeranalyse	31
5.2	Hardware-Komponenten	33
5.2.1	Stereoprojektion und Trackingsystem	33
5.2.2	Umbau des Fernglases	34
5.3	Software-Komponenten	38
5.3.1	Visualisierungskonzepte der Benutzeroberfläche	38
5.3.2	Interaktionstechniken für das Fernglas	41
5.4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	47
6	Implementation und softwaretechnische Umsetzung	48
6.1	Software-Architektur	48
6.2	UML-Klassendiagramm und Szenegraph	49
6.3	Zustandsdiagramm der Interaktion	53
6.4	Zusammenfassung	57

7	Evaluation	58
7.1	Untersuchungskriterien und Vorüberlegungen	58
7.2	Versuchsablauf	62
7.3	Auswertung	63
7.3.1	Untersuchung der Attraktivität mit AttrakDiff	64
7.3.2	Questionnaire of intuitive Use (QUESI)	68
7.3.3	Offene mündliche Befragung und Testbeobachtungen	72
7.3.4	Zusammenfassung, Ausblick und Schlussfolgerungen	80
8	Fazit	85
A	QUESI-Fragebogen aus [HN10]	99
B	Fragebögen für die Abschlussbefragungen	101
B.1	Fragebogen für Prototyp A	101
B.2	Fragebogen für Prototyp B	104
C	Auswertungsmaterialien	108
C.1	AttrakDiff	108
C.2	QUESI-Auswertung	120
C.3	Prototyp A - nach ZUI	135
C.4	Prototyp B - nach WIMP	162
C.5	Prototyp A und B Gesamtauswertung	186
D	CD-Inhalt	200
D.1	Ermittlung intuitiver User Interfaces zur Visualisierung ei- ner Zeitreise (PDF)	200
D.2	Prototypen A und B inklusive Quellcode	200

1 Einleitung

Die Entwicklung von Benutzerschnittstellen hat sich mit den fortschreitenden technischen Möglichkeiten ebenfalls weiter entwickelt. Neben den klassischen User Interfaces, die den Anwender bei der Aufgabenbewältigung unterstützen sollen, entwickeln sich intensiv erlebbare User Interfaces bei denen die Bedienung als intuitiv wahrgenommen wird. Doch was bedeutet Intuitivität in Bezug auf eine Mensch-Maschine-Schnittstelle? Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit dieser Thematik. Es werden Theorien und Modelle betrachtet, die versuchen intuitive Benutzbarkeit zu erklären. Anschließend werden zwei Konzepte aus der Software-Ergonomie herausgegriffen und in abgewandelter Form in zwei Prototypen umgesetzt. Hierfür wird ein Fernglasgehäuse in ein Eingabegerät für eine Stereoleinwand umgebaut. In der anschließenden Evaluation wird untersucht, welcher der Prototypen als intuitiver und attraktiver wahrgenommen wird. Hierfür werden beide hinsichtlich der Kriterien für intuitive Benutzbarkeit untersucht, welche zuvor aus den Modellen und Theorien herausgefiltert wurden.

2 Motivation

Im Zeitalter der vernetzten mobilen Welt, wo zunehmend Computersysteme und virtuelle Realitäten in den Alltag integriert werden, stellt sich die Frage, wie Anwendungssysteme, so gestaltet werden können, dass ihre Bedienung keinen Bruch mit der realen Welt darstellt. Das bedeutet, dass Benutzer mit ihnen durch ganz natürliche Handlungen, die sie aus dem Leben kennen, interagieren können.

Auf dem Markt erscheinen zunehmend Geräte mit neuen Eingabemöglichkeiten, die auf genau diesen Zweck abzielen. Single- und Multi-Touchscreens in Form von Notebooks, Handys und Tischen sind hier beispielsweise zu nennen. Ein weiteres Beispiel ist die Nintendo Wii, die es dem Benutzer ermöglicht Computerspiele durch gewohnte Bewegungen zu steuern.

Im Bereich der Virtuellen Realitäten (VR) werden stereografische Projektionen auf große Leinwände geworfen, um ein intensives Erleben der künstlichen Welt zu ermöglichen. Die klassische Maus und Tastatur sind hier unhandlich und daher ungeeignet, um zu interagieren. Des Weiteren können nur durch zusätzliche Tastenkombinationen die sechs Freiheitsgrade der virtuellen Welt gesteuert werden. Dies zeigt, dass hier neue Anforderungen an die User Interface gestellt werden.

Da solche Großinstallationen häufig in öffentlichen Bereichen, wie Museen oder Kunstaussstellungen eingesetzt werden, bleibt keine Zeit eine komplexe Bedienung zu erlernen. Des Weiteren findet man in diesen Bereichen eine große Vielfalt von Benutzertypen vor, sodass eine Zielgruppen-Einschränkung schwierig ist. Daher ist es eine Herausforderung die Benutzerschnittstellen so verständlich zu gestalten, dass ihre Bedienung jedem sofort klar ist.

Wie solche User Interfaces, gestaltet werden können, ist Thematik der vorliegenden Diplomarbeit. Welche Kriterien an Software, Hardware und Gestaltung stellen sie? Können sie auf vorhandenen Usability-Konzepten aufbauen oder verlangen sie vollkommen neue Verfahren? Welche Rolle spielt die Intuitivität bei der Bedienung und wie ist der aktuelle Stand der Technik? Diese und andere Fragen sollen untersucht werden.

3 Begriffsdefinition anhand verwandter Arbeiten

Während Menschen Computer bedienen, treten sie mit ihnen in Wechselwirkung. Hierfür werden entsprechende Schnittstellen verwendet, die als "User Interfaces" oder im Deutschen auch als "Benutzerschnittstellen" bzw. "Benutzungsschnittstellen", bezeichnet werden.

Im Folgenden wird versucht, eine passende Definition zu finden und spezielle Eigenschaften herauszufiltern. Des Weiteren wird eine Klassifizierung vorgenommen, die User Interfaces in verschiedene Typen kategorisiert. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung, die eine Entscheidung für das weitergehende Vorgehen enthält.

3.1 User Interfaces

User Interfaces können aus zwei verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden: Zum Einen kann die Menge der Interaktionsmöglichkeiten, einschließlich ihrer Hilfskomponenten, gemeint sein.

Zum Anderen kann die gesamte Hard- und Software, die zur Bedienung des Computers dient, als User Interface verstanden werden. ([Her05], S.249)

Während sich der erste Fall auf die Softwarekomponenten der Benutzeroberfläche beschränkt, wird im zweiten Fall die Peripherie, mit der der Anwender den Computer bedient, eingeschlossen. Daher stellt sich bei der Entwicklung von Benutzerschnittstellen, neben der Frage einer geeigneten Visualisierung, die Frage nach geeigneten Ein- und Ausgabegeräten.

[Wik10] definiert ebenfalls Soft- und Hardware-Komponenten, die Ein- und Ausgabezwecken dienen, als Bestandteile einer User Interface:

"A user interface is the system by which people (users) interact with a machine. The user interface includes hardware (physical) and software (logical) components. User interfaces exist for various systems, and provide a means of:

- *Input, allowing the users to manipulate a system, and [...]*
- *Output, allowing the system to indicate the effects of the users' manipulation."*

Das heißt die User Interface ermöglicht dem Anwender das System durch Eingaben zu manipulieren und kennzeichnet in seinen Ausgaben den Effekt der Aktion. Hierfür stellt sie verschiedene Hard- und Softwarekomponenten zur Verfügung.

[HH93] definieren User Interfaces über ihre Aufgabe, eine Verständigung zwischen Computer und Mensch zu ermöglichen. Schließlich basieren die übermittelten Nachrichten zwischen Computer und

Benutzer auf unterschiedlichen Zeichensystemen, die auf einen gemeinsamen Code abgebildet werden müssen, um eine korrekte Informationsübermittlung zu gewährleisten¹.

So erklären sie, dass Benutzerschnittstellen die Aktionen und Zustände des Anwenders (Eingaben), in eine computerverständliche Repräsentation übersetzen, die die Maschine verarbeiten kann. Umgekehrt übersetzen Benutzerschnittstellen die Computeraktionen und -zustände (Ausgaben) in Repräsentationen, die Menschen verstehen, sodass diese darauf reagieren können.

Aus diesen Definitionen lässt sich schließen, dass User Interfaces aus einem Software- und Hardwareanteil bestehen, die dem Anwender ermöglichen mit dem Computer zu interagieren. Das heißt sie können sich gegenseitig beeinflussen. [Her05] Durch sie werden die Rechenoperationen der Bits und Bytes in eine menschenverständliche Form gebracht. Während die Softwarekomponente geeignete Visualisierungen und Interaktionstechniken zur Verfügung stellt, bietet die Hardware eine physische Schnittstelle, mit der der Benutzer die Ausgaben des Computers wahrnehmen und Eingaben tätigen kann. Allgemein gesagtem, passen User Interfaces die analoge physische Welt an die digitale des Computers an.

3.2 Interaktionstechniken

Wie im vorherigen Abschnitt festgestellt, dienen User Interfaces dazu zwischen Computer und Mensch zu vermitteln.

Ob es sich bei diesen Wechselwirkungen um eine Interaktion oder Kommunikation handelt, ist umstritten. Theorien, die den Begriff "Mensch-Computer-Kommunikation" verwenden, leiten sich aus Modellen der zwischenmenschlichen Kommunikation ab.

Der Begriff der "Mensch-Computer-Interaktion" bezeichnet Welt- oder Handlungsmodelle. Es wird versucht, den Computer als Handlungsspielraum zu gestalten, sodass der Anwender, wie in der Realität Objekte erschaffen, wahrnehmen und verändern kann. ([Her94], S.77-103)

In diesem Abschnitt soll betrachtet werden, welche Interaktionstechniken von der Softwarekomponente einer Benutzerschnittstelle dem Anwender zur Verfügung gestellt werden, um dem Computer Anweisungen zu geben und Reaktionen von ihm zu empfangen. Sie können durch unterschiedliche Medien realisiert sein. Diese können visuell, auditiv oder haptisch umgesetzt sein und aus einer Kombination von ihnen bestehen. Die Vielfalt der

¹Wie dies im Detail funktioniert, ist Forschungsgebiet der Mensch-Maschine-Kommunikation. Sie ist der Linguistik entsprungen und hat diverse Erklärungsmodelle entwickelt. Diese hier alle aufzuführen, würde den Rahmen der Arbeit sprengen, daher sei an dieser Stelle auf [LLS95] verwiesen, wo einen einführender Überblick über Kommunikationsmodelle gegeben wird

Möglichkeiten wird auch als "**Multimedialität**" bezeichnet. Im Großen und Ganzen geht es darum, verschiedene Sinne des Menschen anzusprechen. Von ([BW01], S.6-7) werden Interaktionstechniken als Methode, die es dem Benutzer ermöglicht eine Aufgabe im System zu erfüllen, definiert. Dabei verstehen sie diese Techniken ebenfalls als Teil der User Interface.

Von ([Her94], S.85-86) werden Interaktionstechniken als stereotype Abfolge von Ein- und Ausgabevorgängen einer Benutzerschnittstelle definiert. Als Synonyme nennen sie die Bezeichnungen "Interaktionsform" und "Interaktionsmethode". Häufig verwendete Interaktionstechniken werden als Softwarebausteine umgesetzt. Bei Graphischen User Interfaces (GUI) können das beispielsweise Formulare, Menüs und Piktogramme sein.

Wie Interaktionstechniken realisiert werden und welches Medium dafür verwendet wird, hängt vom Typ der Benutzerschnittstelle ab. So nennen ([E0094], S.118) als Beispiele für Interaktionstechniken graphischer User Interfaces die direkte Manipulation, Kommandodialoge, Frage- Antwort-Dialoge und Menü-Techniken. Für zwei-dimensionale User Interfaces sind sie in der Norm DIN ISO 9241 standardisiert worden. Für drei-dimensionale Benutzerschnittstellen, gibt es zahlreiche Weiter- und Neuentwicklungen, auf die weiter unten eingegangen wird. Aufgrund der unterschiedlichen Einsatzgebiete und Aufgaben hat in diesem Bereich noch keine Standardisierung stattgefunden, so dass die Vielfalt entsprechend groß ist.

3.2.1 Deskriptive Interaktionstechniken

Interaktionsformen auf Grundlage sprachlicher Beschreibungen werden als deskriptiv bezeichnet, weil der Benutzer seine Eingaben in einer Art Sprache beschreiben muss. Als Mittel werden dazu Symbole, natürliche Sprachen oder formale Sprachen verwendet. Als Beispielvertreter sind hier Benutzerschnittstellen zu nennen, die über die Kommandozeile oder mit Sprachbefehlen gesteuert werden können. Navigationssysteme in Autos nutzen diese Technik zum Beispiel.

Ein unlösbares Problem dieser Interaktionsform ist der kognitive Aufwand, der bei der Formulierung der Beschreibung, benötigt wird. Eine Milderung kann durch spezielle Unterstützungstechniken erfolgen ([Her94], S. 86-92).

3.2.2 Deiktische Interaktionstechniken

Deiktische Interaktionstechniken basieren auf der Selektion mittels Zeigehandlungen. Dem Benutzer wird angeboten, aus einer Menge von Objekten oder Funktionen auszuwählen. Dies wird durch Menüs, metaphorische Dialoge und die direkte Manipulation umgesetzt.

Menüs haben die Vorteile, dass sie schnell verstanden und erlernt werden. außerdem entlasten sie den Benutzer kognitiv, weil er sich weniger

für die Bedienung merken muss. Auf der anderen Seite benötigen sie Bildschirmplatz und Zeit zum Auswählen einer Funktion ([Her94], S. 93). Es wird hierbei auch von Objekt-Funktions-Schema gesprochen, bei dem zuerst ein Objekt selektiert und anschließend im Menü eine Funktion ausgewählt wird, die auf das Objekt angewendet wird.

Direkte Manipulation steht der indirekten Manipulation über ein Menü gegenüber. Anstatt den Umweg über ein Auswahlangebot zu gehen, können Objekte (beziehungsweise deren Repräsentanten in Form von Icons) mit Zeigebewegungen des Mauscurors manipuliert werden. Hierfür zeigt der Anwender auf sie und zieht sie an die gewünschte Position. Diese Funktion wird auch als "Drag-and-Drop" bezeichnet. Es wird hierbei auch von Objekt-Objekt-Schema gesprochen, da Objekte, die aufeinander angewendet werden sollen, mit der Maus aufeinander gezogen werden können, um die Aktion auszuführen. Die Ergebnisse der Handlungen werden sofort sichtbar. Deshalb entspricht diese Manipulationsweise eher der natürlichen Handlungsweise in der Realität.

Metaphorische Dialoge nutzen das Prinzip von Metaphern aus, um die Aufgabe einer Anwendung zu versinnbildlichen und auf das Vorwissen von Benutzern zurückzugreifen. Die User Interface bildet hierbei, die Arbeitsumgebung eines Arbeitsbereiches nach. Gewohnte Arbeitsobjekte werden in Form von Icons dargestellt, die anhand eines Zeigers direkt selektiert und manipuliert werden können.

Die bekannteste Desktop-Metapher ist die **Schreibtisch-Metapher** ([Her94], S. 95-96), die sich inzwischen auf allen Desktop-Systemen verbreitet hat. Die User Interface wird hierbei als Büroumgebung gestaltet, in der der Benutzer an einem Schreibtisch arbeitet. Seine Dokumente kann er in Ordnern und Schränken sortieren, die als Verzeichnisse visualisiert sind. Unnötiges kann er löschen, indem er die Dokumente in den Papierkorb wirft. Dies kann beispielsweise durch eine Drag-and-Drop-Handlung realisiert werden. Der Anwender zieht hierfür das zu löschende Dokument auf das Papierkorb-Icon.

Diese Metapher wird auch von Windows verwendet, das auf dem Window-, Icon, Menu-, Pointer- Konzept (WIMP) aufbaut.

Um die Vorteile der Menüs, Metaphern und direkten Manipulation zusammenzuführen, schlägt [Kra95] die **Werkzeugmetapher** vor. Sie ermöglicht es, dem Zeiger verschiedene Funktionalitäten zuzuweisen. Hierfür wird die Funktionalität des Werkzeuges in Form eines Icons metaphorisch verbildlicht. Wird es ausgewählt, nimmt der Zeiger die dargestellte Funktionalität an. Zum Beispiel haben Bildbearbeitungsprogramme, wie zum Beispiel Adobe Photoshop, eine Werkzeugliste, mit verschiedenen Werkzeugen, die anhand eines Icons ihre Funktionalität vermitteln sollen. Wird beispielsweise der Pinsel angeklickt, kann der Benutzer auf dem geöffneten

Dokument malen.

3.2.3 Interaktionsaufgaben

Die drei typischen Interaktionsaufgaben sind Selektion, Manipulation, Navigation und Systemkontrolle[ST07]. Insbesondere bei der visuellen Kennzeichnung zusammengehöriger und getrennter Objekte, aktiver und inaktiver Elemente, selektierter und nicht-selektierter Dinge einer User Interface, sind die **Gestaltgesetze der Wahrnehmungspsychologie** ein hilfreiches Mittel, um dem Benutzer visuelle Rückmeldungen über seine Aktionen zu geben und Übersichtlichkeit zu bewahren. ([Her94], S.58-60) Wie diese bei den Interaktionsaufgaben eingesetzt werden können, wird im Folgenden erläutert.

Selektion

Das Auswählen mehrerer oder einzelner Objekte, wird als "Selektion" bezeichnet

Zur Rückmeldung, dass ein Objekt selektiert wurde, gibt es verschiedene Visualisierungsmöglichkeiten. Beispiele hierfür sind visuelle Formalismen wie nicht-photorealistisches Rendering, Lichtkegel beziehungsweise Spotlichter, Vergrößerungen oder Verkleinerungen, farbliche Kennzeichnungen und Umrahmungen. Welche am besten geeignet ist, wurde bisher nicht evaluiert [ST07]. Allen gemeinsam, ist die Bedingung, dass die Markierung eindeutig aus der Umgebung herausstechen muss, um vom Anwender als Selektion wahrgenommen zu werden. Dafür kann es nötig sein mehrere der oben genannten Visualisierungen zu kombinieren. Beispielsweise könnte ein Auswahlmü in nicht-photorealistischen Renderingverfahren, als Selektionsmarkierung eine Umrandung erhalten (Abb. 1) und das ausgewählte Objekt eindeutig vom Hintergrund abheben.



Abbildung 1: Visualisierung einer Selektion durch unterschiedliche nicht-photorealistische Renderingverfahren. Durch die Umrandung des selektierten Objektes wird das Figur-Grund-Problem gelöst. Links ist das Auto ausgewählt. Rechts ist die Ente ausgewählt. (aus [HMH⁺03])

Die Erkenntnis, dass ein Objekt, welches sich von allen anderen in einer

Eigenschaft unterscheidet, als herausstechend wahrgenommen und fokussiert betrachtet wird, stammt aus der Wahrnehmungspsychologie. Dieser Effekt wird als **"Pop-Out-Effekt"** bezeichnet und kann bei der Selektion von einem oder mehreren Elementen als Mittel zur Isolation und Abgrenzung eingesetzt werden (vgl. Abb. 2).

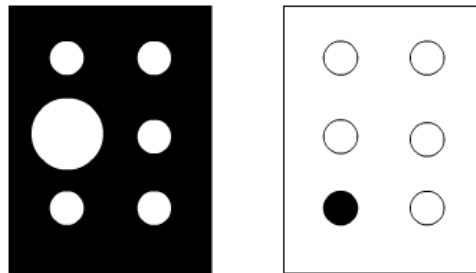


Abbildung 2: Pop-Out-Effekt am Beispiel von Kreisen mit unterschiedlicher Größe (links) und einem Hell-Dunkel-Kontrast (rechts)

Es können jedoch auch andere Gestaltgesetze zur Verdeutlichung einer Selektion verwendet werden. Beispielsweise werden Dinge, die nahe beieinander liegen, die dieselbe Bewegungsrichtung oder große Ähnlichkeiten aufweisen als zusammengehörig interpretiert. Dies ist für die Auswahl mehrerer Objekte bedeutend, da sie so als selektierte Gruppe wahrgenommen werden. In Adobe Photoshop werden selektierte Bereiche beispielsweise mit einer gestrichelten Linie umrandet, die sich bei jedem Auswahlbereich in dieselbe Richtung bewegt.

Manipulation

Mit verschiedenen Techniken, kann der Anwender Objekte der User Interface verändern. Er kann sie beispielsweise drehen, verschieben und skalieren. In drei-dimensionalen Benutzerschnittstellen ist die Manipulationsmöglichkeit um die z-Achse erweitert. Daher gibt es hier, anstelle von drei Freiheitsgraden, sechs Freiheitsgrade. Als Repräsentanten der Manipulation werden in zwei-dimensionalen User Interfaces Steuermenüs (indirekte Manipulation) oder metaphorische Werkzeuge, die ihre Funktion durch ein Icon versinnbildlichen, verwendet (direkte Manipulation). In dreidimensionalen gibt es solche Werkzeuge und Steuermenüs ebenfalls. Allerdings gibt es auch 3D-User Interfaces, die die Manipulation auf reale Gegenstände übertragen und direkt auf die Bewegungsänderungen des Benutzers abbilden. Diese Benutzeroberflächen werden unter dem Begriff "Tangible User Interfaces" zusammengefasst. Auf sie wird weiter unten eingegangen.

Der Begriff "**Navigation**" ist eine Metapher, die aus der Schifffahrt stammt. Übertragen auf User Interfaces, wird eine zielgerichtete Suche bezeichnet, durch die der Anwender, einen Weg zu einem bestimmten Ziel findet. Teilaufgaben der Navigation sind die Orientierung, Positionsbestimmung und Wegfindung im System. Die Wegfindung kann, je nach Suchraum, sowohl die Positionsveränderung einer Spielfigur bezeichnen als auch die kognitive Wegfindung. Letztere bedeutet, dass der Anwender in einem System einen Weg zur Lösung seiner Aufgabe findet. Zur Orientierung sollte der aktuelle Standort stets klar erkenntlich sein. Zur Positionsanzeige können die im Abschnitt "Selektion" beschriebenen Markierungen verwendet werden. In ([Her94], S.135) wird hinzugefügt, dass es eine Übersichtskarte des Suchraumes gibt, über die das Ziel angesteuert wird und über die der Einstieg erfolgt. Sie zeigt die aktuelle Position sowie die von dort aus möglichen Bewegungsrichtungen an. Der Suchraum kann ebenso ein Informationsraum zur kognitiven Wegfindung, wie eine virtuelle Umgebung sein, in welcher die Positionen von Objekten verändert werden können. Eine weitere wichtige Eigenschaft, die man User Interfaces zuordnet, ist die **Explorierfreudigkeit** einer Anwendung. Damit ist gemeint, dass eine Benutzeroberfläche zum Erkunden und Ausprobieren animiert. Im Gegensatz zur Navigation handelt es sich um eine ungerichtete Suche. Der Anwender erkundet neugierig, ohne ein konkretes Ziel, die Benutzerschnittstelle, um einen Überblick über den Suchraum und seine Funktionen zu erhalten. Dabei lotet er Alternativpfade systematisch aus und entwickelt eine Übersichtskarte. Anschließend erfolgt Navigation. Der Einstiegspunkt wird bei der Exploration zufällig gewählt. ([Her94], S.135)

Systemsteuerung

Die letzte Interaktionsaufgabe einer User Interface ist das Anzeigen eines Systemzustands, damit der Anwender die Aktionen des Computers stets nachvollziehen kann.

3.3 Klassifikation verschiedener User Interface-Typen

Im Laufe der Zeit haben sich verschiedene User Interface-Typen entwickelt. Sie können sich durch verschiedene Kriterien voneinander unterscheiden. So kann die Anzahl der Dimensionen eine Rolle spielen, aber auch die verwendeten Interaktionsmedien, das Visualisierungskonzept, die Art der Benutzerführung (explorativ oder geführt) oder der Eingabegeräte können zur Differenzierung herangezogen werden. Ausgangspunkt dieser Arbeit soll die Anzahl der Dimensionen einer Benutzerschnittstelle sein. Ihnen untergeordnet werden die Interaktionstechniken und -medien, die Eingabegeräte, die Benutzerführung und die Visualisierungskonzepte. Schließlich können sie, in Abhängigkeit der Dimensionen, unterschiedlich umgesetzt werden und das Erleben der Benutzung beeinflussen.

3.3.1 Zwei-dimensionale User Interfaces

Die klassische Software-Ergonomie beschäftigt sich mit zwei-dimensionalen User Interfaces, die darauf abzielen den Benutzer bei seiner Arbeit und dem Erreichen seiner Ziele zu unterstützen. Eine intuitive Benutzbarkeit ist hier wünschenswert, jedoch nicht immer Realität. Gegenüber **kommandozeilenorientierten User Interfaces**, mit deskriptiven Interaktionstechniken, haben sich **Graphical User Interfaces (GUI)** durchgesetzt. Es sind zwei Visualisierungskonzepte zu unterscheiden: User Interfaces, die auf dem WIMP-Prinzip aufbauen und Zoomable User Interfaces (ZUI). Die meisten zwei-dimensionalen Desktop-Schnittstellen basieren auf deiktischen Interaktionstechniken und dem **WIMP-Konzept**. Hierbei werden "Windows" als Anzeige- und Bearbeitungszonen von Dokumenten, "Icons" als Werkzeuge, "Menus" als Auswahllisten und "Pointer" als Zeigeinstrument verwendet. "Icons" versinnbildlichen Funktionen mit einem metaphorischen Bild. Vertreter dieses Konzepts ist beispielsweise Microsoft Windows.

Dem gegenüber stehen **Zoomable User Interfaces (ZUI's)**, auch Multiscale User Interface oder skalierbare Benutzerschnittstelle genannt. Als wissenschaftliche Prototypen entwickelten sie sich in ihren Grundzügen bereits Ende der 70er Jahre [Don78]. Aufgrund technischer Beschränkungen der damaligen Zeit, wurden sie jedoch erst 20 Jahre später von Ken Perlin und David Fox in dem Projekt "Pad" [FP93] wieder aufgegriffen. Die Besonderheit dieser Benutzerschnittstellen ist, dass sie an die menschliche Fähigkeit anknüpfen, sich Informationen räumlich geographisch zu merken. Der Anwender arbeitet auf einer scheinbar unendlich großen Arbeitsfläche, auf der er Objekte platzieren kann. Diese können von unterschiedlichster Art sein: Bilder, Tabellen, Kalender- oder Schreibprogramme sind nur einige Beispiele. Um sie in verschiedenen Auflösungen zu betrachten, kann er die Arbeitsfläche zoomen sowie vertikal und horizontal verschieben (pannen). Das Zoomen ist hierbei nicht nur ein geometrischer Zoom, sondern auch ein semantischer. Mit steigender Nähe zu einem Objekt, wird es größer und es steigt der Detailgrad an Informationen und ausführbaren Funktionalitäten, so dass er in Dokumente Daten eingeben und verändern kann. Mit abnehmender Nähe werden die Objekte verkleinert, Funktionen und Informationen werden ausgeblendet und der Anwender kann wieder eine größere Menge der verfügbaren Objekte betrachten. Auf diese Weise hat der Anwender stets die Möglichkeit sich einen Überblick über den gesamten Informationsraum zu verschaffen ([Kön07], S. 2-5).

Ohne Begrenzung der Arbeitsfläche kann es passieren, dass Benutzer die Orientierung verlieren, wenn sie in Bereiche zoomen oder pannen, die keine Informationen enthalten. Lösungsmöglichkeiten hierfür sind den Raum zu begrenzen, Landmarks zu setzen, eine Rücksprungmöglichkeit zum Startpunkt zu geben oder einen Zooming Reference Point(ZRP) zu definieren,

der beim Heranzoomen in die Mitte des Displays verschoben wird ([Kön07], S.39 -42).

ZUI's sind zunehmend bei Geräten mit Touchscreens zu finden. Das iPhone von Apple, verwendet beispielsweise eine stilisierte Form von ZUI, die in beschränkten Räumen, verwendet wird. Das heißt, dass die verfügbare Arbeitsfläche nicht unendlich groß, sondern begrenzt ist. Der Anwender kann so, in Fotos hinein- und herauszoomen und sie nach belieben mit den Fingern verschieben, bis er an die Grenzen stößt. [?]

In [Wik09] wird die Definition einer ZUI darüber hinaus auch auf Benutzeroberflächen begrenzt, die mindestens ein Element mit skalierbaren Bestandteilen enthalten. In diese Kategorie fallen viele Programme, denn durch gedrückt halten der Steuerung-Taste auf der Tastatur und gleichzeitiges Drehen am Mausrad, kann beispielsweise in Microsoft Word und im Adobe Reader gezoomt werden. Durch Klicken in einer Seite, wird der ZRP gesetzt, der bei anschließenden Drehen des Mausrades in die Mitte verschoben wird. Auf diese Weise wird die ausgewählte Seite vergrößert. Da Sowohl Word als auch der Adobe Reader Menüs, Icons und Fenster enthalten, können sie ebenso als Programme verstanden werden, die das WIMP-Konzept umsetzen. Folglich handelt es sich hier um Mischformen aus ZUI und WIMP-Konzept.

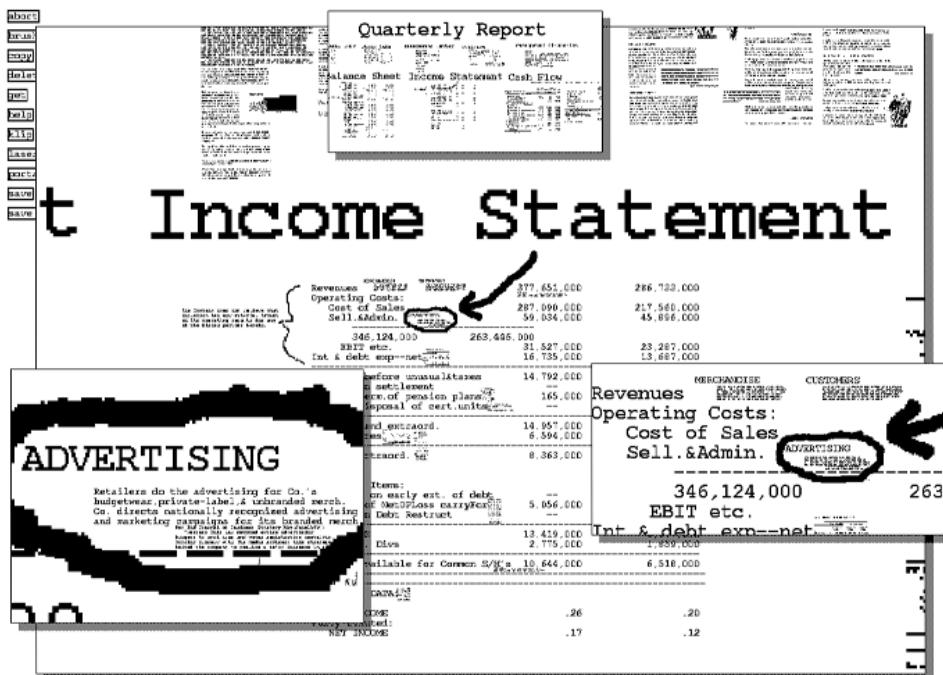


Abbildung 3: Ein Vierteljahresbericht auf einer Pad-Benutzeroberfläche. Die Portale ermöglichen durch semantischen und geometrischen Zoom andere Sichten auf die Benutzeroberfläche. (aus [FP93], S.3)

Weitere Bestandteile von ZUI's sind Portale, die als Navigation oder als "Magic Lense" fungieren können. Letztere filtern die eingeschlossenen Daten oder stellen sie in einer anderen Visualisierung dar. So werden zum Beispiel Daten in einer Tabelle durch eine Magic Lense als Balken- oder Punktdiagramm angezeigt. [BSP⁺93] Portale können darüber hinaus andere Sichten auf den Informationsraum anbieten (Abb. 3).

In Pad [FP93] wird die Benutzeroberfläche anhand von lupenähnlichen Portalen exploriert. Überfährt der Anwender ein Objekt mit einem Portal wird es nicht nur geometrisch skaliert, sondern auch inhaltlich und in seiner Repräsentationsform angepasst. Es erfolgt somit ein semantischer Zoom, sodass die Inhalte des Objektes erkennbar werden.

Aufgrund von Studien, die für ZUI's eine höhere Benutzerzufriedenheit und Effizienz erkennen lassen ([Kön07], S.29-37), werden sie als intuitivere, flexiblere Alternative zum WIMP-Konzept gesehen [Wik09], die sich auch für das Management großer Datenmengen eignen [Dac07].

3.3.2 Drei-dimensionale User Interfaces und Virtuelle Realitäten

Drei-dimensionale User Interfaces bieten eine größere Vielfalt als zwei-dimensionale. Es ist zwischen Desktop-Schnittstellen und Virtuellen Realitäten zu unterscheiden. Letztere können auf großflächige Leinwände oder in Head-Mounted-Displays projiziert werden. Im Gegensatz zu drei-dimensionalen Desktop-Schnittstellen, die sich noch mit der Maus und Tastenkombinationen der konventionellen Tastatur bedienen lassen, erfordern virtuelle Realitäten neue Eingabegeräte und Interaktionswerkzeuge. Viele Eingabegeräte wurden für spezielle Anwendungen oder Anwendungsgebiete entwickelt und sind daher entsprechend individuell angepasst. Eine Standardisierung wie bei zwei-dimensionalen User Interfaces, bei denen sich vorwiegend die Maus und die Tastatur etabliert haben, hat es bisher nicht gegeben ([ST07], S. 7).

Virtuelle Realitäten sollen dem Benutzer ein intensives Erlebnis ermöglichen. Es stellt sich hier die Frage, wie die Benutzerschnittstelle wahrgenommen wird und wie sie sich anfühlt [Sta07]. Um in der virtuellen Welt versinken zu können, ist eine einfache und möglichst intuitive Bedienung besonders wichtig. Daher soll in diesem Abschnitt insbesondere auf Virtuelle Realitäten eingegangen werden. Im Folgenden wird gezeigt wie das WIMP-Konzept in drei-dimensionale und virtuelle Realitäten übertragen wird. Letztere werden anschließend durch ihre Eingabetechniken differenziert und klassifiziert.

Das WIMP-Konzept in drei-dimensionalen User Interfaces und Virtuellen Realitäten Zu Beginn der Entwicklung wurde das WIMP-Konzept der zwei-dimensionalen Desktop-Schnittstellen auf drei-dimensionale User Interfaces übertragen. Dies erschien einfach und praktisch, da es sich um gut evaluierte und etablierte Konzepte handelt. Bei drei-dimensionalen Desktop-

Anwendungen sind hierbei zwei wesentliche Möglichkeiten zu unterscheiden: Die bildschirmfixierte und die weltfixierte Darstellung der Menüs und Icons. Bei Ersterer werden die zwei-dimensionalen GUI-Elemente im Vordergrund auf eine zusätzliche Ebene gerendert. Bei letzterer werden die Menüs und Icons als drei-dimensionale Objekte in der virtuellen Welt platziert und abschließend gemeinsam mit der Szene gerendert. Als Beispiel ist hier das Ringmenü zu nennen, bei dem Benutzer durch die Rotation um eine Achse Icons auswählen können ([ST07], S.18). Des Weiteren gibt es Anwendungen, bei denen Menüs auf externen Geräten wie PDA's oder Tablet-PC's (Pen- and Tablet-Technik) dargestellt werden. Allerdings kann diese Interaktion als ein Bruch bei der Interaktion mit den virtuellen Welten wahrgenommen, weil zwei Welten (2D-Menü und 3D-Welt) parallel existieren und der Anwender immer zwischen ihnen wechseln muss.

Allgemein lässt sich feststellen, dass drei-dimensionale User Interfaces versuchen die physische reale Welt zu simulieren oder von ihr zu adaptieren. In manchen Fällen werden auch nur Teile von ihr übernommen und kreativ an die Anforderungen der 3D-Anwendung angepasst. So basieren die meisten Interaktionsmetaphern auf magischen Ideen, die über die Möglichkeiten der realen Welt hinaus gehen ([BKLP04], S.331-345). Ein Beispiel ist die Metapher des fliegenden Teppich [PST⁺96]. Um verstanden zu werden, müssen die Sinnbilder jedoch geeignet gewählt werden.

Virtuelle Realitäten (VR) sind gänzlich computergenerierte Welten, die der Anwender mit seinen Sinnesorganen wahrnehmen und mit der er in Echtzeit interagieren kann ([KLS04], S.3). Diese Systeme stellen neue Anforderungen an die Eingabegeräte. Zum Einen müssen anstelle von zwei sechs Freiheitsgrade bedient werden und zum Anderen sind insbesondere Großprojektionen virtueller Welten mit Maus und Tastatur nur schlecht steuerbar. Daher wurden zahlreiche neue Eingabegeräte entwickelt, die die Interaktion erleichtern sollen. Hierzu zählen unter anderem Datenhandschuhe, Spacemäuse und beschleunigungsmessende Trackingsysteme. Viele dieser Eingabegeräte sind für individuelle Anwendungen entwickelt worden und weisen spezielle Fähigkeiten auf. Aufgrund dieser Spezialisierung konnte bisher keine Standardisierung erfolgen.

Immersive virtuelle Realitäten kombinieren interaktive 3D-Grafiken, 3D-Displays und 3D-Eingabegeräte, um dem Anwender das Gefühl zu vermitteln, sich mitten in der virtuellen Welt zu befinden. Durch Head-Tracking wird der Eindruck erzeugt, dass die Welt den Benutzer vollständig umgibt. Wird der Kopf nach links gedreht, werden Bilder gerendert, die sich zur Linken des Anwenders befinden. Analog erfolgt dies zur rechten Seite. Da sich die Bilder stets an der korrekten Position um den Benutzer herum befinden, entsteht der Eindruck einer scheinbaren 3D-Umgebung. ([BKLP04], S.18) "Osmose" [Dav95] ist eines dieser Systeme. Als intuitive Eingabe, wer-

den die Atmung und die Körperbalance getrackt. Der Anwender trägt hierfür eine bewegungstrackende Weste und ein Head-Mounted Display. Anhand seiner Atmung und Balance kann er 15 Minuten durch alle Orte der virtuellen Welt von "Osmose" und deren Zwischenwelten reisen (Abb. 4). Beim Einatmen gleitet der Benutzer nach oben, beim Ausatmen fällt er nach unten. Durch raffiniertes Ändern der Körperbalance kann er die Richtung ändern. Ziel dieses Projektes war es dem Benutzer ein intensives Erleben seines Selbstes zu ermöglichen und gegebenenfalls sogar das Bewusstsein zu erweitern.



Abbildung 4: Abbildungen aus der virtuellen Welt von "Osmose".
(von [Dav95])

Laut der oben genannten Definition sind auch **Multimodale User Interfaces** Virtuelle Realitäten. Ihr Unterschied liegt darin, dass sie keine speziellen Eingabegeräte benötigen. Der Anwender kann allein durch die Verwendung seiner Sinnesorgane das System steuern. Hierfür werden unterschiedliche Eingabeströme parallel verarbeitet. Dadurch kann das System zum Beispiel gleichzeitig mit Sprachbefehlen und Gesten gesteuert werden. In der Anwendung [Bol80] wurde die "Put-that-there-Metapher" eingesetzt, um Objekte zu manipulieren. Sie ist eine Kombination aus einer deiktischen und deskriptiven Interaktionsform: Zur Auswahl eines Objektes wurde eine Zeigegeste verwendet, zur Kommandoeingabe die Sprache. In [BBE⁺03] wird Multimodalität außerdem über die Existenz mehrerer Eingabealternativen, die mehrere Sinneskanäle ansprechen, definiert. Beispielsweise könnte ein Befehl über einen Sprachbefehl oder alternativ über eine Zeigegeste ausgeführt werden. Die Wahl, welche Technik verwendet wird, sollte dem Benutzer überlassen werden, so dass er auch beliebig wechseln kann. Auf diese Weise wird ihm ein gewisser Handlungspielraum gegeben. Ein weiteres Beispiel entstammt den zwei-dimensionalen-Desktop-

Systemen. Anwender zum Beispiel die Wahl ob sie die Funktionen im Menü auswählen oder ob sie sie mit einem Shortcut ausführen. Ein standardisierter Shortcut in Windows ist beispielsweise die Tastenkombination Steuerung und S, um eine Datei zu Speichern. Alternativ kann im Menüpunkt "Datei speichern" ausgewählt werden. Darüber hinaus sollte auch das Feedback auf mehreren Sinneskanälen erfolgen, zum Beispiel visuell und auditiv. Auf diese Weise können gleichzeitig verschiedenste Benutzerprofile unterstützt werden.

Multimodale User-Interfaces tragen viel Potential, um den Benutzer emotional und sinnlich anzusprechen. Denn zur Herstellung des Immersionsgefühls eines Anwenders in der Virtuellen Realität sind vor allem die auditiven, visuellen und taktilen Wahrnehmungskanäle anzusprechen und zu simulieren [ST07]. Insbesondere für die interaktive Wissensvermittlung ist dies interessant. Schließlich lernt der Mensch umso besser, je mehr Sinnesorgane am Lernen beteiligt sind und je mehr ihn eine Erfahrung beeindruckt. Systeme, die den Anwender etwas eindrucksvoll lehren sollen, werden mit besonderen Strategien des Entertainments (zum Beispiel Special Effects und Storytelling) kombiniert. Aus dem eigentlich Ziel zu bilden (engl. "educate") entwickelte sich der Begriff "Edutainment".

Eine **Tangible User Interface (TUI)**² ist eine greifbare Benutzerschnittstelle, die dem Anwender, die Interaktion mit dem Computer durch physikalische Objekte ermöglicht. Im Gegensatz zu zwei-dimensionalen User Interfaces, die mit einer Maus gesteuert werden, findet die Manipulation direkt an einem realen Repräsentanten statt. Hierfür wird die Funktionalität auf das Eingabegerät direkt abgebildet (direktes Mapping). Das meist verwendete Prinzip ist das Objekt-Objekt-Schema (Drag and Drop), bei dem einfunktionale Werkzeuge eingesetzt werden. Bei TUI's werden jedoch nicht, wie beim WIMP-Konzept, Ikonen aufeinander gezogen, sondern physische Werkzeuge (auch props genannt) direkt-manipulativ aufeinander angewendet. Damit kann erstmals von einer wirklichen direkten Manipulation, im Sinne von [Shn83], gesprochen werden: Direkte Manipulation mit der Hand an den Objekten, auf die sich die Aktion beziehen soll, ein direktes Mapping ohne störendes, weil nötiges Umdenken. Entscheidend ist, dass Kontroll- und Anzeigeelemente in der physischen Welt vorliegen und nicht, wie bei der Werkzeugmetapher durch metaphorische digitale Icons repräsentiert werden. Um dies zu ermöglichen werden beispielsweise Alltagsgegenstände zu Interaktionsgeräten umgebaut. [IU97] definieren TUI's daher auch als User Interfaces, die die Realität erweitern, indem Alltagsobjekte um digitale Informationen erweitert werden.

CavePainting [KAM⁺01] ist ein System, um drei-dimensionale Szenen in Virtuellen Realitäten zu malen. Hierfür wird ein aus props bestehender Ca-

²Tangible (engl.): berührbar, dinghaft, fühlbar

vePainting Tisch verwendet: Mehrere Farbbecher-props stehen auf einem physischen Tisch, der in den Cave-Sreen gleitet. Für diverse Interaktionsaufgaben beherbergt er auch Knöpfe und Buttons. Der Malpinsel wurde mit einem Button versehen, um die Malfunktion ein- und auszuschalten. Seine Bewegungen werden von einem Trackingsystem erfasst. Des Weiteren bestehen die Pinselborsten und die Farbeimer aus leitfähigem Gewebe. Dadurch kann der Benutzer Pinselstriche ändern, indem er den Pinsel in die Farbbecher taucht. Um Farbe an die virtuelle Leinwand zu werfen, gibt es einen realen Farbeimer, dessen Bewegungen von einem Trackingsystem erfasst werden (vgl. Abb. 5).



Abbildung 5: CavePainting (aus [KAM⁺01])Links: CavePainting Tisch mit Pinsel und Farbbecher-props; darunter steht der Eimer, mit dem Farbe an die virtuelle Leinwand geworfen werden kann (Mitte). Rechts: Ein Künstler beim virtuellen Malen.

3.3.3 Avatare

Avatare sind Interface-Agenten, die den Benutzer intelligent unterstützen und durch das System führen. Es gibt sie sowohl in 3D als auch in 2D. Zum Beispiel war Karl Klammer in Microsoft Word einer dieser Vertreter. Studien zur Benutzerzufriedenheit haben jedoch gezeigt, dass sie eher als störend denn hilfreich empfunden werden. Insbesondere dann, wenn sie nicht den Benutzervorkenntnissen entsprechen [ST07]. Daher sollen sie in dieser Arbeit keine weitere Beachtung finden.

3.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden User Interfaces als Systeme definiert, die aus einer Software- und einer Hardware-Komponente bestehen, welche es dem Benutzer ermöglichen mit dem Computer zu interagieren. Es wurden verschiedene Interaktionstechniken erläutert und anhand der Dimensionalität einer Anwendung eine Klassifikation vorgenommen. Für zwei-dimensionale

Schnittstellen wurde in WIMP-Konzepte und ZUI's unterschieden. Drei-Dimensionale User Interfaces wurden auf virtuelle Realitäten beschränkt, da sie für diese Arbeit am relevantesten erscheinen. Hier wurden drei Klassen hervorgehoben: Virtuelle Realitäten im Allgemeinen, Multimodale User Interfaces sowie Tangible User Interfaces. Es stellt sich die Frage, was intuitiv bedienbare User Interfaces kennzeichnet. Dies soll im folgenden Kapitel geklärt werden.

4 Intuitiv benutzbare User Interfaces

Phrasen wie "intuitiv bedienbar" ([Lau09], [Gmb10a], [Gmb10d]) oder "intuitiv einfach zu bedienen" ([Gmb10b], [Bug10], [Web]) bewerben Produkte in Produktbeschreibungen und -bewertungen als besonders attraktiv. Doch was ist damit konkret gemeint? Was macht diese Produkte so besonders? Was unterscheidet sie von anderen Geräten? Und handelt es sich, um eine Produkteigenschaft oder eher darum, wie Anwender die Bedienung wahrnehmen? Mit diesen und anderen Fragen setzt sich dieses Kapitel auseinander.

4.1 Begriffdefinitionen

Es gibt zwei Forschungsgruppen, die sich unabhängig voneinander mit der wissenschaftlichen Definition des Begriffs "Intuitivität" beschäftigt haben. Ihre Theorien werden hier miteinander verglichen. Eine australische Gruppe der Queensland University of Technology, in Australien, die sich um die Industriedesignerin Alethea Blackler gebildet hat und eine deutsche Gruppe "Intuitive Use of User Interfaces" (IUUI) der Technischen Universität Berlin. Beide bestehen aus interdisziplinären Mitgliedern. Die Definitionen beider Gruppen werden im Folgenden vorgestellt und anschließend diskutiert werden.

Definition laut IUUI

Die Mitglieder der IUUI legen in [MHJ⁺06] zunächst fest, dass *"ausschließlich Informationsverarbeitungsvorgänge des Menschen als 'intuitiv'"* bezeichnet werden können. Folglich tritt "Intuitivität" nur im Mensch-Maschine-Interaktionsprozess auf und nicht in Maschine-Maschine-Interaktionen. Sie erklären weiter, dass "Intuitivität" keine Eigenschaft einer User Interface ist, sondern eine spezielle Art bezeichnet, wie Anwender mit Hilfe eines technischen Systems eine Aufgabe lösen können. [MKN⁺07] Daher entscheiden sie sich für die Bezeichnung "intuitiv benutzbare User Interfaces", anstelle von "intuitiven User Interfaces". Im Rahmen von Workshops befragten sie sowohl naive Benutzer als auch Software-Ergonomie-Experten, was sie mit "intuitiver Bedienung" verbinden (s.u.). Aus weiteren Diskussionen, resultierte anschließend die folgende Definition:

"A technical system is, in the context of a certain task, intuitively usable while the particular user is able to interact effectively, not-consciously using previous knowledge." ([NHI⁺07], S.129)

Definition laut Blackler

Die Forschungsgruppe um Blackler gelangte zu ihrer Definition auf Grundlage von Literaturrecherchen zu dem Begriff "Intuition" und verschiedenen Fachgebieten, die sich mit intuitiver Interaktion beschäftigen.

Hierzu zählen die kognitive Psychologie, Usability und Interaction Design. Als Ergebnis präsentieren sie die folgende Definition:

"Intuitive use of products involves utilising knowledge gained through other experience(s). Therefore, products that people use intuitively are those with features they have encountered before. Intuitive interaction is fast and generally non-conscious, so people may be unable to explain how they made decisions during intuitive interaction." ([BH07], S.37)

Auffallend ist, dass beide Definitionen darin übereinstimmen, dass intuitive Benutzung unter der unbewussten Anwendung von Vorwissen stattfindet. Während IUUI den Aspekt effektiver Interaktion einbringen, fügen Blackler den Faktor der Schnelligkeit hinzu. Des Weiteren beziehen sich IUUI auf die Normen DIN ISO 9241-110 ([DIN08]) und 11 [DIN99], da sie in der deutschen Software-Ergonomie einen wichtigen Platz einnehmen. Ihre Überlegungen hierzu sollen im Folgenden aufgeführt und mit denen von Blackler verglichen werden. Im Anschluss folgen die psychologischen Aspekte, die beiden Definitionen zu Grunde liegen. Abschließend werden die entwickelten Modelle der Gruppen gegenüber gestellt und verglichen.

4.2 Software-ergonomische Aspekte

In einer von [MHK⁺06] durchgeführten Befragung befragte die IUUI Usability-Experten, welche Kriterien der DIN ISO 9241-110 sie mit Inuitivität assoziieren. Das Ergebnis zeigte, dass sie eine hohe Ähnlichkeit zwischen intuitiver Benutzbarkeit und Aufgabenangemessenheit, Erwartungskonformität sowie Selbstbeschreibungsfähigkeit sehen. Es wurden außerdem weitere Kriterien genannt, die nicht in der Norm aufgeführt sind. Hierbei handelt es sich um Designprinzipien, wie Affordance, Rückmeldungen, die Gestaltgesetze der Wahrnehmungspsychologie und Kompatibilität [HMM⁺]. Blackler stimmen hiermit in den Punkten Konsistenz, die Voraussetzung für Erwartungskonformität ist, Kompatibilität und Affordance überein.

Laut [Hof06] ist ein System **aufgabenangemessen**, wenn sie den Benutzer effizient und effektiv bei der Aufgabenerledigung unterstützt. Dies beinhaltet, dass nichts auf der Benutzeroberfläche, den Anwender stört oder ablenkt. Was nichts mit der Aufgabe zu tun hat, sollte daher ausgeblendet sein. Insbesondere durch Bewegung, kann die Aufmerksamkeit gelenkt oder abgelenkt werden. Aufgrund eines evaluationsbedingten Reflexes, der früher der Gefahrenprävention diente, bewirkt Bewegung in der Peripherie noch heute Ablenkung. Bewegungen im Blickwinkel konnten Gefahr bedeuten. Zur Kontrolle lernte der Mensch dorthin zu schauen. Geschickt eingesetzt, kann dieser Effekt genutzt werden, um die Aufmerksamkeit auf

wichtige Programmprozesse zu lenken.

Daraus folgt, dass für eine intuitive Bedienung, die Anwender nicht durch überflüssige Elemente der Benutzeroberfläche abgelenkt oder aufgabenun-spezifische Systemmeldungen gestört werden sollte. Schließlich verursacht dies einen Bruch im Arbeitsfluss.

Laut [Hof06] ist ein System **erwartungskonform**, wenn es den Kenntnissen und Gewohnheiten des Benutzers entspricht. Gewohnheiten und Erwartungen basieren auf Vorwissen. Im Gegensatz zu intuitiven Handlungen, können sie bewusst wahrgenommen und erklärt werden [MNK07]. Konsistente Gestaltung betrifft sowohl die Hardware- als auch die Software-Komponenten der User- Interface. Daher sollten beispielsweise Metaphern, Fachbegriffe, Bezeichnungen, Funktionsabläufe, aber auch das Erscheinungsbild im Programm dem Vorwissen des Benutzers entsprechen und einheitlich gestaltet werden. Es wird davon ausgegangen, dass Benutzer ihr Vorwissen von ähnlichen Dingen auf andere übertragen können. Daher erscheint eine konsistente Systemgestaltung vertraut. Auch in diesem Punkt stimmen Blackler und IUUI überein.

Das **MAYA-Prinzip**³ aus der Marketingbranche gilt deshalb nicht für Interaktionsdesigner. Neuerungen in der Interaktionstechnik bedeutet neue Handlungstechniken erlernen zu müssen. Dies erfordert Einarbeitungszeit. Daher sind sie beim Interaktionsdesign ein kritisches Thema. [NKM⁺08].

Laut Hofmann ist ein System **selbstbeschreibungsfähig**, wenn der Anwender zu jedem Zeitpunkt, weiß, was er als nächsten Interaktionsschritt tun muss, wo er sich in der Interaktionssequenz befindet, wie er dorthin gekommen ist und wie er weiterkommt [Hof06]. IUUI betonen hierbei, dass Erklärungen, die der Benutzer mit zusätzlichen Interaktionsschritten anfordern muss, nicht intuitiv sind [BH07]. In diesem Sinne ist Hofmanns Definition fortschrittlich, denn sie fordert, dass ein System nur dann als selbstbeschreibungsfähig bewertet wird, wenn der Benutzer von selbst erkennt, was er tun muss und keine zusätzlichen Erklärungen benötigt⁴.

Affordance wird sowohl von Blackler als auch von IUUI als Kriterium für intuitive Benutzbarkeit angesehen. Es bezieht sich auf den Gebrauchsschaarakter von Objekten und meint damit, das Wissen darüber wie man Dinge benutzt. Die Affordance physischer Objekte ist real und greifbar. Ihre physikalischen Eigenschaften bestimmen, was mit ihnen getan werden kann und was nicht. Daher muss ihre Handhabung nicht erlernt werden. Bei

³"Most advanced, yet acceptable" (MAYA): Das MAYA-Prinzip ist ein Konzept aus dem Werbe- und Produktdesign, welches bedeuten soll, dass Neuerungen Aufmerksamkeit erregen und neugierig machen sollen, aber nicht abschrecken dürfen.

⁴In der Normierung DIN ISO 9241-110 [DIN08] wird Selbstbeschreibungsfähigkeit auch dann erklärt, wenn der Benutzer auf Verlangen Erklärungen vom System erhält.

virtuellen Objekten und digitalen Repräsentanten, wie ikonisierte Buttons, muss der Gebrauch erlernt werden [BH07]. Sie haben eine wahrnehmbare Affordance, aber keine physikalische. Diese basiert auf essentiellen Vereinbarungen.

In Bezug auf TUI's lässt sich hier ein Vorteil erkennen. Die direkte Abbildung zwischen physikalischer und semantischer Ebene ist eine offensichtliche Verknüpfung der Affordance. Schließlich handelt es sich um reale Objekte, deren Grebrauchscharakter physisch greifbar ist. Beispielsweise ist das Pinsel-Werkzeug in Bildbearbeitungs-Programmen wie Paint, eine digitale abstrakte Repräsentation eines Pinsels, deren Funktionsweise erlernt werden muss. Um mit dem Mauscursor malen zu können, muss der Button mit dem Pinsel-Icon gedrückt werden. Hätte der Anwender einen Pinsel in der Hand, wie beim CavePainting [KAM⁺01] (s.o.), wäre sofort klar, dass dieser in die Hand genommen und gemalt werden kann.

Die **Gestaltgesetze der Wahrnehmungspsychologie** wurden bereits im vorhergehenden Kapitel angeschnitten. An dieser Stelle soll darüber hinaus erwähnt werden, dass sie bei der Komposition von User Interfaces, zur Übersichtlichkeit und Klarheit beitragen, mit deren Hilfe sich der Benutzer orientieren kann. Anhand dem "Gesetz der Nähe" oder dem "Gesetz der Ähnlichkeit" können Anwender beispielsweise erkennen, welche Informationen zusammengehören und welche nicht.

Auf **Rückmeldungen (Feedback)** wurde ebenfalls in Kapitel 3, bei der Erläuterung von Selektionstechniken, eingegangen. Auch IUUI betonen, dass sie ausreichend und eindeutig vorhanden sein sollten, damit Ungewissheiten, ob eine Aktion des Anwenders im System angekommen ist, vermieden werden. Dies würde nämlich zu Unterbrechung des intuitiven Operationsfluss führen. Das Feedback kann (laut IUUI) vom Kontrollinstrument selbst (haptisch) oder visuell umgesetzt sein. [BH07]

Kompatibilität wird ebenfalls sowohl von Blackler als auch von IUUI gefordert. Es bedeutet, dass sich die User-Interface auf korrespondierende Arrangements oder Display-Bewegungen und die entsprechenden Steuerungskomponenten beziehen sollte. Auf Betätigungen an Eingabegeräten sollten, die am Display angezeigten Objekte und User Interface-Elemente entsprechend korrekt reagieren. Außerdem sollte das mentale Modell der Anwender möglichst gut mit dem konzeptuellen Modell der Anwendung übereinstimmen⁵. [BH07]

⁵Mit "mentalen Modellen" wird die Vorstellung über Funktionsweise und Aufbau eines Programms bezeichnet, die ein Benutzer über das Programm hat. Das "konzeptuelle Modell" bezeichnet die tatsächliche Funktionsweise und Aufbau eines Programms, so wie es von den Entwicklern umgesetzt wurde. ([Her94], S.17-20)

Neben der Nutzerzufriedenheit sind Effektivität und Effizienz entscheidende Kriterien, um **Usability (Gebrauchstauglichkeit)**⁶ zu gewährleisten. Daher stellten sich IUUI die Frage, inwieweit Effektivität und Effizienz Einfluss auf intuitive Benutzbarkeit nehmen.

Effektivität ist die Vollständigkeit und Genauigkeit mit der eine Aufgabe lösbar ist. [DIN99]

IUUI haben in ihre Definition für intuitive Benutzbarkeit "effektives interagieren" aufgenommen. In diesem Kontext bedeutet dies, dass die Interaktionen eines Benutzers zu adequaten, exakten und vollständigen Interaktionsergebnissen führen. Dies ist wichtig, damit der Anwender stets die Reaktionen des Systems nachvollziehen kann und das Gefühl hat, selbst zu steuern. Alles andere führt zu Unverständnis und Verwirrung Dies käme auch der Steuerbarkeit der DIN ISO 9241-110 nach. Blackler führen die Effektivität nicht explizit in ihrer Definition aus, verwenden sie jedoch bei der Auswertung von Versuchsdaten [BH07].

Effizienz ist das Verhältnis zwischen Effektivität und dem dafür notwendigen Aufwand an Ressourcen. [DIN99] Diese Definition schließt sowohl finanzielle als auch materielle, zeitliche, personelle und energetische Ressourcen mit ein.

Um die Definition auf intuitive Benutzbarkeit zu übertragen, betrachten IUUI diese Ressourcen losgelöst voneinander und beziehen sich nur auf kognitive Ressourcen. Dabei stellen sie fest, dass Benutzer intuitive Bedienung als effizient erleben, wenn eine kognitive Entlastung stattfindet. Daraus schlussfolgern sie, dass das Verhältnis zwischen Effektivität und der dafür benötigte kognitive Aufwand, für intuitive Benutzbarkeit entscheidend ist. Das heißt, wird der kognitive Aufwand für eine Operation in einem Mensch-Computer-System als minimal empfunden, ist es intuitiv. Dies trifft auch dann zu, wenn dadurch andere Dimension wie z.B. die Zeit negativ beeinflusst werden. [NHI⁺07] Eine Reduktion des kognitiven Aufwands stellen auch Blackler bei ihren Versuchen fest [BH07].

4.3 Psychologische Aspekte

In diesem Abschnitt werden die Begriffe "unbewusst" sowie "Vorwissen" der in den oben genannten Definitionen von Blackler und IUUI, erläutert. Dabei wird geklärt, wie die unbewusste Verwendung von Vorwissen, eine intuitive Benutzung herbei führen kann.

In einer Befragung naiver Benutzer stellten die Forscher der IUUI-Gruppe fest, was Anwender unter "intuitiver Bedienung" verstehen. Es wurden 22

⁶Laut [DIN99] ist Usability das Ausmaß, indem ein Produkt von bestimmten Benutzern in einem definierten Einsatzgebiet verwendet werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen.

Personen mit einem Altersdurchschnitt von 37,8 Jahren sowie heterogenen Bildungshintergründen und Berufen befragt. Häufige Antworten waren "Bedienung aus dem Bauch heraus/ gefühlsmäßiges Handeln", "ohne Anleitung/Erklärung bedienen" und "ohne großes Überlegen/ ohne Nachdenken bedienen". Auch "Routine" und "automatisches Bedienen" wurden als kennzeichnend genannt. ([MHK⁺06], S.79) Die letzten drei Aussagen verdeutlichen, dass intuitive Bedienung mit einem geringen kognitiven Aufwand einhergeht, sodass sie als einfach wahrgenommen wird. "Ohne Anleitung/ Erklärung bedienen" ist ein Hinweis auf gute Selbstbeschreibungsfähigkeit der Bedienung. In Verbindung mit der Aussage, dass "ohne Nachdenken" bedient wird, kann davon ausgegangen werden, dass sie als selbstverständlich empfunden wird. Die Aussagen "Bedienung aus dem Bauch heraus/ gefühlsmäßiges Handeln" geben Hinweise darauf, dass die Benutzung unbewusst erfolgt.

Unbewusstheit bedeutet in Bezug auf Interaktion und Bedienung von Benutzerschnittstellen, dass die bewusste Wahrnehmung des Eingabegerätes und seiner Handhabung in den Hintergrund tritt. Sie gerät quasi in Vergessenheit. Damit eine Virtuelle Realität intensiv erlebt werden kann, ist dies eine wichtige Voraussetzung. Denn indem sich der Benutzer nicht mehr auf die Bedienung konzentrieren muss, wird er kognitiv entlastet. Die freigeordneten Ressourcen stehen ihm zur Verfügung, um sich besser auf die Aufgabe zu konzentrieren [NHI⁺07]. IUUI erklären die bewusste und unbewusste Wahrnehmung von Informationsverarbeitung anhand drei unterschiedlicher Modi:

1. Das sensorische Gedächtnis (auch Ultrakurzzeitgedächtnis genannt) verarbeitet nicht-bewusstseinsfähige neuronale Vorgänge, die von Reizen der Außenwelt ausgelöst werden. Sie laufen unwillkürlich ab. Hierzu zählen zum Beispiel Reflexe und Instinkte. Eine Interaktion die auf dieser unbewussten Ebene abläuft, wird als einfach und intuitiv wahrgenommen.
2. Im Kurzzeitgedächtnis werden Informationen bewusst verarbeitet. Es laufen dabei höhere kognitive Prozesse ab, die hohe Aufmerksamkeit erfordern. Daher werden sie meistens als anstrengend empfunden. Beim Lösen komplexer Aufgaben ist dies zum Beispiel der Fall. Hierbei greift das Kurzzeitgedächtnis auf Wissen zurück, das im Langzeitgedächtnis gespeichert ist. Bei der Interaktion sollte dieser Zustand vermieden werden, da er als unangenehm wahrgenommen wird und ein Indiz für Probleme während der Bedienung ist.
3. Das prozedurale Gedächtnis verarbeitet Vorgänge, die aufgrund häufigen Wiederholens automatisiert wurden. Infolge dessen können sie unbewusst ausgeführt werden. Da sie durch Übung erworben wurden, können sie ins Bewusstsein geholt werden, indem die Aufmerk-

samkeit auf sie gerichtet wird. Beim Rad oder Auto fahren trifft dies beispielsweise zu. Eine Interaktion, die auf Grundlage erlernter Vorgänge abläuft, wird ebenfalls als einfach und intuitiv wahrgenommen. Sie basiert auf der Verwendung von Vorwissen.

[HMM⁺]

Hieraus ist ersichtlich, dass das prozedurale und sensorische Gedächtnis die Basis für intuitive Benutzung und Interaktion bilden. Schließlich laufen hier verarbeitete Vorgänge unterbewusst ab. Sobald die Steuerung ins Bewusstsein des Anwenders tritt, ist ein Problem aufgetreten, mit dem sich das Kurzzeitgedächtnis auseinandersetzen muss, um eine Lösung zu finden. Das prozedurale Gedächtnis ist neben dem deklarativem Gedächtnis ein Teil des Langzeitgedächtnis und greift auf **Vorwissen und Vorerfahrungen** zurück. Der entscheidende Unterschied zwischen beiden ist, dass bei Ersterem der Vorgang unterbewusst geschieht. Auch Blackler gehen davon aus, dass bei intuitiver Benutzung unterbewusst auf Vorwissen zurückgegriffen wird. Dabei werden die Anwender an Erfahrungen erinnert, die sie mit ähnlichen Dingen gemacht haben. Auf diese Weise erscheinen sie ihnen **vertraut**. Daher sollten, laut Blackler, bei der Entwicklung von User-Interfaces vertraute Elemente und Funktion benutzt werden. Neuartiges sollte dagegen unter Verwendung vertrauter Funktionalitäten demonstriert werden. [BH07] In Experimenten ([BMP02], [BPM03], [BPM04], [BMP04]) fanden Blackler heraus, dass vertraute Features schneller und intuitiver benutzt werden als unvertraute. Wie IUUI, zeigen die entwickelten Modelle von Blackler (siehe unten), dass Ähnlichkeiten fremdartiger Dinge zu vertrauten, übertragen werden können. ([MHK⁺06], [BH07])

Metaphern und Mentale Modelle bauen ebenfalls auf dem Vorwissen der Benutzer auf. Da das Vorwissen stark von der kulturellen Herkunft und den Fähigkeiten des Einzelnen beeinflusst wird, ist die geeignete Wahl der Sinnbilder für das Verständnis entscheidend. Beispielsweise muss ein Anwender wissen, was ein fliegender Teppich ist und was er mit ihm tun kann, um diese Interaktionsmetapher korrekt zu deuten. Voraussetzung hierfür ist, dass der Benutzer das orientalische Märchen "Aladin und die Wunderlampe" kennt. Insbesondere in Bezug auf die Metaphorik der Icons von Werkzeugen in GUI-Schnittstellen, treten oft Fehldeutungen auf. Dies kann an zu kleinen undeutlichen Darstellung liegen oder weil sie nicht den Benutzerkenntnissen entsprechen. Das Disketten-Symbol zum Speichern von Dokumenten, welches sich in vielen Windows-Programmen etabliert hat, wird heute von jüngeren Generationen (Benutzer unter 20 Jahren) nicht mehr verstanden. Schließlich wurden Disketten längst von anderen CD's, DVD's und USB-Sticks abgelöst. Aus diesen Beispielen wird klar, dass vor einer Produktentwicklung eine Benutzeranalyse durchgeführt werden sollte.

Wirkung von intuitiver Bedienbarkeit

Intuitiv benutzbare Systeme wirken sich durch ihre vertraute, einfache Handhabung positiv auf den Spaßfaktor (Joy of Use) aus. Folglich steigt auch die Benutzerzufriedenheit [HMM⁺]. Intuitive Benutzung verlagert die Bedienung ins Unterbewusstsein. Dadurch werden kognitive Ressourcen für die Hauptaufgabe frei und ermöglichen eine bessere Konzentration. Insbesondere für virtuelle Realitäten ist dies ein wichtiger Faktor. Denn mit komplizierter Bedienung ist kein intensives Erleben der virtuellen Welt möglich. Das Nachdenken über die Interaktionen würde zu stark ablenken. Des Weiteren ist anzumerken, dass intuitive Anwendungen, in Stresssituationen robuster benutzt werden können. Blackler fügen hinzu, dass vertraute Systeme Benutzer an ihre Vorerfahrungen erinnern und folglich schneller erlernt werden. Außerdem sinkt die Fehlerrate, die Antwortzeiten verkürzen sich und die kognitive Belastung nimmt ab. [BH07]

4.4 Modelle und Prinzipien

IUII und Blackler haben aufgrund ihrer Überlegungen, jeweils ein Modell entwickelt, welches die verschiedenen Vorwissensgrade aufzeigen. In diesem Abschnitt werden sie nacheinander vorgestellt und anschließend auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede untersucht.

Das **Wissenskontinuum von IUII** (vgl. Abb. 6). beruht auf der Annahme, dass Vorwissen unterschiedlichen Ursprungs sein kann. Daher klassifizieren sie fünf Ebenen, die im Folgenden erläutert werden.

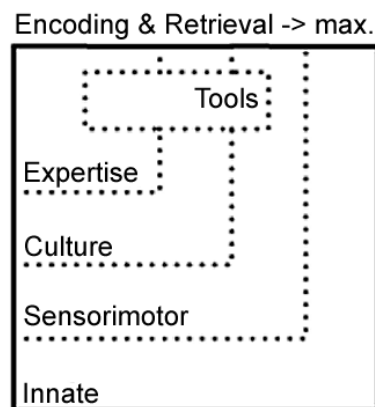


Abbildung 6: Wissenskontinuum nach [NHI⁺07]: Von unten nach oben steigt das Spezialwissen; von links nach rechts steigt die Größe der erreichbaren Zielgruppe

Angeborenes Vorwissen (Innate) bezieht sich auf Fähigkeiten, die ge-

netisch bedingt sind oder in der pränatalen Phase erworben wurden. Reflexe und Instinkte gehören in diese Kategorie. Das in Kapitel 3 vorgestellte Projekt "Osmose" ist beispielsweise hier einzuordnen, da die Atmung und die Balance zur Interaktion verwendet werden.

Sensomotorisches Vorwissen (Sensorimotor) wird in früher Kindheit erworben und von da an benutzt, um mit der physischen Welt zu interagieren. Kinder lernen physikalische Gesetzmäßigkeiten, wie die Gravitation oder die Affordance und bilden sich darüber Image Schemata⁷ oder mentale Modelle .

Kulturelles Vorwissen (Culture) ist abhängig von der Herkunft, den Sitten und Gewohnheiten der Benutzer. Es beeinflusst wie Redewendungen, Symbole, Farben verstanden werden. Aber auch kalendarische Ereignisse können kulturell bedingt, unterschiedlich fallen.

Fachwissen (Expertise) wird erst in hohem Alter erreicht. Es ist ein Spezialwissen, das zum Beispiel in Berufen (Ärzte, Juristen, Schlosser) benötigt wird.

Werkzeugkenntnisse (Tools) bezeichnet das Wissen über spezielle Werkzeuge. Es kann in die Ebenen von Fachwissen, kulturellem Wissen und sensomotorischem Wissen übergreifen. So gibt es primitive sensomotorische Werkzeuge wie zum Beispiel Stäbe oder Steine, die als Gewicht verwendet werden können. Auf der anderen Seite gibt es Werkzeuge, die kulturell bedingt als gewöhnlich empfunden werden. Hierzu zählen zum Beispiel Kugelschreiber zum Schreiben und Taschenlampen zum Leuchten. Auf der Ebene für Fachwissen sind zum Beispiel Bildbearbeitungsprogramme und Projektplanungsprogramme einzuordnen. Sie erfordern Kenntnisse über das Fachgebiet und die verwendeten konzeptuellen Modelle. Innerhalb dieser Programme kann es vorkommen, dass je nach Hilfsmittel, eine andere Vorwissensebene angesprochen wird.

Von unten nach oben steigt das Spezialwissen und es sinkt die Wahrscheinlichkeit potentielle Benutzer zu finden, die dieses Wissen haben. Trotzdem kann auf jeder Ebene des Kontinuums auch intuitive Benutzbarkeit verzeichnet werden, solange der Anwender sein Vorwissen unbewusst einsetzt. [NHI⁺07]

Blacklers entwickelten ihr **Kontinuum der intuitiven Interaktion** auf der Basis folgender drei Prinzipien. Sie haben sie durch empirische Studien gewonnen [BPM05].

1. Für bekannte Features sollten Funktion, Platzierung und Erscheinung vertraut gestaltet werden. Es sollten vertraute Wörter an vertrauten

⁷Image Schemata sind abstrahierte Repräsentationen wiederkehrender Erfahrungen. Zum Beispiel beruht das Image Schemata "Container" auf der Erfahrung mit Räumen. Diese haben ein Innen und Außen. [HMM⁺]

- Orten benutzt werden und Funktionen mit Funktionen vergleichbar gemacht werden, die Benutzer kennen.
2. Die Funktion, Erscheinung und das Vorkommen weniger bekannter Features sollte mit vertrauten Dingen demonstriert werden.
 3. Die Funktionen, Erscheinungsbilder und Vorkommen von Features sollten innerhalb der User Interface konsistent sein. Redundanzen sollten verwendet werden, um die Menge der Anwender zu erhöhen, die intuitiv interagieren können. Es sollten daher mehrere Möglichkeiten existieren eine Aufgabe zu lösen.

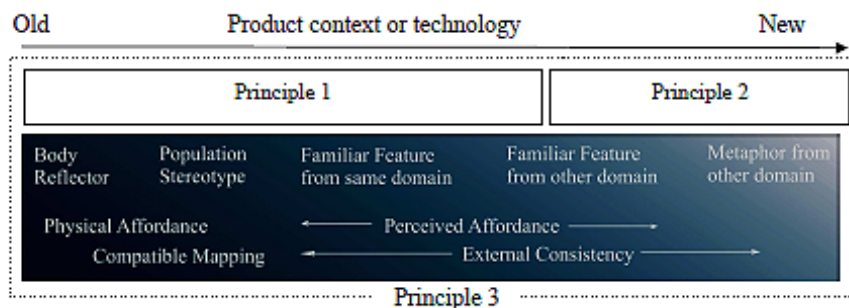


Abbildung 7: Das Kontinuum der intuitiven Interaktion nach Blackler (aus [BH07])

Die einzelnen Begriffe des Modells sind nach der Komplexität des Design geordnet. Es wird angenommen, dass neue unvertraute Produkte eine höhere Komplexität im Design aufweisen, um intuitive Benutzbarkeit zu erreichen. Damit einher geht ein größerer Entwurfsaufwand. Sehr innovative Produkte oder jene, mit sehr neuer Technologie, die keine etablierten Konventionen haben, müssen wahrscheinlich auf Features von Anwendungen anderer Domänen oder Metaphern zurückgreifen. Vertraute Technologien oder Features können hingegen auf vertraute Dinge von anderen oder ähnlichen Produkten, Stereotypen oder Body Reflectores zurückgreifen. Dies kennzeichnet der obere Bereich des Kontinuums. Abb. 7 zeigt außerdem wie es in die oben genannten Prinzipien eingebettet werden kann. Prinzip 1 bezieht sich auf einfachere Designs. Hierzu werden Body Reflectores, Stereotypen und vertraute Dinge derselben Domäne gezählt. Prinzip 2 bezieht sich auf Dinge die von anderen Domänen transferiert werden. Metaphern werden hier mit eingeschlossen. Prinzip 3 bezieht sich auf die Konsistenz. Sie sollte immer beachtet werden, daher wird sie durch eine gepunktete Linie, die alles andere umrandet, dargestellt. Laut [BH07] ist es möglich auf jedem dieser Level intuitiv benutzbare User Interfaces mit unterschiedlichster Technologievertrautheit zu gestalten. Dabei kann bei

neuen Technologien ein Feature aus einer anderen Domäne mehr Vertrautheit schaffen als ein Feature aus derselben Domäne. Daher steigt von links nach rechts, der Grad der Produkt- beziehungsweise Technologiekomplexität, aber nicht der Grad der Technologievertrautheit. Auf die einzelnen Begriffe wird im Folgenden näher eingegangen.

Body Reflectores befinden sich auf der einfachsten Ebene für intuitive Interaktionen. Sie basieren auf körperlichem Wissen und werden so früh erlernt, dass sie fast angeboren zu sein scheinen. Einen Gegenstand zu ergreifen, ist hierfür ein Beispiel. Body Reflectores spiegeln die Körperbewegungen wieder oder ermitteln sie (zum Beispiel durch Trackingsysteme). Sie müssen nicht vertraut erscheinen, damit sie richtig assoziiert werden können.

Auf der nächsten Ebene werden **Population Stereotypes** erfasst. Sie werden in sehr frühem Alter erlernt und sind kulturell bedingt. Ihr Einsatz wirkt sich positiv auf Reaktionszeiten, Erlernbarkeit und Genauigkeit der Bedienung aus [AODAM91].

Auf der darüber liegenden Ebene sind **Vertraute Features derselben oder von anderen Domänen** platziert. Dass die Verwendung vertrauter Artefakte, die an das Vorwissen von Benutzern anknüpfen, zur intuitiven Interaktion beiträgt, wurde bereits in den vorherigen Abschnitten erläutert.

Am komplexesten sind **Metaphern**, die verwendet werden, um neue Konzepte oder Funktionen zu verdeutlichen. Sie ermöglichen den Abruf nützlicher Analogien aus dem Gedächtnis und das Abbilden der Elemente aus bekannten Situationen auf neue Situationen. Durch diese Art des Transfers wird die Intuition angesprochen ([Ras86],S.123).

Auf **Affordance** wurde bereits im vorherigen Abschnitt eingegangen. Auch Blackler unterscheiden in ihrem Kontinuum in physikalische Affordance, realer Objekte, die nicht erlernt werden muss und wahrnehmbare Affordance, die auf essentiellen Konventionen beruht und erlernt werden muss. Da physikalische Affordance auf körperlichen Erfahrungen basieren, werden sie mit Body Reflectores gleichgesetzt. Wahrnehmbare Affordance basiert auf Vorwissen mit ähnlichen Dingen und wird daher den vertrauten Features zugeordnet.

Kompatible Abbildungen wurden ebenfalls im vorherigen Kapitel erwähnt. Sie basieren auf Vorerfahrungen und mentalen Modellen der Anwender. Sie bauen auf kulturellen Normen auf, die der Mehrheit einer Bevölkerungsgruppe unterbewusst bekannt sind. Daher werden sie den Population Stereotypes gleichgesetzt.

Konsistenz wird in dem Kontinuum der intuitiven Interaktion in interne und externe Konsistenz aufgegliedert. Letztere bezieht sich auf die Systemkonsistenz mit Dingen außerhalb von ihm. Beispielsweise können dies Metaphern und Assoziationen mit vertrauten Features sein. Sie ist mit den Prinzipien 1 und 2 verbunden. Erstere bezieht sich auf interne Systemkonsistenz und ist mit dem Prinzip 3 verbunden. [Nie89] und [PRS02] nehmen

an, dass durch externe Konsistenz Vorwissen besser auf Neues transferiert werden kann. Folglich können hierdurch neue Systeme einfacher benutzt werden. Da Anwender so das Systemverhalten aufgrund weniger Regeln vorhersagen können, verbessert sich die Produktivität [Nie89].

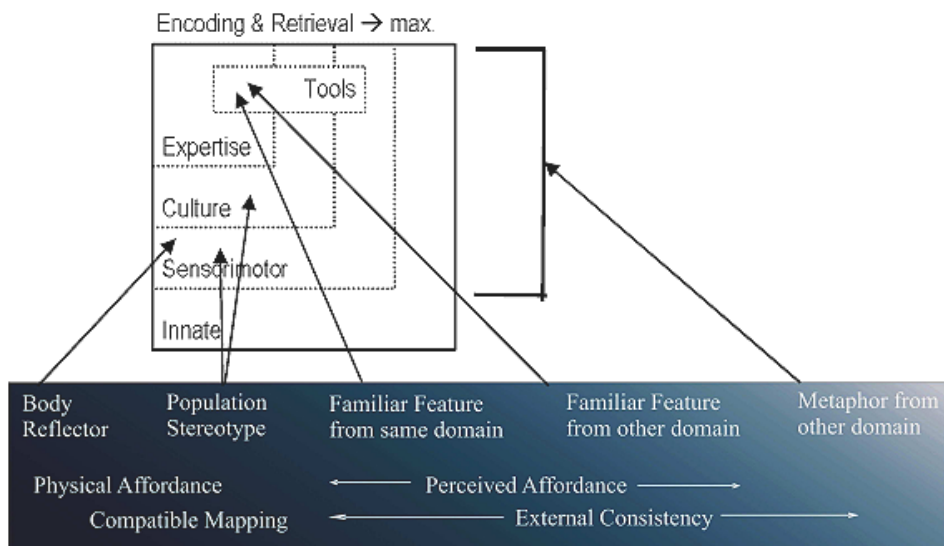


Abbildung 8: Einordnung des Kontinuums intuitiver Interaktion von Blackler in das Wissenskontinuum von IUUI (aus [BH07])

In Betrachtung der beiden Modelle von Blackler und IUUI lassen sich einige **Gemeinsamkeiten** feststellen (vgl. Abb. 8). Diese sollen im Folgenden aufgeführt werden. Blacklers Body Reflectors und physikalische Affordance entsprechen der sensomotorischen Vowissensebene des Wissenskontinuum von IUUI. Hier ordnen beide Fähigkeiten ein, die in früher Kindheit entwickelt werden, um mit der physischen Welt zu interagieren ein. Konzepte und mentale Modelle, die auf kulturellen Normen aufbauen und von Blackler in Population Stereotypes beziehungsweise kompatiblen Abbildungen zusammengefasst werden, können im Wissenskontinuum von IUUI mit der sensomotorischen Ebene und der kulturellen Ebene zusammengefasst werden. Vertraute Features mit wahrnehmbarer Affordance und externer Konsistenz entsprechen einem speziellen Wissen über Produkte und Werkzeuge. Daher können sie im Wissenskontinuum der Werkzeugebene, die Fachwissen voraussetzen, gleich gesetzt werden. Metaphern können im Wissenskontinuum sowohl auf sensomotorischer und kultureller Ebene als auch auf Fachwissensebene erscheinen. Im Gegensatz zu IUUI beziehen Blackler Reflexe und Instinkte nicht in ihr Modell mit ein. Sie sind der Meinung, das sie nichts mit Intuition zu tun haben, son-

dem eher zu intuitiver Interaktion beitragen [BH07].

4.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Ergebnisse von Blackler und IUUI ähnlich sind. Während sich Letztere auf die Normen DIN ISO 9241-110 und 11 beziehen und die Effizienz unter der Bedingung intuitiver Benutzbarkeit betrachten, gelangen sie zu Einsicht, dass das Verhältnis zwischen effektiver Interaktion und dem dafür notwendigen kognitiven Aufwand entscheidend ist, ob ein System als intuitiv benutzbar wahrgenommen wird. Auch Blackler stellten in Versuchen die Reduktion des kognitiven Aufwands durch intuitive Benutzbarkeit fest. Beide Gruppen stimmen darin überein, dass die unbewusste Anwendung von Vorwissen, dabei eine Rolle spielt. Vertrautheit, Erwartungskonformität, Kompatibilität sind weitere Kriterien, in denen sie sich einig sind. Der Anstieg der Zufriedenheit ist ebenfalls beiden aufgefallen. Da intuitive Benutzung als mühelos und einfach erlernbar wahrgenommen wird, erscheint sie beiden für Gelegenheitsnutzer und Anfänger geeignet. Des Weiteren stellten sie fest, dass eine intuitive Benutzung möglich ist, solange wesentliche Merkmale dem Vorwissen der Anwender entsprechen. Vertrautes kann beim Erlernen neuer Dinge hilfreich sein. Würde die Entwicklung aber nur auf Vertrautheit und Erwartungskonformität beschränkt werden, würde die Zielgruppe, auf Personen eingegrenzt werden, die Erfahrungen mit diesem und ähnlichen Systemen haben. Einführung von Neuerungen würden hierdurch erschwert werden [MNK07]. Daher spielt auch die Selbstbeschreibungsfähigkeit eine wichtige Rolle.

Beide Gruppen haben ein Modell entwickelt, um zu veranschaulichen, auf welchen Ebenen Vorwissen ansetzen kann. Auch hier sind die Gemeinsamkeiten deutlich zu erkennen. Obwohl bei beiden auf den einfacheren Ebenen eine breitere Masse erreichbar ist als auf den komplexeren, kann auf allen Ebenen eine intuitive Benutzung stattfinden, solange die Benutzer ihr Vorwissen unbewusst einsetzen. Um jedoch einer maximalen Benutzermenge intuitive Interaktion zu ermöglichen, sollten Features der einfacheren Ebenen bevorzugt werden.

Während IUUI effektive Interaktion in ihre Definition aufgenommen haben, verwenden Blackler Effektivität als Kriterium bei der Auswertung von Versuchsdaten. Des Weiteren fügen Letztere hinzu, dass bei intuitiver Interaktion, schnellere Interaktionsanforderungen unter einer geringeren Fehlerrate erfolgen, nicht aufgrund schnellerer Handlungen, sondern wegen des verbesserten Informationsfluss [BH07].

5 Konzept

TUI's werden unter Interaktionsdesignern immer beliebter [HFA⁺07]. [NKM⁺08] nehmen an, dass sie wenig kognitive Ressourcen erfordern und dadurch mehr Kapazitäten für die Lösung der Hauptaufgabe lassen. Anstatt digitale Repräsentationen für Funktionen zu verwenden, wird die Funktionalität direkt auf ein physisches Objekt abgebildet. Die Interaktionssyntax ist somit durch die Affordance des Gegenstandes gegeben und der Anwender muss keine gesonderte Kommandosprache oder -syntax erlernen. Die Visualisierung von Werkzeugmetaphern in Form von Icons werden hinfällig, sodass sich das Interaktionsalphabet reduziert ohne an Funktionalität zu verlieren.

In diesem Kapitel wird ein Konzept entworfen, dass verschiedene Interaktions- und Visualisierungstechniken für eine TUI untersucht, bei der ein Fernglas als Eingabegerät für eine Stereoleinwand verwendet wird. Es stellt sich hierbei die Frage, ob es notwendig ist, die reale Funktionsweise des Eingabegegenstandes 1:1 abzubilden oder ob es genügt, eine sinngemäße Abbildung zu umzusetzen. Des Weiteren soll heraus gefunden werden, welches der in Kapitel 3.3.1 vorgestellten Visualisierungskonzepte für intuitive Benutzbarkeit besser geeignet ist. Für den Entwurf werden sie zweckgemäß abgewandelt und die Erkenntnisse von IUUI und Blackler integriert. Welches Konzept als intuitiver empfunden wird, wird in Kapitel 7 in einer Evaluation untersucht.

5.1 Anforderungs- und Benutzeranalyse

Es sollen zwei Prototypen für die Simulation einer virtuellen Reise durch die Zeit entwickelt werden. Die virtuelle Welt soll in 3D auf eine Stereoleinwand projiziert werden. Mit einem Fernglas soll sie erkundet und gesteuert werden können. Der Benutzer soll mit ihm durch die Zeit navigieren und zu verschiedenen Zeiten springen können. Beide Prototypen sollen auf unterschiedlichen Visualisierungskonzepten und Interaktionstechniken basieren. Die Einarbeitungszeit sollte so kurz wie möglich sein und unter minimaler kognitiver Belastung ausgeführt werden können. Bestenfalls sollte sie als intuitiv wahrgenommen werden. Die Benutzeroberfläche kann einfach gestaltet sein. Sie sollte jedoch übersichtlich und verständlich sein.

Als **Zielgruppe** soll eine möglichst breite Masse erreicht werden. Es sollen insbesondere Gelegenheitsbenutzer angesprochen werden, die nur selten und unregelmäßig mit virtuellen Realitäten arbeiten. Aufgrund der gegebenen Bedingungen wird die Zielgruppe auf Europäer begrenzt, die Kenntnisse über die Bedienung eines Fernglases haben. Daraus ergibt sich eine sehr heterogene Zielgruppe, mit verschiedensten Benutzerprofilen. In Bezug auf das Vorwissen, dass die Zielgruppe braucht, um das Fernglas als

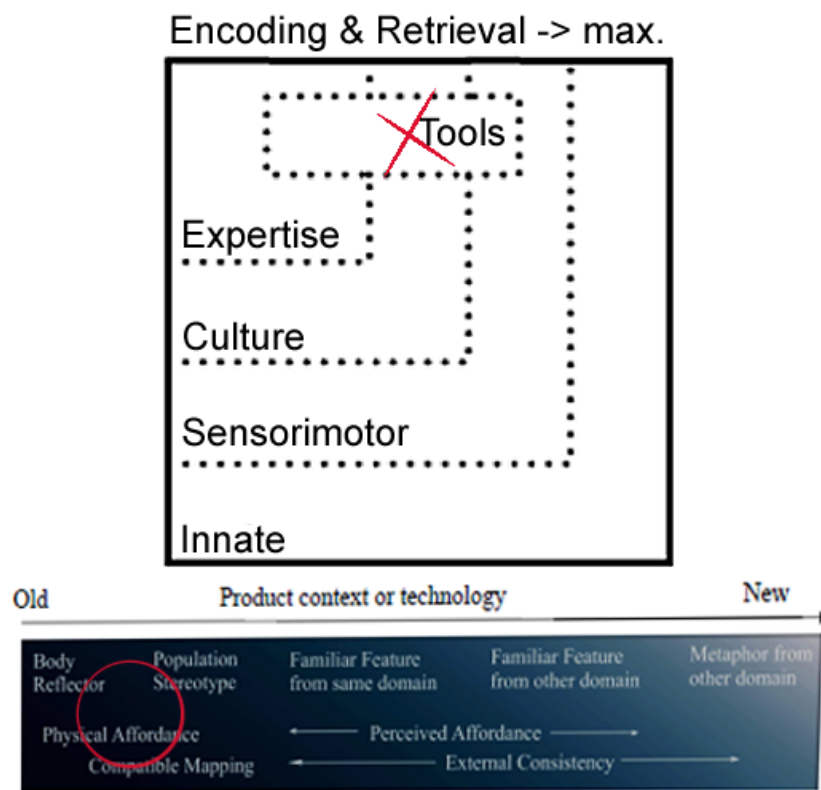


Abbildung 9: Darstellung der vom Fernglas angesprochenen Wissensniveaus im Wissenskontinuum und im Kontinuum der intuitiven Interaktion

Eingabegerät zu verstehen, kann eine Einordnung im Wissenskontinuum von IUI auf der Ebene der Werkzeuge vorgenommen werden, die kulturell bedingt als selbstverständlich empfunden werden⁸. In Blacklers Kontinuum der intuitiven Interaktion kann das benötigte Vorwissen zwischen den Ebenen Body Reflectores, Physical Affordance, kompatible Abbildungen und Population Stereotypes eingeordnet werden. Schließlich besitzt das Fernglas eine physikalische Affordance, sodass es nicht in die Ebenen der wahrnehmbaren Affordance passt. Da seine Position und Richtung von einem Tracking System erfasst werden und das Betrachten von interessanten Objekten ebenso natürlich wie das Ergreifen von Gegenständen ist, kann es auch im Bereich der Body Reflectors eingeordnet werden. Das entscheidende Kriterium ist aber, dass die Benutzer Vorerfahrung mit Ferngläsern besitzen. Damit ist nicht gemeint, dass sie routiniert benutzen,

⁸Wenn das Fokussieren interessanter Bereiche und das Ergreifen von Gegenständen bei der Fernglasbenutzung mit betrachtet werden, könnte es auch in die Ebenen von angeborenem und sensorischem Vorwissen eingeordnet werden. Da in diesem Fall vor allem das Wissen über ein Fernglas entscheidend ist, hat sich die Autorin für die in (Abb. 9) angekreuzte Ebene entschieden.

sondern nur, dass sie schon einmal eines in der Hand gehabt haben und wissen wie es funktioniert. Daher wird es den auch Population Stereotypes und kompatiblen Abbildungen zugewiesen.

Zusammenfassend soll festgehalten werden, dass als Zielgruppe Europäer angenommen werden, die die Benutzung von Ferngläsern als gewöhnlich empfinden. Dies setzt nicht voraus, dass sie Ferngläser häufig benutzen, sondern vielmehr, dass ihr Gebrauch in der Kultur verbreitet ist. Des Weiteren werden Metaphern, mentale Modelle, Werkzeuge und Fachwissen verwendet, das ausschließlich diesem Kulturraum entstammt.

Da zur User Interface sowohl Software- als auch Hardware- Komponenten gehören, wird im Folgenden das Vorgehen für die Umsetzung der beiden beschrieben. Hierbei wird zuerst auf die Hardwarebestandteile eingegangen. Anschließend werden die zu untersuchenden Interaktions- und Visualisierungskonzepte vorgestellt.

5.2 Hardware-Komponenten

5.2.1 Stereoprojektion und Trackingsystem

Die virtuelle Welt wird mit einem passivem Stereosystem auf eine Leinwand von 2 x 2,5m projiziert. Hierfür werden jeweils das Halbbild für das linke und das rechte Auge von je einem Server gerendert und an jeweils einen Projektor geliefert, der es auf die Leinwand wirft. Auf diese Weise werden sie simultan dargestellt. Die Projektoren befinden sich hinter der Leinwand und projizieren die beiden Bilder in unterschiedliche Farben. Um einen räumlichen Eindruck wahrzunehmen, muss der Betrachter eine Polarisationsbrille tragen, die die beiden Halbbilder wieder trennt. Das heißt durch die unterschiedlichen Farben der Halbbilder erhält das Gehirn für das linke Auge, das linke Halbbild, aus dem Blickwinkel des linken Auges und für das rechte Auge, das rechte Halbbild aus dem Blickwinkel des rechten Auges. Aus diesen Informationen berechnet gewissermaßen einen Tiefenwert. Für die virtuelle Zeitreise mit dem Fernglas soll keine Polarisationsbrille verwendet werden. Deshalb wurden die Polarisationsfilter in das Fernglas geklebt. Auf diese Weise erhält ein Benutzer den 3D-Eindruck erst dann, wenn er durch das Fernglas schaut.

Um die Blickrichtung des Anwenders zu erfassen wird das optische Trackingsystem DTrack⁹ benutzt. Zwei Infrarotkameras erfassen einen Rigid-Body der auf das Fernglas geklebt wird. Es werden Rotations- und Positionsdaten den Client geliefert, auf dem die eigentliche Anwendung läuft. Es handelt sich somit um ein Clusterserversystem, bei dem zwei Server jeweils ein Halbbild für das linke und rechte Auge rendern, ein Tracker die Richtungs- und Positionsdaten des Fernglases liefert und einem Client, auf

⁹<http://www.ar-tracking.de/>

dem die Anwendung läuft und der die Daten des Trackers verarbeitet. Während der Interaktion sitzt oder steht der Benutzer mit dem Fernglas vor der Leinwand und kann sie nach Belieben mit dem Fernglas erkunden (Abb. 10).

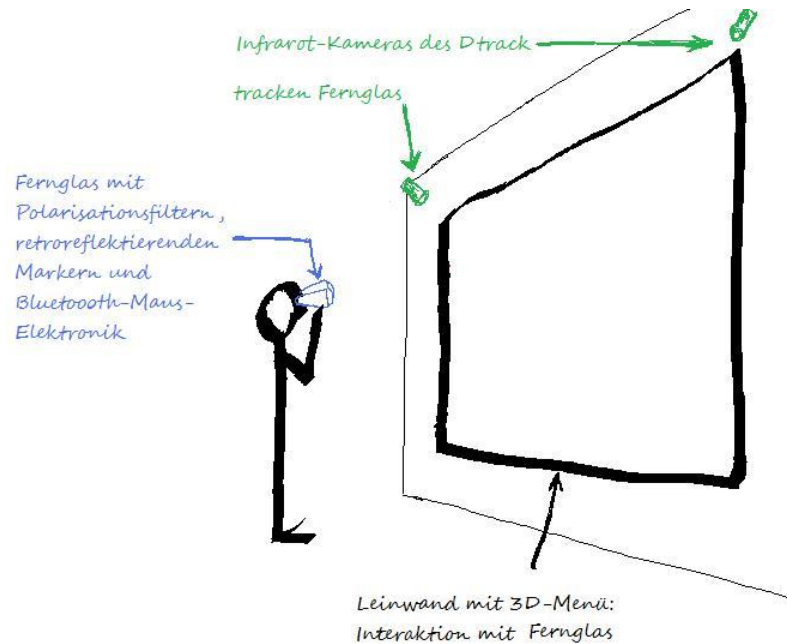


Abbildung 10: Interaktionsszenario: Ein Anwender steht vor einer 2 x 2,5m großen Stereoleinwand, die er mit dem Fernglas inspizieren und steuern kann. Es handelt sich um eine Rückprojektion, daher befinden sich die Projektoren hinter der Leinwand.

5.2.2 Umbau des Fernglases

Ferngläser als Eingabegerät für virtuelle Welten gibt es nicht zu kaufen. Da intuitive Benutzbarkeit am besten funktioniert, wenn die Anwender unbewusst auf ihr Vorwissen zurückgreifen können, soll das Fernglas auch nachdem Umbau nicht völlig verfremdet, sondern noch als solches erkennbar sein.

Ein teures Linsensystem ist überflüssig, weil vor der Stereoleinwand nur wenig Platz zur Verfügung steht. Mit diesen Vorgaben wendete sich die Autorin erfolgreich an die Fernglas-Spezialisten Steiner-Optik¹⁰ und bekam ein leeres Fernglasgehäuse aus Magnesium zur Verfügung gestellt. Die notwendigen Erweiterungen und Anpassungen hat die Autorin dann

¹⁰<http://www.steiner.de/>

selbst vorgenommen. Das Vorgehen hierbei wird im Folgenden beschrieben. Zur Steuerung der virtuellen Welt sollte, wie bei einem echtem Fernglas, das Fokussierrad benutzt werden können. Um dies authentisch umzusetzen, hätte ein Mikrocontroller in das Fokussierrad eingebaut werden müssen. Hierfür wurden diverse Überlegungen vorgenommen, die aufgrund der eingeschränkten Zeit und fehlender feinmechanischer Möglichkeiten wieder verworfen werden mussten. Stattdessen wurde das Fernglas prototypisch in ein Eingabegerät umgebaut, in denen weitestgehend Kaufteile verwendet wurden. Die Steuerung sollte durch das Fokussierrad und die Blickrichtung erfolgen. Deswegen wurde an die Stelle des Fokussierrades ein Winkel als Objektträger geschraubt. Auf ihm wurde eine kleine Bluetoothmaus platziert (Abb. 11).



Abbildung 11: Anstelle des Fokussierrades wird ein Winkel geschraubt, auf dem eine Bluetoothmaus platziert wird.

Damit sie an das Fokussierrad erinnert, wurde sie horizontal über der gewohnten Fokussieradposition mit Patafix befestigt. Es wurde bewusst kein unlöslicher Klebstoff verwendet, weil wichtig ist, dass die Maus noch abgenommen werden kann, um Batterien zu wechseln. Gelegentlich muss auch ein Taster an der Mausunterseite gedrückt werden, damit sie der am Bluetooth-Empfänger registriert wird. Die Richtung und die Position werden optisch getrackt. Daher wurde auf der gegenüberliegenden Seite des angeschraubten Winkels der Rigid-Body für das DTrack-System angebracht (Abb. 12). Damit der Winkel die notwendige Stabilität aufweist, wurde er auf einen Schaumstoffkörper geschraubt (Abb. 13). Er wurde in der Mitte des Fernglases geklemmt und am Ende mit einer Schraube fixiert (Abb. 14). Diese Anordnung bietet den Vorteil, dass der Augabstand des Fernglases

ses nach wie vor individuell eingestellt werden kann. Die Maus, oberhalb des Fernglases zu positionieren, ermöglicht, durch das Fernglas zu schauen, ohne Platzprobleme mit der Nase zu bekommen. In ersten Versuchen, wurde eine Maus an die Stelle des Fokussierendes platziert. Dies war zum Einen instabil und zum Anderen unbequem, weil dadurch die Nase keinen Platz mehr hatte. Daher wurde diese Variante verworfen.

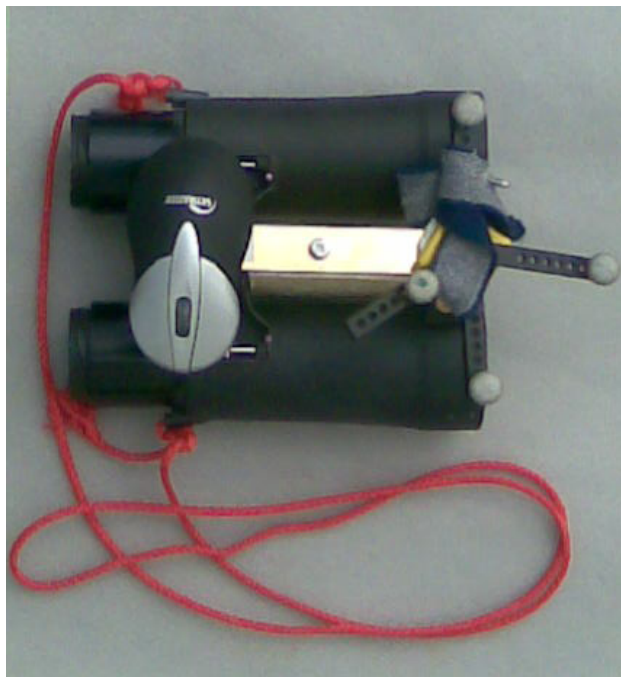


Abbildung 12: Ansicht des Fernglases von oben: Die Maus und der Rigid-Body werden auf einem Winkel befestigt. Die rote Schnur wurde zu Sicherheitszwecken angebracht. Benutzer können sich so das Fernglas während des Testens um den Hals hängen. Auf diese Weise wird der Zerstörung des Fernglases durch versehentliches Fallen vorgebeugt.



Abbildung 13: Fernglas von links: Der Winkel wurde zur Stabilisierung auf den gelben Schaumstoffkörper in der Mitte geschraubt.

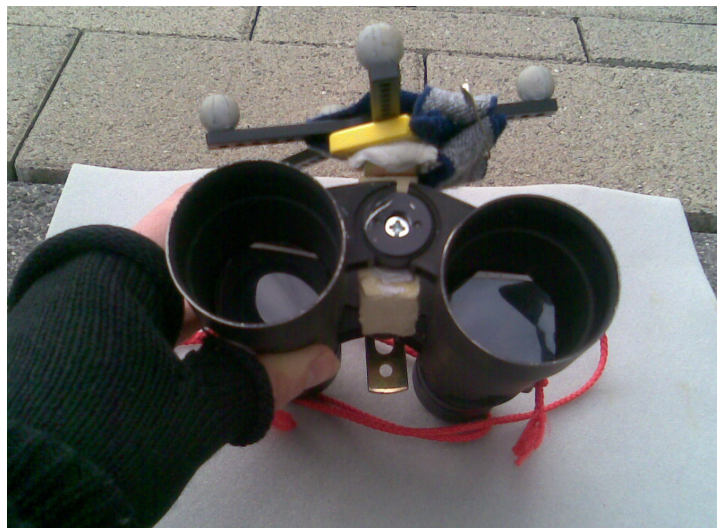


Abbildung 14: Zu sehen sind die ins Fernglas eingeklebten Polarisationsfilter. In der Mitte ist die Schraube, mit der der Schaumstoffkörper fixiert wurde, sichtbar. Der Rigid-Body wurde, wie die Maus, mit Patafix befestigt.

Um den 3D-Effekt, den der Betrachter hat, wenn er die Stereoprojektion der Leinwand durch eine Polarisationsbrille betrachtet auch mit dem Fernglas zu erhalten, wurden die Polarisationsfilter einer Polarisationsbrille, anstelle der Linsenoptik in das Gehäuse geklebt (Abb. 14).

5.3 Software-Komponenten

5.3.1 Visualisierungskonzepte der Benutzeroberfläche

In diesem Abschnitt sollen Visualisierungskonzepte und geeignete Metaphern für eine Zeitreise untersucht werden.

Für die Recherche nach der verbreiteten **Metaphorik** und Visualisierung von Zeitreisen, kann auf Quellen aus der Literatur und Kunst, der Film- und Spieleindustrie sowie auf die Lehre und Wissenschaft zurückgegriffen werden. Diese sollen im Folgenden erörtert werden.

In Gemälden wird die Zeit als ein Greis der auf einem Wagen fährt oder als Schicksalsrad dargestellt. In der Literatur gibt es unter anderem Zeitgötter oder Geister der Zeit, wie zum Beispiel in dem Märchen von Charles Dickens "Eine Weihnachtsgeschichte" [Dic43]. Diese als Metaphern für eine Zeitreise zu verwenden, würde einem Avatar nachkommen, der den Anwender durch die Zeit führt. Dass dieser nicht immer willkommen ist, wurde bereits in Kapitel 3.3.3 erwähnt. Da der Anwender außerdem durch das Fernglas blickt, um die Leinwand zu erkunden und folglich nur einen kleinen Sichtbereich zur Verfügung hat, würde der Avatar visuell nicht wahrgenommen werden. Daher erschien es der Autorin nicht sinnvoll einen zu entwickeln. Sinnvoller wäre es eventuell eine Stimme als Erzähler einzusetzen. Aber dies kann auch noch in einem späteren Entwicklungsstadium ergänzt werden. Sowohl in Filmen als auch in Computerspielen werden Zeitreisen sehr effektiv gestaltet. In dem Film von Robert Zemeckis "Zurück in die Zukunft" [Zem85] fliegen die Protagonisten mit einem Auto, das in eine Zeitmaschine umgebaut wurde, in Begleitung vieler Lichtblitze in die Zukunft.

In dem Spiel "Day of the Tentacle" [Luc93] reisen die Hauptpersonen ebenfalls in einer Zeitmaschine durch einen Tunnel. Dieser könnte ein Wurmloch darstellen. Dies sind dünne Röhren in der Raumzeit, die Verbindungen zwischen weit entfernten Regionen des Universums oder zu Paralleluniversen herstellen und sogar Zeitreisen ermöglichen ([Haw01], S.141,171). Zeitliche Vorgänge werden in Animationen beispielsweise durch ein Landschaftsmorphing im Zeitraffer dargestellt. Hierbei verändert ein Ort sein Erscheinungsbild in rasender Geschwindigkeit. Auf diese Weise wird auch die Reise durch die Zeit in der durchsichtigen Zeitmaschine (Abb. 15) des Protagonisten in dem Film "The Time Machine" [Wel02a] visualisiert.

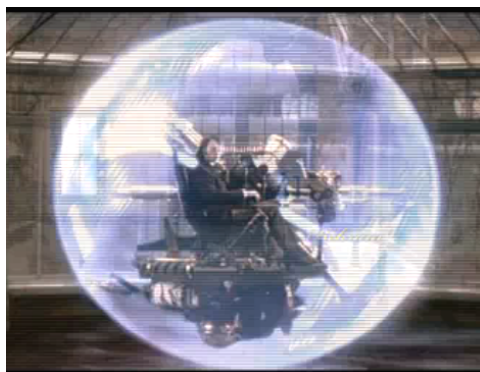


Abbildung 15: Die Zeitmaschine aus dem Film "The Time Machine" (Abb. aus [Wel02b])

Grafische Darstellungen zeitlicher Abläufe und Ereignisse in der Lehre werden oft als Zeitstrahl oder Zeitskala dargestellt. Diese Technik wird bereits in der Schule vermittelt und ist darüber hinaus oft in Chroniken zu finden. Daher geht die Autorin davon aus, dass diese Metapher weit bekannt und folglich als Sinnbild für eine Zeitreise geeignet ist. Sie wurde deshalb als Hauptszenarie ausgewählt. Der Zeitstrahl wird durch verschiedene Kreisscheiben dargestellt. Jede dieser Plattformen zeigt denselben Ort zu einer anderen Zeit. Die zugehörige Jahreszahl steht, für den Benutzer gut sichtbar, auf der Vorderseite der Kreisscheibe. Auf ihr werden die Gebäude platziert, die zu dieser Zeit dort standen (Abb. 16). Um mehrere Zeiten überspringen zu können, erschien der Autorin das Wurmloch als eine geeignete Metapher. Weil sie auch sie in Filmen und Spielen verwendet wird, erschien ihr diese Metapher ebenfalls als verbreitet und verständlich. Ob diese Annahme zutrifft, ist eine der Fragen, die in der Evaluation beantwortet werden sollte. Auf Grundlage dieser Metaphern entwickelte sie den **Prototyp A**. Sein **Visualisierungskonzept** wurde an eine Zoomable User Interface angelehnt. Die Wurm Löcher werden als Portale gestaltet, die zur Navigation dienen. Es werden zwei von ihnen am oberen Bildschirmrand positioniert. Jedes Portal beginnt in einem anderen Jahrhundert des Zeitstrahls. Der Benutzer kann sie beeinflussen, in dem er sie mit dem Fernglas fokussiert und am Mausrad dreht oder die Mausbuttons drückt. Da es sich um eine prototypische Umsetzung handelt, werden nur drei Jahrhunderte auf dem Zeitstrahl dargestellt. Der größte Zeitstrahl ist mittig ausgerichtet und wird aus der Zentralperspektive dargestellt. Passend zu den Wurm Löchern wird als Hintergrundbild das Weltall verwendet. Damit sich der Anwender besser auf den Zeitstrahl konzentrieren kann, wird das Weltall nicht als unendlich großer Raum, wie es bei einer kompletten ZUI der Fall wäre, gestaltet. Der Hintergedanke hierbei ist, dass der Benutzer durch die Zeit und nicht durch den Raum navigieren soll. Dies soll ihm der Zeitstrahl ermöglichen. In späteren Entwicklungsstadien könnte der Anwender so,



Abbildung 16: Startansicht der Benutzeroberfläche von Prototyp A: Oben links und rechts: "Wurmloch"-Portale, für große "Zeitsprünge"; Mitte: Hauptansicht mit dem Zeitstrahl, der aus mehr Kreisscheiben besteht, die einen Ort zu verschiedenen Jahrhunderten zeigt

viele Milliarden Jahre in die Vergangenheit navigieren, ohne sich im Raum zu verlieren.

Die "Wurmloch"-Portale werden, ebenfalls statisch, am oberen Rand platziert. Abb. 17 zeigt die Komposition der Benutzeroberfläche von Prototyp A.

Prototyp B wird an das WIMP-Konzept angelehnt. Die Portale des Prototyp A erhalten hier die Funktionalitäten von Menüs, aus denen der Anwender die Zeit auswählen, die er näher betrachten möchte. Auf diese Weise sollen das WIMP-Konzept und die abgewandelte Art der ZUI des Prototyp A verglichen werden können, um zu untersuchen, welche für das Fernglas und die Stereoleinwand besser geeignet ist.

Beide Prototypen sind in der Egoperspektive programmiert, weil dies für ein Fernglas am besten geeignet ist.

In Bezug auf diese Visualisierungskonzepte stellen sich die Fragen, ob für eine Stereoleinwand, die mit einem Fernglas gesteuert wird, ein WIMP-Konzept oder ein ZUI-Konzept als intuitiver wahrgenommen wird und was erwartet wird. Während das Erstere eher den verbreiteten und daher gewohnten Benutzeroberflächen einer zwei-dimensionalen Desktop- An-

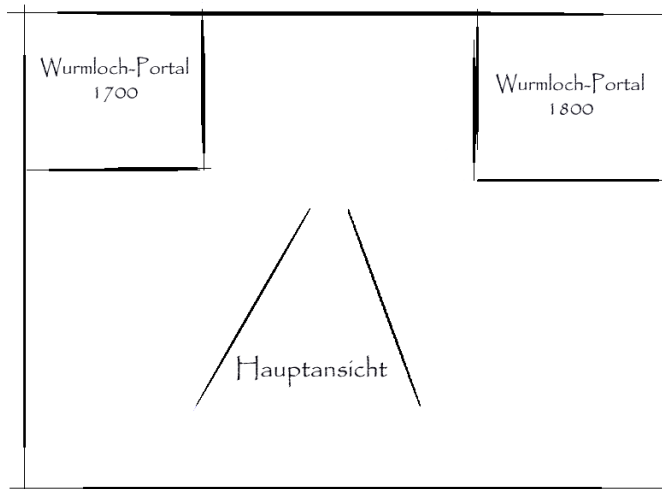


Abbildung 17: Komposition der Benutzeroberfläche von Prototyp A

wendung entspricht, kommt die ZUI der Funktionsweise eines Fernglases näher. Es stellt sich nämlich die Frage, woran sich die Benutzer eher orientieren: An dem Fernglas oder an der Stereoleinwand. Je nachdem, werden sie daher eher die reale Funktionsweise des Fernglases oder die des WIMP-Konzeptes erwarten. Die **Benutzeroberfläche** der beiden Prototypen ist bewusst einfach gehalten. Nichts soll den Anwender ablenken. Wenn er sie durch das Fernglas betrachtet, sieht er nur einen kleinen Bereich der Benutzeroberfläche (Abb. 18). Um sich einen Gesamtüberblick zu verschaffen, kann er das Fernglas jedoch absetzen. Dadurch sieht er zwar die simultan projizierten Halbbilder für das linke und rechte Auge der Stereoprojektion und hat keinen 3D-Effekt mehr, aber wenn er gleichzeitig die Maus betätigt, kann er beobachten, was passiert. Ob diese Option von den Anwendern genutzt wird, wird sich in der Evaluation zeigen.

Als Startposition wird in Prototyp A das Jahrhundert 2000 gewählt (Abb. 16). Prototyp B beginnt im 17. Jahrhundert. Um dies zu verdeutlichen wird ein Lichthighlight auf die letzte Kreisscheibe gesetzt. Alle anderen Jahrhunderte des Zeitstrahl sind, zwar sichtbar, aber aufgrund der Lichtposition, die sich an seinem Ende befindet, abgedunkelt (Abb. 19).

5.3.2 Interaktionstechniken für das Fernglas

Ein Fernglas als Eingabegerät zu verwenden, stellt neue Herausforderungen an die Interaktionstechnik. Anders als bei Eingabegeräten, die als Zeigeelement in der Hand gehalten werden, wird nicht mit einem Pointer auf die Zielobjekte gezeigt. Im Prinzip handelt es sich auch bei dem Fernglas um eine Art Zeigeelement, für das eine deiktische Interaktionstechnik geeignet ist. Allerdings wird auf die Objekte des Interesses gezeigt,

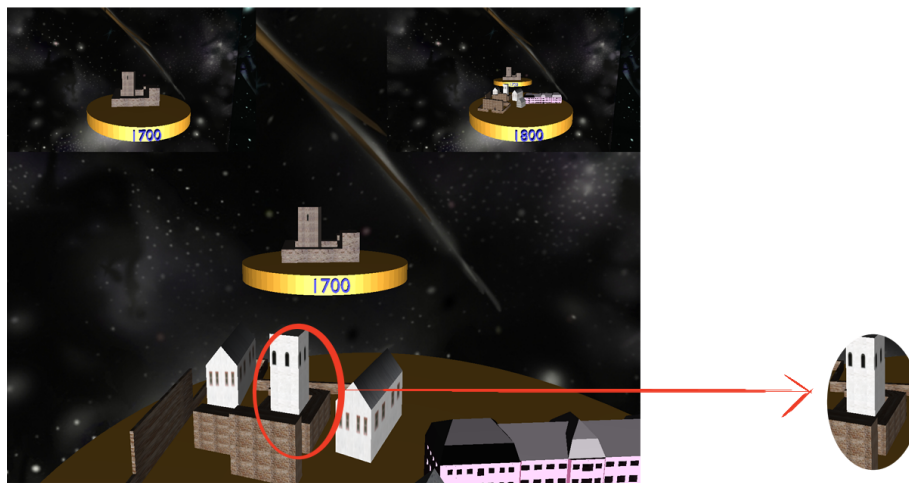


Abbildung 18: Die Kreisscheibe des 18. Jahrhunderts von Prototyp A wurde herangeholt. Wird das Fernglas abgesetzt, kann sich ein Gesamtüberblick über die Benutzeroberfläche verschafft werden. Links: Ohne Fernglas ist alles zu sehen. Der rote Kreis markiert den betrachteten Bereich der Benutzeroberfläche. Rechts: Der Sichtbereich, der durch das Fernglas gesehen wird (Ausschnitt des roten Kreises)

indem sie mit dem Fernglas betrachtet werden. Der Pointer ist in diesem Fall die Blickrichtung selbst. Dies entspricht dem Gebrauch eines Fernglases in der Realität. Es stellt eine direkte Abbildung der Funktionalität auf das Eingabegerät dar, so wie es bei einer TUI verlangt wird. Ein echtes Fernglas hat in der Regel eine komplizierte Linsenoptik, mit der die Interessenobjekte scharf gestellt werden können, um die Details zu betrachten. Eine 1:1 Abbildung der Fernglasfunktionalität würde bedeuten, dass auch in der virtuellen Welt die Schärfe eingestellt werden kann. Dies würde die Handlungsmöglichkeiten in der virtuellen Welt einschränken. Schließlich müsste sie, wie in der Realität, statisch sein und könnte nicht vom Anwender beeinflusst werden. Der Anwender würde die passive Rolle eines Beobachters einnehmen. Außerdem würden weit entfernte Objekte von solchen im Vordergrund verdeckt werden. Ein Vorteil der digitalen Welt ist es, Dinge zu tun, die in der Realität nicht möglich sind. So ist es in Wirklichkeit auch nicht möglich mit einem Fernglas zu reisen. Bestenfalls kann man mit ihm in die Ferne schauen. Aus diesem Grund soll die Interaktionstechnik abgewandelt werden. In den zwei Prototypen werden unterschiedliche Varianten implementiert, die darauf untersucht werden sollen, wie weit, die Verfremdung gehen darf, um die Bedienung noch als intuitiv wahrzunehmen. Anstelle eines Scharfstellens, wird der **Gebrauchszweck** des Fernglases als Entscheidungsgrundlage für die Interaktionstechniken gewählt. In der Regel wird es benutzt, um Details von weit entfernten Lebewesen oder Objekten zu betrachten. Dies bedeutet, dass die Objekte durch das Drehen

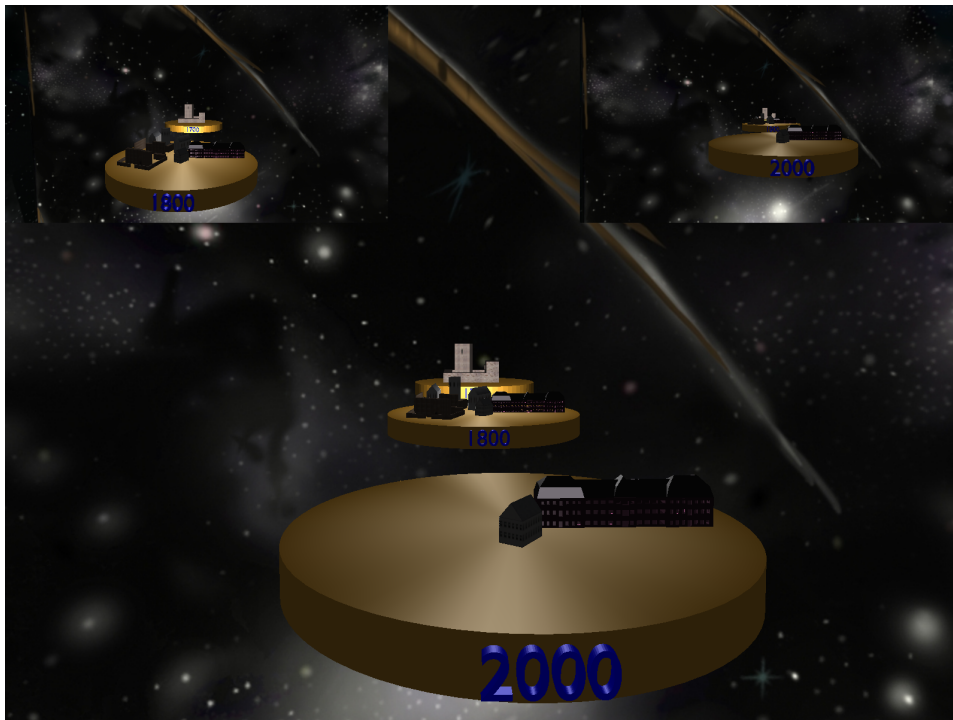


Abbildung 19: Startansicht von Prototyp B

des Fokussierendes am Fernglas herangeholt werden.

Daher soll es bei **Prototyp A** möglich sein, die Objekte der virtuellen Welt mit dem Scrollrad der Maus, die anstelle des Fokussierendes an das Fernglas montiert wurde, auf der z-Achse linear zu verschieben. Alternativ können die Mausbuttons gedrückt werden, um in der Zeit vor- und zurück zu springen. Weit entfernte Objekte können so herangeholt und aus der Nähe betrachtet werden (Abb. 20). Welche Ansicht beeinflusst wird, bestimmt die Ausrichtung des Fernglases. Diese Interaktionstechnik entspricht der direkten Manipulation, nach dem Objekt-Objekt-Schema (siehe Kapitel 3). Eine Navigation, um in andere Zeiten zu springen, wird in Form von zwei Viewports ermöglicht, die in verschiedenen Jahrhunderten beginnen. Guckt der Anwender in ihre Richtung und betätigt die Maus, wird der Zeitstrahl in dem betrachteten Viewport, ab der angezeigten Startposition bewegt. Diese Funktion soll an eine Art Portal darstellen, wie sie in ZUI's zur Navigation verwendet werden. Wie oben beschrieben, können sie als Wurmlöcher verstanden werden, durch die der Benutzer reist, wenn er sie mit anguckt und die Maus betätigt.

Die Interaktion von **Prototyp B** soll etwas weiter von der Realität entfernt sein. Es soll sich an dem Objekt-Funktions-Schema orientieren, welches die meisten Benutzer von einer Windows-Benutzeroberfläche kennen. Über eine Art Menü kann der Benutzer die Zeit auswählen, die er betrachten

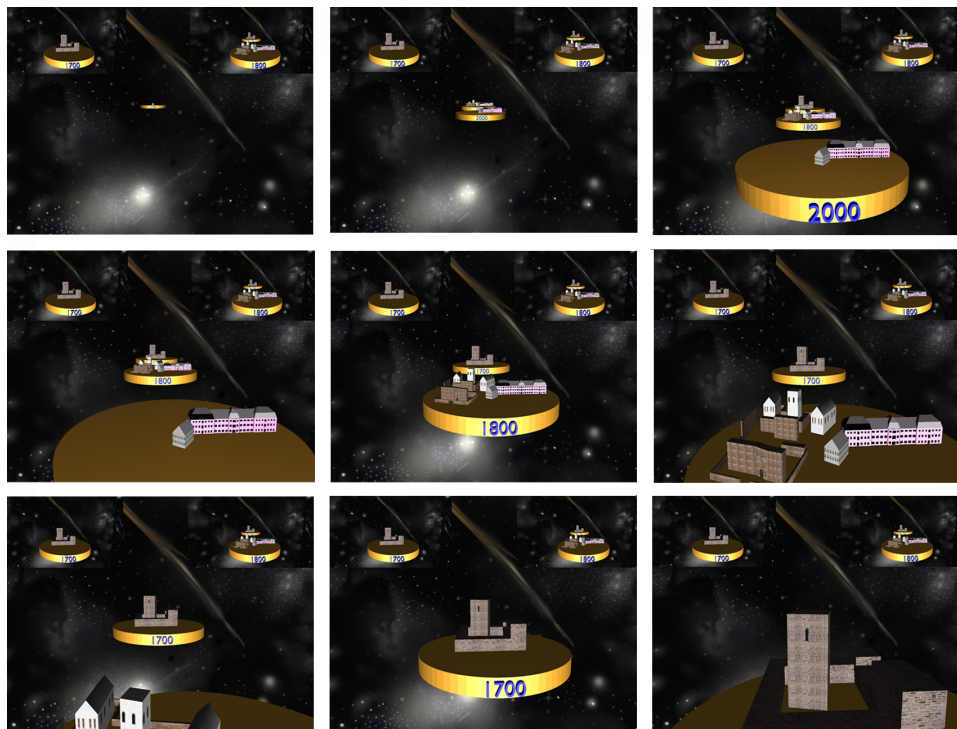


Abbildung 20: Von links oben (Farplane) nach rechts unten (Nearplane): Zeigt schrittweise das Heranholen der Kreisscheiben des Zeitstrahls in Prototyp A, wenn der Anwender die Hauptansicht betrachtet und am Mousrad dreht.

möchte. Dieses wird, wie die Hauptansicht, in Zentralperspektive abgebildet. Da die weit entfernten Zeit schwer erkennbar sind, wird ein zweites Menü hinzugefügt, das ein Jahrhundert früher beginnt. Als Visualisierung der selektierten Zeit wird ein Lichthighlight verwendet, das die aktuelle Position in der Zeit angibt. Es kann mit dem Mousrad oder den Mausbuttons beeinflusst werden. Gleichzeitig wird in der Hauptansicht die ausgewählte Zeit herangeholt (Abb. 21). Wird am Mousrad gedreht wird das Licht entlang der Z-Achse verschoben. Wird ein Mausbutton gedrückt, springt das Licht ein Jahrhundert vor beziehungsweise zurück. Was nicht auf der Leinwand sichtbar ist wird im Menü abgedunkelt. Die Selektion der Zeit und die Verschiebung in der Hauptansicht, sind nur dann beeinflussbar, wenn der Benutzer durch das Fernglas das Menü anschaut. Alternativ kann das Fernglas auch abgesetzt und in Richtung des Menüs orientiert werden. So kann beobachtet werden, was auf der Leinwand passiert, wenn die Maus betätigt wird.

Da es sich um zwei Prototypen handelt, die über keine komplexen Funktionalitäten verfügen, werden keine Meldungen der Systemsteuerung implementiert. Um die Komplexität der Untersuchung etwas zu reduzieren

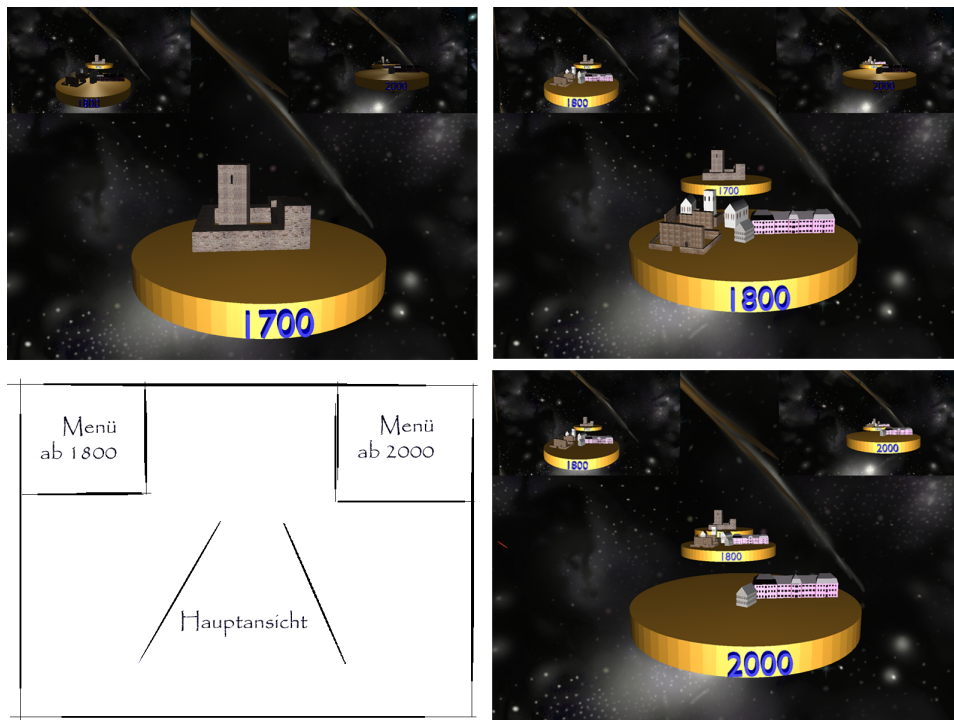


Abbildung 21: Links unten: Komposition der Benutzeroberfläche von Prototyp B; Von links oben, nach rechts unten: Selektionmethode von Prototyp B: Alles, was in der Hauptansicht sichtbar ist, ist in den Menüs beleuchtet. Alles andere ist verdunkelt. Damit die hinteren Objekte im Menü besser erkennbar sind, bilden die zwei Menüs den Zeitstrahl bei unterschiedlichen Startzeiten ab. Oben links: 1700 ist im Menü ausgewählt und in der Hauptansicht herangeholt. Oben rechts: 1800 ist im Menü ausgewählt und in der Hauptansicht herangeholt. Unten rechts: 2000 ist im Menü ausgewählt und in der Hauptansicht herangeholt.

werden Rotations- und Verschiebungsmöglichkeiten vorerst nicht implementiert.

Abschließend werden die Unterschiede der Interaktionstechniken der beiden Prototypen mit Hilfe der **Task Action Grammar (TAG)** Analyse von Payne und Green (1986; zit. nach [LYS97]) gegenübergestellt. Anhand grammatikalischer Beschreibungen werden hierbei die Interaktionssequenzen in Form von Ersetzungsregeln (Meta-Regeln) zusammengefasst. Die Anzahl der Meta-Regeln, die zur Beschreibung einer Dialogsprache notwendig sind, stellen ein Maß für den Grad der Konsistenz einer Benutzerschnittstelle dar. Die Anzahl der Ersetzungsregeln dient als Maß für die Komplexität einer Schnittstellensprache. Sie zeigt, wie viele Regeln erlernt werden müssen, um alle gültigen Eingaben ableiten zu können. Des Weiteren wird sichtbar, wie viele und welche Interaktionsschritte ausgeführt wer-

den, müssen, um eine Aktion auszuführen. Um eine Einfache Bedienung zu gewährleisten, ist es sinnvoll die Ersetzungsregeln auf möglichst wenige Regeln zu beschränken.

TAG-Analyse von Prototyp A: noitemsep

- Meta: <Heranholen> ::= [schaue in Richtung eines Viewports] <Drehe Scrollrad>
 - <Hole die nächste Zeitinsel heran> ::= [schaue in Richtung eines Viewports] <Drehe Scrollrad-Down >
 - <Hole die vorherige Zeitinsel heran> ::= [schaue in Richtung eines Viewports] <Drehe Scrollrad-Up>
- Meta: <Springen> ::= [schaue in Richtung eines Viewport] <Drücke Button>
 - <Springe eine Zeitinsel vor> ::= [schaue in Richtung eines Viewport] <Drücke Left-Button>
 - <Springe eine Zeitinsel zurück> ::= [schaue in Richtung eines Viewport] <Drücke Right-Button>
- Meta: <Überspringen mehrerer Zeitinseln> ::= <schaue in Richtung eines kleinen Viewports>(<drehe Scrollrad> | | <Drücke-Button>)

Tag-Analyse von Prototyp B:

- Meta: <Heranholen> ::= <schaue Menü an><Drehe Scrollrad><Betrachte Hauptansicht>
 - <Hole nächste Zeitinsel heran> ::= <schaue Menü an> <Drehe Scrollrad-Down ><Betrachte Hauptansicht>
 - <Hole vorherige Zeitinsel heran> ::= <schaue Menü an> <Drehe Scrollrad-Up ><Betrachte Hauptansicht>
- Meta: <Springen> ::= <schaue Menü an> <Drücke Button> <Betrachte Hauptansicht>
 - <Springe eine Zeitinsel vor> ::= <schaue Menü an> <Betrachte Hauptansicht>
 - <Springe eine Zeitinsel zurück> ::= <schaue Menü an> <Betrachte Hauptansicht>
- Meta: <Überspringen mehrerer Zeitinseln> ::= <>

Beim Vergleich der Anzahl der Ersetzungsregeln von Prototyp A und B wird deutlich, dass Prototyp B eine höhere Komplexität aufweist. Durch die indirekte Auswahl im Menü ist ein Interaktionsschritt mehr auszuführen. Des Weiteren wird deutlich, dass Prototyp B keine Sprünge über mehrere Zeilen möglich ist. Dies ließ sich mit dem gewählten Menü nicht umsetzen. Eine andere Gestaltung des Menüs wurde zum Zeitpunkt der Konzeption nicht in Erwägung gezogen, da es eher darum geht, wie die Manipulation von Menüs mit einem Fernglas erlebt wird und ob Wurmlöcher als Sprungmetapher verstanden werden.

5.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In diesem Kapitel wurden zwei Konzepte für eine TUI präsentiert, die ein Fernglas als Eingabegerät für eine Stereoleinwand verwendet. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen durch ihr Visualisierungskonzept und die damit verbundenen Interaktionstechniken. Während Prototyp A an eine ZUI angelehnt ist, orientiert sich Prototyp B an dem WIMP-Konzept. Vor dem Anwendungshintergrund einer virtuellen Zeitreise wurden Metaphern zur Darstellung zeitlicher Ereignisse (Zeitstrahl) und bei Prototyp A auch für Zeitsprünge (Wurmloch) gewählt. Des Weiteren wurde der Umbau des Fernglases in ein Eingabegerät erläutert. Um eine Einschätzung zu erhalten, welche Zielgruppe mit dem Fernglas erreicht werden kann, wurde darüber hinaus eine Einordnung in die Vorwissensebenen der Modelle von Blackler und IUUI vorgenommen. Im Folgenden Kapitel soll die Implementation und die zugrunde liegenden softwaretechnischen Entwürfe der Prototypen vorgestellt werden.

6 Implementation und softwaretechnische Umsetzung

Nachdem das Konzept für die Software-Komponente der User Interface vorgestellt wurde, soll das Vorgehen bei ihrer Implementation erläutert werden. Weiter oben wurde bereits erwähnt, dass es sich um ein Cluster-serversystem für eine Stereoprojektion handelt (vgl. Kapitel 5.2.1). Die Architektur der Client-Software kann in mehrere Schichten aufgeteilt werden. Diese sowie die verwendeten Bibliotheken werden im folgenden Abschnitt vorgestellt. Da sich die Prototypen sehr ähnlich sind, beziehen sich die Modelle meistens auf beide Applikationen. Die Unterschiede werden an den entsprechenden Stellen explizit hervorgehoben.

6.1 Software-Architektur

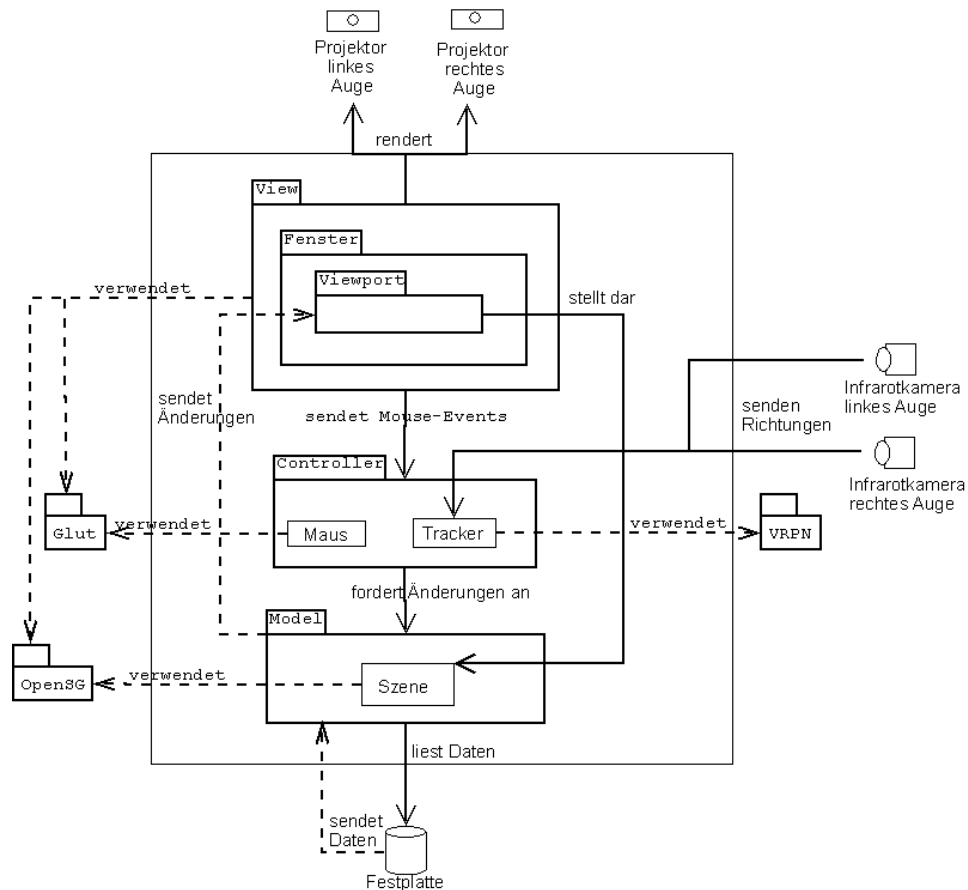


Abbildung 22: Software-Architektur der Prototypen

Die Prototypen wurden nach einer Model-View-Controller-Architektur entwickelt (Abb. 22). In der Model-Schicht werden die Objekte der Applikation sowie ihr Verhalten gespeichert. Daher wird hier der Szenegraph mit Hilfe von OpenGL erstellt. In beiden Prototypen wird er in der Methode "createScene" der Klasse "VRAR_OpenSGDemoApp" implementiert. Er liest außerdem die 3D-Modelle der virtuellen Welt von der Festplatte ein. Die Szene wird in der Präsentations-Schicht (View) in den Viewports dargestellt. Diese werden in den Prototypen von der Klasse "Wormhole" erzeugt und an ein "Multidisplay"-Fenster angehängt. Auch hierfür wird OpenGL verwendet. Von der View-Schicht werden die Daten an die Server des linken und rechten Auges weitergeleitet, wo die Halbbilder gerendert und anschließend von den Projektoren auf die Leinwand geworfen werden. Hierfür werden sowohl GLUT als auch OpenGL verwendet. Die Steuerung erfolgt in der Controller-Schicht durch die Maus und den Tracker, der in Abhängigkeit der Blickrichtung des Fernglases, bestimmt, wann Maus-Events in welchem Viewport ausgeführt werden. Die Richtung ermitteln die Infrarot-Kameras für das linke und das rechte Auge¹¹. Sie senden die Daten an den Tracker, der diese an den Client weiterleitet. Hier wird in der "mouse"-Funktion von GLUT festgelegt, wann welche Änderungen in der Modellschicht durchgeführt werden sollen. Während bei Prototyp A nur die Kamera auf der Z-Achse verschoben wird, wird bei Prototyp B zusätzlich die Lichtquelle verschoben. Die Änderungen werden anschließend an die Präsentationsschicht gesendet. Die Funktionsweise der Viewports wurde in der "Display"-Funktion von GLUT je nach Prototyp unterschiedlich umgesetzt. Bei A wird die Kamera des betrachteten Viewports auf der Z-Achse verschoben. Bei B verschieben sich die Kamera in der Hauptansicht und das Licht nur dann auf der Z-Achse, wenn die Viewports fokussiert werden. Für das Tracking wird die VRPN-Bibliothek in Version 7.02 verwendet. Bei OpenGL wird die Version 1.8 benutzt und bei dem Utility Toolkit GLUT wird Version 4 eingesetzt. Letztere ist speziell herausgesucht worden, weil mit ihr das Scrollrad abgefragt werden kann.

6.2 UML-Klassendiagramm und Szenegraph

Das Klassendiagramm (Abb. 23) zeigt die Klassenstruktur der beiden Prototypen. Sie besteht aus den drei Klassen "OpenGLApplication", in welcher die Fenster erzeugt werden, "VRAR_OpenSGDemoApp", in welcher der Szenegraph erzeugt wird und der Klasse "Wormhole", mit die Viewports und deren Kameras erzeugt werden. Die Klasse "Wormhole" ist hierbei ein Bestandteil der Fenster, denn ohne Viewport und Kamera wäre nichts im Fenster zu sehen.

¹¹Mit "Auge" sind hier eigentlich die Halbbilder für das jeweilige Auge gemeint

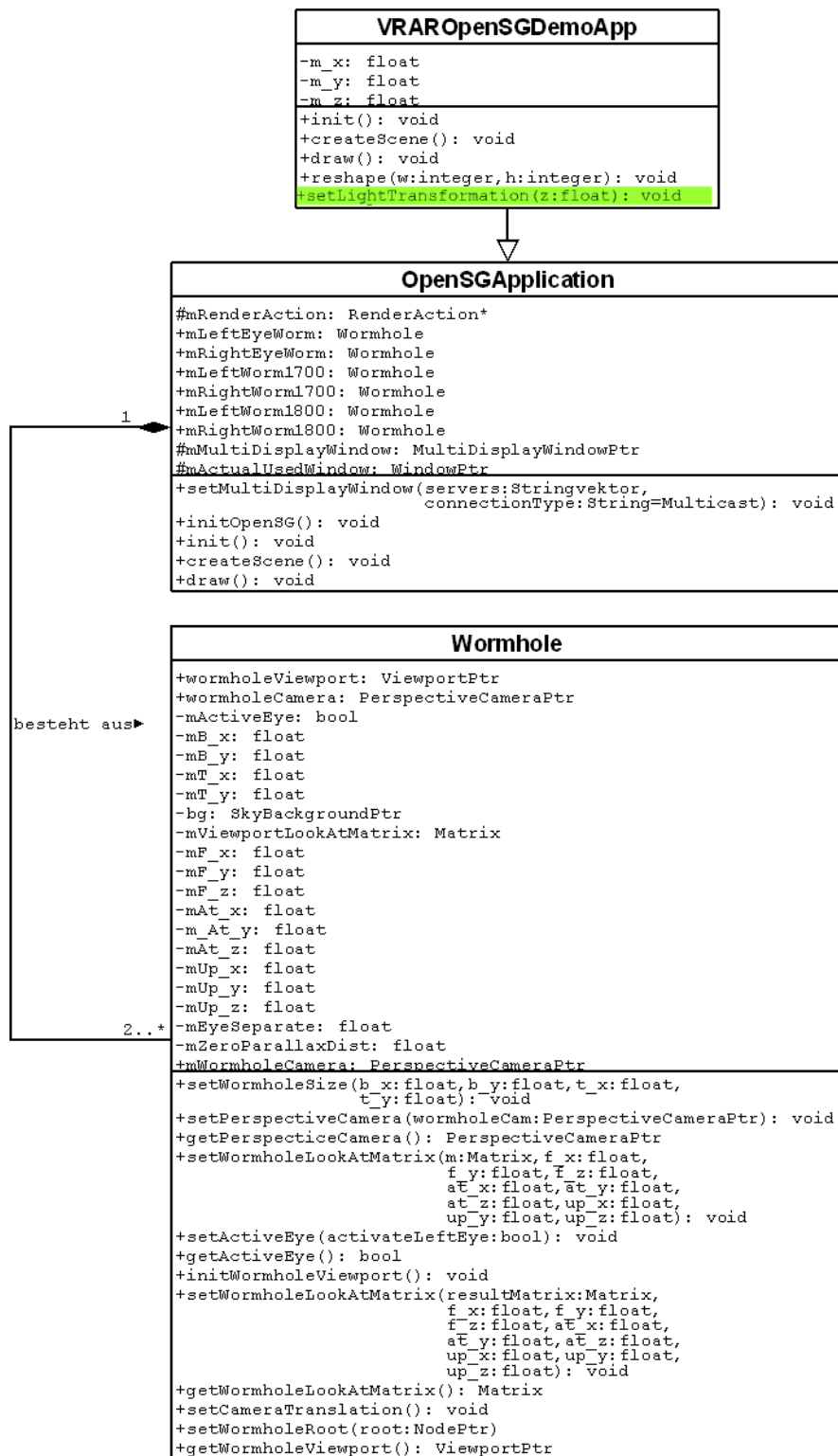


Abbildung 23: UML-Klassendiagramm: Die Funktion "setLightTransformation", wird nur in Prototyp B benutzt.

In ihr werden der Augenabstand und die Zeroprallaxe für die Erzeugung der Halbbilder des linken und rechten Auges festgelegt. Dies wird im Konstruktor umgesetzt. Pro Halbbild gibt es einen Viewport, dessen Größe und Position mit "setWormholeSize" geändert werden kann. Welches Auge aktiv sein soll, wird mit "setActiveEye" festgelegt. Als Default-Einstellung wurde im Konstruktor das linke Auge als aktiv definiert. In der "initWormholeViewport" wird der Weltraumhintergrund mit einer Skybox erstellt und die Kamera des Viewports gesetzt. Sie kann mit der lookAtMatrix und dem Aufruf der Funktion "setCameraTranslation" verschoben werden. Die Funktion "setWormholeRoot" legt den Wurzelknoten des Viewports fest.

Die **Fenster** die das Stereobild erzeugen, werden per Streamsocket miteinander verbunden. Das Client-Fenster ist ein "MultidisplayWindow", das die Halbbilder für das linke und das rechte Auge zum Rendern an die Server schickt. Um die Halbbilder zu erzeugen, müssen mindestens zwei Viewports existieren. In der Klasse "Wormhole" wird genau ein Viewport instanziiert. Folglich müssen immer zwei "Wormhole"-Objekte erzeugt werden, um ein Stereobild zu erhalten. Dies wird in der Klasse "OpenSGApplication" von der Methode "initOpenSG()" durchgeführt. Wichtig ist, dass vor der Instanziierung für das rechte Auge, das linke Auge mit "setActiveEye" auf "false" gesetzt wird. Andernfalls wäre keine Parallaxe zu sehen, weil beide Halbbilder aus dem Blickwinkel des linken Auges gerendert werden würden. Auf diese Weise werden in der Klasse "OpenSGApplication" **die Portale beziehungsweise die Menüs und die Hauptansicht** erzeugt. Somit sind sie ebenfalls Instanzen der "Wormhole"-Klasse. Da es zwei Menüs und eine Hauptansicht gibt, besitzt die Klasse "OpenSGApplication" sechs "Wormhole"-Objekte. Jedes wird dem Fenster in der Klasse "OpenSGApplication" als ein Viewport angehängt. Auch dies wird in der Methode "initOpenSG()" implementiert. Der Vorteil der "Wormhole"-Klasse ist, dass eine Anwendung beliebig viele dieser Objekte besitzen kann. Eine Anwendung kann somit beliebig viele Portale beziehungsweise Menüs umfassen. Bei einer Stereoapplikation sollten es allerdings mindestens zwei sein. Damit für die Halbbilder des linken und rechten Auges jeweils ein Viewport mit einer Kamera zur Verfügung steht. Der **Unterschied der beiden Prototypen** ist in der Klasse VRAR_OpenSGDemoApp zu finden. Die Funktion "setLightTransformation", wird nur in Prototyp B benutzt. Sie dient der Verschiebung der Lichtquelle auf der Z-Achse. Die Member-Variablen der Klasse definieren die Position der Lichtquelle. In Prototyp A wurde sie vor die Kreisfläche 2000 gesetzt. In Prototyp B wurde sie vor der Kreisfläche 1700 positioniert. Deshalb sind das 18. und 20. Jahrhundert im Startbild von Prototyp B dunkel (Abb. 19).

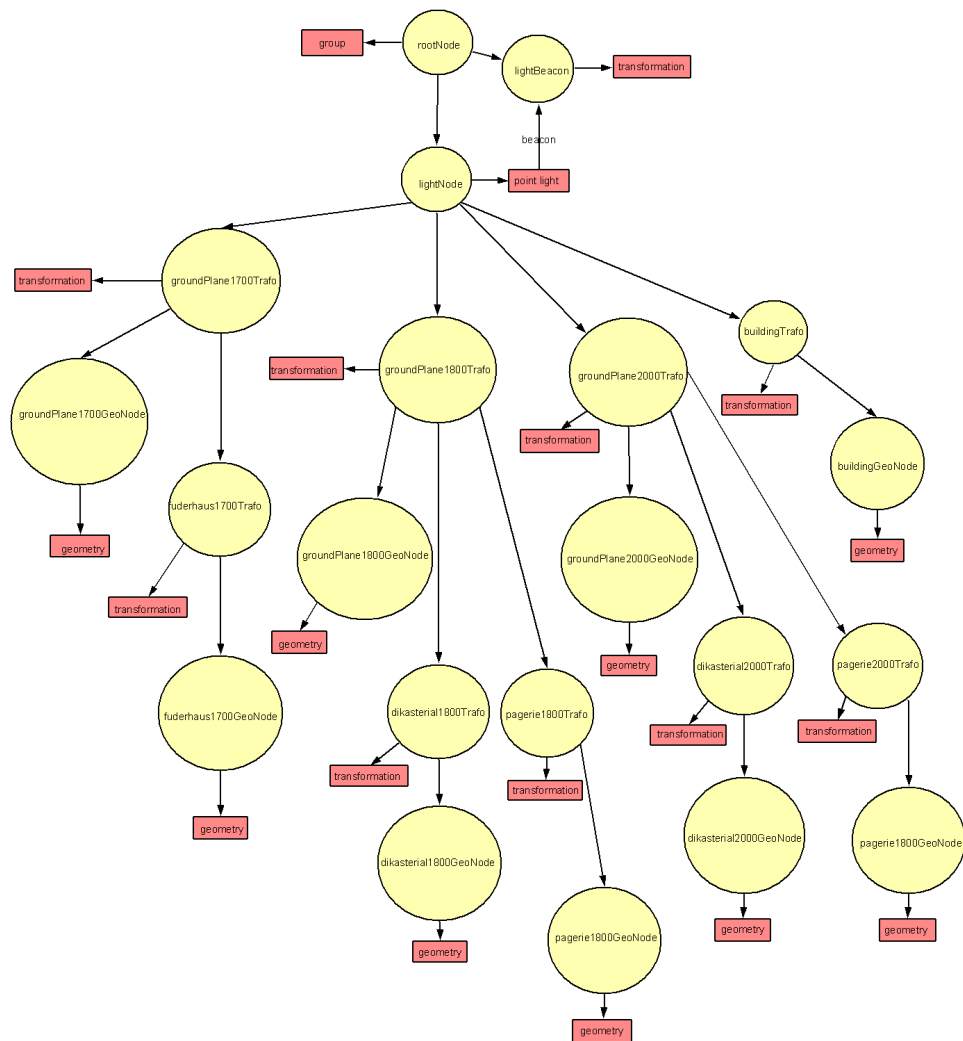


Abbildung 24: Der Szenegraph der beiden Prototypen: Knoten die "Trafo" im Bezeichner haben, sind Transformationsknoten. Knoten die "Geo" im Bezeichner haben sind Geometrieknoten.

In der Klasse "VRAR_OpenSGDemoApp" ist die Methode "createScene()" implementiert, welche den **Szenegraph** erzeugt. Er besteht aus drei Kreisscheiben, auf denen mehrere Gebäude platziert sind. Die Knoten der Kreisscheiben sind in Abb. 24, daran erkennbar, dass in ihrem Bezeichner "groundPlane" vorkommt. Die Zugehörigkeit der Knoten ist an den Zahlen erkennbar. Sie stehen für das Jahrhundert, der Kreisscheibe. Der Knoten "buildingGeoNode" enthält die Geometrie der Burg auf der Kreisscheibe des 18. Jahrhunderts.

Sowohl die Kreisscheiben mit den Jahrhunderten als auch die Gebäude auf ihnen, sind VRML-Objekte. Sie wurden in Blender und 3D-Max modelliert. Mithilfe des OSGSceneFileHandlers werden sie in jeweils einem

Geometrie-Knoten gespeichert. Die Lichtquelle wurde unter den Wurzelknoten gehangen. Im Unterschied zu Prototyp A wurde sie in Prototyp B an die Position der Kreisscheibe für das 17. Jahrhundert verschoben. Hierdurch wird im Startbild nur das 17. Jahrhundert beleuchtet (Abb. 19). Alle anderen Kreisflächen sind dunkel. Sie kann mit der Funktion "setLight-Transformation" auf der Z-Achse verschoben werden. In dem Graphen ist erkennbar, dass es sich bei der Lichtquelle um eine Punktlichtquelle handelt. Daraus wird klar, warum alle Kreisscheiben vor der Lichtquelle beleuchtet werden und nicht nur eine, wie bei einem Spotlight. Die Methode "draw" in der Klasse "VRAR_OpenSGDemoApp" rendert den Szenegraphen in das aktuelle Fenster.

6.3 Zustandsdiagramm der Interaktion

Nachdem im vorherigen Abschnitt die Klassen der Model- und die View-Schicht erläutert wurden, folgt nun die Controller-Schicht. Diese wurde in den Funktionen "mouse" und "display" von GLUT sowie in der Methode implementiert. Für die Interaktion werden verschiedene Zustände definiert. Diese hängen zum Einen von der Kameraposition auf der Z-Achse ab und zum Anderen, von dem zuvor geklickten Mausbutton und der Drehzahl des Mausekkrads. Des Weiteren wurde oben bereits erwähnt, dass nur in Abhängigkeit bestimmter Richtungen Interaktionen möglich sind. Diese werden durch die Rotation des Fernglases um die Achsen des Tracking-Koordinatensystems¹² bestimmt. Abb. 25 zeigt die Kalibrierung des Tracking-Koordinatensystems und die Vorzeichen der X- und Z- Komponenten des ermittelten Richtungsvektors.

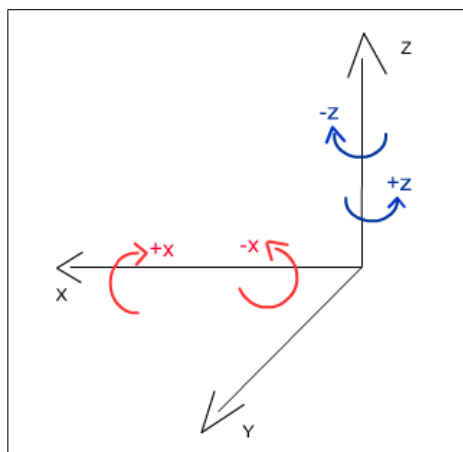


Abbildung 25: Rotationen um die Achsen des Trackerkoordinatensystems

¹²Das Tracking-Koordinatensystem ermittelt die Position des Fernglases im Raum. Dies wird durch den RigidBody, der am Fernglas angebracht ist, ermöglicht.

Wird das Fernglas nach oben geneigt, ist die X-Komponente negativ. Wird es nach unten geneigt, ist sie positiv. Wird das Fernglas im Uhrzeigersinn gedreht, ist die Z-Komponente negativ, wird es gegen den Uhrzeigersinn gedreht, ist sie positiv. Für den Prototyp B ergibt sich daraus, dass nur dann auf Maus-Events Systemreaktionen erfolgen, wenn die X-Komponente negativ ist, denn dies entspricht einen Blick nach oben. Abb. 26 zeigt den zusammengesetzten Zustandsautomaten von Prototyp B. Blickt der Anwender die Menüs an, werden gleichzeitig die Lichtposition und die Kamera in der Hauptansicht auf der Z-Achse verschoben. Da das Licht in beiden Menüs gleichzeitig geändert wird, ist hier das Vorzeichen der Z-Komponente irrelevant. Für Prototyp A muss der betrachtete Viewport genauer unterschieden werden. Der Zeitstrahl ist in der virtuellen Welt in der Hauptansicht soweit unten platziert, dass der Anwender nach unten schauen muss, um ihn zu betrachten. Daher ist hier nur dann eine Verschiebung der Kamera möglich, wenn die X-Komponente positiv ist. Ist sie negativ, ist das Fernglas nach oben auf eines der Portale gerichtet. Um zu unterscheiden auf, welches der beiden Portale der Benutzer das Fernglas richtet, ist die Z-Komponente wichtig. Ist diese negativ, so richtet er es nach rechts, ist sie positiv, richtet er es nach links. Damit sind als Entscheidungskriterium für die Blickrichtung die X- und die Z-Komponente des Richtungsvektors notwendig. Sind beide negativ, schaut der Anwender mit dem Fernglas nach rechts oben, ist Z positiv und X negativ schaut er nach links oben. Abb. 27 zeigt in dem zusammengesetzten Zustandsautomaten die Systemreaktionen auf Maus-Events, in Abhängigkeit der Fernglasausrichtung. Wie sich die Kamera und die Lichtquelle bewegen, hängt von dem zuvor gedrücktem Maus-Button, der zuletzt besuchten Zeit und der Drehzahl des Mauseisens ab. Letztere gibt an, wie oft der Benutzer am Scrollrad gedreht hat. Die Zustände "Kamera in Hauptansicht bewegend" und "Kamera in Portal links oben" "Kamera in Portal rechts oben bewegend" sowie "Licht in Menüs bewegend" sind daher Teilautomaten, die einen weiteren Zustandsautomaten beinhalten. In ihm wird sich anhand der Variablen "Position", "Clicks" und "Turns" gemerkt, wo der Anwender zuletzt war, welchen Mausbutton er geklickt und wie oft er am Mauseisen gedreht hat. Ist er an der Far- beziehungsweise Nearplane angekommen, wird die Kamera gestoppt. Sie kann sich in diesen Fällen nur noch in die entgegengesetzte Richtung bewegen. Auf diese Weise wird verhindert, dass der Benutzer sich in einem Raum verliert, wo keine Informationen mehr sind. Abb. 28 zeigt das Prinzip des Teilzustandsautomaten für die Kamerabewegung in der Hauptansicht. Dieser Automat wird für alle Portale des Prototyp A sowie für die Hauptansicht des Prototyp B verwendet. Wie aus Abb. 26 hervorgeht wird bei letzterem gleichzeitig die Lichtposition in den Menüs verändert. Dieser Automat sieht genauso aus, wie der in Abb. 28, nur dass bei ihm nicht die Kamera auf z-Achse verschoben wird, sondern die Lichtquelle.

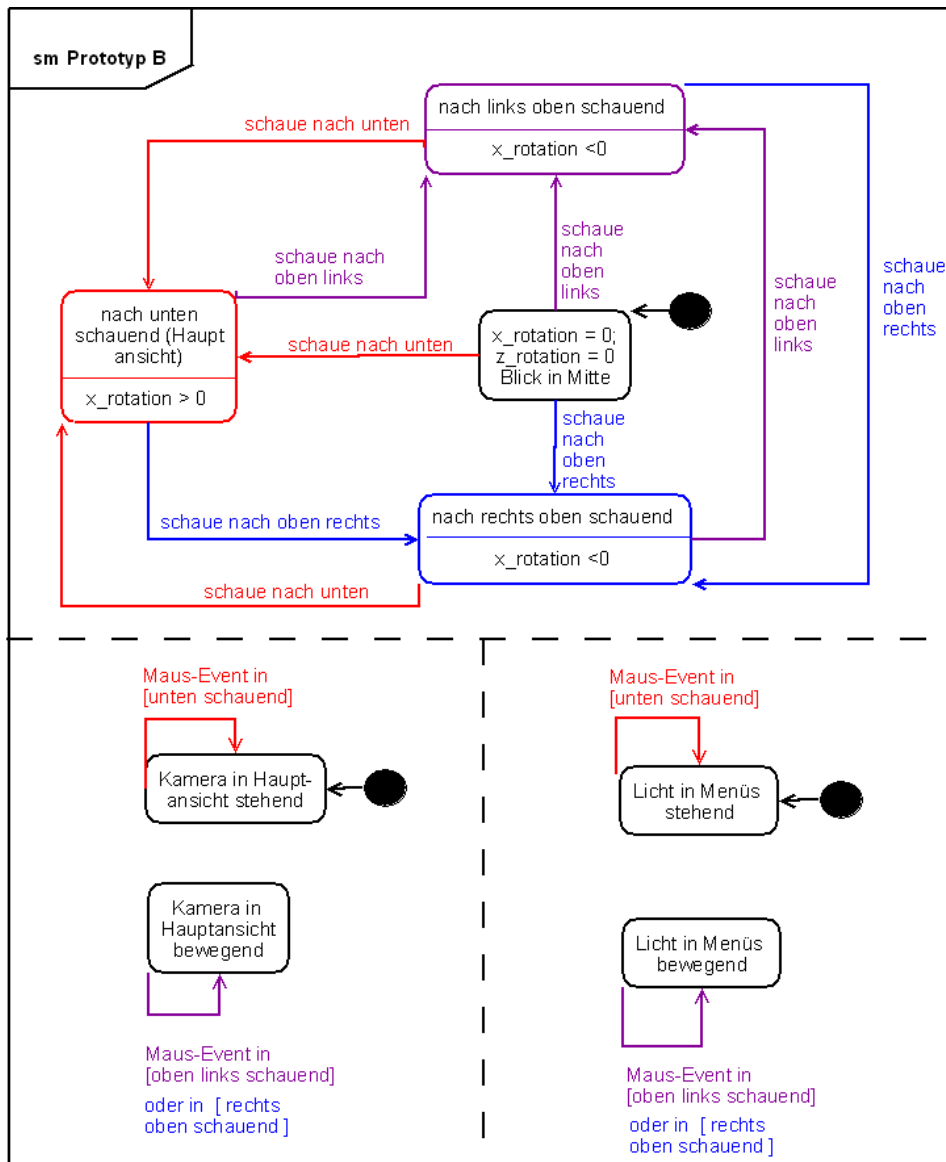


Abbildung 26: Der zusammengesetzte Zustandsautomat von Prototyp B zeigt die Reaktionen des Systems auf Maus-Events in Abhängigkeit der Orientierung Fernglases.

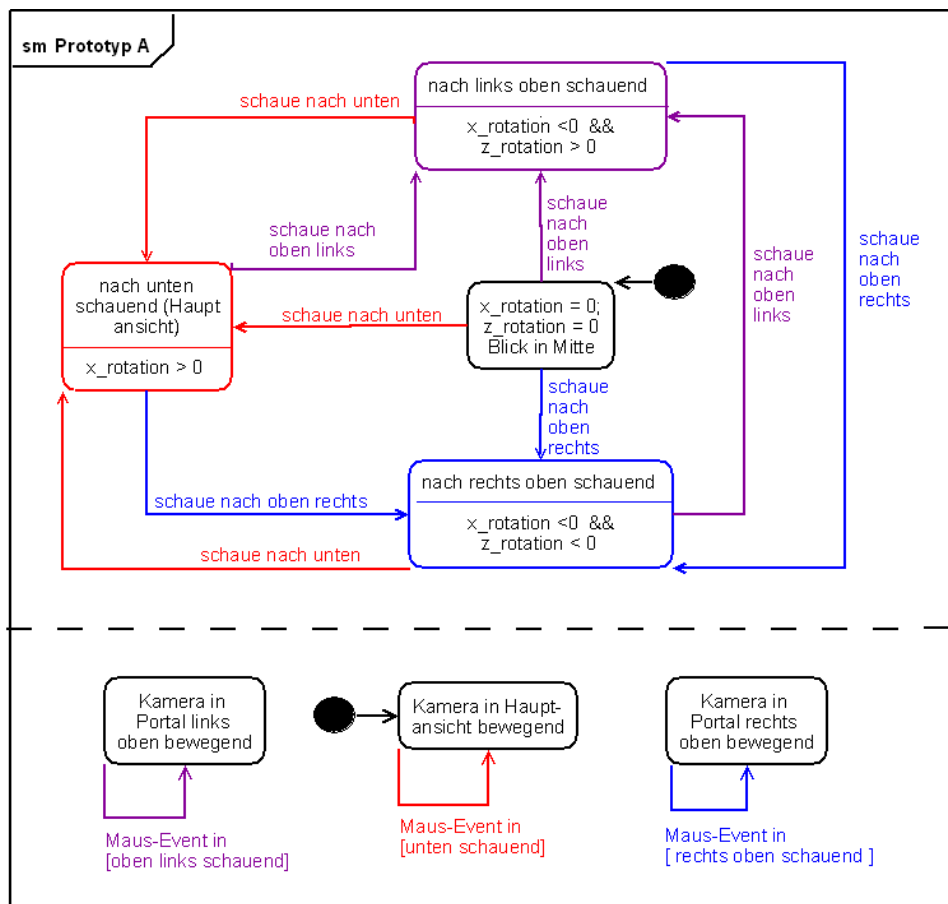


Abbildung 27: Der zusammengesetzte Zustandsautomat von Prototyp A

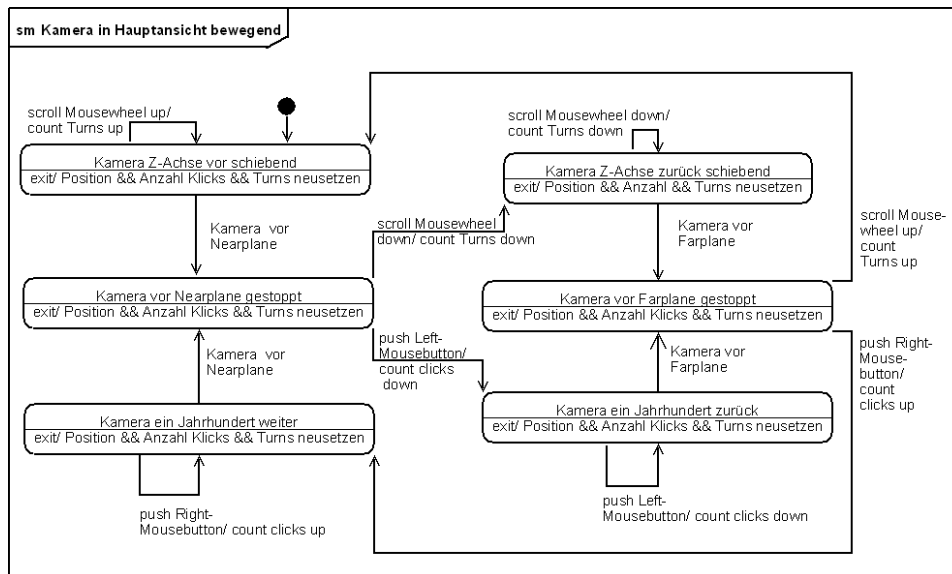


Abbildung 28: Teilzustandsautomat der Kamera in der Hauptansicht

6.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde der softwaretechnische Entwurf und die Implementation der in Kapitel 5 vorgestellten Prototypen erläutert. Die Programme wurden nach einer Model-View-Controller-Architektur entwickelt. Im wesentlichen bestehen sie aus drei Klassen: Eine für die Erzeugung der Fenster, eine für die Erzeugung der Viewports sowie eine in der der Szenegraph erstellt wird. Die Controller-Schicht besteht aus zusammen gesetzten Zustandsautomaten. Sie definieren, wie die Maus-Events, in Abhängigkeit der gelieferten Trackerdaten, verarbeitet werden. Zur Implementation wurden die Programmiersprache C++, das Szenegraph-System OpenGL Version 1.8, das Utility Toolkit GLUT Version 4 und die VRPN-Bibliothek für den Tracker verwendet.

7 Evaluation

Im Rahmen einer Evaluation wird untersucht, wie intuitiv das Fernglas als Steuergerät für eine Stereoleinwand und die beiden Benutzeroberflächen mit ihren unterschiedlichen Interaktionstechniken wahrgenommen werden. Es soll herausgefunden werden, welche Interaktionstechnik und Metaphorik besser verstanden werden oder ob beide Varianten keine gute Lösung darstellen. In letzterem Fall, wird abschließend ein Alternativvorschlag präsentiert, der aus den Ergebnissen der Evaluation entwickelte wurde. Da es sich bei dem Fernglas als Eingabegerät um ein neues Produkt handelt, soll außerdem untersucht werden, wie attraktiv es empfunden wird und welcher Prototyp mehr Akzeptanz bei den Benutzern findet. Auf diese Weise soll herausgefunden werden, wie hoch das Interesse an dem Fernglas als Eingabegerät für eine Stereoleinwand ist und für welche Anwendungsgebiete es geeignet wäre. Darüber hinaus wird untersucht, wie die virtuelle Welt unter der Verwendung des Fernglases erlebt wird. Da die Abbildungen in diesem Kapitel sehr klein sind, befinden sich im Anhang C größere Abbildungen.

7.1 Untersuchungskriterien und Vorüberlegungen

Insgesamt beeinflussen drei Komponenten die intuitive Bedienbarkeit der User Interface: das Fernglas als Eingabegerät an sich, die Interaktionstechnik, die Benutzeroberfläche. Daher sollen sie auf Vertrautheit, Erwartungskonformität, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Erlernbarkeit und Intuitivität untersucht werden. Die speziellen Interessenpunkte der einzelnen Komponenten werden im Folgenden erläutert.

Insbesondere in Bezug auf die **Interaktionstechnik**: soll untersucht werden, bei welchem Prototyp sie als intuitiver wahrgenommen wird. Dies wird anhand des Fragebogens "Questionnaire of intuitive Use" (QUESI) [HN10] und der anschließenden Abschlussbefragung ermittelt. Das heißt, es soll herausgefunden werden, ob es als intuitiver ist, mit dem Fernglas anhand der Blickrichtung aus einem Menü zu selektieren oder ob es intuitiver ist, wie bei einer ZUI, direkt in dem Portal zu interagieren. Hierbei soll ermittelt werden, ob es störend oder übersichtlicher wirkt, wenn nur in den Menüs navigiert werden kann. In Prototyp B kann deshalb nicht in der Hauptansicht interagiert werden. Sie dient nur zu Beobachtungszwecken. Interessant ist außerdem zu erfahren, ob die Leinwand zur Orientierung und Übersicht, genutzt wird, indem das Fernglas während des Steuerns abgesetzt wird. Des Weiteren soll untersucht werden, was an welchem Prototyp als ungewohnt oder vertraut erscheint. Wurde die Verschiebung auf der Z-Achse als solche erkannt oder wurde sie als Zoomen interpretiert? Erschien es vertraut, intuitiv, wie erwartet oder nicht? Aber vielleicht

wurde doch eher die Einstellung der Tiefenschärfe erwartet? Es soll erfragt werden, ob eine Anwendung die das tut, interessant wäre. Um heraus zu finden, auf welches Vorwissen die Testpersonen während der Interaktion zugegriffen haben, wird außerdem die Frage gestellt, woran sie die Funktionsweise des Fernglases erinnert hat oder ob sie vollkommen neu war.

Die **Benutzeroberfläche** ist vor allem auf die Verständlichkeit der Metaphorik zu prüfen. Werden die Portale als Wurmlöcher, die Zeitsprünge ermöglichen, verstanden? Wird der Zeitstrahl als solcher erkannt? Genügt er auch dann zur Orientierung, wenn es viel mehr Zeit-Kreisscheiben gäbe oder fehlt dann eine Übersichtskarte? Weitere Fragen sind, ob alles an der Benutzeroberfläche als übersichtlich, eindeutig und ansprechend empfunden wird. Beispielsweise stellt sich die Frage, ob das Lichthighlight als Selektionskennzeichnung ausreicht. Außerdem soll herausgefunden werden, ob die Viewports in Prototyp B als Menüs verstanden werden oder nicht. Wenn nicht, fragt es sich warum nicht und was anderes gemacht werden sollte.

In Bezug auf das **Fernglas** soll untersucht werden, ob die prototypische Umsetzung hemmt und abschreckt oder ob sie neugierig macht. Außerdem fragt es sich, wie die Bedienung mit dem Fernglas wahrgenommen wird. Stört etwas an der Ergonomie oder liegt es gut in der Hand? Des Weiteren soll herausgefunden werden, ob die Maus mit einem Fokussiergerät assoziiert wird oder ob sie als Steuerungsgerät erkannt wurde, weil sie von Desktop-Anwendungen bekannt ist. Der Sichtbereich durch das Fernglasgehäuse ist kleiner als der eines Fernglases mit Linsenoptik. Es soll deshalb untersucht werden, ob er ausreicht oder nicht. Des Weiteren soll untersucht werden, ob das aus dem Alltag bekannte Fernglas, Fachfremden die neuartige Technik der Stereoleinwand und der Tracker vertrauter erscheinen lässt und somit das Erlernen der Benutzung erleichtert.

Insgesamt soll außerdem das Erleben der Interaktion mit dem Fernglas untersucht werden. Wie fühlt es sich an eine Leinwand mit einem Fernglas zu bedienen? Steigert der kleine Sichtbereich des Fernglases die Explorierfreudigkeit oder wollen Benutzer lieber eine Polarisationsbrille tragen, um alles zu sehen? Trat Unwohlsein auf? Wurden die Arme schwer oder Ähnliches sind Fragen die geklärt werden sollen.

Die Attraktivität der Prototypen wird mit Hilfe des Online-Fragebogens "AttrakDiff" ([Szw03], [Gmb10c]) verglichen. Abschließend wurde jede Testperson befragt, welches Zukunftspotential sie in dem Fernglas sieht.

Im Folgenden werden die oben erläuterten Überlegungen noch einmal in Form von **Fragen** noch einmal aufgelistet. Die verwendeten Fragebögen und das Auswertungsmaterial befinden sich im Anhang.

1. Interaktionstechnik

- (a) Wird das Verschieben auf der Z-Achse als Verschiebung oder als

Zoomen interpretiert?

- (b) Wie reagieren Nutzer auf die Lichtänderungen? Ist es überraschend? Gewöhnen sie sich daran oder nicht?
- (c) Wird das Lichthighlight als Markierung der selektierten Zeit erkannt?
- (d) Wird eine der Interaktionstechniken als intuitiv wahrgenommen oder nicht?
- (e) Erscheint eine von ihnen vertraut oder nicht?
- (f) erinnert Prototyp A an eine Kamera oder einen Fotoapparat?
- (g) erinnert Prototyp B an eine GUI von zwei-dimensionalen Desktopsystemen?
- (h) erwarten die Benutzer mit dem Fernglas eine Tiefenschärfe einstellen zu können?
- (i) Wäre es spannend, eine Tiefenschärfe einzustellen anstatt zu verschieben?
- (j) Ist es intuitiv mit der Blickrichtung in einem Menü auszuwählen oder ist es intuitiver direkt in den Portalen zu interagieren?
- (k) Wollen die Testpersonen von Prototyp B interagieren, wenn sie die Hauptansicht durch das Fernglas betrachten oder ist es übersichtlicher, wenn sie nur im Menü zur Selektion der Zeit interagieren können?

2. Benutzeroberfläche

- (a) Wird die Metaphorik verstanden? Wenn nein, warum nicht?
- (b) Wird der Zeitstrahl mit den Kreisscheiben als solcher erkannt?
- (c) Werden die Viewports in Prototyp A als Wurmloch verstanden, mit denen weite Zeiträume übersprungen werden können?
- (d) Werden die Viewports in Prototyp B als Menü erkannt?
- (e) Wie wird die Symbolik der beiden Prototypen bewertet?
- (f) Ist die Benutzeroberfläche ansprechend und übersichtlich gestaltet?

3. Fernglas

- (a) Steigert der eingeschränkte Sichtbereich des Fernglases, die Explorierfreudigkeit des Systems oder stört er?
- (b) Ist der Sichtbereich zu klein?
- (c) Wie reagieren die Tester auf das prototypische Fernglas? Erscheint es vertraut, fremdartig oder sogar abschreckend?

- (d) Hilft das Fernglas sich an die neue Technologie zu gewöhnen?
- (e) Wird die Maus auf dem Fernglas mit dem Fokussierad assoziiert oder als das, was sie normalerweise ist. Ein Eingabegerät zur Bedienung von Desktop-PC's.

4. Insgesamt:

- (a) Wie intuitiv sind die Prototypen und welcher ist intuitiver (Fragebogen QUESI)
- (b) Wie attraktiv sind die Prototypen und welcher ist attraktiver (Fragebogen AttrakDiff)
- (c) Warum wird ein Prototyp attraktiver oder weniger gut beurteilt und was sollte verbessert werden (Befragung)?
- (d) Wie wird die virtuelle Welt durch das Fernglas erlebt? Hat es in den Augen der Testpersonen Zukunftspotential oder nicht? Trät Unwohlsein auf oder Ähnliches auf?
- (e) Bevorzugen die Benutzer eine Polarisationsbrille gegenüber dem Fernglas?
- (f) Welches User Interface entspricht eher den Erwartungen der Benutzer und welches ist intuitiver?
- (g) Werden die Prototypen als selbsterklärend empfunden?

Vorüberlegungen und Annahmen

Es gibt wahrscheinlich großes Interesse an dem System. Das Aussehen des Fernglases wird vermutlich als ungewöhnlich aufgefasst werden, aber nicht von der Benutzung abschrecken. Wahrscheinlich wird es eher die Neugier wecken. Prototyp A wird wahrscheinlich als intuitiver wahrgenommen als Prototyp B. Der eingeschränkte Sichtbereich wird vermutlich positiven Einfluss auf die Explorierfreudigkeit haben, weil er zum Erkunden einlädt. Es könnte außerdem sein, dass nach längerer Nutzungszeit die Arme schwer werden. Das Mausrad, der am Fernglas angebrachten Maus, wird wahrscheinlich mit einem Fokussierad assoziiert.

Prototyp A:

1. Das Konzept wird wahrscheinlich schnell und intuitiv verstanden.
2. Die Funktionsweise erinnert an eine Kamera oder einen Fotoapparat.
3. Der Benutzer verliert vermutlich den Überblick, wenn in den Viewports die letzte Ansicht vor verlassen angezeigt wird.
4. Die Wurmloch-Metapher wird ebenso einfach verstanden, wie der Zeitstrahl.

Prototyp B:

1. Das WIMP- Konzept ist wahrscheinlich übersichtlicher, aber umständlicher, weil der Benutzer zu zusätzlichen Interaktionsschritten gezwungen wird. Dies könnte als anstrengend empfunden werden.
2. Vermutlich wird es die Anwender überraschen, dass sie nicht in die Viewports hereinzoomen können.
3. Das Funktionsprinzip wird wahrscheinlich erst nach etwas Herumprobieren verstanden werden. Dadurch würde das Erlernen länger als bei Prototyp A dauern.
4. Vermutlich erinnert die Gestaltung der Viewports an ein Menü.
5. Es wird vermutlich die Möglichkeit zum Springen über mehrere Zeiten hinweg vermisst werden.

7.2 Versuchsablauf

Laut [Has95] steht die Akzeptanz als Evaluationskriterium an oberster Stelle. Daher soll diese gesondert untersucht werden. Hierfür wird der Fragebogen AttrakDiff [Gmb10c] verwendet. Die Intuitivität wird mit dem Questionnaire for Intuitive Use (QUESI) [HN10] bewertet. Um Details zu erfahren, warum die Prototypen so beurteilt wurden und um zu erfahren, wie die Tester die User Interface erlebt und verstanden haben, wird anschließend eine offene mündliche Befragung durchgeführt.

Um einen Carry-Over-Effekt zu vermeiden, weil das zuvor getestete Programm die Erwartungen der Versuchspersonen beeinflusst, wird die Evaluation in zwei Testgruppen mit jeweils neun Personen aufgeteilt.

Jedes Mitglied der Gruppe 1 testet den Prototyp A und jedes Mitglied der Gruppe 2 testet den Prototyp B. Folglich wird jeder Tester einer Gruppe zugeordnet und testet nur einen Prototypen für sich allein. Vor Beginn, wird einem Tester der Versuchsablauf erklärt. Es wird explizit darauf hingewiesen, dass es sich um einen Systemtest handelt und nicht seine Leistung bewertet wird. Des Weiteren wird er darüber in Kenntnis gesetzt, dass das Ziel des Versuches ist, eine geeignete Interaktionstechnik für eine virtuelle Zeitreise zu finden, die mit einem Fernglas gesteuert werden kann. Seine **Aufgabe** ist es, die Bedienung der Stereoleinwand mit dem Fernglas herauszufinden. Wenn er glaubt die Interaktion verstanden zu haben, sollte er den Test beenden. Die Zeit, um die Bedienung zu erlernen wird gemessen. Seine Gedanken laut zu äußern, wird der Testperson frei gestellt. Während der gesamten Testphase bleibt die Versuchsleiterin¹³ im Raum, um die Reaktionen der Testpersonen zu beobachten und zu protokollieren.

¹³Zur Durchführung der Benutzertest, übernahm die Autorin die Rolle der Versuchsleiterin.

Anschließend füllt die Versuchsperson zwei Fragebögen aus: Den QUESI und den AttrakDiff-Fragebogen. Letzterer wird Online ausgefüllt und automatisch ausgewertet. Abschließend wird die offene Befragung durchgeführt, um detaillierte Informationen über das Verständnis und Erleben der User Interface zu erhalten. Hierbei sollen die im vorherigen Abschnitt aufgestellten Fragen beantwortet werden. Die Fragen werden so formuliert, dass sie den Tester möglichst wenig beeinflussen. Er wird außerdem stets ermutigt von sich aus, seine Erfahrungen zu erzählen. Wurden Stichworte, wie intuitiv oder selbsterklärend, nicht erwähnt, wurde explizit nachgefragt. Zur Erfassung der Vorkenntnisse werden Bewertungsskalen verwendet, die eine Bewertung von Null (nie) bis Vier (immer) zulassen.

7.3 Auswertung

In Kapitel 5 wurde die Zielgruppe auf europäische Gelegenheitsnutzer festgelegt, die wissen, wie ein Fernglas funktioniert und die dieses als gewöhnlichen Alltagsgegenstand empfinden. Hierdurch sollte eine möglichst breite Masse erreicht werden. Es werden daher Menschen verschiedenster Tätigkeitsbereiche und unterschiedlichsten Alters als Testpersonen gewählt. Weiter wurde angenommen, dass die meisten wenig oder gar keine Erfahrung mit virtuellen Realitäten haben. Daher sollte die Menge dieser Testpersonen überwiegen. Vorerfahrungen mit drei-dimensionalen User Interfaces oder virtuellen Realitäten sollte nicht als Ausschlusskriterium gelten, um eine Testperson zu werden. Allerdings wurden sie bei der Auswertung gesondert betrachtet, weil sie aufgrund ihres Vorwissens das System anders beurteilen. Anwender die daher viel Erfahrung mit virtuellen Realitäten, 3D-Programmen oder Design haben, werden in im Folgenden als "Fachleute" zusammengefasst. Alle anderen, mit wenig Erfahrung in diesen Bereichen, werden als "Fachfremde" bezeichnet. Die Gruppeneinteilung wurde anhand der Tätigkeitsbereiche festgelegt. In die Gruppe der Fachleute wurden alle Testpersonen eingeordnet, die beispielsweise Design oder Computervisualistik studieren oder in diesem Feld arbeiten. Alle anderen wurden zu den Fachfremden sortiert. Es wurde versucht eine gleichmäßige Verteilung der Testpersonen zu erreichen. Insgesamt testeten neun Frauen und neun Männer einen der beiden Prototypen. Prototyp A wurde von fünf Männern und vier Frauen ausprobiert und beurteilt. Prototyp B wurde von fünf Frauen und vier Männern getestet und bewertet. Alle Testpersonen waren Windows-Benutzer, die täglich am Computer arbeiten. Im Durchschnitt benutzten sie eine Fernglas selten. Sechs der 18 Testpersonen waren Fachleute und 12 Fachfremde. Es wurde versucht die Testgruppen möglichst homogen in Bezug auf die Vorkenntnisse zu gestalten. Daher entstammen jeweils drei Tester eines Prototypen der Gruppe der Fachleute und sechs Tester der Gruppe der Fachfremden. Für die Auswertung von Prototyp B wurde ein Regisseur mit in die Gruppe der Fachleute aufge-

nommen. Dies erschien sinnvoll, weil er die Benutzeroberfläche aufgrund seines Studiums im Fachbereich "Kommunikationsdesign" anders bewertete als Fachfremde, die keinerlei Erfahrung in diesem Bereich vorzuweisen haben. Das Durchschnittsalter bei Prototyp A liegt bei 26 Jahren und bei Prototyp B bei 29 Jahren. Eine Ausnahme bildete eine Testperson von Prototyp A, die ein Alter von 55 Jahren aufwies. Aufgrund der Gegebenheiten ließ sich diese Zusammensetzung nicht anders bewerkstelligen.

Während der Tests sind einige **Störfaktoren** aufgetreten. Sie werden im Folgenden aufgezeigt. Sofern daraus Abweichungen bei den Testergebnissen entstanden sind, wird gesondert darauf hingewiesen. Aufgrund des eingeschränkten Platzes vor der Stereoleinwand, gab es Probleme mit dem Tracker. Bei großen Personen, entsprach die die Ausrichtung des Fernglases, wenn sie die Viewports anschauten, keiner Aufwärtsneigung mehr. Daher reagierten sie nicht zuverlässig. Um diesen Fehler abzumildern, wurden die Testpersonen auf einen Stuhl gesetzt, so dass das das Fernglas eindeutig nach oben gerichtet werden musste, um die Viewports zu betrachten. Des Weiteren beruhten die Trackerprobleme auf Diskrepanzen zwischen gemessener Ausrichtung und wahrgenommener Blickrichtung des Fernglases. Obwohl die Tester meinten, mit dem Fernglas die Hauptansicht zu betrachten, kam es vor, dass sie das Fernglas etwas nach oben neigten, so dass die Viewports anstelle der Hauptansicht reagierten. Dies konnte die Autorin, in der Rolle der Versuchsleiterin beobachten, insbesondere bei Prototyp A beobachten, wenn die Testpersonen auf dem Stuhl zu niedrig saßen. Daher wurden die Tester darauf hingewiesen, aufzustehen oder sich hinzusetzen, falls das Programm hing. Das Problem verstärkte sich bei Personen, die eine Brille trugen. Dies betraf jeweils einen Tester von Prototyp A und Prototyp B. Außerdem wurde durch die Brille die Intensität des Fernglas-Erlebnisses negativ beeinflusst. Bei zwei Testpersonen von Prototyp A stellte sich während der Befragung heraus, dass sie Augenproblemen hatten. Eine dieser beiden Testpersonen hatte Probleme mit einem schielenden Auge, sodass die Benutzung für sie etwas anstrengender war als für andere. Des Weiteren gab es bei manchen Testdurchläufen Lärm in der Umgebung, der nicht verhindert werden konnte. Die betroffenen Testpersonen betonten besonders, dass sie sich mit dem Fernglas besser auf die Anwendung konzentrieren konnten, weil sie sich abgeschirmt fühlten. Auf das Erleben des Fernglases wird weiter unten bei der Auswertung der Benutzerbefragung eingegangen.

7.3.1 Untersuchung der Attraktivität mit AttrakDiff

Als Messinstrument für die Attraktivität der Prototypen wird AttrakDiff verwendet. Es handelt sich hierbei um einen Online-Fragebogen, in dem die Testpersonen mit Hilfe von gegensätzlichen Adjektivpaaren angeben, wie sie das Produkt wahrgenommen haben. Diese Adjektivpaare lassen

sich vier verschiedenen Bewertungsdimensionen zuordnen: Pragmatische Qualität (PQ), Hedonischer Qualität- Identität (HQ-I), Hedonischer Qualität - Stimulation (HQ-S) und Attraktivität (ATT). PQ erfasst, wie gut ein Produkt zu benutzen ist und wie gut die Anwender ihre Ziele mit ihm erreichen. HQ bewertet das Produkt hinsichtlich extrinsischer und intrinsischer Kriterien. Die Hedonische Qualität wird in zwei Teile aufgespalten. Zum Einen in den Teil "Identität" (HQ-I), der aussagt, wie gut sich Benutzer mit dem Produkt identifizieren können und zum Anderen in den Teil "Stimulation" (HQ-S). Letzterer zeigt, inwiefern das Produkt die Anwender zur persönlichen Weiterentwicklung anregt, beispielsweise durch innovative Interaktions- und Präsentationsstile. ATT beschreibt die Gesamtbewertung des getesteten Prototypen, auf Basis der wahrgenommenen Qualität der Testpersonen.

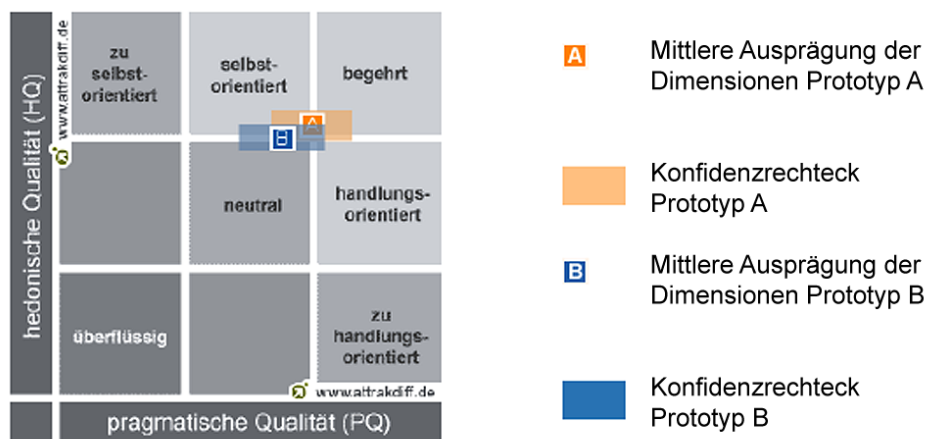


Abbildung 29: Ergebnisüberblick des AttrakDiff-Fragebogens

Die hedonische Qualität von steigt von unten nach. Die pragmatische Qualität nimmt von links nach rechts nimmt zu. Während das ZUI-Konzept von Prototyp A als selbstorientiert und begehrt empfunden wird, wird das WIMP-Konzept von Prototyp B eher als selbstorientiert und neutral bewertet. Die kleinen Kofidenzrechtecke zeigen, dass sich die Testpersonen relativ einig sind und dass die Ergebnisse weniger zufällig sind.

Die Ergebnisse werden in einem Koordinatensystem dargestellt, welches in neun Kategorien unterteilt ist. Jede Kategorie steht für einen Charakterbereich, in den das Testobjekt eingeordnet wird. Es kann dabei vorkommen, dass es in mehrere Bereiche fällt. Die hedonische Ausprägung wird auf der Y-Achse verzeichnet und steigt von unten nach oben. Die pragmatische Ausprägung wird auf der X-Achse dargestellt. Sie steigt von links nach rechts. Beide sind unabhängig voneinander und gehen zu gleichen Teilen in das Attraktivitätsurteil ein. Das Konfidenzrechteck gibt zum

Einen an, wie einig sich die Testpersonen sind und wie treffsicher die Ergebnisse sind. Je kleiner es ist, umso geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Ergebnisse zufällig sind. Abb.29 zeigt die Resultate der Befragung in Bezug auf die beiden Prototypen. Es ist zu erkennen, dass der Prototyp A, mit dem Konzept einer ZUI etwas begehrt ist als der Prototyp B mit dem WIMP-Konzept. Warum dies so ist, wird bei der Auswertung der Abschlussbefragung erörtert. Die Konfidenzrechtecke beider Prototypen weisen in der pragmatischen Qualität ein größeres Intervall auf als in der hedonischen Ausprägung. Dies zeigt, dass die Meinungen der Testpersonen in Bezug auf Benutzbarkeit weiter auseinander gehen als bei den hedonischen Aspekten. Wahrscheinlich liegt dies an der geringen Stichprobengröße und der unterschiedlichen Vorerfahrung der Testpersonen. Drei Tester waren Fachleute und sechs Tester waren Fachfremde. Da sich die Unterscheidung bei dem Online-Fragebogen nicht vornehmen ließ, kann dies die vorliegende Streuung verursacht haben. Aus diesem Grund und wegen der kleinen Testgruppe sind die Ergebnisse nicht signifikant. In der Auswertung der Abschlussbefragung wird sich zeigen, dass Fachfremde anders bewerten als Fachleute.

Sowohl hinsichtlich der pragmatischen Qualität als auch hedonischer Qualität schneidet Prototyp A besser ab als Prototyp B. Dies geht auch aus den Mittelwerten der einzelnen Dimensionen (Abb.30) hervor.

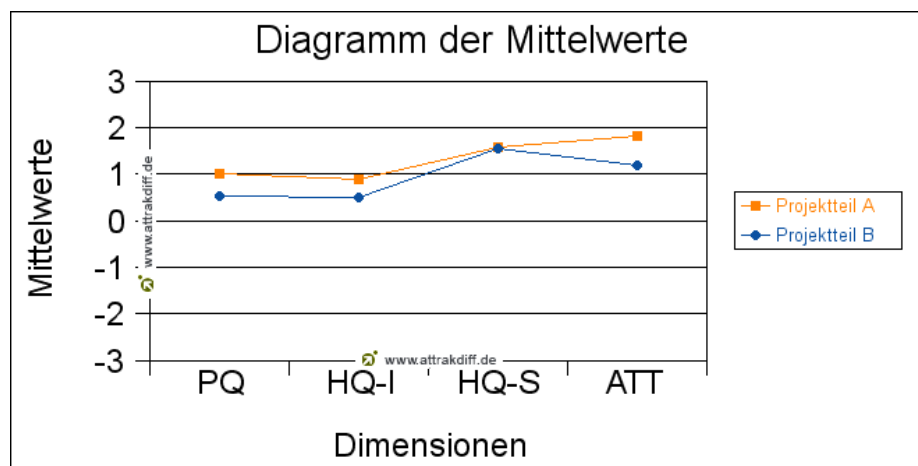


Abbildung 30: Mittelwerte der AttrakDiff-Auswertung

Auffallend ist hier, dass sich die Werte für HQ-I und HQ-S stark unterscheiden. Das bedeutet die Testpersonen konnten sich weniger gut mit den Prototypen identifizieren, fühlten sich durch sie aber angeregt sich weiter zu entwickeln. Während sich die Tester besser mit Prototyp A identifizieren konnten, wurde die Stimulation bei beiden als ungefähr gleich beurteilt. Da sie ungefähr in der Mitte liegt, weist sie einen Optimalwert auf. Allerdings

ist der Mittelwert der Dimension "ATT" bei Prototyp B, niedriger als der Mittelwert der Stimulation. Dies weist daraufhin, dass sie eher als negativ empfunden wurde. Die Tester durch bei der Interaktion mit Prototyp B mehr kognitiv belastet als bei Prototyp A. Dies geht aus dem Profil der Wortpaare hervor (Abb. 31) hervor. Prototyp B wird als weniger einfach, weniger praktisch, weniger direkt, weniger voraussagbar, weniger übersichtlich als Prototyp A beurteilt. Es ist außerdem erkennbar, dass Prototyp B als etwas origineller, innovativer und neuartiger als Prototyp A bewertet wurde. Dies weist darauf hin, dass es weniger vertraut erschien. Da Neuerungen hinsichtlich der Interaktion eher als belastend empfunden werden (vgl. Kapitel 4), weil sie erst erlernt werden müssen, könnte dies ein Grund für die geringere Attraktivität sein. Folglich wird Das WIMP-Konzept von Prototyp B als weniger stilvoll, weniger schön und weniger motivierend als das ZUI-Konzept von Prototyp A bewertet.

Insgesamt liegen die Mittelwerte der vier Dimensionen beider Prototypen im positiven Bereich. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass keiner der beiden besonders kritische Eigenschaften aufweist. Beide Prototypen werden sogar als überdurchschnittlich attraktiv beurteilt. Dies wird ebenfalls im Profil der Wortpaare deutlich. In der Dimension "Attraktivität" weist das Adjektiv "einladend" den höchsten Wert auf, was zeigt, dass die Prototypen die Neugier wecken. Interessant ist, dass auch Prototyp A die höchsten Werte bei den Adjektiven "neuartig", "innovativ", "kreativ" auf "originell" erzielt hat. Prototyp B wird hier noch etwas höher bewertet als Prototyp A. Dies weist auf die, oben bereits erwähnte, Neuartigkeit hin. Entscheidend, dafür, dass Prototyp A als attraktiver empfunden wird, ist an dieser Stelle, wahrscheinlich die direkte Manipulation. So wurde sie als einfacher, handhabbarer, angenehmer und praktischer empfunden als die Manipulation über das Menü in Prototyp B. Genaueres hierzu wird sich in der Abschlussbefragung zeigen. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Prototyp A in allen vier Beurteilungsdimensionen besser abschneidet als Prototyp B. Somit wird er als attraktiver wahrgenommen. Keine Eigenschaft der Prototypen wurde als wirklich kritisch bewertet. Daraus lässt sich schließen, dass sich die Anwender von beiden User Interfaces unterstützt (PQ) und angeregt (HQ) fühlten, aber dass weiterhin Verbesserungsbedarf besteht. Welche Aspekte dies genau betrifft, wird aus der Auswertung der Abschlussbefragung hervorgehen.

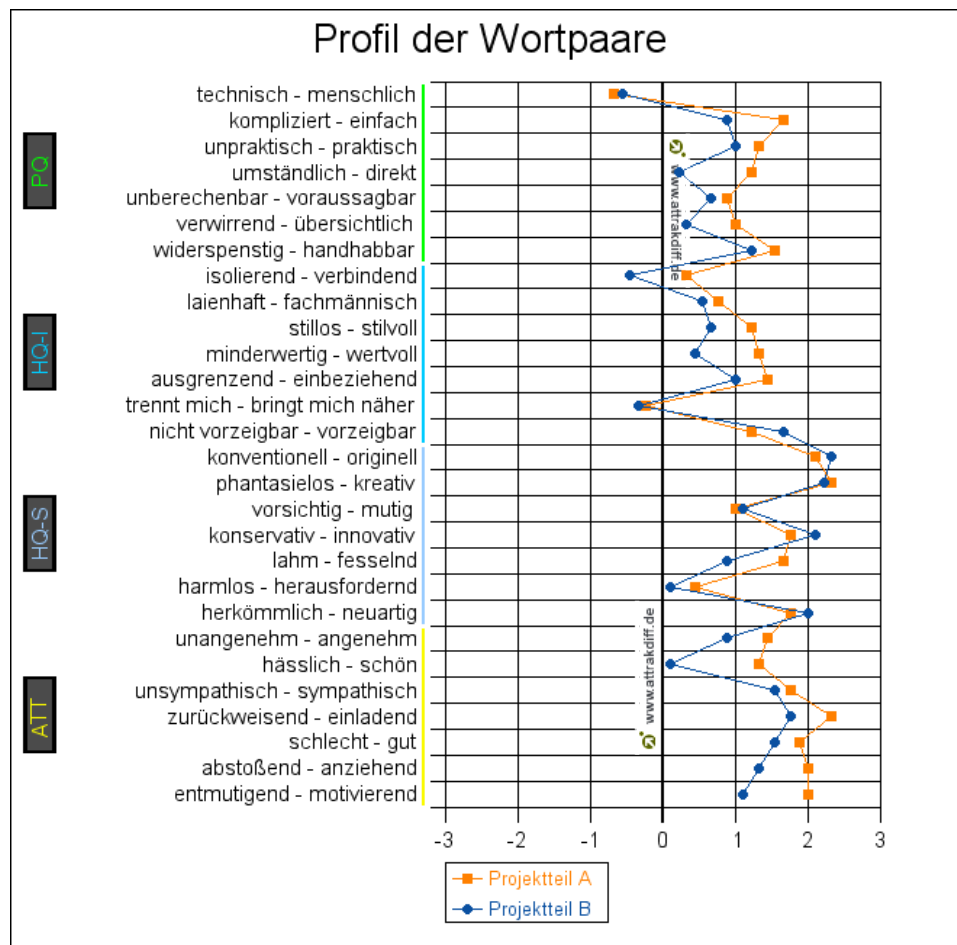


Abbildung 31: Profil der Wortpaare: Extremwerte weisen auf besonders kritische Eigenschaften und besonders gute Lösungen hin.

7.3.2 Questionnaire of intuitive Use (QUESI)

Zur Beurteilung der intuitiven Benutzbarkeit der Prototypen, wurde der standardisierte QUESI- Fragebogen verwendet. Es setzt sich aus 14 Items zusammen, die anhand von fünfstufigen Likertskalen (1 = trifft gar nicht zu, 5 = trifft völlig zu) beantwortet werden. Die 14 Items werden den folgenden fünf Subskalen zugeordnet: Wahrgenommene Kognitive Beanspruchung, Wahrgenommene Zielerreichung, Wahrgenommener Lernaufwand, Vertrautheit beziehungsweise Vorwissen, Wahrgenommene Fehlerrate. Um den Wert einer Subskalen zu ermitteln wurde der Median der zugehörigen Items verwendet. Indem anschließend der Mittelwert über die Subskalen gebildet wurde, wurde der QUESI-Gesamtwert ermittelt. Die Auswertung erfolgt im Folgenden auf Grundlage der oben erläuterten Einteilung in Fachleute und Fachfremde. Die Fragen wurden so formuliert,

dass ein höherer Wert mit einer höheren Wahrscheinlichkeit einer intuitiven Benutzung einhergeht. Beispielsweise bedeutet ein maximaler Wert bei der Subskala "Wahrgenommene Fehlerrate", dass wenig Fehler aufgetreten sind und dass das System reibungslos funktioniert hat (vgl. Fragebogen im Anhang). Der Fragebogen sowie detaillierte Auswertungstabellen und Diagramme befinden sich im Anhang. Abbildungen 32 und 33 zeigen die Ergebnisse der QUESI-Fragebögen von Prototyp A und B. Auf der Y-Achse sind die Subskalenwerte verzeichnet und auf der X-Achse die Mediane der Subskalen. Der QUESI-Gesamt-Wert ist in den Diagrammen kein Median sondern der Mittelwert über die Mediane der Subskalen. Beim Vergleich der Abbildungen wird deutlich, dass der QUESI-Gesamtwert der Fachleute in Prototyp B höher ausfällt als in Prototyp A. Hingegen fällt er bei den Fachfremden in Prototyp A etwas höher aus als in Prototyp B. Da der Anteil der Fachfremden Testpersonen überwiegt, ergibt sich insgesamt, ein höherer QUESI-Gesamtwert für den Prototyp A. Somit wird dieser als intuitiver wahrgenommen. Auffallend ist, dass die wahrgenommene Fehlerrate der Prototypen A und B von beiden Gruppen unterschiedlich beurteilt wird. Während Fachfremde Prototyp A einen höheren Wert zuweisen, weisen Fachleute hier Prototyp B einen höheren Wert zu. Somit nehmen Fachfremde Prototyp A als zuverlässiger wahr und Fachleute Prototyp B. Dies kann daran liegen, dass Fachleute die Fehlertoleranz des Systems kritischer bewerten als Fachfremde. Schließlich wurde im vorherigen Abschnitt bereits erwähnt, dass es Trackerprobleme gab. Da in den Prototypen keine Fehlertoleranz implementiert wurde, wurde diese auch nicht automatisch abgefangen. Aus der Schulnotenvergabe für die Interaktionstechnik mit Trackingproblemen von Prototyp A geht in der Abschlussbefragung hervor, dass die durchschnittliche Note der Fachleute geringfügig schlechter ist als die von Fachfremden. In den Prototyp B traten weniger Trackingfehler auf. Daher wird dieser Prototyp von Fachleuten als zuverlässig bewertet. Es könnte sein, dass Fachfremde bei Prototyp B ebenfalls als fehlerhaft beurteilen, dass in der Hauptansicht nichts passiert, wenn sie sie durch das Fernglas betrachten und nichts passiert, wenn sie die Maus betätigen. Diese Vermutung begründet sich aus den Beobachtungen der Benutzertests. Bis auf eine Ausnahme stellten sich alle Testpersonen zuerst vor die Leinwand, schauten in die Mitte und erwarteten, dass etwas passiert, wenn sie die Maus betätigen. Da dies bei Prototyp B nicht der Fall war, waren viele irritiert. Dies wird weiter unten bei der Auswertung der mündlichen Benutzerbefragung noch genauer erläutert werden. Im weiteren Vergleich der Auswertungsergebnisse fällt auf, dass Fachfremden Prototyp A vertrauter erschien, weil sie besser an ihr Vorwissen anknüpfen konnten als bei Prototyp B. Daher empfanden sie den Lernaufwand bei letzterem auch höher. Folglich empfanden sie Prototyp A als einfacher zu erlernen. Bei den Fachleuten lässt sich weder in Bezug auf Vertrautheit noch in Bezug auf Lernaufwand ein Unterschied erkennen. Beide

Prototypen wurden von ihnen als teilweise vertraut und teilweise einfach zu erlernen beurteilt. Insgesamt werden beide Prototypen als teilweise vertraut und leicht zu erlernen bewertet. Die Zielerreichung wird von beiden Gruppen bei Prototyp A als besser bewertet. In beiden Prototypen wird sie von den Fachleuten als besser beurteilt. Hier ist hinzuzufügen, dass die Zielerreichung in diesem Fall war, mit Fernglas durch die Zeit zu "reisen" oder besser gesagt zu navigieren. Ob die Fachfremden andere Erwartungen an das System gestellt haben, wird sich in der Abschlussbefragung zeigen. Die kognitive Belastung von beiden Gruppen bei Prototyp A wird als geringer wahrgenommen. Fachleute und Fachfremde beurteilen hier die Anstrengung als gleich gering. In Prototyp B hingegen wird die kognitive Belastung von Fachleuten als höher bewertet. Insgesamt erreicht sie hier nur einen mittleren Wert. Hier ist zu erwähnen, dass einer der Fachleute mehrere der personenspezifischen Störvariablen aufwies und daher große Trackingprobleme entstanden, die ihn irritierten. Zum Einen war er nämlich groß und zum Anderen trug er eine Brille.

Zusammenfassend lässt sich feststellen das Prototyp A sowohl bei Fachleuten als auch bei Fachfremden zu einer besseren Zielerreichung und einer geringeren kognitiven Belastung führt. Die Fehlerrate wird von Fachfremden bei Prototyp A als besser beurteilt als von Fachleuten. Letztere empfinden sie eher bei Prototyp B als besser. Der Lernaufwand und die Vertrautheit wird bei beiden Prototypen von den den Testpersonen in ihrer Gesamtheit als ungefähr mittelmäßig bewertet. Allerdings empfinden die Fachfremden Prototyp B als lernaufwendiger und Prototyp A als vertrauter. Wie diese Ergebnisse Zustände kommen, sollte in der offenen mündlichen Abschlussbefragung ermittelt werden. Ihre Auswertung erfolgt im nächsten Abschnitt.

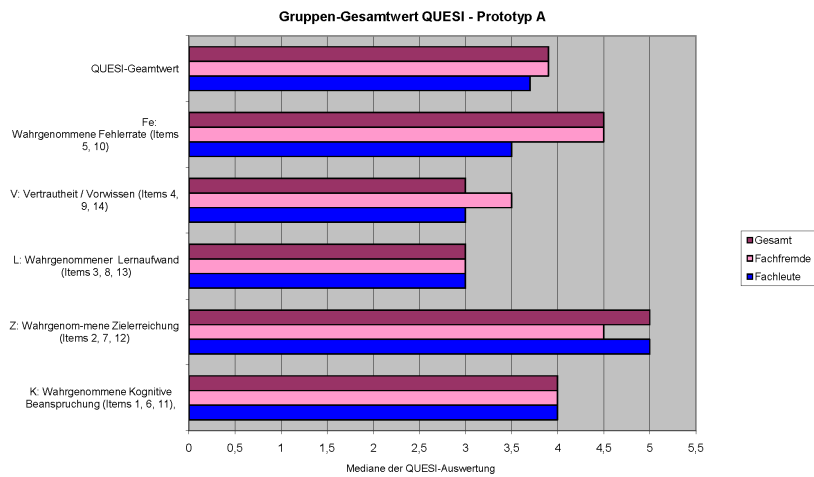


Abbildung 32: QUESI-Auswertung von Prototyp A

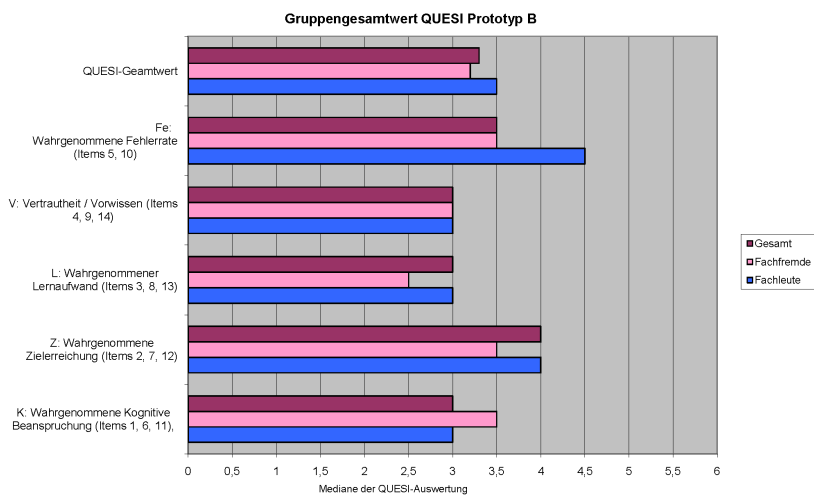


Abbildung 33: QUESI-Auswertung von Prototyp B

7.3.3 Offene mündliche Befragung und Testbeobachtungen

In der Abschlussbefragung wurden die Testpersonen zu ihren Eindrücken während der Interaktion befragt. Außerdem wurden die in Abschnitt 7.1 aufgestellten Fragen an die Testpersonen gerichtet. In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse ausgewertet. Des Weiteren werden einige auffällige Beobachtungen erläutert, die während der Tests aufgetreten sind.

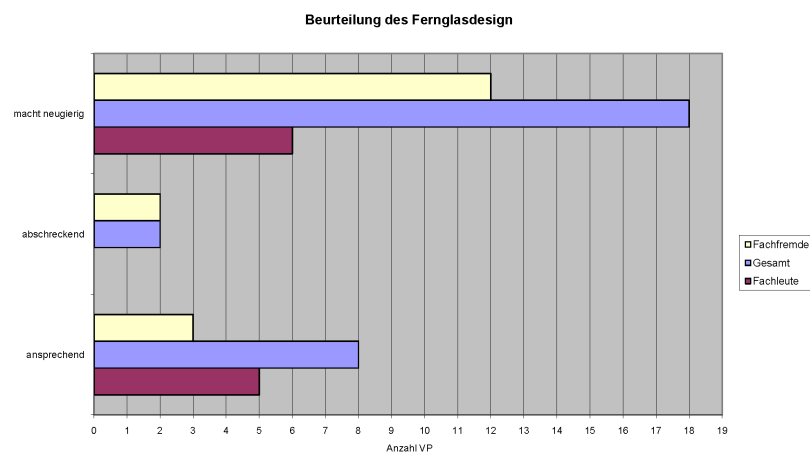


Abbildung 34: Beurteilung des Aussehens des Fernglases; die X-Achse gibt die Anzahl der Testpersonen an

Das Aussehen des Fernglases hat bei allen 18 Testpersonen die Neugier geweckt. Fünf der Fachleute und drei der Fachfremden, also insgesamt 8 Testpersonen, fanden es ansprechend. Zwei der Fachfremden fanden es eher abschreckend. Diese beiden waren nicht technisch interessiert. Alle anderen wollten es weder als abschreckend noch als ansprechend bezeichnen und enthielten sich daher einer Aussage. Daraus lässt sich schließen, dass das Fernglas von den Testpersonen überwiegend als ansprechend empfunden wurde. Obwohl es neugierig macht, besteht noch Verbesserungsbedarf im Design besteht. Dies wird auch aus einzelnen Aussagen der Benutzer deutlich, die Probleme mit der Ergonomie hatten. Einem Tester wurden die Arme nach einer Weile schwer. Ein anderer kam schlecht an die Maus heran, weil seine Hände zu klein waren. Eine Linkshänderin griff umständlich von links über die Maus, um das Scrollrad der Maus auf der rechten Seite erreichen zu können. Und eine Person hatte Probleme mit

der Nase, die unangenehm an die Schraube des Winkels stieß, wenn sie durch das Fernglas schaute. Insgesamt wurde das Fernglas von 12 Personen als angenehm beurteilt. Drei der Fachfremden Testpersonen versuchten am Rigid-Body zu drehen, in Erwartung, dass er zur Steuerung dient. An dieser Stelle bekamen sie einen Hinweis von der Versuchsleiterin, dass es für die Erfassung des Fernglases dient und unverändert bleiben sollte. Diese Beobachtung war unerwartet. Dennoch zeigt sie, dass die Technologie für die Fachfremden unbekannt und neu war. 14 der Testpersonen drehen als erstes am Mause, woraus sich schließen lässt, dass sie es mit dem Fokussiergerät assoziierten. Diese Vermutung bestätigten alle neun Testpersonen des Prototypen A und fünf Testpersonen des Prototypen B. Sieben von 18 Personen erwarteten, dass die Mausbuttons keine Funktionen haben, weil diese auch nicht am Fernglas vorhanden sind. Drei Fachfremde und ein Fachmann assoziierten die Maus als solche, was sie ist. Ein Eingabegerät für Desktop-PC's. Da diese Assoziation nur bei dem Prototyp mit dem WIMP-Konzept aufgetreten ist, könnte daraus geschlossen werden, dass auch die Interaktionstechnik über die Menüs mehr oder weniger unterbewusst zu dieser Wahrnehmung beigetragen hat. Da hierfür die Testgruppe als signifikante Aussage zu klein ist, soll dies als eine Vermutung dahingestellt sein. Des Weiteren störten sich im Durchschnitt 16 Tester daran, dass der Fernglasbereich zu klein war. Zwei gaben an, dass er für die Leinwand ausreichen würde und eine Testperson bemerkte erst, dass er recht klein ist, nachdem sie den Vergleich zur Brille hatte. Trotzdem lässt sich an der hohen Zahl schlussfolgern, dass das Fernglas eines größeren Sichtbereiches bedarf. Insgesamt 15 Personen gaben an, dass sie sich mit dem Fernglas besser konzentrieren konnten, weil es ihre Aufmerksamkeit selektiv auf einen Interessenbereich ausrichtet. Daher entschieden sich 12 Tester für das Fernglas. Drei der Tester von Prototyp B fühlten sich so sehr gestört, dass sie nicht sehen konnten, was in der Hauptansicht passiert. Da sie lieber alles sehen wollten und sich für die Polarisationsfilterbrille entschieden. Der selektive Eindruck ist auch bei den Wortpaarprofilen des AttrakDiff-Fragebogens auffällig. Denn beide Prototypen wurden eher als trennend empfunden. Wie aus der Befragung hervorging, wurde dies als positiv bewertet, da es sich zu Gunsten der Konzentration auswirkte. 16 Tester gaben außerdem an, dass der kleine Sichtbereich des Fernglases ihre Neugier steigerte. Dies ist ein Hinweis darauf, dass sich die Annahme, dass das Fernglas die Explorierfreudigkeit positiv beeinflusst, bestätigt hat. Sechs Personen haben den 3D-Effekt mit dem Fernglas nicht bemerkt. Dies zeigt, dass er weniger intensiv ist als mit der Polarisationsfilter. Hinsichtlich der Benutzeroberfläche haben alle 18 Tester den Zeitstrahl als solchen erkannt. Bei einer größeren Anzahl von Zeiten beurteilten 11 Testpersonen den Zeitstrahl als ausreichende Orientierung.

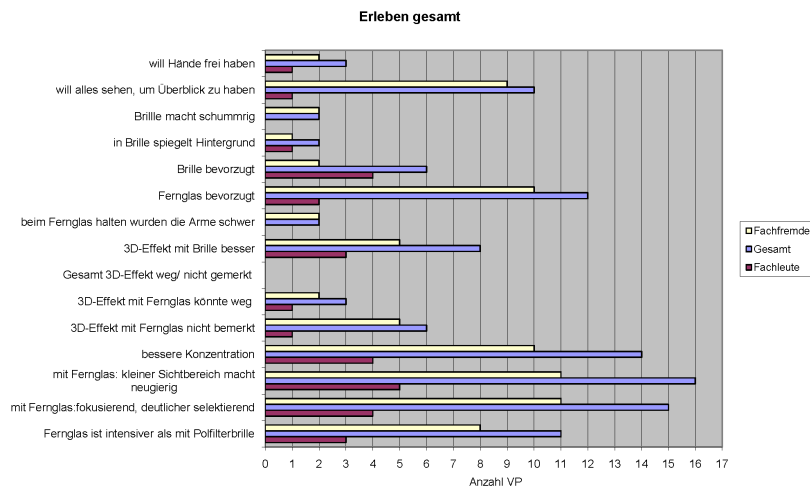


Abbildung 35: Bewertung des Erlebens der User Interface mit dem Fernglas in Bezug auf beide Prototypen

Größere Verständnisprobleme bereiteten die Wurmlöcher. Sie wurden von niemanden als solche erkannt. Ein Tester vermutete, dass die Viewports Paralleluniversen darstellen könnten. Damit lag er schon sehr nahe an der Lösung. Dass sie nicht als Wurmlöcher erkannt wurden, lag vor allem daran, dass sie nicht eindeutig genug visualisiert waren und daran dass die wenigsten von ihnen wussten. Abbildung 36 zeigt, dass vier Personen Wurmlöcher kannten. Diese Personen waren entweder wissenschaftliche Mitarbeiter oder im in fortgeschrittenem Alter. Diese Personen weisen einen größeren Wissenschatz auf als die anderen Tester. Dies zeigt, dass diese Metapher weniger bekannt ist als die des Zeitstrahls. Sie ist im Wissenkontinuum in der Ebene der Werkzeuge einzuordnen, die auf speziellem Wissen beruhen. Daher ist sie weniger vertraut und hätte laut Blackler deutlicher gekennzeichnet werden müssen. Acht der neun Testpersonen von Prototyp A waren der Ansicht, sie müssten zumindest rund sein oder wie ein Tunnel aussehen. Sechs Personen interpretierten die Viewports als verschiedene Perspektiven des Zeitstrahl. Damit haben sie quasi den Zweck der Portale erkannt. Sieben Testpersonen waren jedoch irritiert, warum alle Viewports dasselbe zeigen. Dies hing vor allem mit der technischen Umsetzung zusammen. Drei Jahrhunderte sind für die Darstellung weiter Zeitsprünge zu wenig. Um dies besser darzustellen, hätten zumindest andere Zeiten in den Portalen erkennbar sein müssen.

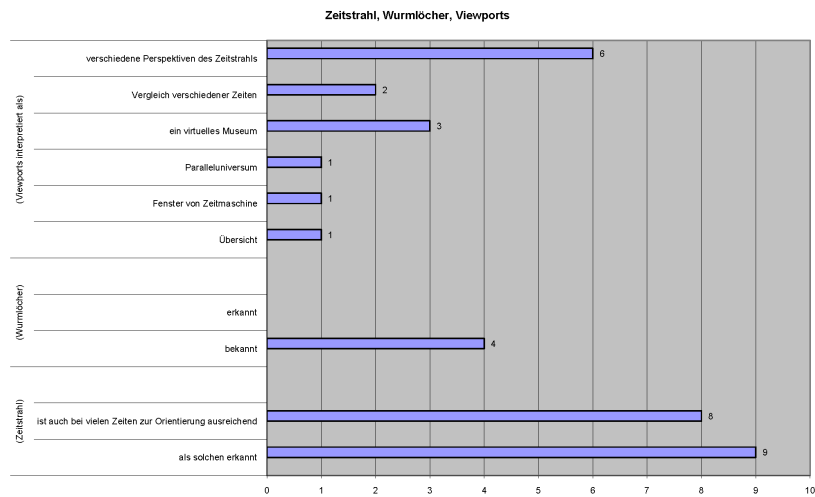


Abbildung 36: Verständnis der Wurmloch-Metapher von Prototyp A

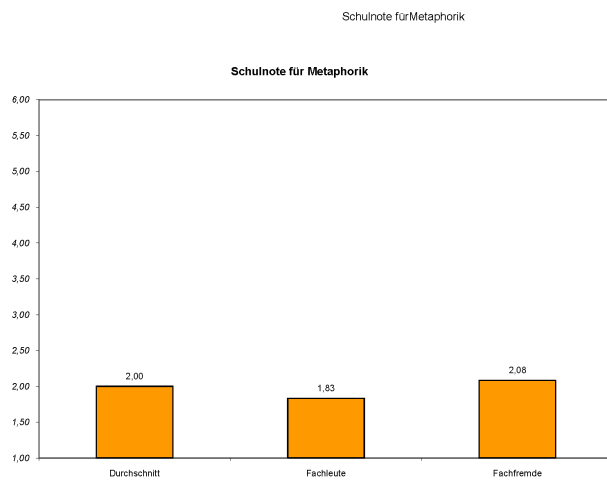
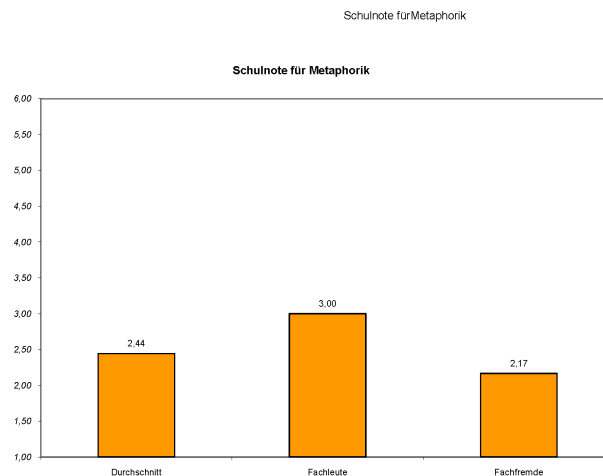


Abbildung 37: Durchschnittliche Bewertung der Metaphorik des Prototypen A anhand einer Schulnote von 1(sehr gut) bis 6 (ungenügend)

In Schulnoten ausgedrückt, wurde die Metaphorik des Prototypen A durchschnittlich von allen Testern des Prototypen A mit einem Gut bewertet. Die Idee einen Zeitstrahl als Hauptszenarie für die Zeitreise zu verwenden wurde als sehr gut bewertet. Weil die Wurmlöcher nicht verstanden wurden, sank die Note um eins nach unten. Die Fachleute bewerteten im Durchschnitt besser als Fachfremde (Abb. 37). Die durchschnittliche Bewertung der Metaphorik mit einer Schulnote von eins(sehr gut) bis sechs (ungenügend) fällt bei Prototyp B mit 2,44 etwas schlechter aus als bei Prototyp A. Insbesondere Fachleute bewerteten sie durchschnittlich nur mit einem Befriedigend.



Page 1

Abbildung 38: Durchschnittliche Bewertung der Metaphorik von Prototyp B mit einer Schulnote

Dies ist vor allem auf die Interaktionstechnik zurück zu führen, die dem Benutzer nur eine Steuerung über Menüs erlaubt und keine Interaktion in der Hauptansicht ermöglicht.

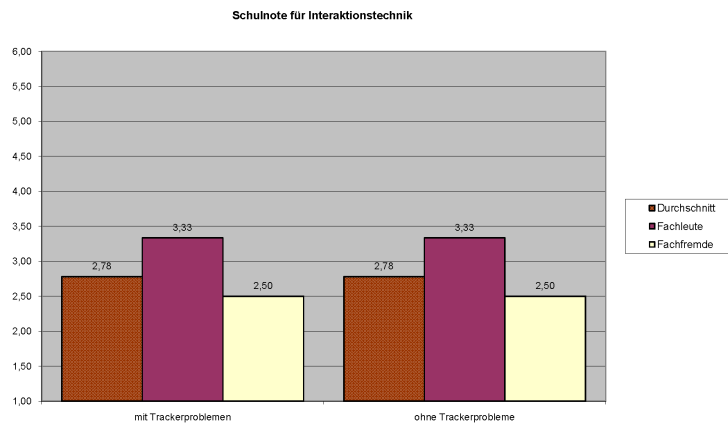


Abbildung 39: Durchschnittliche Bewertung der Interaktionstechnik von Prototyp B mit einer Schulnote

Dies geht auch aus den Schulnoten für Interaktionstechnik des Prototypen B hervor. Sie wird von Fachleuten etwas schlechter bewertet als von Fachfremden. Der Gesamtdurchschnittswert liegt bei 3,3. Sie ist damit eine Notenstufe schlechter als die Interaktionstechnik von Prototyp A. Daran konnte auch die Annahme, dass keine Trackerprobleme auftreten würden, nichts ändern. Dies zeigt das die fehlende Interaktionsmöglichkeit in der Hauptansicht als Einschränkung empfunden wurde. Sie sollte daher unbedingt vorhanden sein. Wahrscheinlich hängt damit auch zusammen, dass Prototyp B bei der AttrakDiff-Bewertung als isolierend wahrgenommen wurde. Auch während der Benutzertests konnte beobachtet werden, wie sich alle Testpersonen vor die Leinwand stellten, in die Mitte schauten und anfangen, am Mausrad zu drehen und zu klicken. Als nichts passierte, waren sie irritiert. Des Weiteren war es für acht der neun Testpersonen von Prototyp B überraschend, dass sie mit dem Fernglas das Licht in den Viewports verändern konnten. Alle haben sich aber schnell daran gewöhnt. Sechs der neun Tester fanden sogar Spaß am Verschieben der Lichtposition. Sieben Testpersonen fanden die Steuerung durch die Blickrichtung toll. Sie setzten sich aus zwei der drei der Fachleute und fünf der sechs Fachfremden zusammen. Im Gegensatz zu den Fachleuten war für drei der Fachfremden diese Interaktionsmethode ungewohnt, weil sie es von Computern nicht kannten. Trotz dieser Unvertrautheiten beschrieben alle Testper-

sonen den Prototyp B als selbsterklärend Nachdem die Interaktionstechnik verstanden wurde, war allen Testpersonen von Prototyp B klar, dass das Licht die aktuelle Position in der Zeit anzeigt. Da dies erst durch Ausprobieren herausgefunden wurde, lässt sich schlussfolgern, dass die Viewports nicht deutlich genug als Menüs visualisiert wurden. Vier Testpersonen hatten erwartet, in die Viewports hineinzoomen zu können. Sechs Tester fanden sie verwirrend, weil sie dasselbe tun. Sieben Tester haben sie durch ausprobieren als Menü verstanden. Drei Tester schlugen vor, das Menü aus einer anderen Perspektive abzubilden. Insgesamt haben bei Prototyp B fünf Testpersonen Verbesserungsvorschläge skizziert. Diese werden in der Zusammenfassung und dem Ausblick vorgestellt. Interessanterweise wurden Fachfremde bei Prototyp B eher an zwei-dimensionale Programme erinnert und Fachleute eher an drei-dimensionale Anwendungen.

Die Interaktionstechnik von Prototyp A wird im Durchschnitt besser bewertet als die von in Prototyp B. Aufgrund der großen Trackerprobleme wurde die Notenvergabe in Interaktion mit und ohne Trackerprobleme unterschieden. Bei einer reibungslosen Interaktion würde ihre durchschnittliche Bewertung mit einer Schulnote im Einser-Bereich liegen. Hierin sind sich sowohl Fachleute als auch Fachfremde einig. Durch die Trackerprobleme fällt die Bewertung etwas schlechter aus. Die Fachleute bewerten hierbei strenger als Fachfremde.

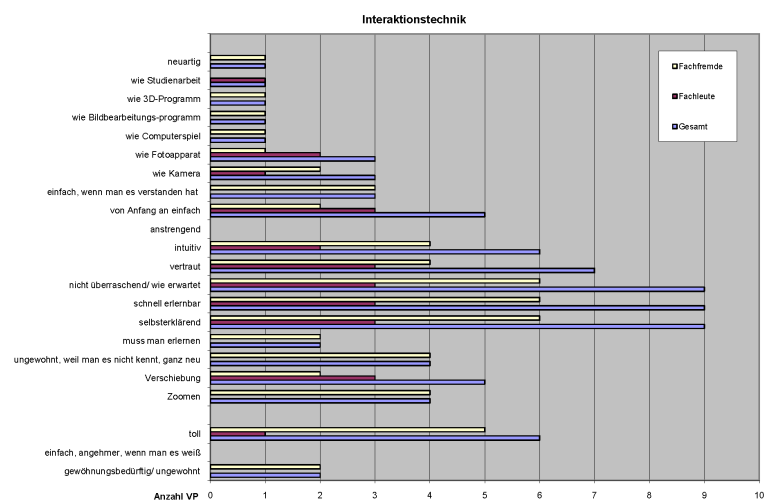


Abbildung 40: Auswertungsdiagramm für die Interaktion von Prototyp A

Bei Betrachtung des Auswertungsdiagramms für die Interaktion (Abb. 40) fällt auf, dass sie von allen Testpersonen als selbsterklärend, schnell erlernbar und erwartungskonform wahrgenommen wurde. Hierbei wurden insgesamt sechs Testpersonen an eine Kamera oder einen Fotoapparat erinnert. Alle anderen assoziierten die Interaktionstechnik mit Computerprogrammen. Sieben der neun Testpersonen von Prototyp A erschien die Interaktion daher vertraut, sechs empfanden sie als intuitiv und toll sowie als von Anfang an einfach. Auffallend ist, dass sie von der Mehrheit der Fachfremden als neuartig, toll und intuitiv wahrgenommen wurde. Während die Fachleute die Verschiebung der Kamera auf der Z-Achse als solche erkannten, interpretierten sie die meisten Fachfremden als ein Zoomen. Die schnellere Erlernbarkeit von Prototyp A ist auch an den gemessenen Einarbeitungszeiten erkennbar. Abbildungen 41 und 42 zeigen die Durchschnittswerte der Testpersonen in Abhängigkeit der Fachfremden und der Fachleute, um die Bedienung zu verstehen. Überraschend ist, dass Fachleute bei Prototyp A länger brauchten. Woran dies lag ist schwer zu beurteilen. Eventuell waren sie so gefesselt, dass sie länger testeten als notwendig. Klar wird, dass Prototyp A einfacher zu verstehen ist.

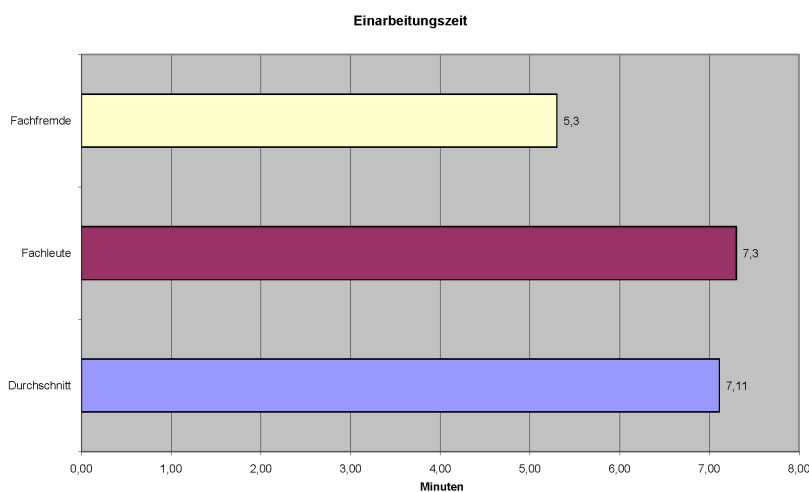


Abbildung 41: Durchschnittliche Einarbeitungszeiten der Tester von Prototyp A

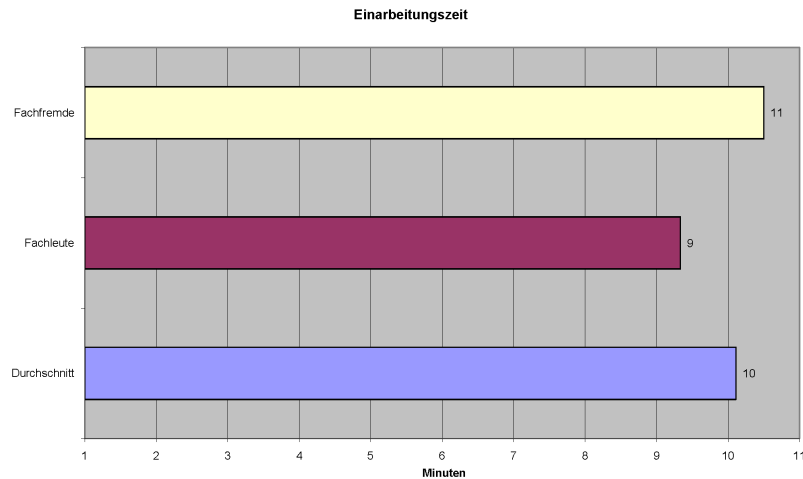


Abbildung 42: Durchschnittliche Einarbeitungszeiten der Tester von Prototyp B

Die Benutzeroberfläche wurde insgesamt von jeweils neun Testpersonen als ansprechend und von neun Testpersonen als klar und einfach empfunden. Fachfremde bezeichneten sie eher als ansprechend als Fachleute, die sie eher als "ausbaufähig" bezeichneten. Während der Interaktion setzten bei Prototyp A drei Personen das Fernglas ab, um zu beobachten, was auf der Leinwand passiert, während sie steuerten. Bei Prototyp B waren es vier. Da dies bei beiden Werten weniger als die Hälfte der Testpersonen betrifft, kann geschlussfolgert werden, dass die Leinwand nicht intuitiv als Übersicht benutzt wurde. Eventuell kann dies jedoch durch eine geeignetere Gestaltung der Benutzeroberfläche motiviert werden.

7.3.4 Zusammenfassung, Ausblick und Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Testergebnissen geht hervor, dass Fachleute die Prototypen kritischer bewerten als Fachfremde. Da sie in der Realität eher eine Minderheit darstellen, waren sie auch bei den Benutzertests in der Minderzahl. Insgesamt wurde der Prototyp A als intuitiver und attraktiver wahrgenommen als Prototyp B. Dieses Ergebnis stimmt mit den Vorfragebögen QUESI und AttrakDiff überein. Auch in der Abschlussbefragung wurde die Idee ein Fernglas zum Steuern einer virtuellen Welt, die auf eine Leinwand projiziert wird, als sehr gut bewertet. Dies zeigt eindeutig, dass sie weiterverfolgt werden sollte. Allerdings zeigen die Verbesserungswünsche auch, dass sich 12 der Testpersonen mehr Details und schönere Modelle

wünschen. Mehr Leben wünschten sich sogar 13 der Tester. Des Weiteren ist interessant, welche Verbesserungsvorschläge bezüglich der Benutzeroberfläche von den Testpersonen gemacht wurden. Das Lichthighlight empfanden bei Prototyp B fünf Personen als uneindeutig und wünschten sich eine bessere Kennzeichnung, beispielsweise in Form eines Spotlights und einer Umrahmung. Als eindeutigeres Feedback zur Selektion gaben 10 Personen an, dass sie es zur Bestätigung anklicken möchten, während sie das Interessenobjekt durch das Fernglas anschauten. Insgesamt skizzierten acht Personen Verbesserungsvorschläge. Davon hatten fünf Testpersonen Prototyp B und drei Testpersonen von Prototyp A getestet. Bemerkenswert ist, dass sechs Personen ein Menü vorschlugen, aus denen sie die Zeit per Blickrichtung und Anklicken (als Bestätigung) auswählen konnten. Anschließend sollte, die selektierte Zeit, in die Hauptansicht geladen werden. Varianten dieses Vorschlages zeigten entweder den Zeitstrahl an der gewählten Position in der Hauptansicht oder die selektierte "Zeitinsel" allein in der Hauptansicht (Abb. 43). Das Menü sollte die ermöglichen, große Zeitdistanzen zu überspringen.

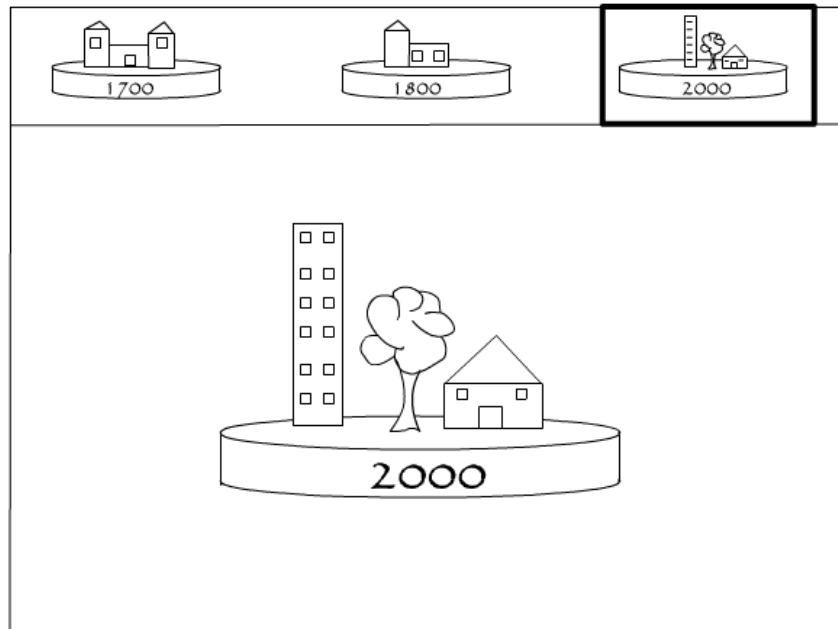


Abbildung 43: Diese Variante wurde mit leichten Abwandlungen von sechs der acht Personen vorgeschlagen, die einen Verbesserungsvorschlag skizzierten. Durch Angucken einer Zeit im Menü und eine Bestätigung durch Klicken, soll die ausgewählte "Zeitinsel" in die Hauptansicht geladen werden. Andere Varianten zeigten eine Feinauswahl im Menü oder behielten den Zeitstrahl in der Hauptansicht bei. Der Rahmen soll zusätzlich die Selektion hervorheben.

Der Vorschlag wurde von vier Testpersonen des Prototyp B gemacht, welche an das WIMP-Konzept angelehnt wurde. Zwei Personen der Testgruppe von Prototyp A schlugen diesen Aufbau ebenfalls für die Benutzeroberfläche vor. Alle sechs Personen machten diesen Vorschlag vollkommen unabhängig voneinander. Eine weitere Abwandlung, die hierbei vorkam war, dass das Menü am oberen Bildschirmrand für eine Feinauswahl wichtiger Ereignisse dienen sollte und die Hauptansicht für die Grobauswahl. Die anderen zwei Vorschläge enthielten anstelle eines grafischen Menüs einen einfachen Zahlenstrahl der auf der Bildelebene fixiert sein sollte. Daher lässt sich daraus schließen, dass der Entwurf in Abb.43 den Erwartungen der Benutzer entspricht. Vermutlich kennen es die meisten so von zwei-dimensionalen Desktop-Anwendungen. Allerdings zeigen die Testergebnisse auch, dass Prototyp A, welcher an das ZUI-Konzept angelehnt ist und der Funktionsweise eines Fernglases eher entspricht, als intuitiver, erwartungskonformer, vertrauter, schneller erlernbar und attraktiver empfunden wird. Bemerkenswert ist außerdem, dass sich sieben Perso-

nen einen räumlichen Zoom wünschten, um näher an die Gebäude heran und bestenfalls sogar herein zu zoomen. Da hierdurch auch der Detailgrad nicht nur hinsichtlich der Größe steigt, sondern auch hinsichtlich inhaltlicher und funktionaler Optionen ergänzt werden können, entspräche dies einem semantischen Zoomen wie er in ZUI's vorkommt. Ein Merkmal, was Prototyp B als sehr negativ erscheinen ließ, war, dass beim Betrachten der Hauptansicht nichts gesteuert werden konnte. Ob der vorgeschlagene Entwurf in Abb. 43 tatsächlich mit dem Fernglas als Eingabergerät als intuitiv wahrgenommen wird, bleibt offen. Da niemand auf die Zoomfunktion verzichten wollte, könnte eine Mischung aus beiden sinnvoll sein, die es erlaubt im Menü die Zeiten zu selektieren und in der Hauptansicht zu zoomen. Auf der anderen Seite zeigt die vorliegende Evaluation eindeutig eine größere Beliebtheit und Intuitivität von Prototyp A auf. Daher ist die Autorin der Meinung, dass eher dieser Ansatz weiter verfolgt werden sollte. Im Folgenden werden die Testergebnisse in Bezug auf die Vorüberlegungen betrachtet. Allgemein lässt sich feststellen, dass sie nur teilweise bestätigt wurden. Wie angenommen, wurde **Prototyp A** schneller erlernt als Prototyp B. Darüber hinaus wurde dieses Konzept als intuitiver wahrgenommen. Allerdings hat niemand aufgrund der Viewports den Überblick verloren. Vielmehr wurden die meisten Tester irritiert, weil sie dieselbe Funktion aufwiesen. Die Wurmloch-Metapher hat sich außerdem als schwieriger verständlich erwiesen als der Zeitstrahl. Daher sollte für sie eine deutlichere Visualisierung gewählt werden. Sie rund oder als Tunnel zu gestalten, wurde am häufigsten vorgeschlagen. Der Zeitstrahl wurde von der Mehrheit auch unter dem Aspekt als ausreichende Orientierung beurteilt, dass es sehr viele Zeiten im Zeitstrahl gäbe. Die Interaktionstechnik von Prototyp A wurde von der Mehrheit der Tester mit einer Kamera oder einem Fotoapparat assoziiert. Fachfremde empfanden die Verschiebung auf der Z-Achse eher als Zoomen als Fachleute. Letztere erkannte dieses als eine Verschiebung auf der Z-Achse.

Prototyp B wurde nicht als übersichtlicher empfunden, wie zuvor angenommen. Das Gegenteil war der Fall, da alle Testpersonen verwirrt waren, nicht in der Hauptansicht interagieren zu können, wenn sie diese durch das Fernglas erkundeten. Von zwei Testpersonen wurde das hoch- und runter schauen als anstrengend empfunden. In dieser Hinsicht war die Vermutung richtig, dass die höhere Interaktionskomplexität umständlicher zu handhaben ist. Daher dauerte auch das Erlernen im Durchschnitt länger als bei Prototyp A. Des Weiteren war es für die Tester überraschend mit dem Fernglas das Licht in den Menüs zu steuern. Sie gewöhnten sich aber, nach eigener Angabe, schnell daran. Das Fehlen einer Sprungmöglichkeit über große Zeitdistanzen wurde nicht explizit geäußert. Die Menüs wurden entgegen der Erwartungen nicht aufgrund ihres Aussehens, sondern durch Ausprobieren erkannt. Daher sollte die Visualisierung hier verbessert werden.

Insgesamt wurde die Ergonomie des Fernglases als angenehm beurteilt. Die Maus wurde von der Mehrzahl der getesteten Personen mit dem Fokussiergerät assoziiert. Der eingeschränkte Sichtbereich des Fernglases machte die Benutzer neugierig. Dies bedeutet, dass das Fernglas die Explorierfreudigkeit fördert. Alle konnten sich mit dem Fernglas besser konzentrieren. Sie nahmen die Leinwand als "selektiv" und "fokussierend" wahr. Aufgrund dieses intensiven Erlebens der virtuellen Welt bevorzugte die Mehrheit das Fernglas gegenüber der Leinwand. Als Bedingung hierfür verlangten die meisten jedoch einen größeren Sichtbereich im Fernglas. Dies weist daraufhin, dass der Sichtbereich des Fernglases zu klein ist. Beide Prototypen wurden als selbsterklärend empfunden. Als intuitiver und erwartungskonformer wurde jedoch Prototyp A beurteilt. Unwohlsein trat durch das Fernglas nur aufgrund von benutzerspezifischen Merkmalen auf, wenn das Fernglas zum Beispiel die Nase störte. Im Großen und Ganzen wirkte das Aussehen des Fernglases nicht abschreckend, sondern weckte die Neugier der Testpersonen. Die Viewports in Prototyp B erinnerten Fachfremde an zwei-dimensionale Programme und Fachleute an drei-dimensionale Anwendungen. Insgesamt wurde die Symbolik von Prototyp A als besser bewertet als die von Prototyp B. Niemand erwartete eine Tiefenschärfe mit dem Fernglas einstellen zu können. Das Verschieben auf der Kamera auf der Z-Achse erschien den meisten vertraut. 11 der 18 Testpersonen würden die Simulation einer Tiefenschärfe in einer Anwendung aber gerne ausprobieren. Das Zukunftspotential des Fernglases als Eingabegerät wird mit einem Durchschnittswert von 1.62 bewertet. Dieser Wert ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der vergebenen Schulnoten (von 1 bis 6) aller 18 Testpersonen für das Zukunftspotential. Dies zeigt, dass die Tester viel Potential in dem Fernglas sehen. Einige Anwendungsbeispiele, die die Testpersonen selbst nannten, zeigt Abb.44 Hier wird sichtbar, dass Potential für Spiele am häufigsten gesehen wurde. Als nächstes folgen Anwendungen, die Beobachtungen auf Mikro- und Makroebenen ermöglichen. Des Weiteren hatte ein Pädagoge, der Prototyp A getestet die Idee, das Fernglas im Unterricht einzusetzen. Alle Schüler und Lehrer sollten ein Fernglas zum Beobachten haben. Der Lehrer kann darüber hinaus mit seinem Fernglas die Anwendung steuern und so die Dinge über die er erzählen möchte heranholen. Er sah vor allem den Vorteil darin, dass sich die Schüler mit dem Fernglas besser auf die Anwendung und den Unterricht konzentrieren können, kein Quatschen und Kichern mehr. Das fand er gut.

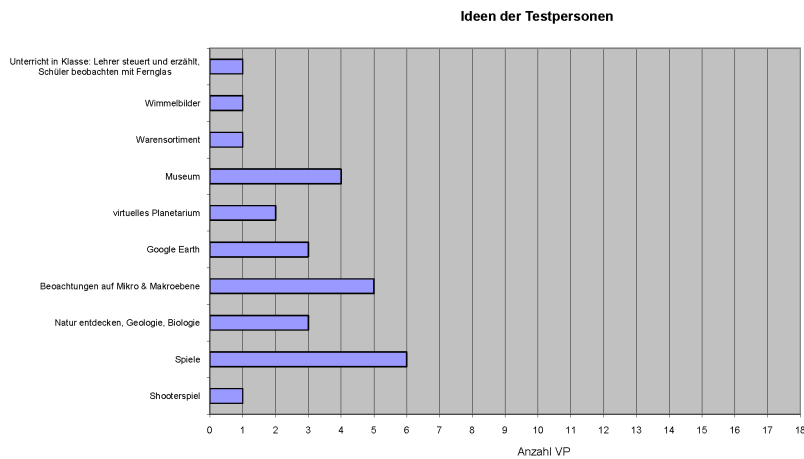


Abbildung 44: Ideen für Anwendungsbereiche von den Testpersonen; Die X-Achse zeigt, wie oft die Idee vorgeschlagen wurde.

8 Fazit

In dieser Arbeit wurde ein leeres Fernglasgehäuse in ein Eingabegerät für eine Stereoleinwand umgebaut. Da es sich hierbei um eine neue Technik handelt, wurde ein Konzept gesucht, das als intuitiv benutzbar empfunden wird. Hierfür wurden zunächst wissenschaftliche Forschungsergebnisse der deutschen Gruppe IUUI und der australischen Gruppe um Althea Blackler zu Rate gezogen. Zu den wichtigsten Kriterien für intuitive Benutzbarkeit gehören die Erwartungskonformität, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Vertrautheit, eine geringe kognitive Belastung und die unbewusste Anwendung von Vorwissen. Anschließend wurden zwei Konzepte entwickelt. Eines lehnte sich an Zoomable User Interfaces an und ein anderes an das Window- Icon- Menue- Pointer-Konzept, welches von gängigen Desktop-PC's bekannt ist, an. Beide wurden so angepasst, dass sie sich zur Bedienung einer virtuellen Reise durch die Zeit eignen. Der software-technische Entwurf und die Implementationsdetails sind in Kapitel 6 erläutert. In den anschließenden Benutzertests wurde festgestellt, welcher der beiden Prototypen als intuitiver und attraktiver wahrgenommen wird. Hierfür wurden die standardisierten Fragebögen QUESI und AttrakDiff benutzt. Um Details über das Erleben des Fernglases herauszufinden und um sie auf die oben genannten Kriterien für intuitive Benutzbarkeit zu überprüfen, wur-

de anschließend eine offene mündliche Befragung durchgeführt. Insgesamt stellte sich heraus, dass beide Konzepte verbesserungswürdig sind. Allerdings wurde das ZUI-Konzept als intuitiver und attraktiver wahrgenommen. Bemerkenswert ist, dass die Mehrheit der Verbesserungsvorschläge einem WIMP-Konzept ähnelten. Daraus ist jedoch nicht zu schließen, dass der Prototyp, der an dieses Konzept angelehnt war, nicht erkannt wurde. Denn das war nicht der Fall. Das Problem war viel mehr, dass die Benutzer sich dadurch eingeschränkt fühlten, dass sie nicht in der Hauptansicht interagieren konnten, sondern gemäß dem Objekt-Funktions-Schema nur über Menüs. Durch ein Fernglas ist dies sehr merkwürdig, weil der Benutzer nur einen kleinen Ausschnitt sieht und nicht bemerkt, was auf dem Rest der Leinwand passiert. Die Testpersonen hatten dadurch das Gefühl etwas zu verpassen. Daher ist es fraglich, ob sich der vorgeschlagene Entwurf zur Interaktion mit einem Fernglas eignet. Schließlich sieht er auch hier nicht, dass sich etwas in der Hauptansicht ändert, wenn im Menü selektiert, in dem er ein Icon anguckt und klickt. Abhilfe könnte hier Sound verschaffen, der eingespielt wird, um die Aufmerksamkeit des Benutzers in die Hauptansicht zu lenken. Des Weiteren ist es interessant, dass die ZUI mit dem Fernglas als intuitiv empfunden wurde, obwohl es keine 1:1-Abbildung der Funktionsweise eines realen Fernglases simulierte. Die Verschiebung der Kamera auf der Z-Achse genügte, um Vertrautheit zu vermitteln. Offensichtlich reichte es aus, den Gebrauchszweck des Fernglases zu simulieren, um die Benutzbarkeit als intuitiv erscheinen zu lassen. Dieser besteht darin, Objekte die weit sind heran zu holen und aus der Nähe zu betrachten. So wie es in dem Konzept umgesetzt wurde. Aufgrund der Ergebnisse, die die ZUI-Nachahmung als intuitiver und attraktiver bewerteten, sollte nach Meinung der Autorin dieses Konzept für das Fernglas weiterentwickelt werden. Werden die Wurmlochere deutlicher visualisiert, der Zeitstrahl um weitere Kreisscheiben erweitert und die Trackerprobleme gelöst, so gibt es hier viel Entwicklungspotential.

Im Allgemeinen ist immer noch nicht ganz klar, ob sich TUI's nur für wenig komplexe Systeme eignen [NKM⁺08]. ZUI's hingegen wird nachgesagt, dass sie auch für komplexe Informationsräume geeignet sind. Daher ist die Frage berechtigt, ob sich eine TUI mit einem Zoomable User Interface auch für komplexe Informationsräume eignet. Dies ist jedoch nicht mehr Thema dieser Arbeit. Daher soll es an dieser Stelle nur eine Gedankenregung sein.

Abbildungsverzeichnis

1	Visualisierung einer Selektion durch unterschiedliche nicht-photorealistische Renderingverfahren. Durch die Umrandung des selektierten Objektes wird das Figur-Grund-Problem gelöst. Links ist das Auto ausgewählt. Rechts ist die Ente ausgewählt. (aus [HMH ⁺ 03])	7
2	Pop-Out-Effekt am Beispiel von Kreisen mit unterschiedlicher Größe (links) und einem Hell-Dunkel-Kontrast (rechts)	8
3	Ein Vierteljaheresbericht auf einer Pad-Benutzeroberfläche. Die Portale ermöglichen durch semantischen und geometrischen Zoom andere Sichten auf die Benutzeroberfläche. (aus [FP93], S.3)	11
4	Abbildungen aus der virtuellen Welt von "Osrose". (von [Dav95])	14
5	CavePainting (aus [KAM ⁺ 01])Links: CavePainting Tisch mit Pinsel und Farbbecher-props; darunter steht der Eimer, mit dem Farbe an die virtuelle Leinwand geworfen werden kann (Mitte). Rechts: Ein Künstler beim virtuellen Malen.	16
6	Wissenskontinuum nach [NHI ⁺ 07]: Von unten nach oben steigt das Spezialwissen; von links nach rechts steigt die Größe der erreichbaren Zielgruppe	25
7	Das Kontinuum der intuitiven Interaktion nach Blackler (aus [BH07])	27
8	Einordnung des Kontinuums intuitiver Interaktion von Blackler in das Wissenskontinuum von IUUI (aus [BH07])	29
9	Darstellung der vom Fernglas angesprochenen Vowissenebenen im Wissenskontinuum und im Kontinuum der intuitiven Interaktion	32
10	Interaktionsszenario: Ein Anwender steht vor einer 2 x 2,5m großen Stereoleinwand, die er mit dem Fernglas inspizieren und steuern kann. Es handelt sich um eine Rückprojektion, daher befinden sich die Projektoren hinter der Leinwand.	34
11	Anstelle des Fokussierendes wird ein Winkel geschraubt, auf dem eine Bluetoothmaus platziert wird.	35
12	Ansicht des Fernglases von oben: Die Maus und der Rigid-Body werden auf einem Winkel befestigt. Die rote Schnur wurde zu Sicherheitszwecken angebracht. Benutzer können sich so das Fernglas während des Testens um den Hals hängen. Auf diese Weise wird der Zerstörung des Fernglases durch versehentliches Fallen vorgebeugt.	36
13	Fernglas von links: Der Winkel wurde zur Stabilisierung auf den gelben Schaumstoffkörper in der Mitte geschraubt.	37

14	Zu sehen sind die ins Fernglas eingeklebten Polarisationsfilter. In der Mitte ist die Schraube, mit der der Schaumstoffkörper fixiert wurde, sichtbar. Der Rigid-Body wurde, wie die Maus, mit Patafix befestigt.	37
15	Die Zeitmaschine aus dem Film "The Time Machine" (Abb. aus [Wel02b])	39
16	Startansicht der Benutzeroberfläche von Prototyp A: Oben links und rechts: "Wormloch"-Portale, für große "Zeitsprünge"; Mitte: Hauptansicht mit dem Zeitstrahl, der aus mehreren Kreisscheiben besteht, die einen Ort zu verschiedenen Jahrhunderten zeigt	40
17	Komposition der Benutzeroberfläche von Prototyp A	41
18	Die Kreisscheibe des 18. Jahrhunderts von Prototyp A wurde herangeholt. Wird das Fernglas abgesetzt, kann sich ein Gesamtüberblick über die Benutzeroberfläche verschafft werden. Links: Ohne Fernglas ist alles zu sehen. Der rote Kreis markiert den betrachteten Bereich der Benutzeroberfläche. Rechts: Der Sichtbereich, der durch das Fernglas gesehen wird (Ausschnitt des roten Kreises)	42
19	Startansicht von Prototyp B	43
20	Von links oben (Farplane) nach rechts unten (Nearplane): Zeigt schrittweise das Heranholen der Kreisscheiben des Zeitstrahls in Prototyp A, wenn der Anwender die Hauptansicht betrachtet und am Mausehrad dreht.	44
21	Links unten: Komposition der Benutzeroberfläche von Prototyp B; Von links oben, nach rechts unten: Selektionsmethode von Prototyp B: Alles, was in der Hauptansicht sichtbar ist, ist in den Menüs beleuchtet. Alles andere ist verdunkelt. Damit die hinteren Objekte im Menü besser erkennbar sind, bilden die zwei Menüs den Zeitstrahl bei unterschiedlichen Startzeiten ab. Oben links: 1700 ist im Menü ausgewählt und in der Hauptansicht herangeholt. Oben rechts: 1800 ist im Menü ausgewählt und in der Hauptansicht herangeholt. Unten rechts: 2000 ist im Menü ausgewählt und in der Hauptansicht herangeholt.	45
22	Software-Architektur der Prototypen	48
23	UML-Klassendiagramm: Die Funktion "setLightTransformation", wird nur in Prototyp B benutzt.	50
24	Der Szenegraph der beiden Prototypen: Knoten die "Trafo" im Bezeichner haben, sind Transformationsknoten. Knoten die "Geo" im Bezeichner haben sind Geometrieknoten.	52
25	Rotationen um die Achsen des Trackerkoordinatensystems	53

26	Der zusammengesetzte Zustandsautomat von Prototyp B zeigt die Reaktionen des Systems auf Maus-Events in Abhängigkeit der Orientierung Fernglases.	55
27	Der zusammengesetzte Zustandsautomat von Prototyp A	56
28	Teilzustandsautomat der Kamera in der Hauptansicht	57
29	Ergebnisüberblick des AttrakDiff-Fragebogens Die hedonische Qualität von steigt von unten nach. Die pragmatische Qualität nimmt von links nach rechts nimmt zu. Während das ZUI-Konzept von Prototyp A als selbstorientiert und begehrt empfunden wird, wird das WIMP-Konzept von Prototyp B eher als selbstorientiert und neutral bewertet. Die kleinen Kofidenzrechtecke zeigen, dass sich die Testpersonen relativ einig sind und dass die Ergebnisse weniger zufällig sind.	65
30	Mittelwerte der AttrakDiff-Auswertung	66
31	Profil der Wortpaare: Extremwerte weisen auf besonders kritische Eigenschaften und besonders gute Lösungen hin.	68
32	QUESI-Auswertung von Prototyp A	71
33	QUESI-Auswertung von Prototyp B	71
34	Beurteilung des Aussehens des Fernglases; die X-Achse gibt die Anzahl der Testpersonen an	72
35	Bewertung des Erlebens der User Interface mit dem Fernglas in Bezug auf beide Prototypen	74
36	Verständnis der Wurmloch-Metapher von Prototyp A	75
37	Durchschnittliche Bewertung der Metaphorik des Prototypen A anhand einer Schulnote von 1(sehr gut) bis 6 (ungenügend)	75
38	Durchschnittliche Bewertung der Metaphorik von Prototyp B mit einer Schulnote	76
39	Durchschnittliche Bewertung der Interaktionstechnik von Prototyp B mit einer Schulnote	77
40	Auswertungsdiagramm für die Interaktion von Prototyp A	78
41	Durchschnittliche Einarbeitungszeiten der Tester von Prototyp A	79
42	Durchschnittliche Einarbeitungszeiten der Tester von Prototyp B	80
43	Diese Variante wurde mit leichten Abwandlungen von sechs der acht Personen vorgeschlagen, die einen Verbesserungsvorschlag skizzierten. Durch Angucken einer Zeit im Menü und eine Bestätigung durch Klicken, soll die ausgewählte "Zeitinsel" in die Hauptansicht geladen werden. Andere Varianten zeigten eine Feinauswahl im Menü oder behielten den Zeitstrahl in der Hauptansicht bei. Der Rahmen soll zusätzlich die Selektion hervorheben.	82

44	Ideen für Anwendungsbereiche von den Testpersonen; Die X-Achse zeigt, wie oft die Idee vorgeschlagen wurde.	85
----	---	----

Literatur

- [AODAM91] ASFOUR, S. S. ; OMACHONU, V. K. ; DIAZ, E. L. ; ABDEL-MOTY, E.: Displays and controls. In: *Workspace equipment and tool design*. Elsevier, New York, 1991, S. 257–276
- [BBE⁺03] BEU, Andreas ; BURMSTER, Michael ; EPSTEIN, A. ; FLESSA, S. ; KIESEL, B. ; LOOS, S. ; MURR, F. ; NIEMEYER, G. ; OEHME, Olaf ; QUAET-FASLEM, Philipp ; TRIEBFÜRST, G. ; VOLLMER, J. ; WIEDENMAIER, Stefan: *Style Guide für Augmented Reality Systeme*.
<http://www.uidesign.de/arvika>. Version: 2003
- [BH07] BLACKLER, Alethea L. ; HURTIENNE, Jörn: Towards a unified view of intuitive interaction: definitions, models and tools across the world. In: *MMI-Interaktiv (2007)*, August, Nr. 13. http://www.mmi-interaktiv.de/uploads/media/04-Blackler_Hurtienne.pdf
- [BKLP04] BOWMAN, Doug A. ; KRUIJFF, Ernst ; LAVIOLA, Joseph J. ; POUPYREV, Ivan: *3D User Interfaces: Theory and Practice*. New Jersey : Addison-Wesley, www.addison-wesley.de, 2004
- [BMP02] BLACKLER, A. ; MAHAR, D. ; POPOVIC, V.: Intuitive use of products. In: *Proceedings of Common Ground Design Research Society International Conference 2002*. London, 2002
- [BMP04] BLACKLER, A. ; MAHAR, D. ; POPOVIC, V.: Studies of intuitive use employing observation and concurrent protocoll. In: *Proceedings of Design 2004 8th International Design Conference*. Dubrovnik, Croatia, 2004
- [Bol80] BOLT, Richard A.: Put-that-there: Voice and Gesture at the Graphics. In: *SIGGRAPH 80: Proceedings of the 7th annual*. New York, NY, USA : ACM Press, 1980, S. 262270
- [BPM03] BLACKLER, A. ; POPOV, V. ; MAHAR, D.: Designing for intuitive use of products: An investigation. In: *Proceedings of 6th Asia Design Conference*. Tsukuba, Japan, 2003
- [BPM04] BLACKLER, A. ; POPOV, V. ; MAHAR, D.: Intuitive interaction with complex artefacts. In: *Proceedings of Futureground Design Research Society International Conference*. Melbourne, 2004

- [BPM05] BLACKLER, A.L. ; POPOVIC, V. ; MAHAR, D.P.: Intuitive Interaction Applied to Interface Design. In: *Proc. International Design Congress - IASDR 2005* (2005)
- [BSP+93] BIER, Eric A. ; STONE, Mauren C. ; PIER, Ken ; BUXTON, William ; DEROSE, Tony D.: Toolglass and magic lenses: the see-through interface. In: *SIGGRAPH '93: Proceeding of the 20th annual conference on computergraphics and interactive techniques*. New York, NY, USA : ACM Press, 1993, S. 72–80
- [Bug10] BUGHOTEL: *BugHotel Reservation System Produktübersicht. Firmen-Website*. <http://www.bug-hotel.de/produktuebersicht/produktuebersicht/bughotel-reservation-system-produktuebersicht.html>. Version: 2010. – letzter Aufruf
- [BW01] BOWMAN, Doug A. ; WINGRAVE, Chadwick A.: Design and Evaluation of Menu Systems for Immersive Virtual Environments. In: *Proceedings of IEEE Virtual Reality* (2001), S. 149–156. – (also available as technical report TR-01-20)
- [Dac07] DACHSELT, Raimund: *Dreidimensionale Interaktionstechniken und Zoomable User Interfaces für Mixed Reality Anwendungen*. <http://mi-lab.org/files/2008/01/raimunddachsel.pdf>. Version: 2007
- [Dav95] DAVIES, Char: *Osmose*. <http://www.immersence.com/osmose/index.php>. Version: 1995
- [Dic43] DICKENS, Charles: *A Christmas Carol: A Story of Christmas*. 1. London : Chapman & Hal, 1843
- [DIN99] DIN, Normenausschuss Informationstechnik und Anwendungen im D. i.: *Ergonomische Anforderungen für die Bürotätigkeiten mit Bildschirmger Daten. Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit - Leitsätze (ISO 9241-11: 1998)*. 1999
- [DIN08] DIN, Normenausschuss Informationstechnik und Anwendungen im D. i.: *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110: 2006)*. 2008
- [Don78] DONELSON, Wiliam C.: Spatial management of information. In: *SIGGRAPH '78 Proceedings of the 5th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*. New York, NY, USA : ACM Press, 1978, S. 203–209

- [EOO94] EBERLEH, Edmund ; OBERQUELLE, Horst ; OPPERMAN, Reinhard: *Einführung in die Software-Ergonomie: Gestaltung graphisch interaktiver Systeme: Werkzeuge, Prinzipien, Lösungen*. Berlin et.al. : Walter de Gruyter, 1994
- [FP93] FOX, David (Hrsg.) ; PERLIN, Ken (Hrsg.) ; Courant Institute of Mathematical Sciences (Veranst.): *Pad An Alternative Approach to the Computer Interface*. New York University, 1993
- [Gmb10a] GMBH, IDG Magazine M.: *Apple iPhone: Intuitiv bedienbar und trendy*. Online-Magazin: PC-WELT.DE.
http://www.pcwelt.de/start/mobility_handy_pda/pda_smartphone/praxis/2343700/das-koennen-aktuelle-smartphones/index2.html. Version: Juni 2010. – letzter Aufruf
- [Gmb10b] GMBH, Internationl worX: *Barska Anchormaster 15-45x50 Desk Teleskop*. Online-Katalog: Optical-Systems.
<http://www.optical-systems.com/barska-anchormaster-1545x50-desk-teleskop-p-2452.html>. Version: 2010. – letzter Aufruf:
- [Gmb10c] GMBH, User Interface D.: *AttrakDiff Basis Vergleich A-B*.
<http://www.attrakdiff.de/Services/AttrakDiff-Basis/Vergleich-A-B/>. Version: 2010
- [Gmb10d] GMBH just 4 b.: *Aktueller Xpert-Timer ist intuitiv bedienbar*. Online-Magazin: CyberPress.
<http://cyberpress.de/2010/03/projektzeiterfassung-aktueller-xpert-timer-ist-intuitiv-bediendbar/>
 Version: März 2010. – letzter Aufruf:
- [Has95] HASBROOK, J. ; HASBROOK, J. (Hrsg.): *Multimedia-Psychologie: Eine neue Perspektive menschlicher Kommunikation*. Heidleberg : Spektrum, Akademischer Verlag, 1995
- [Haw01] HAWKING, Stephen: *Das Universum in der Nußschale*. Hoffman und Campe, 2001
- [Her94] HERCZEG, Michael: *Software-Ergonomie: Grundlagen der Mensch-Computer-Kommunikation*. München : Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 1994
- [Her05] HERCZEG, Michael: *Software-Ergonomie : Grundlagen der Mensch-Computer-Kommunikation*. 2. München :

- Oldenbourg, 2005. – Opac uni Koblenz: Signatur: INF 2006/1067
- [HFA⁺07] HOVEN, E.v.d. ; FRENS, J. ; ALIAKSEYEU, D. ; MARTENS, J.-B. ; OVERBECKE, K. ; PETERS, P.: Design Research & Tangible Interaction. In: *Proc. TEI'07, ACM Press* (2007), S. 109–115
- [HH93] HIX, Deborah ; HARTSON, Rex H.: *Developing User Interfaces: Ensuring Usability Through Product & Process*. John Wiley & Sons, 1993
- [HMH⁺03] HALPER, Nick ; MELLIN, Mara ; HERRMANN, Christoph S. ; LINNEWEBER, Volker ; STROTHOTTE, Thomas: Psychology and Non-Photorealistic Rendering: The Beginning of a Beautiful Relationship. In: *Mensch & Computer*, 2003
- [HMM⁺] HURTIENNE, Jörn (Hrsg.) ; MOHS, Carsten (Hrsg.) ; MEYER, Herbert A. (Hrsg.) ; KINDSMÜLLER, Martin C. (Hrsg.) ; ISRAEL, Habakuk J. (Hrsg.) ; IUUI RESEARCH GROUP die (Hrsg.): *Intuitive Use of User Interfaces - Definition und Herausforderungen*
- [HN10] HURTIENNE, J. ; NAUMANN, A.: QUESI - A questionnaire for measuring the subjective consequences of intuitive use. In: PORZEL, R (Hrsg.) ; SEBANZ, N. (Hrsg.) ; SPITZER, M. (Hrsg.) ; Sankt Augustin: Fraunhofer Gesellschaft (Veranst.): R. Porzel, N. Sebanz, & M. Spitzer (Eds.), *Interdisciplinary Colloge Sankt Augustin: Fraunhofer Gesellschaft*, 2010, S. 536. – Focus Theme: Play, Act and Learn
- [Hof06] HOFMANN, Britta: *Einführung in die ISO 9241-110*. <http://www.fit-fuer-usability.de/archiv/einfuehrung-in-die-iso-9241-110/>. Version: 2006
- [IU97] ISHII, Hiroshi ; ULLMER, Brygg: Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. In: *CHI*, 1997, 234-241
- [KAM⁺01] KEEFFE, Daniel ; ACEVEDO, Daniel ; MOSCOVICH, Tomer ; LAIDLAW, David H. ; LAVIOLA, Joseph J.: CavePainting: A Fully Immersive 3D Artistic Medium and Interactive Experience. In: *Proceedings of ACM Symposium on Interactive 3D Graphics*, 2001, S. 85–93
- [KLS04] KOLLER, Franz ; LUCZAK, Holger ; SCHMIDT, Ludger: *Benutzerzentrierte Gestaltung von Augmented-Reality-Systemen*. 17. Düsseldorf : VDI Verlag, 2004 (22)

- [Kön07] KÖNIG, Werner A.: *Zoomable User Interfaces Intuitive Navigation in komplexen Informationsräumen*. Saarbrücken : VDM Verlag Dr. Müller,, 2007
- [Kra95] KRAUSE, Jürgen: *Das WOB-Modell / InformationsZentrum Sozialwissenschaften*. Bonn, 12 1995 (Nr. 1). – Forschungsbericht
- [Lau09] LAUER, Anne: *Acer beTouch: Intuitiv bedienbar*. Online-Magazin: Funkschau. http://www.funkschau.de/mobile_office/produkte/article/acer_betouch_intuitiv_bedienbar/23657/a3674272-d5a3-11de-8c29-001ec9efd5b0. Version: November 2009. – letzter Aufruf:
- [LLS95] LENKE, Nils ; LUTZ, Hans-Dieter ; SPRENGER, Michael: *Grundlagen sprachlicher Kommunikation*. München : Fink, 1995
- [Luc93] LUCASARTS: *Day of the Tentacle*. Marin County, Kalifornien, USA : PC-Adventure, 1993
- [LYS97] LIN, H.Choong ; Y. SALVENDY, G.: A proposed index of usability: A Method for comparing the relative usability of different software systems. *Behavior and Information Technology*. 16 (4/5) (1997), S. 267–278
- [MHJ⁺06] MOHS, Carsten ; HURTIENNE, Jörn ; JOHANN ; HABAKUK ISRAEL, Johann ; NAUMANN, Anja ; KINDSMÜLLER, Martin C. ; MEYER, Herbert A. ; POHLMAYER, Anna: *IUUI Intuitive Use of User Interfaces*. In: BOSENICK T., Müller-Prove M. Peissner M. Hassenzahl M. M. Hassenzahl M. (Hrsg.): *Usability Professionals*, 2006
- [MHK⁺06] MOHS, C. ; HURTIENNE, J. ; KINDSMÜLLER, M. C. ; ISRAEL, J. H. ; MEYER, H. A. ; GROUP, Die Iuui R.: *IUUI Intuitive Use of User Interfaces: Auf dem Weg zu einer wissenschaftlichen Basis für das Schlagwort Intuitivität*. In: *MMI-Interaktiv* (2006), Dezember, Nr. 11
- [MKN⁺07] MOHS, Carsten ; KINDSMÜLLER, Martin C. ; NAUMANN, Anja B. ; HUSSLEIN, Steffi ; HABAKUK ISRAEL, Johann: *Intuitive Benutzung als Ziel in der Produktentwicklung*. In: RÖSE, K. (Hrsg.) ; BRAU, H. (Hrsg.): *Usability Professionals 2007*, 2007

- [MNK07] MOHS, Carsten ; NAUMANN, Anja ; KINDSMÜLLER, Martin C.: Mensch-Technik-Interaktion: intuitiv, erwartungskonform oder vertraut? In: *MMI-Interaktiv* (2007), August, Nr. 13. http://www.mmi-interaktiv.de/uploads/media/03-Mohs_et_al.pdf
- [NHI⁺07] NAUMANN, Anja ; HURTIENNE, Jörn ; ISRAEL, Johann H. ; MOHS, Carsten ; KINDSMÜLLER, Martin C. ; A., Herbert ; MEYER, Steffi Hußlein ; IUUI RESEARCH GROUP the: Intuitive Use of User Interfaces: Defining a Vague Concept. In: HARRIS, D. (Hrsg.): *Engin. Psychol. and Cog. Ergonomics*. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2007, S. 128136
- [Nie89] NIELSEN, J.: Executive summary: Coordinating user interfaces for consistency. In: NIELSEN, J. (Hrsg.): *Coordinating user interfaces for consistency*. San Diego, CA : Academic Press, inc., 1989, S. 1–7
- [NKM⁺08] NAUMANN, Anja B. (Hrsg.) ; KINDSMÜLLER, Martin C. (Hrsg.) ; MOHS, Carsten (Hrsg.) ; POHLMAYER, Anna E. (Hrsg.) ; HUSSLEIN, Steffi (Hrsg.) ; ISRAEL, Johann H. (Hrsg.) ; GROUP, IUUI R. (Hrsg.) ; CHI (Veranst.): *Design for Intuitive Use: Beyond Usability*. Florence, italy, April 2008
- [PRS02] PREECE, J. ; ROGERS, Y. ; SHARP, H.: *Interaction design*. Hoboken : John Wiley and Sons, 2002
- [PST⁺96] PAUSCH, R. ; SNODDY, J. ; TAYLOR, R. ; WATSON, S. ; HASELTINE, E.: Disney's Aladin: First Steps towards Storytelling in Virtual Reality. In: *Proceedings of Siggraph'96*, ACM Press, 1996, S. 399–400
- [Ras86] RASMUSSEN, J. (Hrsg.): *Information processing and human-machine interaction: An approach to cognitive engineering*. Bd. 12. Amsterdam: Elsevier, 1986
- [Shn83] SHNEIDERMAN, Ben: Direct Manipulation: A Step Beyond Programming languages. In: *IEEE Computer* 16 (1983), Nr. 8
- [ST07] SCHAER, Philipp ; THUM, Marco: State-of-the-Art: Interaktion in Erweiterten Realitäten / Institut für Computervisualistik, Universität Koblenz-Landau. 2007 (10/2007). – Forschungsbericht
- [Sta07] STAPELKAM, Torsten ; SPRINGER; (Hrsg.): *Screen- und Interfacedesign*. Berlin, 2007

- [Szw03] AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: ZIEGLER, J. (Hrsg.) ; SZWILLUS, G. (Hrsg.): *Mensch & Computer 2003: Interaktion in Bewegung*, 2003, S. 187–196
- [Web] WEBALYTICS: *Urchin 6 - Features*. Firmen-Website. <http://www.webalytics.de/urchin-software/features/>. – letzter Aufruf:
- [Wel02a] WELLS, H.G.: *The Time Machine*. Film, 2002
- [Wel02b] WELLS, H.G.: *The Time Machine 2002 Fragman*. <http://www.youtube.com/watch?v=rQyVwbQigpg&feature=related>. Version: 2002
- [Wik09] WIKIPEDIA: *Skalierbare Benutzeroberfläche*. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Skalierbare_Benutzeroberfl%C3%A4che&oldid=64113428. Version: Juni 2009
- [Wik10] WIKIPEDIA, the free e.: *User interface*. http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=User_interface&oldid=371141266. Version: März 2010
- [Zem85] ZEMECKIS, Robert: *Back to the Future*. Film, 1985

A QUESI-Fragebogen aus [HN10]

QUESI - Questionnaire for Intuitive Use

Liebe Benutzerin, lieber Benutzer,

diese Befragung dient dazu, Ihre Bewertung eines technischen Systems zu erfassen, mit dem Sie schon individuelle Erfahrungen sammeln konnten (z.B. Software, Digitalkamera, Fahrkartenautomat). Der Fragebogen besteht aus 14 Fragen und die Beantwortung dauert etwa 5 Minuten.

Dabei geht es nicht um die Beurteilung Ihrer Fähigkeiten oder Ihrer Person. Die von Ihnen gemachten Angaben werden anonym erhoben. Es sind keine Rückschlüsse auf Ihre Person möglich.

Was wird beurteilt?

Art des Systems (z.B. MP3-Player):

Ich benutze Systeme dieser Art seit Jahren Monaten Wochen Stunden
 Systeme dieser Art sind mir völlig neu.

Ich benutze Systeme dieser Art Stunden pro Woche.

Typ/Version des Systems (z.B. iPod Nano)

Hersteller/ Marke des Systems (z.B. Apple)

Ich benutze dieses System seit Jahren Monaten Wochen Stunden
 Dieses System ist mir völlig neu.

Ich benutze dieses System Stunden pro Woche.

Wer beurteilt?

Alter Jahre

Geschlecht weiblich männlich

Höchster Schul- oder Hochschulabschluss ohne Abschluss
 Hauptschulabschluss
 Realschulabschluss
 Abitur
 Hochschul-/ Fachhochschulabschluss
 Fachrichtung:

Derzeitige Tätigkeit

Hier noch ein **Beispiel** für eine mögliche Beantwortung des Beurteilungsbogens:

	Trifft gar nicht zu	Trifft wenig zu	Trifft teils-teils zu	Trifft ziemlich zu	Trifft völlig zu
f1 Die Farbgestaltung des Systems hat mir gefallen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

In diesem Beispiel hat dem Benutzer die Farbgestaltung ziemlich gefallen.

Bitte wenden!

QUESI - Questionnaire for Intuitive Use

Hinweis: Versuchen Sie Ihre Einschätzung des Systems ausschließlich auf die Benutzung des Systems zu beziehen (und nicht z.B. auf die Schwierigkeit der Aufgabe an sich). Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte antworten Sie spontan und lassen Sie keine Fragen aus.

		trifft gar nicht zu	trifft wenig zu	trifft teils-teils zu	trifft ziemlich zu	trifft völlig zu
1	Es gelang mir, das System ohne Nachdenken zu benutzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Ich habe erreicht, was ich mit dem System erreichen wollte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Mir war sofort klar, wie das System funktioniert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Der Umgang mit dem System erschien mir vertraut.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Bei der Benutzung des Systems sind keine Probleme aufgetreten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Die Systembenutzung war unkompliziert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Es gelang mir, meine Ziele so zu erreichen, wie ich es mir vorgestellt habe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Es fiel mir von Anfang an leicht, das System zu benutzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Mir war immer klar, was ich tun musste, um das System zu benutzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Die Benutzung des Systems verlief reibungslos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Ich musste mich kaum auf die Benutzung des Systems konzentrieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Das System hat mich dabei unterstützt, meine Ziele vollständig zu erreichen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13	Die Benutzung des Systems war mir auf Anhieb klar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14	Ich tat immer automatisch das Richtige, um mein Ziel zu erreichen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vielen Dank!

B Fragebögen für die Abschlussbefragungen

B.1 Fragebogen für Prototyp A

Testnr. _____ Uhrzeit _____ Datum _____

Testdauer: _____

I Akzeptanz:

1. Was war Ihr 1. Eindruck als Sie das Fernglas gesehen haben?
 - a. Erzählen Sie mir, was Sie gedacht haben.
 - b. Hat Sie das Aussehen abgeschreckt, angesprochen oder neugierig gemacht?
2. Wie hat Ihnen der Aufbau der Benutzeroberfläche gefallen?
 - a. Würden sie etwas anders machen oder nicht? -> ggf. Skizze?
3. Vergeben Sie eine Schulnote für die Fernglas-Idee _____

II Verständnis der Interaktionstechnik:

1. Hat Sie die Funktionsweise des Fernglases überrascht oder hat die Funktion Ihren Erwartungen entsprochen?
 - a. Gab es sonst überraschende Reaktionen oder nicht? Wenn ja welche?
2. Kennen Sie die Funktionsweise von anderen Programmen oder Geräten aus dem Alltag oder war sie für Sie völlig neu?
 - a. Würden Sie sagen, dass die Funktionsweise intuitiv ist oder eher nicht?
 - b. Entspricht sie Ihren Erwartungen oder eher nicht?
3. Handelt es sich um ein Verschieben oder ein Zoomen?
4. Vergeben Sie eine Schulnote für die Funktionsweise _____

III Verständnis der Metaphorik:

1. Fanden Sie das Programm selbsterklärend oder haben Sie etwas nicht verstanden?
2. Was stellen, Ihrer Meinung nach, die Kreisflächen mit der Zahl dar?
3. Was stellen die Ansichten in der oberen linken und rechten Ecke dar?
 - a. Das Programm soll eine Zeitreise sein. Fällt Ihnen eine Metapher dazu ein?
 - a. Entspricht das Ihren Erwartungen oder ist das überraschend?

- b. Finden Sie diese Metapher angemessen oder haben Sie einen anderen Vorschlag?

4. Vergeben Sie eine Schulnote für die Symbolik im Programm _____

IV Mögliche Probleme und Fehler:

1. Gab es etwas im Programm, das Sie als störend oder unverständlich empfunden haben?
 - a. Wenn ja, was?
2. Haben Sie während des Testens den Überblick behalten können oder gab es Stellen an denen Sie sich verloren fühlten?
 - a. Finden Sie den Zeitstrahl als Übersicht ausreichend oder hätten Sie lieber noch eine Überblickskarte zur Verfügung?
 - b. Könnten Sie sich vorstellen den Überblick auch bei längeren (mehrere 100 oder 1000 Kreisflächen) Zeitstrahlen zu behalten?
3. Haben Sie während der Interaktion etwas vermisst, zum Beispiel eine spezielle Funktionalität?
4. Kam während des Testens ein Unwohlsein auf?
z.B. Schwindel
Übelkeit
Schmerzen

V Erleben der 3D-User Interface und Fernglas

1. Setzen Sie eine Polfilterbrille auf und vergleichen Sie das Präsenzgefühl. Wenn Sie sich nun zwischen Brille und Fernglas entscheiden müssten, was würde Sie wählen?
 - a. Polfilterbrille
 - b. Fernglas
2. Stört die Einschränkung des Sichtbereiches durch das Fernglas oder weckt es die Neugier?
3.
 - a. Sollte die gesamte Leinwand sichtbar sein oder
 - b. Sollte der Sichtbereich durch das Fernglas größer sein?
4. Konnten Sie sich mit dem Fernglas besser konzentrieren?

VI Ausblick:

1. Haben Sie Anregungen/ Kritik/ Verbesserungsvorschläge?
2. Könnten Sie sich ein ähnliches Interface vorstellen, das anstelle der Zoomfunktion, eine Tiefenschärfe simuliert?
 - a. Ja
 - b. Nein

3. Vergeben Sie eine Schulnote für Zukunftspotential des Prototyps _____

VII Vorkenntnisse:

1. Wie oft benutzen Sie den Computer?

nie	selten	gelegentlich	oft	immer
0	1	2	3	4

2. Wie oft benutzen Sie 3D-Systeme?

nie	selten	gelegentlich	oft	immer
0	1	2	3	4

3. Haben sie schon mal ein Fernglas benutzt?

4. Wie oft benutzen Sie ein Fernglas?

nie	selten	gelegentlich	oft	immer
0	1	2	3	4

VIII Benutzereigenschaften:

1. Sind Sie Linkshänder oder Rechtshänder?

2. Studienfach, falls Student: _____

Einverständniserklärung

Ich damit einverstanden, dass meine Daten für wissenschaftliche Zwecke anonym gespeichert und verwendet werden dürfen.

Ort, Datum, Unterschrift

B.2 Fragebogen für Prototyp B

Testnr. _____ Uhrzeit _____ Datum _____

Testdauer: _____

I Akzeptanz:

1. Was war Ihr 1. Eindruck als Sie das Fernglas gesehen haben?
 - a. Erzählen Sie mir, was Sie gedacht haben.
 - b. Hat Sie das Aussehen abgeschreckt, angesprochen oder neugierig gemacht?
2. Wie hat Ihnen der Aufbau der Benutzeroberfläche gefallen?
 - a. Würden sie etwas anders machen oder nicht? -> ggf. Skizze?
3. Vergeben Sie eine Schulnote für die Fernglas-Idee _____

II Verständnis der Interaktionstechnik:

1. Hat Sie die Funktionsweise des Fernglases überrascht oder hat die Funktion Ihren Erwartungen entsprochen?
 - a. Gab es sonst überraschende Reaktionen oder nicht? Wenn ja welche?
2. Kennen Sie die Funktionsweise von anderen Programmen oder Geräten aus dem Alltag oder war sie für Sie völlig neu?
 - a. Würden Sie sagen, dass die Funktionsweise intuitiv ist oder eher nicht?
 - b. Entspricht sie Ihren Erwartungen oder eher nicht?
3. Vergeben Sie eine Schulnote für die Funktionsweise _____

III Verständnis des konzeptuellen Modells:

1. Fanden Sie das Programm selbsterklärend oder haben Sie etwas nicht verstanden?
2. Was stellen, Ihrer Meinung nach, die Kreisflächen mit der Zahl dar?
3. Wie würden Sie dem Anwender ermöglichen über mehrere Jahrhunderte hinweg zu springen?
4. Was stellen die Ansichten in der oberen linken und rechten Ecke dar?
 - a. Was zeigt die zeigt die Beleuchtung an?
 - b. Würden Sie sagen das sind Menüs?

- a. Haben Sie das auch so interpretiert oder ist das irritierend?
5. Vergeben Sie eine Schulnote für das Verständnis des Symbolik im Programm _____

IV Mögliche Probleme und Fehler:

1. Gab es etwas im Programm, das Sie als störend oder unverständlich empfunden haben?
 - a. Wenn ja, was?
2. Haben Sie während des Testens den Überblick behalten können oder gab es Stellen an denen Sie sich verloren fühlten?
 - a. Finden Sie den Zeitstrahl als Übersicht ausreichend oder hätten Sie lieber noch eine Überblickskarte zur Verfügung?
 - b. Könnten Sie sich vorstellen den Überblick auch bei längeren (mehrere 100 oder 1000 Kreisflächen) Zeitstrahlen zu behalten?
3. Haben Sie während der Interaktion etwas vermisst, zum Beispiel eine spezielle Funktionalität?
4. Kam während des Testens ein Unwohlsein auf?
 - z.B. Schwindel
 - Übelkeit
 - Schmerzen

V Erleben der 3D-User Interface und Fernglas

1. Setzen Sie eine Polfilterbrille auf und vergleichen Sie das Präsenzgefühl. Wenn Sie sich nun zwischen Brille und Fernglas entscheiden müssten, was würde Sie wählen?
 - a. Polfilterbrille
 - b. Fernglas
2. Stört die Einschränkung des Sichtbereiches durch das Fernglas oder weckt es die Neugier?
 - a. Sollte die gesamte Leinwand sichtbar sein oder
 - b. Sollte der Sichtbereich durch das Fernglas größer sein?
3. Konnten Sie sich mit dem Fernglas besser konzentrieren?

VI Ausblick:

1. Haben Sie Anregungen/ Kritik/ Verbesserungsvorschläge?
2. Könnten Sie sich ein ähnliches Interface vorstellen, das anstelle der Zoomfunktion, eine Tiefenschärfe simuliert?
 - a. Ja
 - b. Nein

3. Vergeben Sie eine Schulnote für Zukunftspotential des Prototyps _____

VII Vorkenntnisse:

1. Wie oft benutzen Sie den Computer?

nie	selten	gelegentlich	oft	immer
0	1	2	3	4

2. Wie oft benutzen Sie 3D-Systeme?

nie	selten	gelegentlich	oft	immer
0	1	2	3	4

3. Haben sie schon mal ein Fernglas benutzt?

4. Wie oft benutzen Sie ein Fernglas?

nie	selten	gelegentlich	oft	immer
0	1	2	3	4

VIII Benutzereigenschaften:

1. Sind Sie
Linkshänder oder
Rechtshänder ?

2. Studienfach, falls Student: _____

Einverständniserklärung

Ich damit einverstanden, dass meine Daten für wissenschaftliche Zwecke anonym gespeichert und verwendet werden dürfen.

Ort, Datum, Unterschrift

C Auswertungsmaterialien

C.1 AttrakDiff



Stand 01.07.2010

Untersuchungsbericht zu den Produkten

"Virtuelle Zeitreise mit Zoom" und "Virtuelle Zeitreise mit Highlighting"

Untersuchte Fragestellung:
Wie bedienbar und attraktiv wird das Produkt wahrgenommen?

Inhalt des Berichts

- Untersuchungsmethode
- Kenndaten der Untersuchung
- Ergebnisüberblick - Portfolio
- Das Diagramm der Mittelwerte
- Das Profil der Wortpaare
- ANHANG
- Charakteristika der Untersuchungsteilnehmer
- Konfidenzintervalle
- Signifikanztests

Untersuchungsmethode

AttrakDiff™ ist ein Instrument zur Messung der Attraktivität interaktiver Produkte.

Nutzer (oder potenzielle Nutzer) Ihres Produkts geben mit Hilfe gegensätzlicher Adjektivpaare an, wie sie das Produkt wahrnehmen. Diese Adjektivpaare lassen sich den untersuchten Beurteilungsdimensionen zuordnen.

Beurteilt werden folgende Dimensionen des Produkts:

- **Pragmatische Qualität (PQ):**
Sie beschreibt die Benutzbarkeit eines Produktes, und verdeutlicht, wie gut der Nutzer seine Ziele mit Hilfe des Produkts erreichen kann.
- **Hedonische Qualität - Stimulation (HQ-S):**
Menschen haben das Bedürfnis sich weiterzuentwickeln. Die Dimension bildet ab, inwieweit ein Produkt diese Entwicklung unterstützen kann, indem es neuartige, interessante und anregende Funktionalitäten, Inhalte, Interaktions- und Präsentationsstile bietet.
- **Hedonische Qualität - Identität (HQ-I):**
Sie beschreibt, inwieweit ein Produkt seinem Nutzer ermöglicht, sich mit dem Produkt zu identifizieren.
- **Attraktivität (ATT):**
Sie beschreibt eine globale Bewertung des Produkts auf der Basis der wahrgenommenen Qualität.

Die Pragmatische und hedonische Qualität sind unabhängig voneinander und tragen in etwa gleichstark zum Attraktivitätsurteil bei.

Kenndaten der Untersuchung

Produktbezeichnung A:	Virtuelle Zeitreise mit Zoom
Produktbezeichnung B:	Virtuelle Zeitreise mit Highlighting
Produktbranche:	IT
Laufzeit der Studie Produkt A:	15.06.2010 - 13.09.2010
Laufzeit der Studie Produkt B:	15.06.2010 - 13.09.2010
Projekttyp:	Vergleich Produkt A - Produkt B, d.h. zwei verschiedene Produkte werden bewertet.
Variante:	An den Projektteilen nehmen unterschiedliche Testpersonen teil.
Anzahl Bewertungen Produkt A:	9
Anzahl Bewertungen Produkt B:	9

Ergebnisüberblick - Portfolio

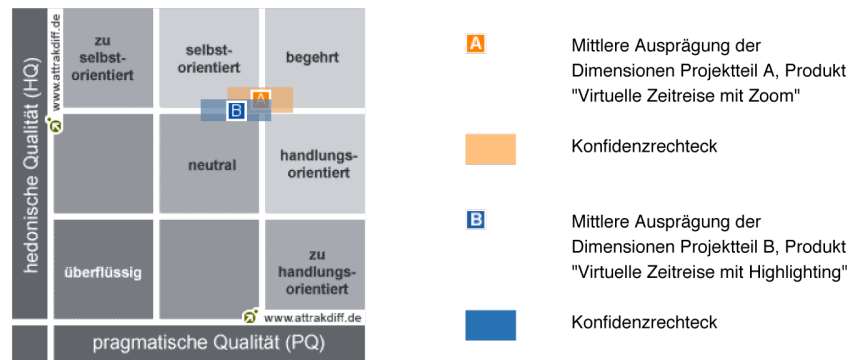


Abbildung 1: Portfolio mit der durchschnittlichen Ausprägung der Dimensionen PQ und HQ und den jeweiligen Konfidenz-Rechtecken der Produkte "Virtuelle Zeitreise mit Zoom" und "Virtuelle Zeitreise mit Highlighting"

In der Portfolio-Darstellung ist vertikal die Ausprägung der hedonischen Qualität zu sehen (unten = geringe Ausprägung). Horizontal ist die Ausprägung der pragmatischen Qualität zu sehen (links = geringe Ausprägung).

Je nach Ausprägung der beiden Dimensionen, fällt das Produkt in einen oder mehrere "Charakterbereiche".

Je größer das Konfidenz-Rechteck ausfällt, desto geringer ist die Sicherheit, mit der das Produkt einem bestimmten Bereich zugeordnet werden kann. Ein kleines Konfidenz-Rechteck ist von Vorteil, da dies bedeutet, dass die Untersuchungsergebnisse mit höherer Sicherheit auf das Produkt zutreffen und weniger zufällig sind.

Zudem spiegelt das Konfidenz-Rechteck auch wieder, wie "einig" sich die Nutzer bei der Beurteilung des Produkts sind. Je größer das Konfidenz-Rechteck ist, desto unterschiedlicher wird das Produkt bewertet (weitere Details finden sich im Anhang).

Interpretationshilfe

Projektteil A, Produkt "Virtuelle Zeitreise mit Zoom"

Die Benutzeroberfläche des Produkts wurde als "eher begehrt" eingestuft.

Diese Zuordnung ist für die pragmatische Qualität nicht eindeutig, da das Konfidenzintervall über den Charakterbereich hinausgeht. Der Nutzer wird durch das Produkt zwar unterstützt, allerdings erreicht die Ausprägung der pragmatischen Qualität bei dem Produkt lediglich mittlere Werte.

Fazit: Es besteht somit noch Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Bedienbarkeit.

Für die hedonische Qualität trifft die Charakterzuordnung nicht eindeutig zu, da das Konfidenzintervall über den Charakterbereich hinausgeht. Der Nutzer wird durch das Produkt zwar

angeregt, allerdings erreicht die Ausprägung der hedonischen Qualität bei dem Produkt lediglich mittlere Werte.

Fazit:

Achtung! Die Werte für HQ-I und HQ-S unterscheiden sich stark. Eine differenzierte Darstellung finden Sie im Diagramm der Mittelwerte.

Das Konfidenzintervall PQ ist groß. Dies kann auf eine geringe Stichprobengröße oder sehr unterschiedliche Beurteilungen des Produkts zurückgeführt werden.

Bei der Beurteilung der pragmatischen Qualität sind sich die Nutzer weniger einig, als bei der Beurteilung der hedonischen Qualität. Stark unterschiedliche Beurteilungen der pragmatischen Qualität können beispielsweise zustande kommen, wenn die Teilnehmer unterschiedliche Vorerfahrungen mit dem Produkt selbst (wenn möglich) oder mit ähnlichen Produkten haben. Auch unterschiedliches Aufgabenwissen (Anfänger – Profis) kann ein Grund sein. Überprüfen Sie, ob die von Ihnen ausgewählten Teilnehmer repräsentativ für die Nutzer des Produkts sind.

Projektteil B, Produkt "Virtuelle Zeitreise mit Highlighting"

Die Benutzeroberfläche des Produkts wurde als "eher selbstorientiert" eingestuft.

Diese Zuordnung ist für die pragmatische Qualität nicht eindeutig, da das Konfidenzintervall über den Charakterbereich hinausgeht. Der Nutzer wird durch das Produkt zwar unterstützt, allerdings erreicht die Ausprägung der pragmatischen Qualität bei dem Produkt lediglich mittlere Werte.

Fazit:

Für die hedonische Qualität trifft die Charakterzuordnung nicht eindeutig zu, da das Konfidenzintervall über den Charakterbereich hinausgeht. Der Nutzer wird durch das Produkt zwar angeregt, allerdings erreicht die Ausprägung der hedonischen Qualität bei dem Produkt lediglich mittlere Werte.

Fazit:

Achtung! Die Werte für HQ-I und HQ-S unterscheiden sich stark. Eine differenzierte Darstellung finden Sie im Diagramm der Mittelwerte.

Das Konfidenzintervall PQ ist groß. Dies kann auf eine geringe Stichprobengröße oder sehr unterschiedliche Beurteilungen des Produkts zurückgeführt werden.

Bei der Beurteilung der pragmatischen Qualität sind sich die Nutzer weniger einig, als bei der Beurteilung der hedonischen Qualität. Stark unterschiedliche Beurteilungen der pragmatischen Qualität können beispielsweise zustande kommen, wenn die Teilnehmer unterschiedliche Vorerfahrungen mit dem Produkt selbst (wenn möglich) oder mit ähnlichen Produkten haben. Auch unterschiedliches Aufgabenwissen (Anfänger – Profis) kann ein Grund sein. Überprüfen Sie, ob die von Ihnen ausgewählten Teilnehmer repräsentativ für die Nutzer des Produkts sind.

Vergleich der Ergebnisse beider Projektteile

Produkt Virtuelle Zeitreise mit Zoom schneidet im Vergleich zu Produkt Virtuelle Zeitreise mit

Highlighting besser ab. Sowohl die pragmatische Qualität als auch die hedonische Qualität von Produkt Virtuelle Zeitreise mit Zoom ist höher.

Der Unterschied zwischen den Werten der pragmatischen Qualität bei Produkt Virtuelle Zeitreise mit Zoom und Produkt Virtuelle Zeitreise mit Highlighting ist statistisch nicht signifikant. Es kann sich somit um eine zufällige Urteilsschwankung handeln (weitere Details finden sich im Anhang).

Der Unterschied zwischen den Werten der hedonischen Qualität bei Produkt Virtuelle Zeitreise mit Zoom und Produkt Virtuelle Zeitreise mit Highlighting ist statistisch nicht signifikant. Es kann sich somit um eine zufällige Urteilsschwankung handeln.

Das Konfidenzintervall der pragmatischen Qualität ist bei Produkt Virtuelle Zeitreise mit Zoom kleiner als bei Produkt Virtuelle Zeitreise mit Highlighting. Bei der Beurteilung der pragmatischen Qualität von Produkt Virtuelle Zeitreise mit Zoom sind sich also die Testpersonen einiger. Zudem trifft somit bei Virtuelle Zeitreise mit Zoom die Beurteilung mit höherer Sicherheit auch tatsächlich auf das Produkt zu.

Das Konfidenzintervall der hedonischen Qualität ist bei Produkt Virtuelle Zeitreise mit Highlighting kleiner als bei Produkt Virtuelle Zeitreise mit Zoom. Bei der Beurteilung der hedonischen Qualität von Produkt Virtuelle Zeitreise mit Highlighting sind sich also die Testpersonen einiger. Zudem trifft somit bei Produkt Virtuelle Zeitreise mit Highlighting die Beurteilung mit höherer Sicherheit auch tatsächlich auf das Produkt zu.

Das Diagramm der Mittelwerte

Im Diagramm der Mittelwerte sind die mittleren Ausprägungen der Dimensionen des AttrakDiff™ bei dem untersuchten Produkt dargestellt.

In dieser Darstellung wird die hedonische Qualität zusätzlich nach den Gesichtspunkten Stimulation und Identität differenziert. Außerdem wird auch die Beurteilung der Attraktivität dargestellt.

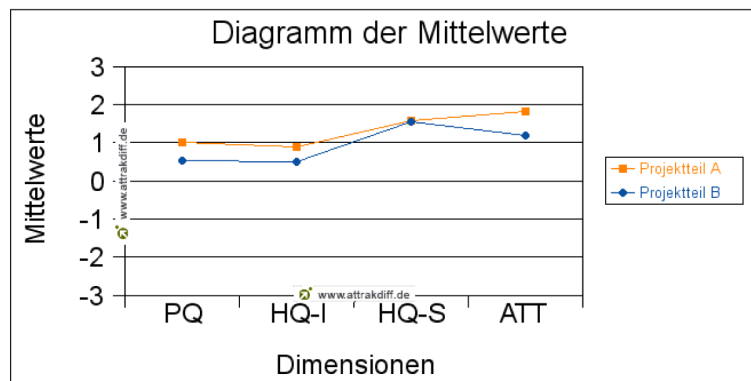


Abbildung 2: Mittlere Ausprägung der vier Dimensionen des AttrakDiff™ für die Produkte "Virtuelle Zeitreise mit Zoom" (Projektteil A) und "Virtuelle Zeitreise mit Highlighting" (Projektteil B)

Interpretationshilfe

Projektteil A, Produkt "Virtuelle Zeitreise mit Zoom"

Hinsichtlich der pragmatischen Qualität befindet sich das Produkt im überdurchschnittlichen Bereich. Es entspricht den gewohnten Standards.

Fazit: Wenn es Ihnen wichtig ist, den Nutzer stärker zu unterstützen, sollten Sie eine Verbesserung anstreben.

Hinsichtlich der hedonischen Qualität - Identität befindet sich das Produkt im durchschnittlichen Bereich. Es bietet dem Nutzer die Möglichkeit der Identifikation und entspricht somit den gewohnten Standards.

Fazit: Wenn es Ihnen wichtig ist, den Nutzer stärker an das Produkt zu binden, sollten Sie eine Verbesserung anstreben.

Hinsichtlich der hedonischen Qualität - Stimulation befindet sich das Produkt im überdurchschnittlichen Bereich. Es regt den Nutzer an, macht neugierig und motiviert.

Fazit: Das Produkt ist hinsichtlich des Aspekts Stimulation als optimal einzustufen.

Der Attraktivitätswert des Produkts befindet sich im überdurchschnittlichen Bereich.

Fazit: Insgesamt wirkt das Produkt auf die Nutzer sehr attraktiv.

Projektteil B, Produkt "Virtuelle Zeitreise mit Highlighting"

Hinsichtlich der pragmatischen Qualität befindet sich das Produkt im durchschnittlichen Bereich. Es entspricht den gewohnten Standards.

Fazit: Wenn es Ihnen wichtig ist, den Nutzer stärker zu unterstützen, sollten Sie eine Verbesserung anstreben.

Hinsichtlich der hedonischen Qualität - Identität befindet sich das Produkt im durchschnittlichen Bereich. Es bietet dem Nutzer die Möglichkeit der Identifikation und entspricht somit den gewohnten Standards.

Fazit: Wenn es Ihnen wichtig ist, den Nutzer stärker an das Produkt zu binden, sollten Sie eine Verbesserung anstreben.

Hinsichtlich der hedonischen Qualität - Stimulation befindet sich das Produkt im überdurchschnittlichen Bereich. Es regt den Nutzer an, macht neugierig und motiviert.

Fazit: Das Produkt ist hinsichtlich des Aspekts Stimulation als optimal einzustufen.

Der Attraktivitätswert des Produkts befindet sich im überdurchschnittlichen Bereich.

Fazit: Insgesamt wirkt das Produkt auf die Nutzer sehr attraktiv.

Vergleich der Ergebnisse beider Projektteile

Im Vergleich zu Produkt Virtuelle Zeitreise mit Zoom schneidet Produkt Virtuelle Zeitreise mit Highlighting hinsichtlich der pragmatischen Qualität schlechter ab. Dieser Unterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant.

Im Vergleich zu Produkt Virtuelle Zeitreise mit Zoom schneidet Produkt Virtuelle Zeitreise mit Highlighting hinsichtlich des Aspekts Identität der hedonischen Qualität schlechter ab. Dieser Unterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant.

Im Vergleich zu Produkt Virtuelle Zeitreise mit Zoom schneidet Produkt Virtuelle Zeitreise mit Highlighting hinsichtlich des Aspekts Stimulation der hedonischen Qualität schlechter ab. Dieser Unterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant.

Im Vergleich zu Produkt Virtuelle Zeitreise mit Zoom schneidet Produkt Virtuelle Zeitreise mit Highlighting hinsichtlich der Attraktivität schlechter ab. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant.

Das Profil der Wortpaare

Im Profil der Wortpaare sind die mittleren Ausprägungen der einzelnen Wortpaare des AttrakDiff™ für das untersuchte Produkt dargestellt. Hier sind vor allem Extremwerte interessant. Sie zeigen, welche Eigenschaften besonders kritisch sind, oder besonders gut gelöst sind.

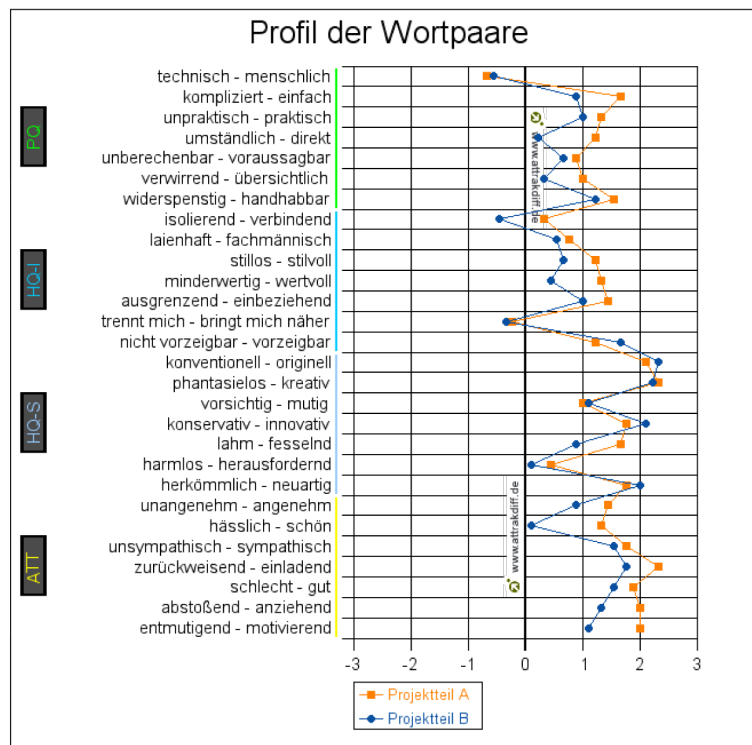


Abbildung 3: Mittlere Ausprägung der Wortpaare des AttrakDiff™ für die Produkte "Virtuelle Zeitreise mit Zoom" (Projektteil A) und "Virtuelle Zeitreise mit Highlighting" (Projektteil B)

ANHANG

Charakteristika der Untersuchungsteilnehmer

PRODUKT Virtuelle Zeitreise mit Zoom

Alter

20 bis 40: 8 Untersuchungsteilnehmer
40 bis 60: 1 Untersuchungsteilnehmer

Geschlecht

Männlich: 5 Untersuchungsteilnehmer
Weiblich: 4 Untersuchungsteilnehmer

Schulabschluss

Realschule: 2 Untersuchungsteilnehmer
Abitur: 4 Untersuchungsteilnehmer
Hochschule: 3 Untersuchungsteilnehmer

Beruf

Wiss. Mitarbeiter: 1 Untersuchungsteilnehmer
Student: 1 Untersuchungsteilnehmer
Sekretärin: 1 Untersuchungsteilnehmer
Student: 1 Untersuchungsteilnehmer
Dipl. Päd.: 1 Untersuchungsteilnehmer
Student: 1 Untersuchungsteilnehmer
Forscher & Entdecker: 1 Untersuchungsteilnehmer
INFE, VERKÄUFER, EH.: 1 Untersuchungsteilnehmer
Studentin: 1 Untersuchungsteilnehmer

Produkterfahrung

weniger als 1 Monat: 8 Untersuchungsteilnehmer
mehr als 3 Jahre: 1 Untersuchungsteilnehmer

PRODUKT Virtuelle Zeitreise mit Highlighting

Alter
20 bis 40: 9 Untersuchungsteilnehmer

Geschlecht
Männlich: 4 Untersuchungsteilnehmer
Weiblich: 5 Untersuchungsteilnehmer

Schulabschluss
Abitur: 5 Untersuchungsteilnehmer
Hochschule: 4 Untersuchungsteilnehmer

Beruf
student: 1 Untersuchungsteilnehmer
Schauspieler:in: 1 Untersuchungsteilnehmer
Sudent Master CV: 1 Untersuchungsteilnehmer
Student: 1 Untersuchungsteilnehmer
Student: 1 Untersuchungsteilnehmer
Studentin: 1 Untersuchungsteilnehmer
Studentin: 1 Untersuchungsteilnehmer
Beamter: 1 Untersuchungsteilnehmer
Dipl. Päd.: 1 Untersuchungsteilnehmer

Produkterfahrung
weniger als 1 Monat: 9 Untersuchungsteilnehmer

Konfidenzintervalle

Die Konfidenzintervalle bilden ein sogenanntes Konfidenz-Rechteck. Bei einer Untersuchung kann nie die Gesamtheit aller Personen zur Beurteilung herangezogen werden, die ein Produkt tatsächlich nutzen.

Der Projektleiter muss sich damit begnügen, eine gewisse Anzahl von Personen auszuwählen, die das Produkt beurteilen. Bei dieser Auswahl kann er nie 100%ig sicher sein, dass die ausgewählten Personen für die Gesamtheit aller Nutzer des Produkts repräsentativ sind. Es könnte also sein, dass sich die Beurteilung von den Personen, die ausgewählt wurden, von der unterscheidet, die man erhalten würde, wenn man alle Nutzer befragen könnte.

Das Konfidenzintervall gibt die Grenzen an, in denen der "wahre" Wert liegt, den man erhalten würde, wenn man alle Nutzer befragen könnte.

Das Konfidenz-Rechteck gibt somit an, mit welcher Sicherheit, das Produkt tatsächlich dem durch den Mittelwert der Dimensionen gekennzeichneten Charakter entspricht.

Signifikanztests

Über Signifikanztests wird geprüft, ob der Unterschied zwischen zwei gemessenen Werten auf eine tatsächliche Veränderung der Produkteigenschaften zurückgeführt werden kann, oder ob die Differenz eher auf eine zufällige Schwankung zurück zu führen ist. Erreicht ein Produkt beispielsweise bei der pragmatischen Qualität einen höheren Wert als ein anderes, heißt dies noch nicht, dass dieses Produkt tatsächlich pragmatischer ist als das andere.

Kleine, zufällige Schwankungen der Urteile der Testpersonen können dazu führen, dass ein Produkt einen höheren Wert erhält, obwohl eigentlich kein systematischer Unterschied zwischen den beiden Produkten besteht. Der gemessene Unterschied ist in diesem Fall also nicht bedeutsam.

Um zu Prüfen, ob zwischen den Bewertungen der einzelnen Produkte tatsächlich bedeutsame Unterschiede bestehen, wurden t-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt. Das Signifikanzniveau liegt bei 0,05.

Dies ist wie folgt zu interpretieren:

Ein Unterschied in der Messung wird als "signifikant" bezeichnet, wenn mit 95%iger Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass keine zufällige Schwankung vorliegt. Ein Unterschied wird als "nicht signifikant" bezeichnet, wenn die Wahrscheinlichkeit für eine zufällige Schwankung bei mehr als 5% liegt.

C.2 QUESI-Auswertung

Prototyp A

		A-VP1	A-VP2	A-VP3	A-VP4	A-VP5	A-VP6	A-VP7	A-VP8	A-VP9	
	<i>Ich benutze Systeme dieser Art seit, in Jahren</i>	4	4	0	0	1	0	5	0	0	
	<i>Ich benutze Systeme dieser Art seit, in Stunden pro Woche</i>	1,50	0,5	0	0	0	0	40	0	0	
	<i>Alter in Jahren</i>	27	26	26	27	28	20	30	55	23	
	<i>Geschlecht m/w</i>	m	m	w	w	m	w	m	m	w	
	<i>Höchster Schul- oder Hochschulabschluss</i>	Diplom Informatik	Abitur	Realschule	Abitur	Diplom Pädagogik	Abitur	Diplom Informatik	Realschule	Abitur	
	<i>Derzeitige Tätigkeit</i>	Wissenschaftlicher Mitarbeiter CV	Student CV	Sekretärin	Studentin Dipl. Pädagogik	Wissenschaftlicher Mitarbeiter	Student Umwelt risikomanagement (Ecological Impact Assessment)	Wissenschaftlicher Mitarbeiter, CV	Verkäufer	Student Realschullehreramt Englisch, Wirtschaft	

Fachleute
(ja/nein)

1

1

1

Item - Nr.	Item	A-VP1	A-VP2	A-VP3	A-VP4	A-VP5	A-VP6	A-VP7	A-VP8	A-VP9
1 (K)	Es gelang mir, das System ohne Nachdenken zu benutzen	3	5	2	4	3	2	1	3	4
2 (Z)	Ich habe erreicht, was ich mit dem System erreichen wollte.	4	4	4	5	5	4	5	4	5
3 (L)	Mir war sofort klar, wie das System funktioniert	3	5	3	3	3	2	2	3	3
4 (V)	Der Umgang mit dem System erschien mir vertraut.	5	5	1	2	4	2	2	4	3
5 (Fe)	Bei der Benutzung des Systems sind keine Probleme aufgetreten.	1	4	4	4	3	5	1	4	4
6 (K)	Die Systembenutzung war unkompliziert.	3	5	4	5	5	3	4	5	4
Item - Nr.	Item	A-VP1	A-VP2	A-VP3	A-VP4	A-VP5	A-VP6	A-VP7	A-VP8	A-VP9

7 (Z)	<i>Es gelang mir, meine Ziele so zu erreichen, wie ich es mir vorgestellt habe.</i>	4	5	5	5	5	4	5	5	4
8 (L)	<i>Es fiel mir von Anfang an leicht, das System zu benutzen.</i>	4	5	2	4	4	2	5	5	3
9 (V)	<i>Mir war immer klar, was ich tun musste, um das System zu benutzen</i>	3	4	3	4	3	3	2	4	3
10 (Fe)	<i>Die Benutzung des Systems verlief reibungslos.</i>	2	5	5	5	3	4	1	5	4
11 (K)	<i>Ich musste mich kaum auf die Benutzung des Systems konzentrieren.</i>	2	5	2	3	4	2	4	4	4

Item - Nr.	Item	A-VP1	A-VP2	A-VP3	A-VP4	A-VP5	A-VP6	A-VP7	A-VP8	A-VP9
12 (Z)	Das System hat mich dabei unterstützt, meine Ziele vollständig zu erreichen.	3	5	4	5	1	3	5	5	3
13 (L)	Die Benutzung des Systems war mir auf Anhieb klar	3	4	2	3	3	2	2	4	3
14 (V)	Ich tat immer automatisch das Richtige, um mein Ziel zu erreichen.	3	5	2	4	5	3	2	4	4

Varian
z

	A- Wissen schaftlic her Mitarbei ter CV	A- Studen t CV	A- Sekretär in	A- Student n Dipl. Pädago gik	A- Wissens chaftlich er Mit- arbeiter	Student Umwelt risikom anage ment (Ecolog ical Impact Assess ment)	A- Forscher & A- Verkäu fer, CV	A- Studen t Realsc hullehr amt Englisc h, Wirtsc haft		
Sub-Skalen										
K: <i>Wahrgenommene Kognitive Beanspruchung (Items 1, 6, 11),</i>	3	5	2	4	4	2	4	4	4	1,03
Z: <i>Wahrgenommene Zielerreichung (Items 2, 7, 12)</i>	4	5	4	5	5	4	5	5	4	0,28
L: <i>Wahrgenommener Lernaufwand (Items 3, 8, 13)</i>	3	5	2	3	3	2	2	4	3	1,00
V: <i>Vertrautheit / Vorwissen (Items 4, 9, 14)</i>	3	5	2	4	4	3	2	4	3	1,00
Fe: <i>Wahrgenommene Fehlerrate (Items 5, 10)</i>	1,5	4,5	4,5	4,5	3	4,5	1	4,5	4	1,97
QUESI- Gesamtwert	2,9	4,9	2,9	4,1	3,8	3,1	2,8	4,3	3,6	0,54

**Varia
nz**

Varian
z

1

1

1

Sub-Skalen	Fachleu te	Fachfr emde	Gesamt							
K: Wahrgenommene Kognitive Beanspruchung (Items 1, 6, 11),	4	4	4							0,00
Z: Wahrgenom- mene Zielerreichung (Items 2, 7, 12)	5	4,5	5							0,13
L: Wahrgenommener Lernaufwand (Items 3, 8, 13)	3	3	3							0,00
V: Vertrautheit / Vorwissen (Items 4, 9, 14)	3	3,5	3							0,13
Fe: Wahrgenommene Fehlerrate (Items 5, 10)	3,5	4,5	4,5							0,50
QUESI- Geamtwert	3,7	3,9	3,9							0,02

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Prototyp B

		B-VP1	B-VP2	B-VP3	B-VP4	B-VP5	B-VP6	B-VP7	B-VP8	B-VP9	
	<i>Ich benutze Systeme dieser Art seit, in Jahren</i>	0	0	16	0	0	0	0	0	0	
	<i>Ich benutze Systeme dieser Art seit, in Stunden pro Woche</i>	0	0	48	0	0	0	0	0	0	
	<i>Alter in Jahren</i>	29	32	23	25	29	30	26	31	32	
	<i>Geschlecht m/w</i>	m	w	m	m	w	w	w	m	w	
	<i>Höchster Schul- oder Hochschulabschluss</i>	Diplom Kommunikationsdesign	Abitur	Abitur	Abitur	Abitur	1. Staatsexamen Lehramt	Abitur	Abitur	Diplom Pädagogik	
	<i>Derzeitige Tätigkeit</i>	Regisseur	Verkäuferin	Student CV	Student CV	Student Informatik	Referendariat Realschullehramt Englisch, Wirtschaft	Studentin Realschullehramt	Beamter	Pädagogin beim Jugendamt	

1 1 1

Item - Nr.	Item	B- VP1	B- VP2	B- VP3	B- VP4	B- VP5	B- VP6	B- VP7	B- VP8	B- VP9	
1 (K)	Es gelang mir, das System ohne Nachdenken zu benutzen	3	3	3	5	3	4	3	5	1	
2 (Z)	Ich habe erreicht, was ich mit dem System erreichen wollte.	4	4	2	5	3	3	3	5	5	
3 (L)	Mir war sofort klar, wie das System funktioniert	3	3	2	4	3	3	2	2	1	
4 (V)	Der Umgang mit dem System erschien mir vertraut.	3	2	3	3	4	3	3	3	2	
5 (Fe)	Bei der Benutzung des Systems sind keine Probleme aufgetreten.	5	3	4	3	5	4	4	3	4	
6 (K)	Die Systembenutzung war unkompliziert.	4	4	5	5	4	4	3	5	4	
Item - Nr.	Item	B- VP1	B- VP2	B- VP3	B- VP4	B- VP5	B- VP6	B- VP7	B- VP8	B- VP9	

7 (Z)	Es gelang mir, meine Ziele so zu erreichen, wie ich es mir vorgestellt habe.	4	3	5	5	3	3	3	5	4
8 (L)	Es fiel mir von Anfang an leicht, das System zu benutzen.	3	3	2	4	4	3	2	2	2
9 (V)	Mir war immer klar, was ich tun musste, um das System zu benutzen.	3	3	1	3	3	3	2	2	2
10 (Fe)	Die Benutzung des Systems verlief reibungslos.	5	3	5	3	5	4	3	3	3
11 (K)	Ich musste mich kaum auf die Benutzung des Systems konzentrieren.	3	4	2	4	2	4	2	5	3

Item - Nr.	Item	B-VP1	B- VP2	B-VP3	B- VP4	B- VP5	B-VP6	B-VP7	B-VP8	B-VP9
12 (Z)	Das System hat mich dabei unterstützt, meine Ziele vollständig zu erreichen.	4	4	3	3	4	3	3	5	5
13 (L)	Die Benutzung des Systems war mir auf Anhieb klar	2	2	1	4	4	3	2	2	1
14 (V)	Ich tat immer automatisch das Richtige, um mein Ziel zu erreichen.	3	3	2	4	2	3	2	3	3

Varianz

	B-Regisseur	B-Verkäuferin	B-Student CV	B-Student CV	B-Student Informatik	B-Referendariat Realschul lehramt Englisch, Wirtschaft	B-Studentin Realschul lehramt	B-Beamter	B-Pädagogin beim Jugendamt	
Sub-Skalen										
K: Wahrgenommene Kognitive Beanspruchung (Items 1, 6, 11),	3	4	3	5	3	4	3	5	3	0,75
Z: Wahrgenommene Zielerreichung (Items 2, 7, 12)	4	4	3	5	3	3	3	5	5	0,86
L: Wahrgenommener Lernaufwand (Items 3, 8, 13)	3	3	2	4	4	3	2	2	1	1,00
V: Vertrautheit / Vorwissen (Items 4, 9, 14)	3	3	2	3	3	3	2	3	2	0,25
Fe: Wahrgenommene Fehlerrate (Items 5, 10)	5	3	4,5	3	5	4	3,5	3	3,5	0,69
QUESI-Geamtwert	3,6	3,4	2,9	4	3,6	3,4	2,7	3,6	2,9	0,18

1

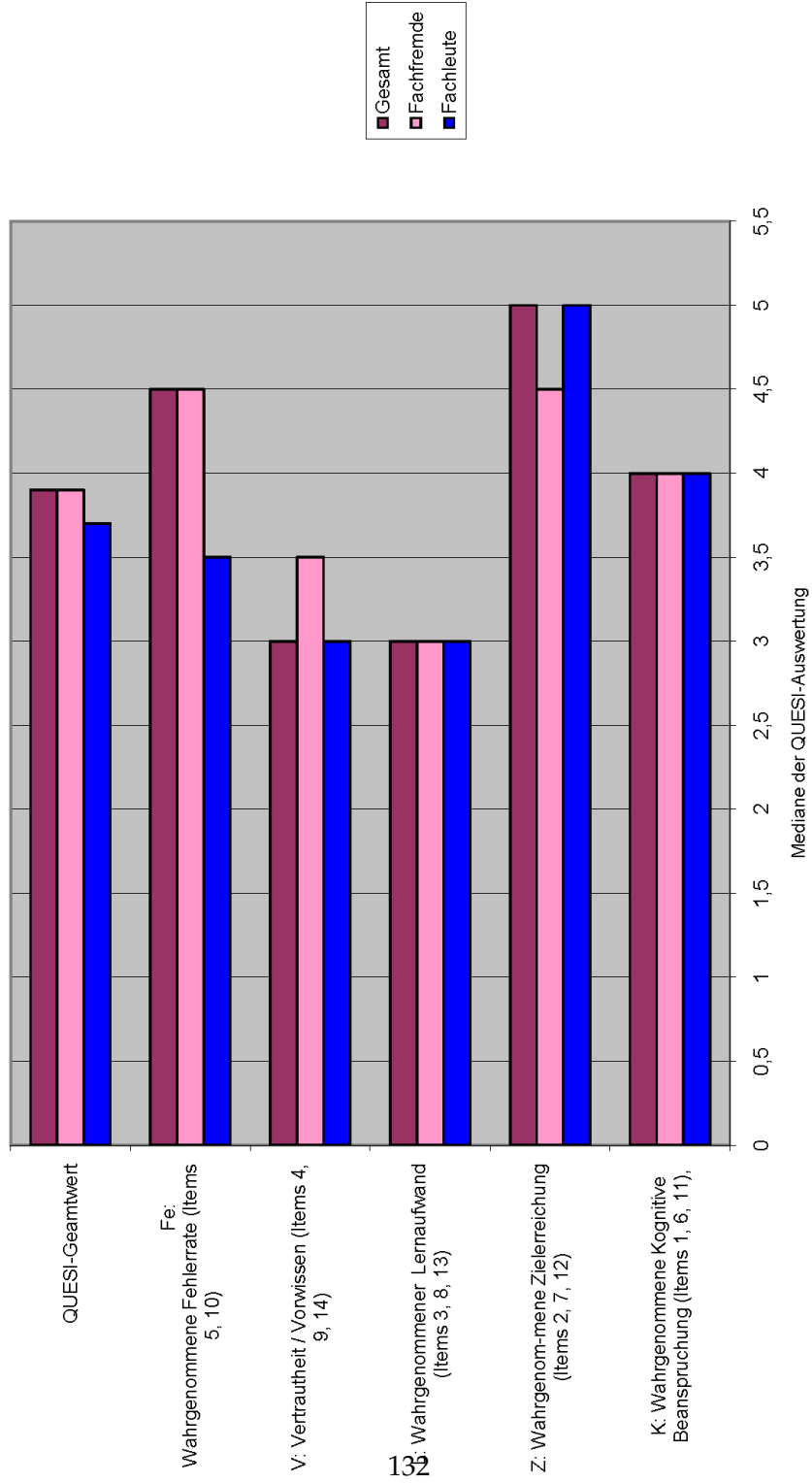
1

1

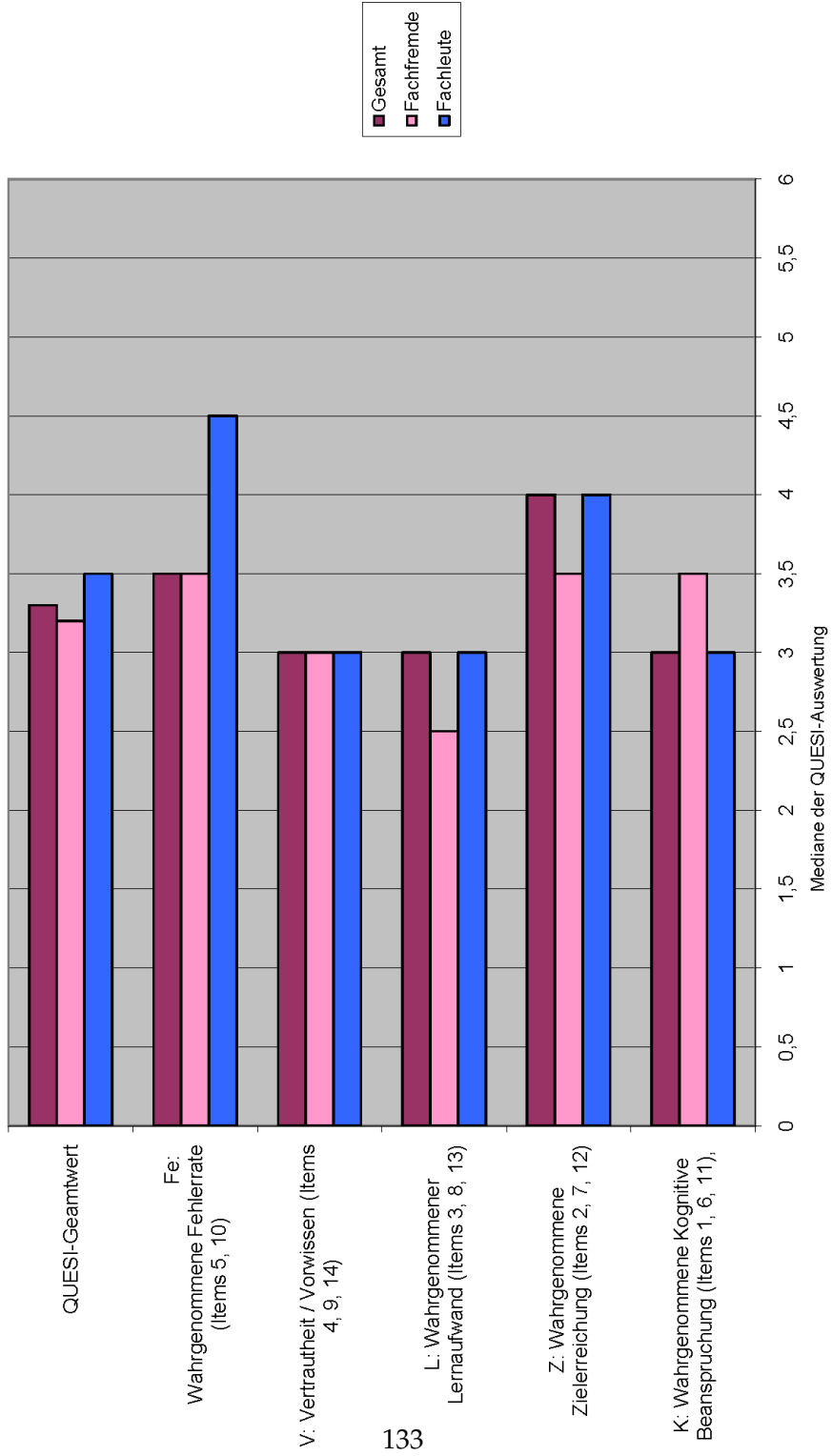
Sub-Skalen	Fachleu te	Fachf remde	Gesa mt				Fachle ute A +B	Fachfr emde A+B	Gesamt A+B	
K: Wahrgenommene Kognitive Beanspruchung (Items 1, 6, 11),	3	3,5	3	0,13			3,5	3,75	3,5	0,03
Z: Wahrgenommene Zielerreichung (Items 2, 7, 12)	4	3,5	4	0,13			4,5	4	4,5	0,13
L: Wahrgenommene r Lernaufwand (Items 3, 8, 13)	3	2,5	3	0,13			3	2,75	3	0,03
V: Vertrautheit / Vorwissen (Items 4, 9, 14)	3	3	3	0,00			3	3,25	3	0,03
Fe: Wahrgenommene Fehlerrate (Items 5, 10)	4,5	3,5	3,5	0,50			4	4	4	0,00
QUESI- Gesamtwert	3,5	3,2	3,3	0,05			3,6	3,55	3,6	0,00

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Gruppen-Gesamtwert QUESI - Prototyp A



Gruppengesamtwert QUESI Prototyp B



C.3 Prototyp A - nach ZUI

Prototyp A

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9
Testzeit zum Erlernen der Bedienung, in Minuten (gerundet)		10	7	6	6	10	5	5	8	7
Benutzermerkmale	Alter	27	26	26	27	28	20	30	55	23
	Geschlecht	m	m	w	w	m	w	m	m	w
	Rechtshänder (R)/ Linkshänder(L)	R	R	R	R	R	R	R	L	R
	Fernglasnutzung	1	1	1	1	2	0	1	1	0
	Benutzung von Computern	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Benutzung von Microsoft Windows	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Nutzung von 3D-System	3	2	0	1	2	0	4	1	1
	Vorerfahrung mit Virtuellen Realitäten, in Jahren	4	4	0	0	0	0	5	0	0
	Nutzung von Virtuellen Realitäten	1,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
	technisch interessiert	1	1			1	1	1	1	
	Realschulabschluss			1					1	
	Abitur		1		1		1			1
	Hochschulabschluss	1				1		1		
	Student/in		1		1		1			1
	Selbständig									
	Wissenschaftler/in	1				1		1		
	Angestellte/r			1					1	
	Tätigkeitsbereich	CV	CV	S	P	P	U	CV	V	RL
Eingabegerät										
Fernglasdesign	ansprechend	1	1		1	1	1	1		
	abschreckend			1						
	macht neugierig	1	1	1	1	1	1	1	1	1

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9
Fernglas- bedienung	mit Maus etwas tun zu müssen, war sofort klar	1	1	1	1	1	1			1
	zuerst an Mausehrad gedreht	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mausehrad nicht bemerkt									
	zuerst an Mausbuttons geklickt									
	Mausbuttons nicht bemerkt				1		1			
	an Rigid-Body gedreht						1			
	Handhabung ist angenehm	1	1	1	1	1	1	1		1
Erwartungen an Fernglas- bedienung	keine Erwartungen	1	1	1		1	1		1	
	Mausbutton haben keine Funktion		1		1		1			
	Mausehrad hat keine Funktion									
	Mausehrad erinnert an: Fokussiergerät, nicht an Maus von PC	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mausbutton sollten etwas anderes tun als Mausehrad							1		
	Vergößern war wie erwartet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	da wo man hinguckt, sollte etwas passieren, wenn man die Maus betätigt	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Benutzeroberfläche										
Benutzer- oberfläche	ansprechend	1					1	1	1	1
	klar, einfach	1	1	1	1	1	1			
	Hintergrund unpassend		1							
	Fernglas abgesetzt, um alles zu sehen und sich zu orientieren und zu sehen, was passiert			1		1				1
	zu wenig Informationen		1	1						
	ansprechende Modelle									
	Viewports irritieren, weil sie das gleiche tun-> Sinn?			1	1	1	1	1	1	1

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9
Zeitstrahl	als solchen erkannt	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ist auch bei vielen Zeiten zur Orientierung ausreichend	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wurm-löcher	bekannt	1					1	1	1	
	erkannt									
Viewports inter-pretiert als	Übersicht								1	
	Fenster von Zeitmaschine	1								
	Paralleluniversum							1		
	ein virtuelles Museum		1					1		1
	Vergleich verschiedener Zeiten			1		1				
	verschiedene Perspektiven des Zeitstrahls	1	1	1		1		1		1
Schulnote für Meta-phorik		1	2	2	2	2	2	2,5	2,5	2
Interaktionstechnik										
Steuerung mit Blick-richtung ist	gewöhnungsbedürftig/ ungewohnt			1	1					
	einfach, angenehmer, wenn man es weiß									
	toll		1	1	1	1	1			1
Interaktions-technik ist	Zoomen			1	1		1			1
	Verschiebung	1	1			1		1	1	
Interaktions-technik ist	ungewohnt, weil man es nicht kennt, ganz neu			1	1		1			1
	muss man erlernen			1			1			
	selbsterklärend	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	schnell erlernbar	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	nicht überraschend/ wie erwartet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	vertraut	1	1		1	1	1	1	1	
	intuitiv	1	1	1		1	1		1	
	anstrengend									
	von Anfang an einfach	1	1		1	1		1		
	einfach, wenn man es verstanden hat			1			1			1

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9
Interaktions- technik erinnert an	Kamera		1			1	1			
	Fotoapparat		1		1			1		
	Computerspiel						1			
	Bildbearbeitungs- programm								1	
	3D-Programm									1
	Studienarbeit	1								
	nichts			1						
Schulnote für Interaktions- technik	mit Trackerproblemen	2	1	1	2	2	2	3	2	2
	ohne Trackerprobleme	1	1	1	1	1	2	2	2	1
Erleben										
Präsenz- gefühl mit Ferglas	Ferglas ist intensiver als mit Polfilterbrille	1		1	1	1	1			1
	fokussierend, deutlicher selektierend		1	1		1	1	1	1	1
	kleiner Sichtbereich macht neugierig	1	1	1		1	1	1	1	1
	bessere Konzentration		1			1	1	1	1	1
Ferglas oder Brille?	3D-Effekt mit Ferglas nicht bemerkt (N) / könnte weg (W)	N	N		N					
	3D-Effekt mit Brille besser		1					1	1	1
	beim Ferglas halten wurden die Arme schwer									
	Ferglas (F) / Brille (B)	F	F	B	F	F	F	B	B	F
	in Brille spiegelt Hintergrund		1				1			
	Brille macht schummrig				1					
	will alles sehen, um Überblick zu haben			1					1	1
will Hände frei haben								1		
Schulnote für Ferglas-Idee		1	1	1	1	1	1	1	1	1

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9
Verbesserungs-, Erweiterungsmöglichkeiten und Wünsche und Ideen der Tester										
Fernglas	größerer Sichtbereich		1	1	1		1	1	1	1
	Buttons zur Wahl der Zeit am Fernglas		1							
	will weiter weg stehen			1			1		1	
	Maus sollte anders platziert werden								1	
	Zeit mit Mausrad wählen							1		
	will ein richtiges Fokussierad und Buttons an Fernglas			1					1	
Benutzer-oberfläche	Verbesserungsvorschlag skizziert					1		1	1	
	größere Viewports									
	Menü aus anderer Perspektive								1	
	bei vielen Zeiten eine Übersichtskarte									1
	Wurmlöcher sollten Tunnel sein und/oder rund	1		1	1	1	1	1	1	1
	Wurmlöcher sollten Rahmen haben	1								
	Wurmlöcher sollten Special Effect haben		1					1		1
	mehr Informationen		1	1						1
	mehr Leben, Animation, Menschen, Tiere, Pflanzen, Wasser	1	1	1		1	1	1	1	
	mehr Zeiten									1
	schönere, zeitspezifische Modelle, mehr Details		1	1		1	1	1	1	

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9
	Menü zur Auswahl der Zeiten					1	1	1	1	
	Arbeitsfläche zur Seitenschieben, damit man in Paralleluniversum kommt									1
	Selektion durch Blickrichtung und heranzoomen								1	1
	Selektion durch Blickrichtung + klicken					1		1	1	1
	zusätzlich räumlich zoomen -> näher an Gebäude heran und hinein							1	1	1
	Änderung der Welt in Abhängigkeit der Blickrichtung			1				1		
	Gebäude von allen Seiten sehen	1	1			1		1		
	Objekte mit Drag&Drop verschieben									
	Sound, Musik				1		1			
	Spracheingabe						1			
	mit Drehgeschwindigkeit des Rades Reisegeschwindigkeit beeinflussen						1		1	
	Start & Stop-Button für Reise							1		
Interaktions-technik	mehr Special-Effects		1					1	1	
Wäre ein System mit dem man die Tiefenschärfe einstellen, anstatt zoomen, kann interessant?	ja, testen	1	1		1			1	1	
	nein			1		1	1			1

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9
Ideen der Testpersonen	Shooterspiel									
	Spiele			1						
	Natur entdecken, Geologie, Biologie							1		
	Beobachtungen auf Mikro & Makroebene						1	1		
	Google Earth									1
	virtuelles Planetarium						1	1		
	Museum		1			1				
	Warensortiment								1	
Wimmelbilder										
Unterricht in Klasse: Lehrer steuert und erzählt, Schüler beobachten mit Fernglas						1				
Schulnote für Zukunftspotential		2	1	2	2	1	1	1	2	3
Störvariablen										
Störvariablen	laut, viele Menschen im Raum					1			1	
	Brillenträger, deshalb Trackerprobleme und Präsenzgefühl weg	1								
	große Testperson, dadurch hackte der Tracker				1	1		1		
	Hinweis gegeben überall herumzugucken			1						
	sonstige Augenprobleme						1		1	

Legende der Tätigkeitsbereiche	
Beamter	B
Computer-visualistik	CV
Informatik	I
Regie	R
Diplom	
Pädagogik	P
Realschullehrer	RL
Sekretariat	S
Umwelt- und Risikomanagement	U
Verkauf	V

Auswertung Prototyp A

		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde	
Testzeit zum Erlernen der Bedienung, in Minuten (gerundet)		7,11		7,3	5,3	
Benutzermerkmale	Alter	26				
	Geschlecht männlich	0	5			
	Rechtshänder (R)/ Linkshänder(L)	0	8			
	Fernglasnutzung	1	1	1	1	
	Benutzung von Computern	4	4	4	4	
	Benutzung von Microsoft Windows	4	4	4	4	
	Nutzung von 3D-System	2	2,15	2,5	1	
	Vorerfahrung mit Virtuellen Realitäten, in Jahren	1,44	1,44	4	0	
	Nutzung von Virtuellen Realitäten	0,17	0,17	0,5	0	
	technisch interessiert		6	3	3	
	Realschulabschluss		2	0	2	
	Abitur		4	1	3	
	Hochschulabschluss		3	2	1	
	Student/in		4	1	3	
	Selbständig			0	0	
	Wissenschaftler/in			3	2	1
	Angestellte/r			2	0	2
	Fachleute			9	3	6
Eingabegerät						
Fernglasdesign	ansprechend			6	3	3
	abschreckend			1	0	1
	macht neugierig			9	3	6
						0

		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde
Fernglas- bedienung	mit Maus etwas tun zu müssen, war sofort klar		6	2	5
	zuerst an Mausrad gedreht		9	3	6
	Mausrad nicht bemerkt			0	0
	zuerst an Mausbuttons geklickt			0	0
	Mausbuttons nicht bemerkt		2	0	2
	an Rigid-Body gedreht		1	0	1
	Handhabung ist angenehm		8	3	5
		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde
Erwar-tungen an Fernglas- bedienung	keine Erwartungen		6	2	4
	Mausbutton haben keine Funktion		3	1	2
	Mausrad hat keine Funktion			0	0
	Mausrad erinnert an: Fokussierrad		9	3	6
	Mausbutton sollten etwas anderes tun als Mausrad		1	1	0
	Vegrößern war wie erwartet		9	3	6
	da wo man hinguckt, sollte etwas passieren, wenn man die Maus betätigt		9	3	6
Benutzeroberfläche					
Benutzer- oberfläche	ansprechend		5	2	3
	klar, einfach		6	2	4
	Hintergrund unpassend		1	1	0
	Fernglas abgesetzt, um alles zu sehen und sich zu orientieren und zu sehen, was passiert		3	0	3
	zu wenig Informationen		2	1	1
	ansprechende Modelle			0	0
	Viewports irritieren, weil sie das gleiche tun-> Sinn?		7	1	6
			Durchschnitt	Anzahl	Fachleute

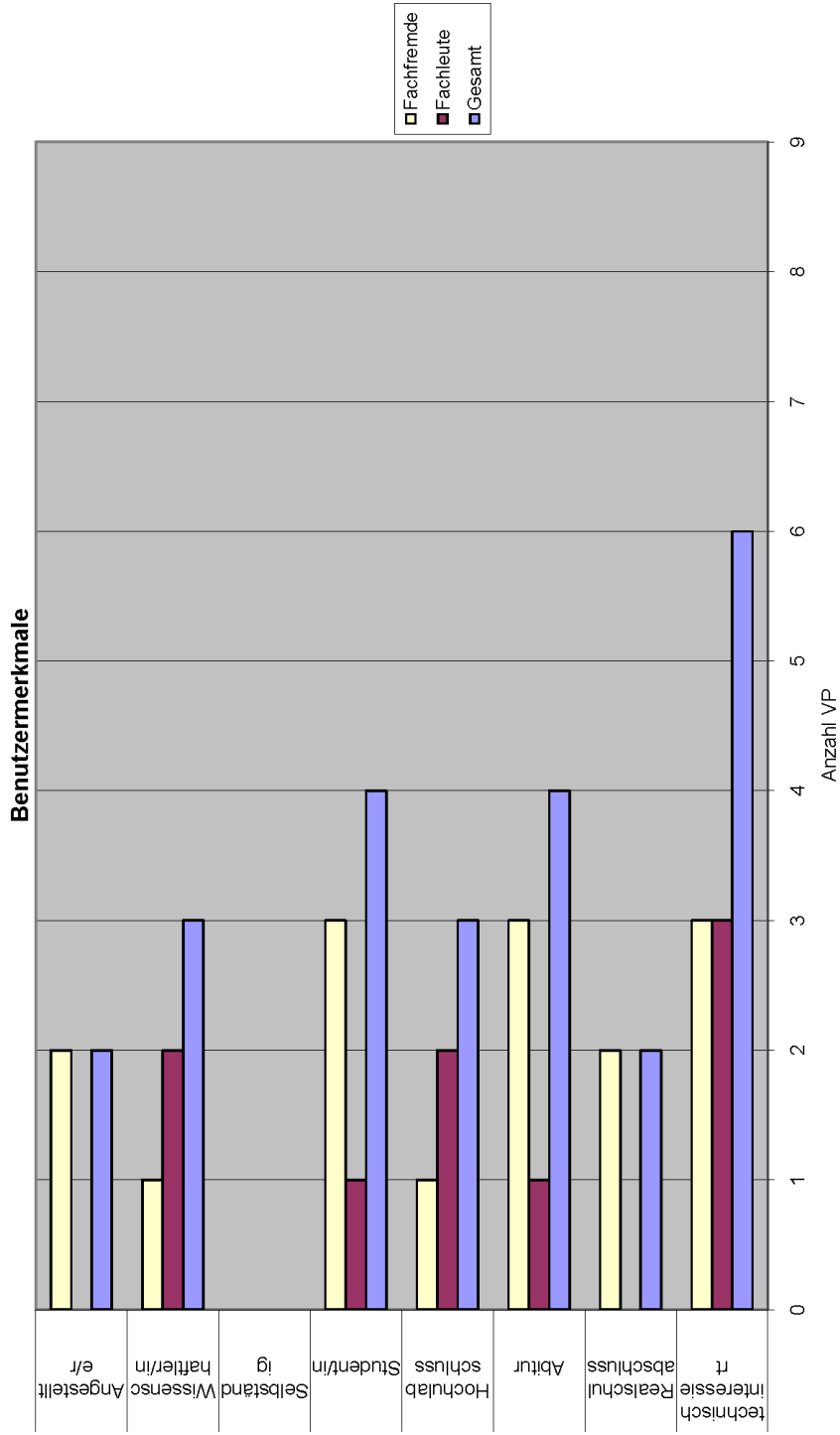
				0	0
	als solchen erkannt		9	3	6
(Zeitstrahl)	ist auch bei vielen Zeiten zur Orientierung ausreichend		8	3	5
				0	0
(Wurmlöcher)	bekannt		4	2	2
	erkannt			0	0
				0	0
(Viewports interpretiert als)	Übersicht		1	0	1
	Fenster von Zeitmaschine		1	1	0
	Paralleluniversum		1	1	0
	ein virtuelles Museum		3	2	1
	Vergleich verschiedener Zeiten		2	0	2
	verschiedene Perspektiven des Zeitstrahls		6	3	3
		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde
Schulnote für Meta-phorik		2,00		1,83	2,08
Interaktionstechnik					
Steuerung mit Blick-richtung ist	gewöhnungsbedürftig/ ungewohnt		2	0	2
	einfach, angenehmer, wenn man es weiß			0	0
	toll		6	1	5
				0	0
Interaktions-technik ist	Zoomen		4	0	4
	Verschiebung		5	3	2
		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde
Interaktions-technik ist	ungewohnt, weil man es nicht kennt, ganz neu		4	0	4
	muss man erlernen		2	0	2
	selbsterklärend		9	3	6
	schnell erlernbar		9	3	6
	nicht überraschend/ wie erwartet		9	3	6
	vertraut		7	3	4
	intuitiv		6	2	4
	anstrengend			0	0
	von Anfang an einfach		5	3	2
	einfach, wenn man es verstanden hat		3	0	3

		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde
Interaktions- technik erinnert an	wie Kamera		3	1	2
	wie Fotoapparat		3	2	1
	wie Computerspiel		1	0	1
	wie Bildbearbeitungs- programm		1	0	1
	wie 3D-Programm		1	0	1
	wie Studienarbeit		1	1	0
	neuartig		1	0	1
				0	0
Schulnote für Interaktions- technik	mit Trackerproblemen	1,89		2,00	1,83
	ohne Trackerprobleme	1,33		1,33	1,33
		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde
Erleben					
Präsenz-gefühl mit Fernglas	Fernglas ist intensiver als mit Polfilterbrille		6	1	5
	mit Fernglas: fokussierend, deutlicher selektierend		7	2	5
	mit Fernglas: kleiner Sichtbereich macht neugierig		8	3	5
	bessere Konzentration		6	2	4
			Durchschnitt	Anzahl	Fachleute
Fernglas oder Brille?	3D-Effekt mit Fernglas nicht bemerkt		3	0	0
	3D-Effekt mit Brille besser		4	2	2
	beim Fernglas halten wurden die Arme schwer			0	0
	Fernglas bevorzugt		6	0	0
	in Brille spiegelt Hintergrund		2	1	1
	Brille macht schummrig		1	0	1
	will alles sehen, um Überblick zu haben		3	0	3
	will Hände frei haben		1	0	1
		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde
Schulnote für Fernglas-Idee		1		1	1

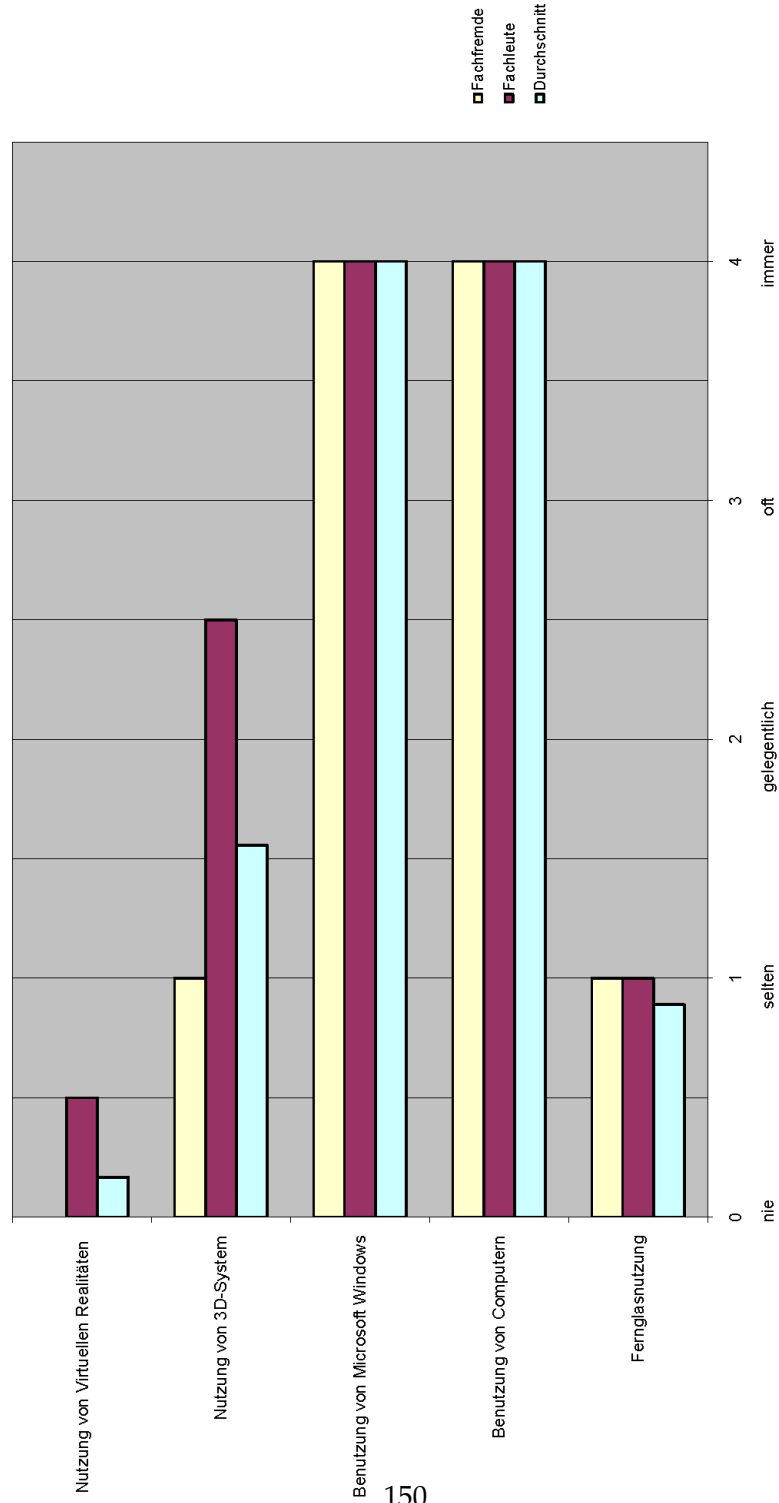
Verbesserungs-, Erweiterungsmöglichkeiten und Wünsche und Ideen der Tester					
Fernglas	größerer Sichtbereich		7	2	5
	Buttons zur Wahl der Zeit am Fernglas		1	1	0
	will weiter weg stehen		3	0	3
	Maus sollte anders platziert werden		1	0	1
	Zeit mit Mausekranz wählen		1	1	0
	will ein richtiges Fokussierrad und Buttons an Fernglas		2	1	1
		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde
Benutzer- oberfläche	Verbesserungsvorschlag skizziert		3	1	2
	größere Viewports			0	0
	Menü aus anderer Perspektive		1	0	1
	bei vielen Zeiten eine Übersichtskarte		1	0	1
	Wurmlöcher sollten Tunnel sein und/oder rund		8	2	6
	Wurmlöcher sollten Rahmen haben		1	1	0
	Wurmlöcher sollten Special Effect haben		3	2	1
	mehr Informationen		3	1	2
	mehr Leben, Animation, Menschen, Tiere, Pflanzen, Wasser		7	3	4
	mehr Zeiten			0	1
	schönere, zeitspezifische Modelle, mehr Details		6	2	4
	Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde	

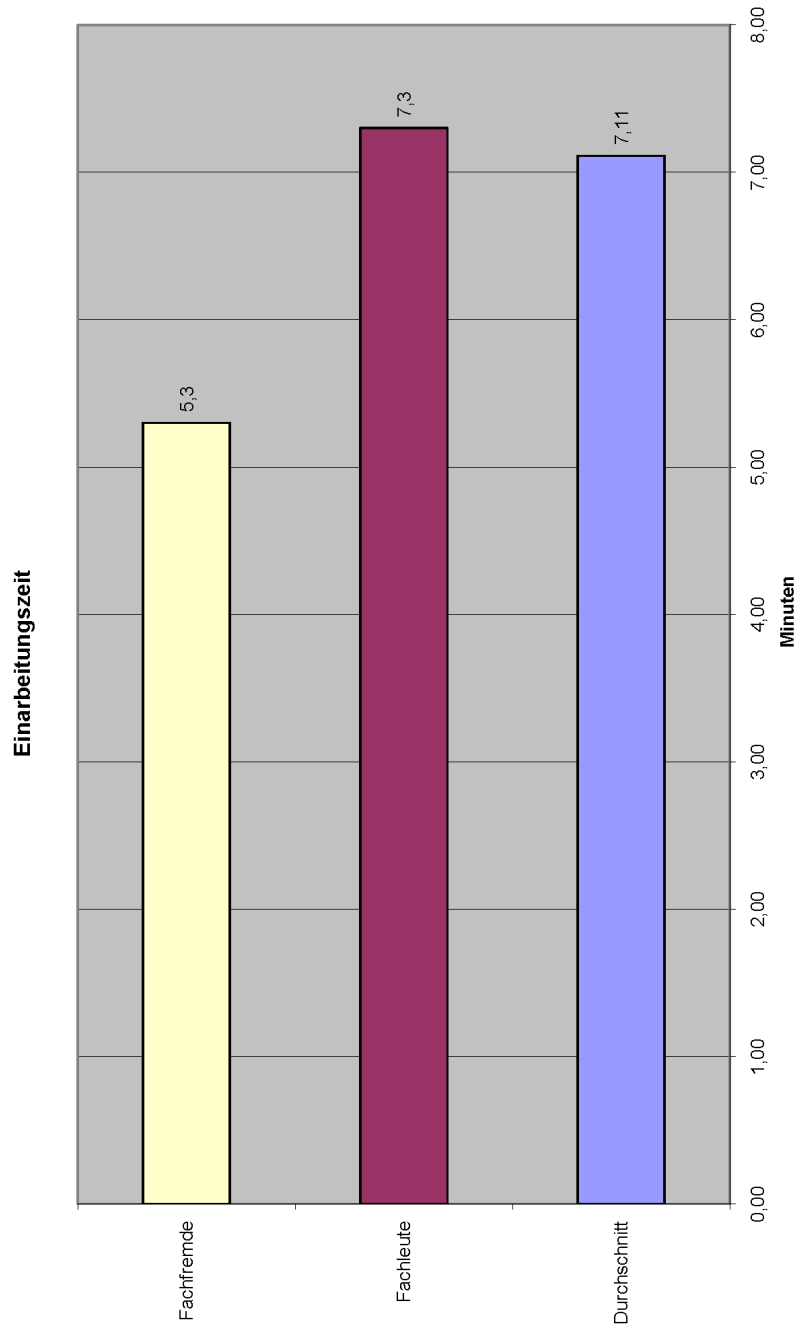
Interaktions- technik	Menü zur Auswahl der Zeiten		4	1	3
	Arbeitsfläche zur Seiteschieben, damit man in Paralleluniversum kommt		1	0	1
	Selektion durch Blickrichtung und heranzoomen		2	0	2
	Selektion durch Blickrichtung + klicken		4	1	3
	zusätzlich räumlich zoomen -> näher an Gebäude heran und hinein		3	1	2
	Änderung der Welt in Abhängigkeit der Blickrichtung		2	1	1
	Gebäude von allen Seiten sehen		4	3	1
	Objekte mit Drag&Drop verschieben			0	0
	Sound, Musik		2	0	2
	Spracheingabe		1	0	1
	mit Drehgeschwindigkeit des Rades Reisegeschwindigkeit beeinflussen		2	0	2
	Start & Stop-Button für Reise		1	1	0
	mehr Special-Effects		3	2	1
			Durchschnitt	Anzahl	Fachleute
Wäre ein System mit dem man die Tiefenschärfe einstellen, anstatt zoomen, kann interessant?	ja, testen		5	3	2
	nein		4	0	4
					0

					0
Ideen der Test- personen	Shooterspiel			0	0
	Spiele		1	0	1
	Natur entdecken, Geologie, Biologie		1	1	0
	Beobachtungen auf Mikro & Makroebene		2	1	1
	Google Earth		1	0	1
	virtuelles Planetarium		2	1	1
	Museum		2	1	1
	Warensortiment		1	0	1
	Wimmelbilder			0	0
	Unterricht in Klasse: Lehrer steuert und erzählt, Schüler beobachten mit Fernglas		1	0	1
	Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde	
Schulnote für Zukunfts- potential	1,67		1,33	1,83	
			2	0	0
			1	0	2
			3	1	0
			1	1	2
			2	0	1

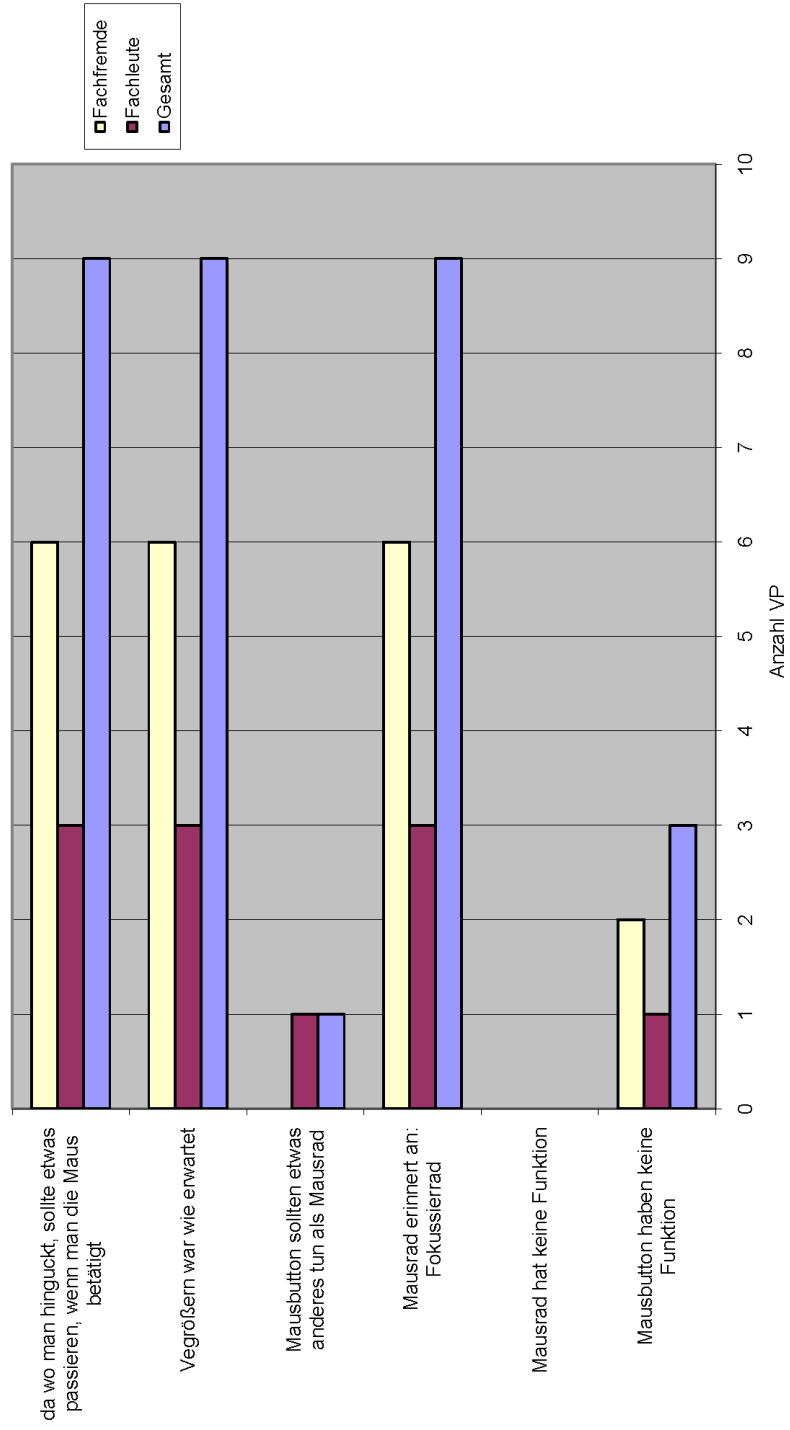


Vorerfahrungen

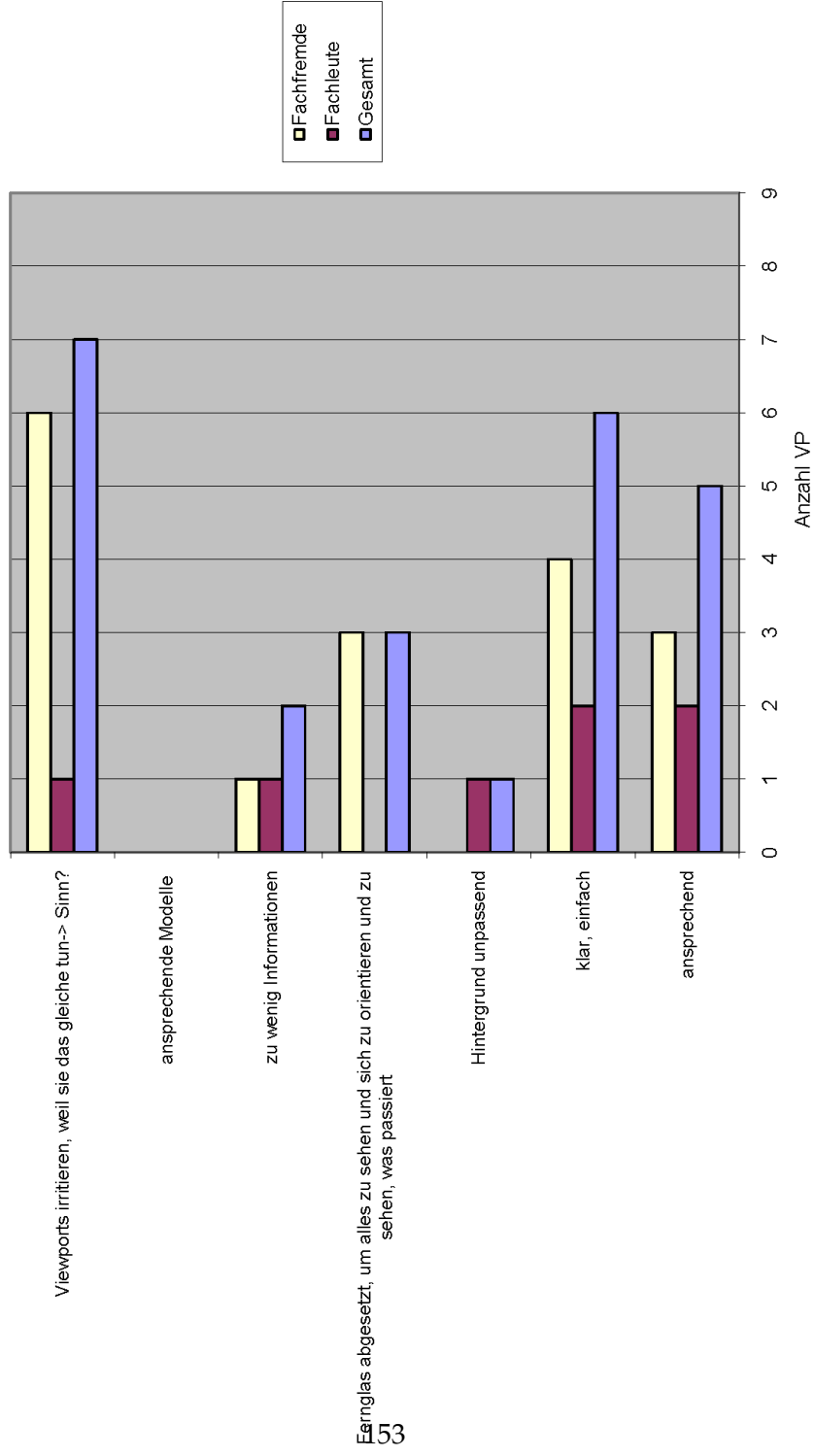




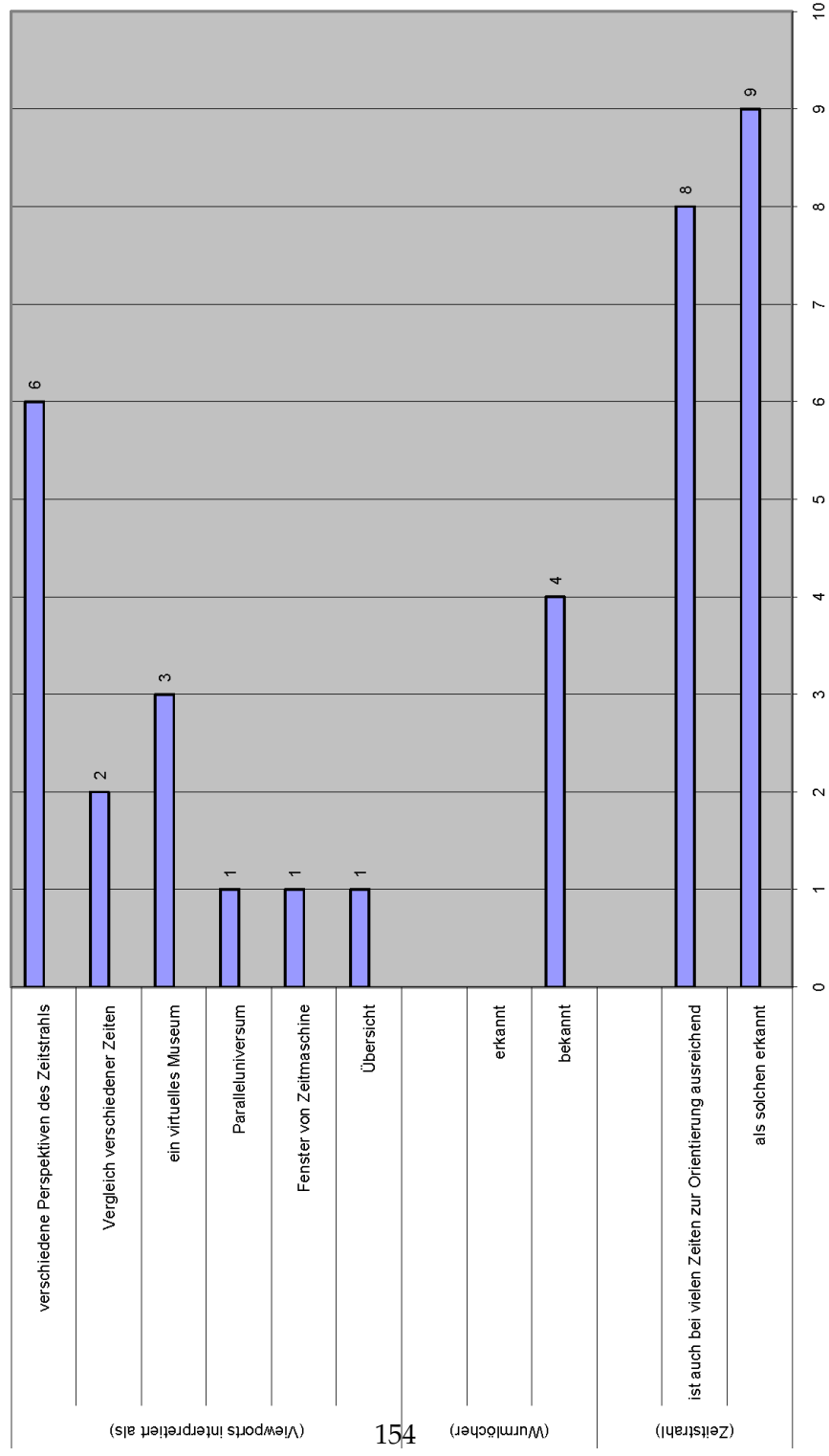
Erwartungen an Fernglasbedienung

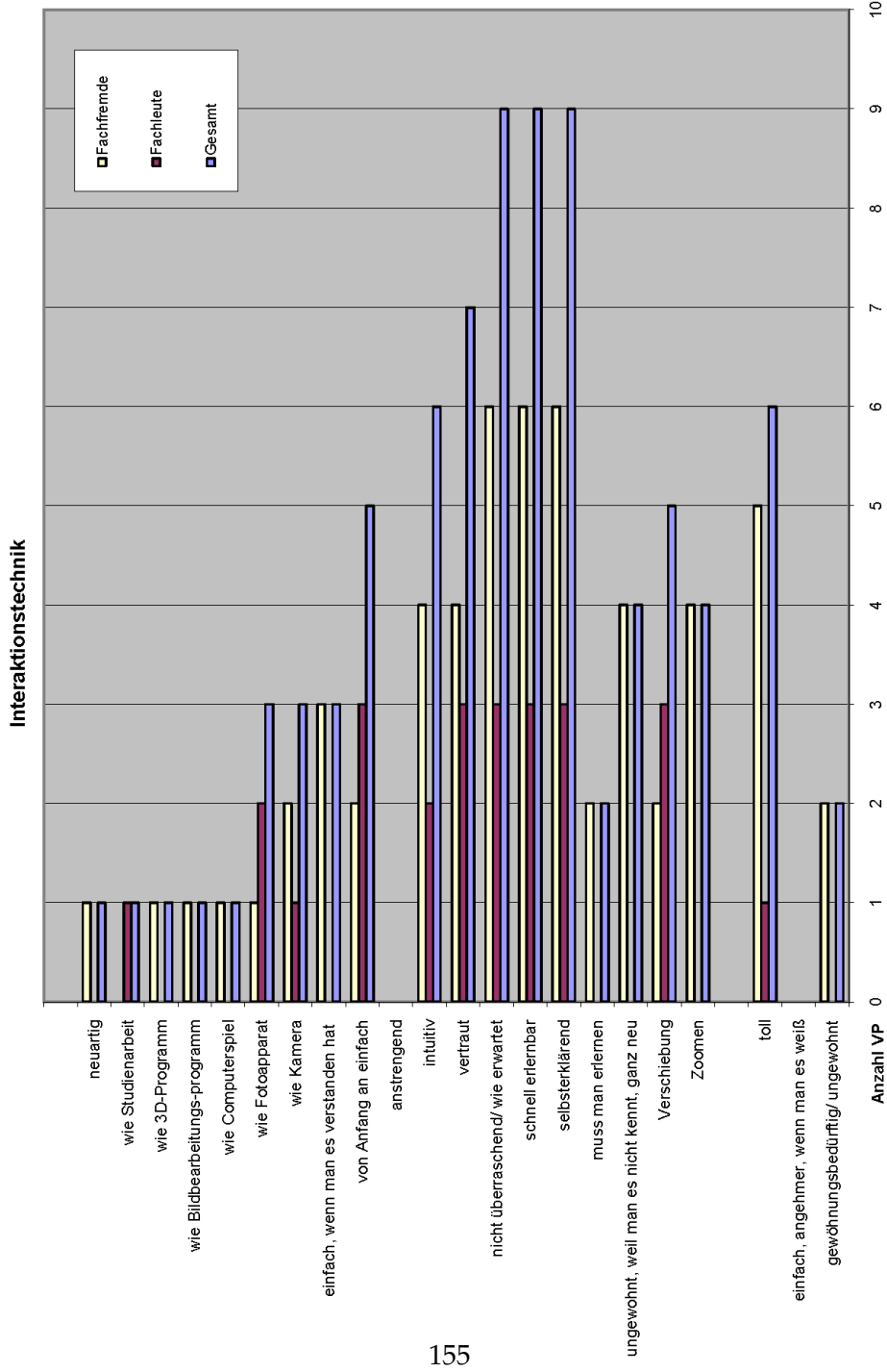


Benutzeroberfläche

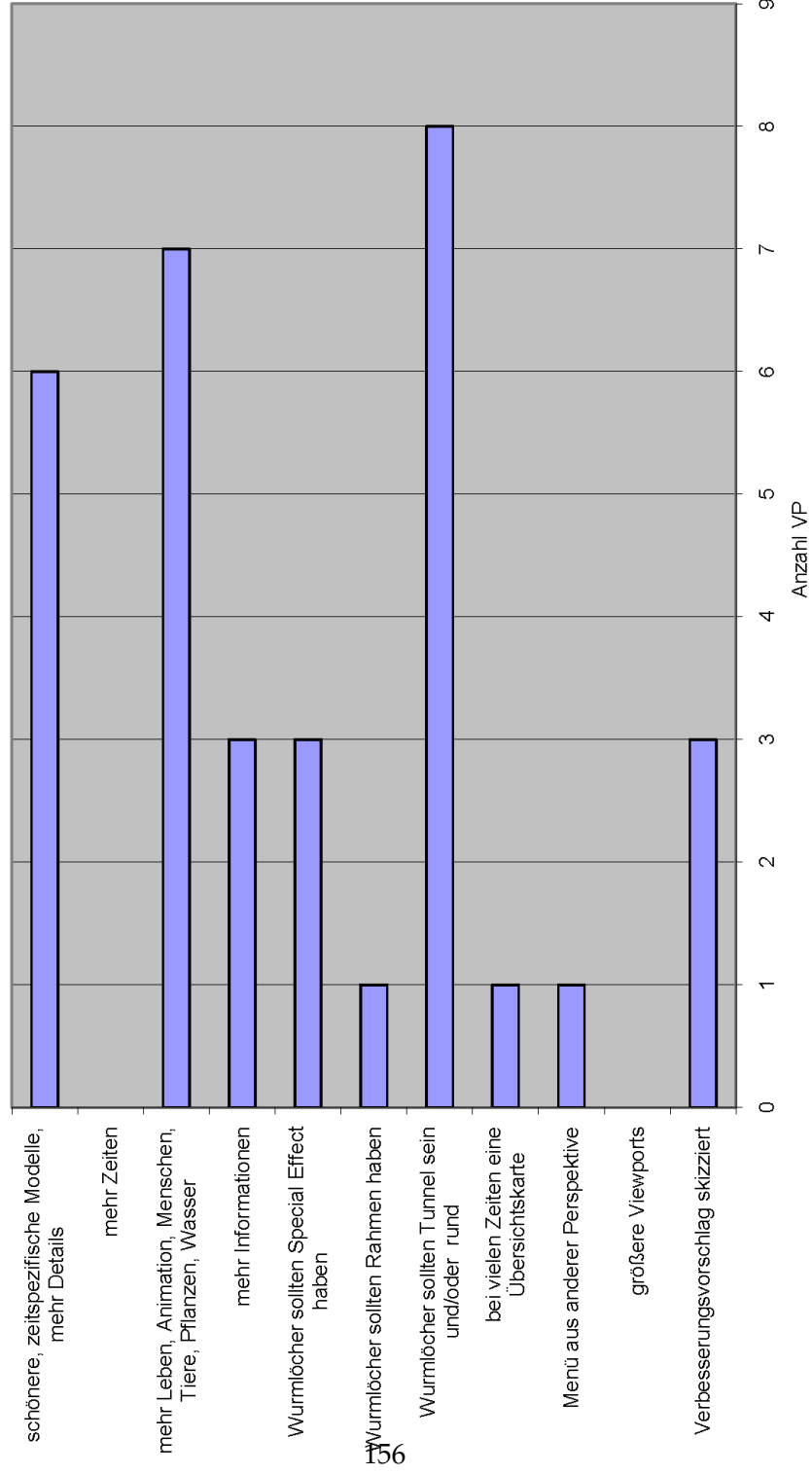


Zeitstrahl, Wurmlöcher, Viewports

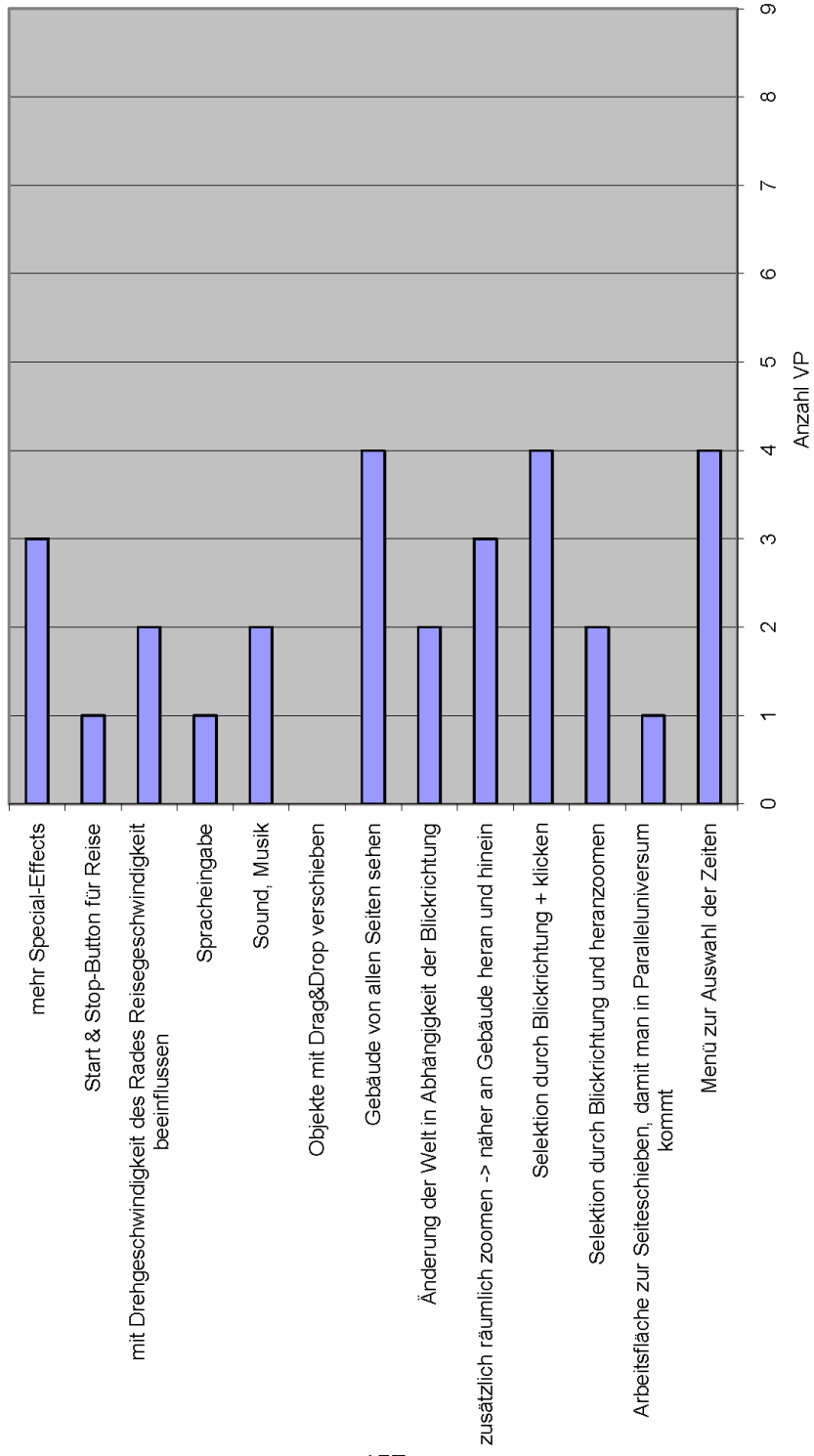




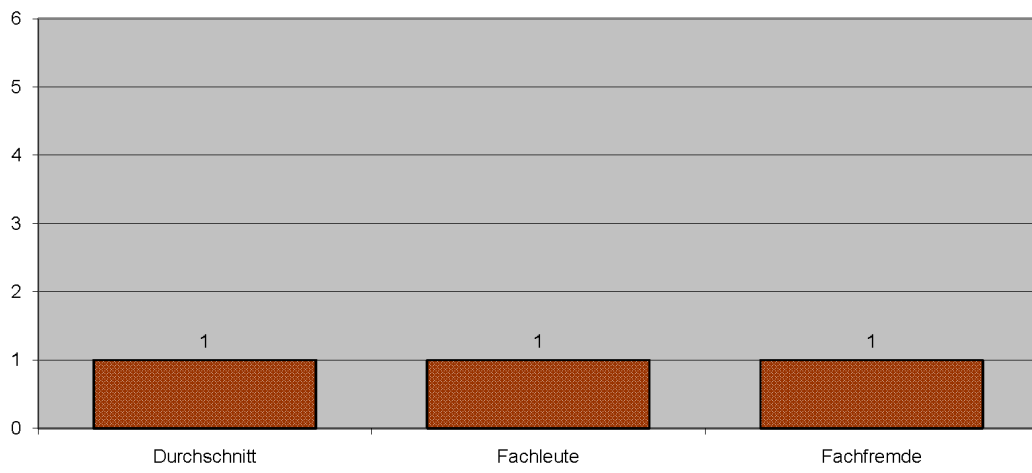
Verbesserung Benutzeroberfläche



Verbesserung Interaktionstechnik

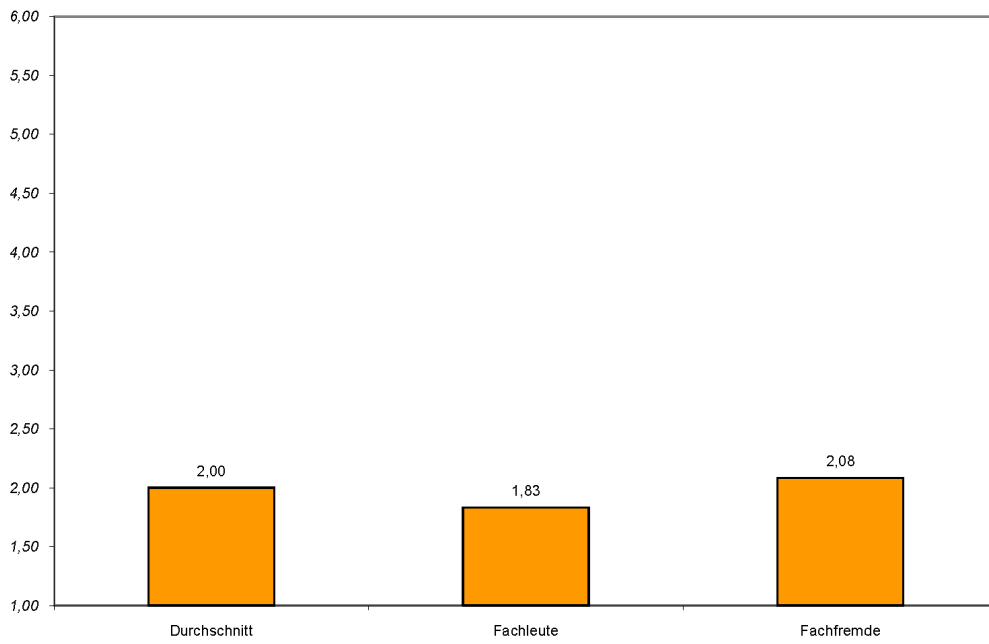


Schulnote für Fernglasidee

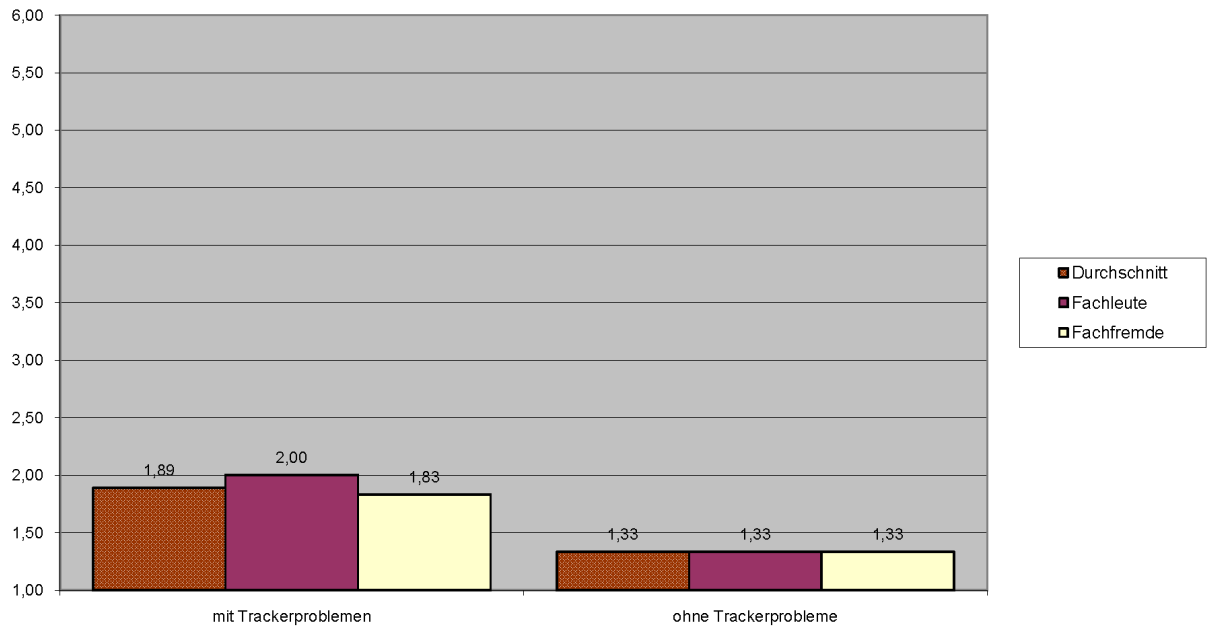


Schulnote für Metaphorik

Schulnote für Metaphorik



Schulnote für Interaktionstechnik



C.4 Prototyp B - nach WIMP

Prototyp B

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9	
Testzeit zum Erlernen der Bedienung, in Minuten (gerundet)		7	10	7	14	8	10	8	14	13	
Benutzermerkmale	Alter	29	32	23	25	29	30	26	31	32	
	Geschlecht	m	w	m	m	w	w	w	m	w	
	Rechtshänder (R)/ Linkshänder(L)	R	R	R	R	R	R	R	R	L	
	Fernglasnutzung	2	1	1	0	1	0	1		1	
	Benutzung von Computern	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Benutzung von Microsoft Windows	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Nutzung von 3D-System	1	0	4	0	0	0	0	0	0	
	Vorerfahrung mit Virtuellen Realitäten, in Jahren	0	0		0	0	0	0	0	0	
	Nutzung von Virtuellen Realitäten	0	0		0	0	0	0	0	0	
	technisch interessiert	1		1	1	1				1	
	Realschulabschluss										
	Abitur		1	1	1	1		1	1	1	
	Hochschulabschluss	1					1			1	
	Student/in			1	1			1			
	Selbständig	1									
	Wissenschaftler/in										
	Angestellte/r		1				1		1	1	
	Tätigkeitsbereich	R	V	CV	CV	I	RL	RL	B	P	
	Eingabegerät										
	Fernglasdesign	ansprechend	1		1						
abschreckend			1								
macht neugierig		1	1	1	1	1	1	1	1	1	

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9
Fernglas- bedienung	mit Maus etwas tun zu müssen, war sofort klar		1		1	1	1	1	1	
	zuerst an Mause rad gedreht	1			1	1		1	1	
	Mause rad nicht bemerkt						1			
	zuerst an Mause buttons geklickt			1			1			1
	Mause buttons nicht bemerkt									
	an Rigid-Body gedreht						1			1
	Handhabung ist angenehm			1			1		1	
Erwartungen an Fernglas- bedienung	keine Erwartungen						1	1		
	Mause button haben keine Funktion	1				1				
	Mause rad hat keine Funktion						1			
	Mause rad erinnert an: Fokussier rad (1)/ Mause von PC (0)	1	1	1	0	1	0	0	1	0
	Mause button sollten etwas anderes tun als Mause rad									
	Zoomen erwartet (*in Viewports)	1		1	1	1*		1	1*	
	da wo man hinguckt, sollte etwas passieren, wenn man die Mause betätigt	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Benutzeroberfläche										
Benutzer- oberfläche	ansprechend						1	1	1	1
	klar, einfach		1		1					1
	verbesserungsfähig/ ausbaufähig	1	1	1	1	1				
	Hintergrund unpassend									
	Fernglas abgesetzt, um alles zu sehen und sich zu orientieren und zu sehen, was passiert		1		1	1				1
	zu wenig Informationen				1					
	ansprechende Modelle								1	
	Viewports irritieren, weil sie das gleiche tun-> Sinn?		1	1			1	1	1	1

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9
Zeitstrahl	als solchen erkannt	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ist auch bei vielen Zeiten zur Orientierung ausreichend		1		1		1			
Viewports interpretiert als	Übersicht									
	Menü, Steuer-/Auswahlfunktion	1			1	1	1	1	1	1
	anfangs: Tag & Nacht einschalten						1		1	
	Licht markiert aktuelle Position in Zeit	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Vergleich der Zeiten verschiedene Perspektiven des Zeitstrahls			1	1			1		
Schulnote für Metaphorik		2	2	3	4	2	3	2	2	2
Interaktionstechnik										
Steuerung mit Blickrichtung ist	gewöhnungsbedürftig/ ungewohnt		1						1	1
	einfach, angenehmer, wenn man es weiß					1			1	
	toll	1	1	1		1	1	1	1	
Licht einstellen ist	schöner Effekt						1	1		
	überraschend, aber man gewöhnt sich daran	1	1	1	1	1	1		1	1
	spaßig (Licht einstellen)	1	1	1		1	1		1	
Interaktions-technik ist	ungewohnt, weil man es nicht kennt		1	1			1	1	1	1
	überraschend/ unerwartet, weil in Mitte etwas passiert, wenn man wegguckt		1	1	1		1		1	
	muss man erlernen									
	selbsterklärend	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	schnell erlernbar	1				1			1	1
	vertraut									
	intuitiv, wenn man es verstanden hat			1			1		1	
	anstrengend					1	1			
	von Anfang an einfach									
	einfach, wenn man es verstanden hat			1		1				1

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9
Interaktions- technik erinnert an	Computerspiel									
	Taschenlampe			1						
	2D-Programm, Windows				1			1	1	1
	3D-Programm	1		1	1	1				
	nichts		1				1			
Schulnote für Interaktions- technik	mit Trackerproblemen	2	2	4	4	3	3	3	2	2
	ohne Trackerprobleme	2	2	4	4	3	3	3	2	2
Erleben										
Präsenz-gefühl mit Fernglas	Fernglas ist intensiver als mit Polfilterbrille	1	1	1				1	1	
	fokussierend, deutlicher, selektierend	1	1	1		1	1	1	1	1
	kleiner Sichtbereich macht neugierig	1	1	1		1	1	1	1	1
	bessere Konzentration	1	1	1		1	1	1	1	1
Fernglas oder Brille?	3D-Effekt mit Fernglas nicht bemerkt	1	1					1		
	3D-Effekt mit Brille besser			1	1			1	1	
	beim Fernglas halten wurden die Arme schwer							1		1
	Fernglas (1) / Brille (0)	1	1	1	0	1	0	0	1	1
	in Brille spiegelt Hintergrund									
	Brille macht schummrig will alles sehen, um Überblick zu haben		1		1	1	1	1	1	1
	will Hände frei haben				1			1		
	3D-Effekt mit Fernglas könnte weg			1		1			1	
Schulnote für Fernglas-Idee		1	1,5	1	1,5	1	1	1,5	1,5	1
Verbesserungs-, Erweiterungsmöglichkeiten und Wünsche und Ideen der Tester										
Fernglas	größerer Sichtbereich	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	will weiter weg stehen			1		1			1	
	Maus sollte anders platziert werden					1				1
	will ein richtiges Fokussierad und Buttons an Fernglas				1					

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9	
Benutzer- oberfläche	Verbesserungs- vorschlag skizziert			1	1		1		1	1	
	größere Viewports								1	1	
	klareres Menü zur Auswahl der Zeiten			1	1		1		1		
	Menü aus anderer Perspektive			1	1				1		
	bei vielen Zeiten eine Übersichtskarte			1						1	
	mehr Informationen										
	mehr Leben, Animation, Menschen, Tiere, Pflanzen, Wasser	1	1	1		1	1	1			
	mehr Zeiten		1			1					
	schönere, zeitspezifische Modelle, mehr Details	1	1		1	1	1				1
	Interaktions- technik	eindeutigeres Lichthighlight			1	1		1		1	1
Selektion durch Blickrichtung und heranzoomen						1					
Selektion durch Blickrichtung + klicken				1	1		1	1	1	1	
beim Hingucken zeitlich zoomen			1	1	1	1	1	1	1	1	
zusätzlich räumlich zoomen -> näher an Gebäude heran und hinein							1	1		1	
Änderung der Welt in Abhängigkeit der Blickrichtung					1			1			
Gebäude von allen Seiten sehen					1	1			1		
Objekte mit Drag&Drop verschieben				1							
Sound, Musik									1		
Spracheingabe											
Start & Stop-Button für Reise											
mehr Special-Effects											
Wäre ein System mit dem man die Tiefenschärfe einstellen, anstatt zoomen, kann interessant?		ja, testen	1	1		1	1		1		1
	nein			1			1		1		

		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7	VP8	VP9
Andere Anwendungsbereiche										
Ideen der Testpersonen	Shooterspiel	1								
	Spiele	1		1	1		1	1		
	Natur entdecken, Geologie, Biologie					1			1	
	Beobachtungen auf Mikro & Makroebene				1	1				1
	Reise durch Körper									1
	Google Earth		1			1				
	virtuelles Planetarium									
	Museum					1	1			
	Warensortiment									
	Wimmelbilder			1						
Unterricht in Klasse: Lehrer steuert und erzählt, Schüler beobachten mit Fernglas										
Schulnote für Zukunftspotential	*(mit anderer Interaktionstechnik)	1		1 *	3	2	2	2	2	2
Störvariablen										
Störvariablen	laut, viele Menschen im Raum	1	1							
	Brillenträger, deshalb Trackerprobleme und Präsenzgefühl weg				1					
	große Testperson, dadurch hackte der Tracker								1	1
	benutzt keine Maus, nur Touchpad						1			
	Hinweis gegeben überall herumzugucken		1					1		
	sonstige Augenprobleme									

Legende der Tätigkeitsbereiche	
Beamter	B
Computer-visualistik	CV
Informatik	I
Diplom	
Pädagogik	P
Regie	R
Realschullehrer	
mt	RL
Sekretariat	S
Umwelt- und Risikomanagement	U
Verkauf	V

Auswertung Prototyp B					
		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde
Testzeit zum Erlernen der Bedienung, in Minuten (gerundet)		10		9	11
Benutzermerkmale	Alter	29			
	Geschlecht				
	Rechtshänder (R)/ Linkshänder(L)	0	8		
	Fernglasnutzung	1		1	1
	Benutzung von Computern	4		4	4
	Benutzung von Microsoft Windows	4		4	4
	Nutzung von 3D-System	1		1,6	0
	Vorerfahrung mit Virtuellen Realitäten, in Jahren	0	0,00	0	0
	Nutzung von Virtuellen Realitäten	0	0,00	0	0
	technisch interessiert		5	3	2
	Realschulabschluss		0	0	0
	Abitur		7	2	5
	Hochschulabschluss		3	1	2
	Student/in		3	2	1
	Selbständig		1	1	0
	Wissenschaftler/in		0	0	0
	Angestellte/r		4	0	4
Tätigkeitsbereich		0	0	0	
Eingabegerät					
Fernglasdesign	ansprechend		2	2	0
	abschreckend		1	0	1
	macht neugierig		9	3	6
					0

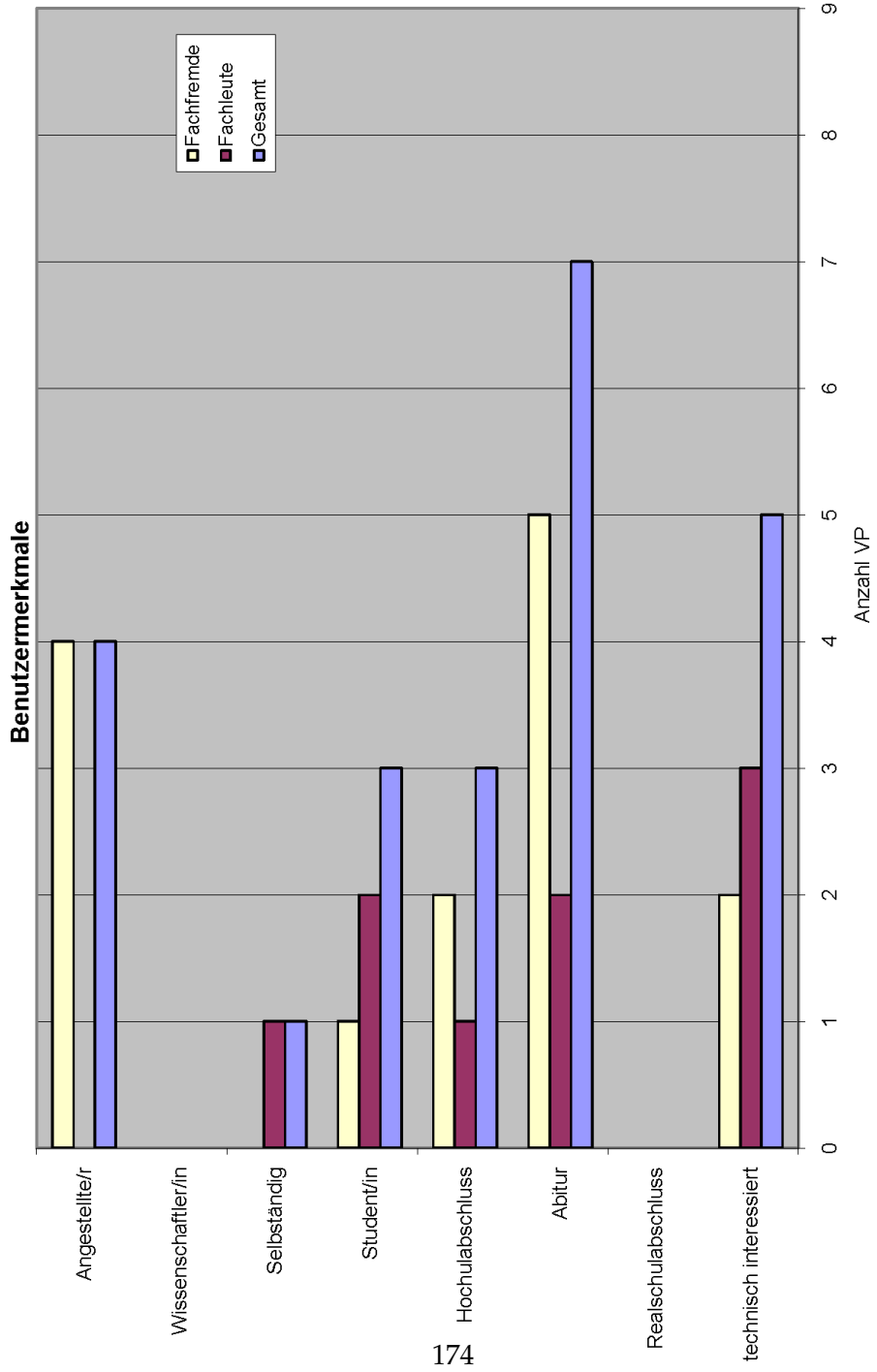
		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde
Fernglas- bedienung	mit Maus etwas tun zu müssen, war sofort klar		6	1	5
	zuerst an Mausrad gedreht		5	2	3
	Mausrad nicht bemerkt		1	0	1
	zuerst an Mausbuttons geklickt		3	1	2
	Mausbuttons nicht bemerkt		0	0	0
	an Rigid-Body gedreht		2	0	2
	Handhabung ist angenehm		3	1	2
	Durchschnitt				
Erwartungen an Fernglas- bedienung	keine Erwartungen		2	0	2
	Mausbutton haben keine Funktion		2	1	1
	Mausrad hat keine Funktion		1	0	1
	Mausrad erinnert an: Fokussierrad		5	2	3
	Mausbutton sollten etwas anderes tun als Mausrad		0	0	0
	Zoomen erwartet (*in Viewports)		4	3	1
	da wo man hinguckt, sollte etwas passieren, wenn man die Maus betätigt		9	3	6
Benutzeroberfläche					
Benutzer- oberfläche	ansprechend		4	0	4
	klar, einfach		3	1	2
	verbesserungsfähig/ ausbaufähig		5	3	2
	Hintergrund unpassend		0	0	0
	Fernglas abgesetzt, um alles zu sehen und sich zu orientieren und zu sehen, was passiert		4	1	3
	zu wenig Informationen		1	1	0
	ansprechende Modelle		1	0	1
	Viewports irritieren, weil sie das gleiche tun-> Sinn?		6	1	5
	Durchschnitt				

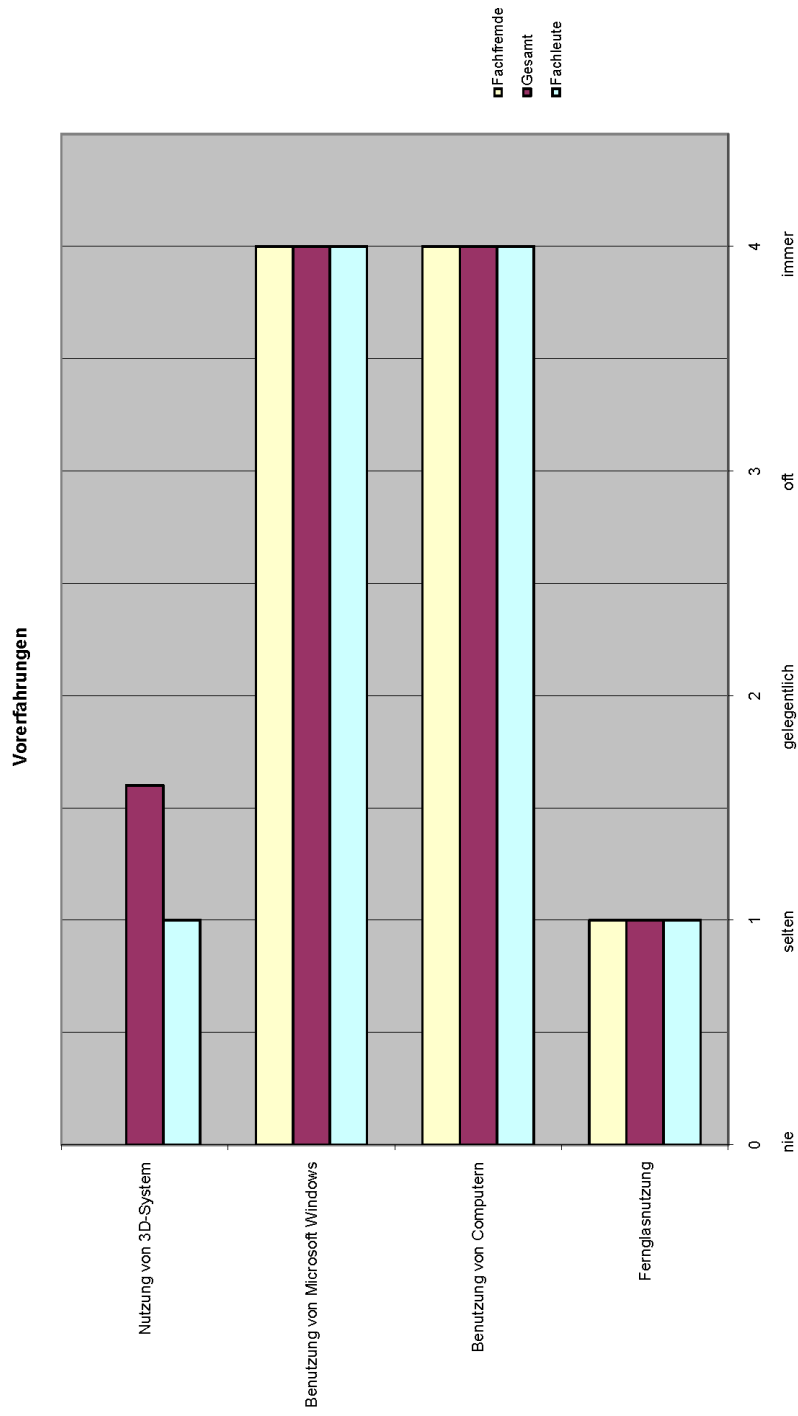
Zeitstrahl	als solchen erkannt		9	3	6
	ist auch bei vielen Zeiten zur Orientierung ausreichend		3	1	2
			0	0	0
Viewports interpretiert als	Übersicht		0	0	0
	Menü, Steuer-/Auswahlfunktion		7	2	5
	anfangs: Tag & Nacht einschalten		2	0	2
	Licht markiert aktuelle Position in Zeit		9	3	6
	Vergleich der Zeiten		0	0	0
	verschiedene Perspektiven des Zeitstrahls		3	1	2
Schulnote für Metaphorik		Durchschnitt	Anzahl	Fachleute	Fachfremde
		2,44		3,00	2,17
Interaktionstechnik					
Steuerung mit Blickrichtung ist	Steuerung mit Blickrichtung ist gewöhnungsbedürftig/		3	0	3
	Blickrichtung ist einfach, angenehmer, wenn man es		2	0	2
	Steuerung mit Blickrichtung ist toll		7	2	5
			0	0	0
Licht einstellen ist	schöner Effekt		2	0	2
	Licht einstellen ist überraschend, aber man gewöhnt sich daran		8	3	5
	Licht einstellen ist spaßig			2	4
			0	0	0
Interaktions-technik ist	ungewohnt, weil man es nicht kennt		6	1	5
	überraschend/ unerwartet, weil in Mitte etwas passiert, wenn man wegguckt		5	2	3
	muss man erlernen		0	0	0
	selbsterklärend		9	3	6
	schnell erlernbar		4	1	3
	vertraut		0	0	0
	intuitiv, wenn man es verstanden hat		3	1	2
	anstrengend		2	0	2
	von Anfang an einfach		0	0	0
	einfach, wenn man es verstanden hat		3	1	2

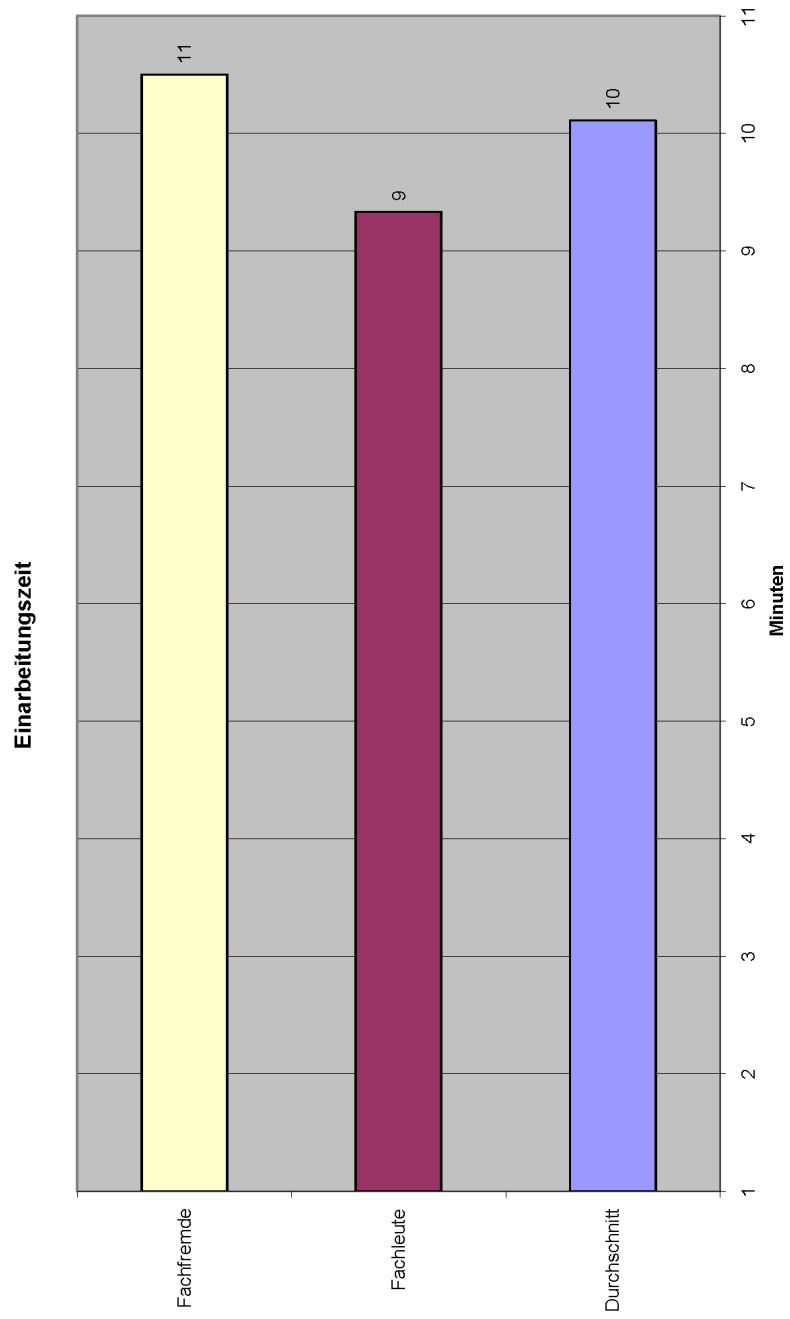
Interaktions- technik erinnert an	wie Computerspiel		0	0	0
	wie Taschenlampe		1	1	0
	wie 2D-Programm, wie Windows		4	1	3
	wie 3D-Programm		4	3	1
	neuartig		2	0	2
	Durchschnitt		Anzahl	Fachleute	Fachfremde
Schulnote für Interaktions- technik	mit Trackerproblemen	2,78		3,33	2,50
	ohne Trackerprobleme	2,78		3,33	2,50
Erleben					
Präsenz-gefühl mit Fernglas	Fernglas ist intensiver als mit Polfilterbrille		5	2	3
	mit Fernglas: fokussierend, deutlicher, selektierend		8	2	6
	mit Fernglas: kleiner Sichtbereich macht neugierig		8	2	6
	Konzentration		8	2	6
Fernglas oder Brille?	3D-Effekt mit Fernglas nicht bemerkt		3	1	2
	3D-Effekt mit Brille besser		4	2	2
	beim Fernglas halten wurden die Arme schwer		2	0	2
	Fernglas bevorzugt		6	2	4
	in Brille spiegelt Hintergrund		0	0	0
	Brille macht schummrig		1	0	1
	will alles sehen, um Überblick zu haben		7	1	6
	will Hände frei haben		2	1	1
3D-Effekt mit Fernglas könnte weg		3	1	2	
Schulnote für Fernglas-Idee		1,22		1,17	1,25
Verbesserungs-, Erweiterungsmöglichkeiten und Wünsche und Ideen der Tester					
Fernglas	größerer Sichtbereich		9	3	6
	will weiter weg stehen		3	1	2
	Maus sollte anders platziert werden		2	0	2
	will ein richtiges Fokussierrad und Buttons an Fernglas		1	1	0
			0	0	0

			0	0	0
Benutzer- oberfläche	Verbesserungsvorschlag skizziert		5	2	3
	größere Viewports		2	0	2
	klareres Menü zur Auswahl der Zeiten		4	2	2
	Menü aus anderer Perspektive		3	2	1
	bei vielen Zeiten eine Übersichtskarte		2	1	1
	mehr Informationen		0	0	0
	mehr Leben, Animation, Menschen, Tiere, Pflanzen, Wasser		6	2	4
	mehr Zeiten		2	0	2
	schönere, zeitspezifische Modelle, mehr Details		6	2	4
			0	0	0
Interaktions- technik	eindeutigeres Lichthighlight		5	2	3
	Selektion durch Blickrichtung und heranzoomen		1	0	1
	Selektion durch Blickrichtung + klicken		6	2	4
	beim Hingucken zeitlich zoomen		8	2	6
	zusätzlich räumlich zoomen -> näher an Gebäude heran und hinein		4	0	4
	Änderung der Welt in Abhängigkeit der Blickrichtung		2	1	1
	Gebäude von allen Seiten sehen		3	1	2
	Objekte mit Drag&Drop verschieben		1	1	0
	Sound, Musik		1	0	1
	Spracheingabe		0	0	0
	Start & Stop-Button für Reise		0	0	0
	mehr Special-Effects		0	0	0
			0	0	0
Wäre ein System mit dem man die Tiefenschärfe einstellen, anstatt zoomen, kann interessant?	ja, testen		6	2	4
	nein		3	1	2

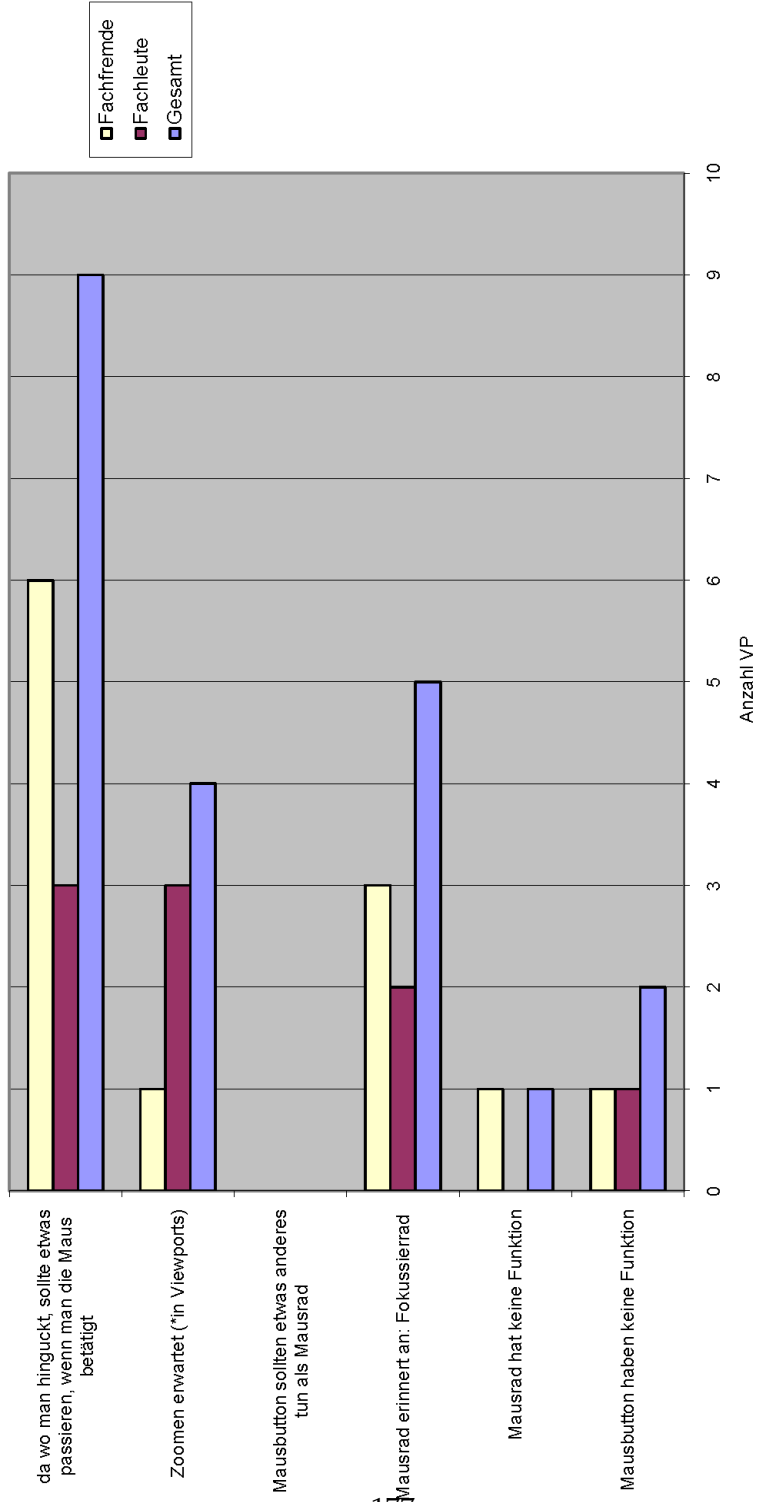
Andere Anwendungsbereiche					
Ideen der Testpersonen	Shooterspiel		1	1	0
	Spiele		5	3	2
	Natur entdecken, Geologie, Biologie		2	0	2
	Beobachtungen auf Mikro & Makroebene		3	1	2
	Reise durch Körper		1	0	1
	Google Earth		2	0	2
	virtuelles Planetarium		0	0	0
	Museum		2	0	2
	Warensortiment		0	0	0
	Wimmelbilder		1	1	0
	Unterricht in Klasse: Lehrer steuert und erzählt, Schüler beobachten mit Fernglas		0	0	0
Schulnote für Zukunftspotential		1,56	1,33	1,67	

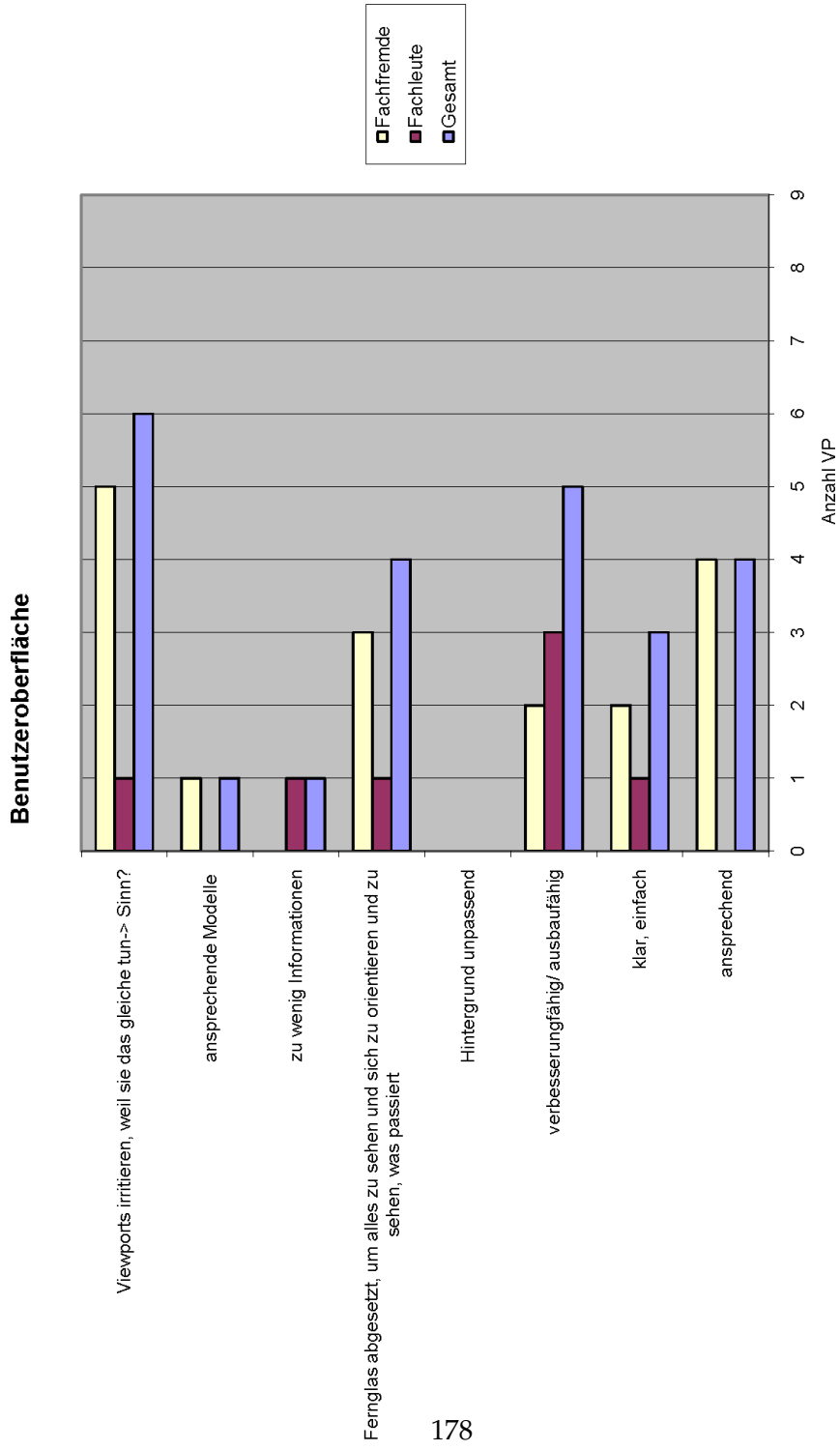




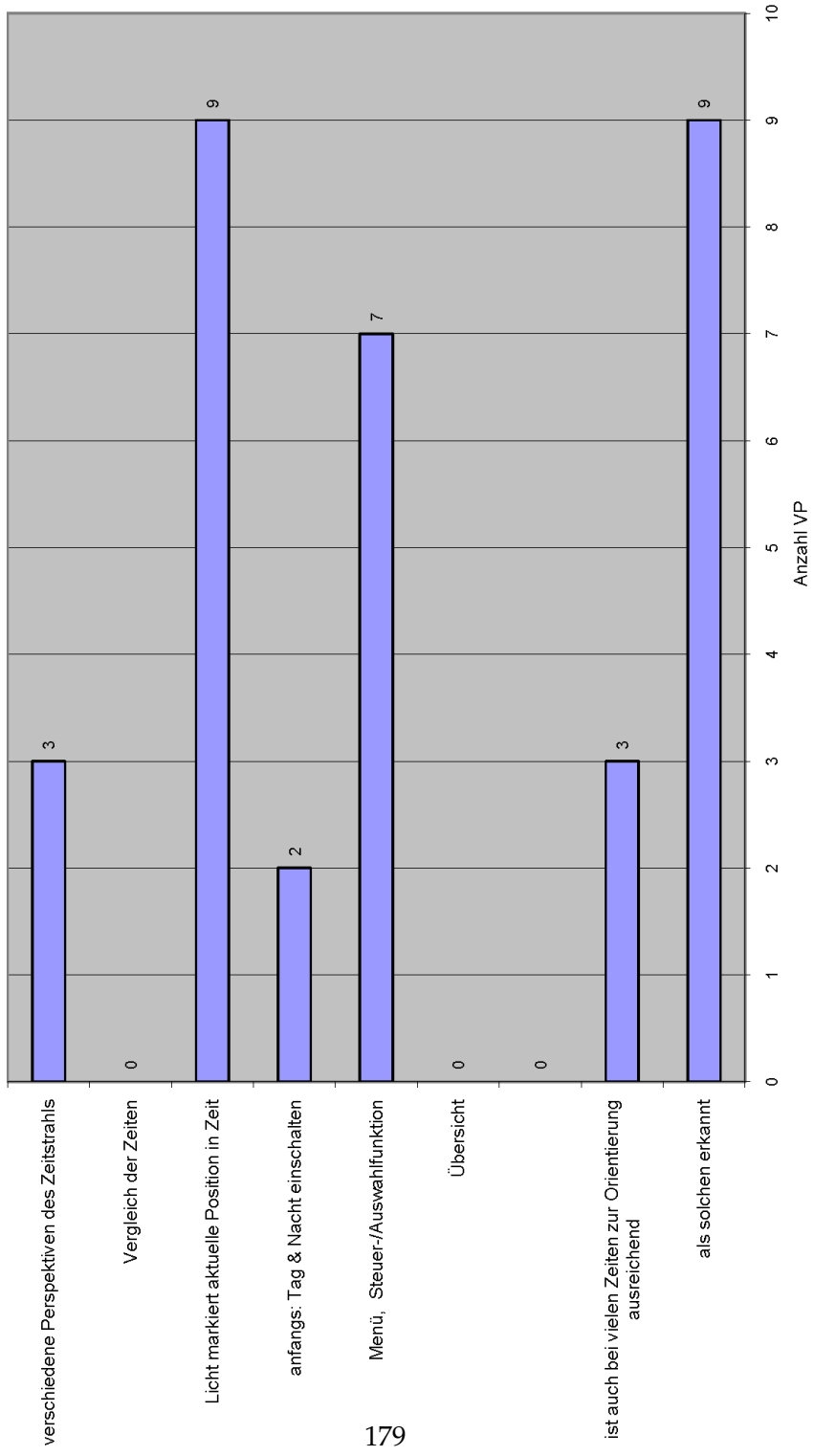


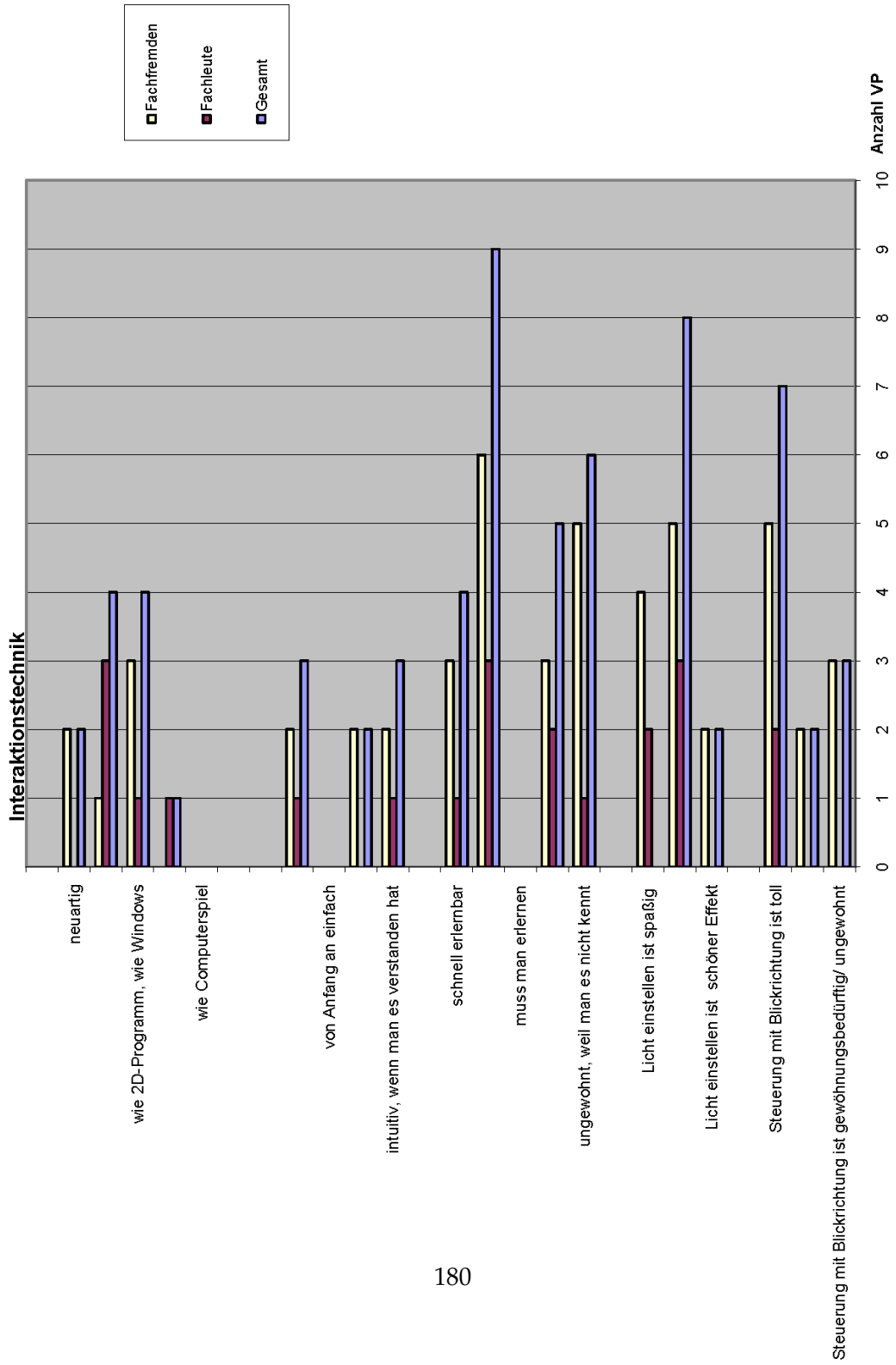
Erwartungen an Fernglasbedienung



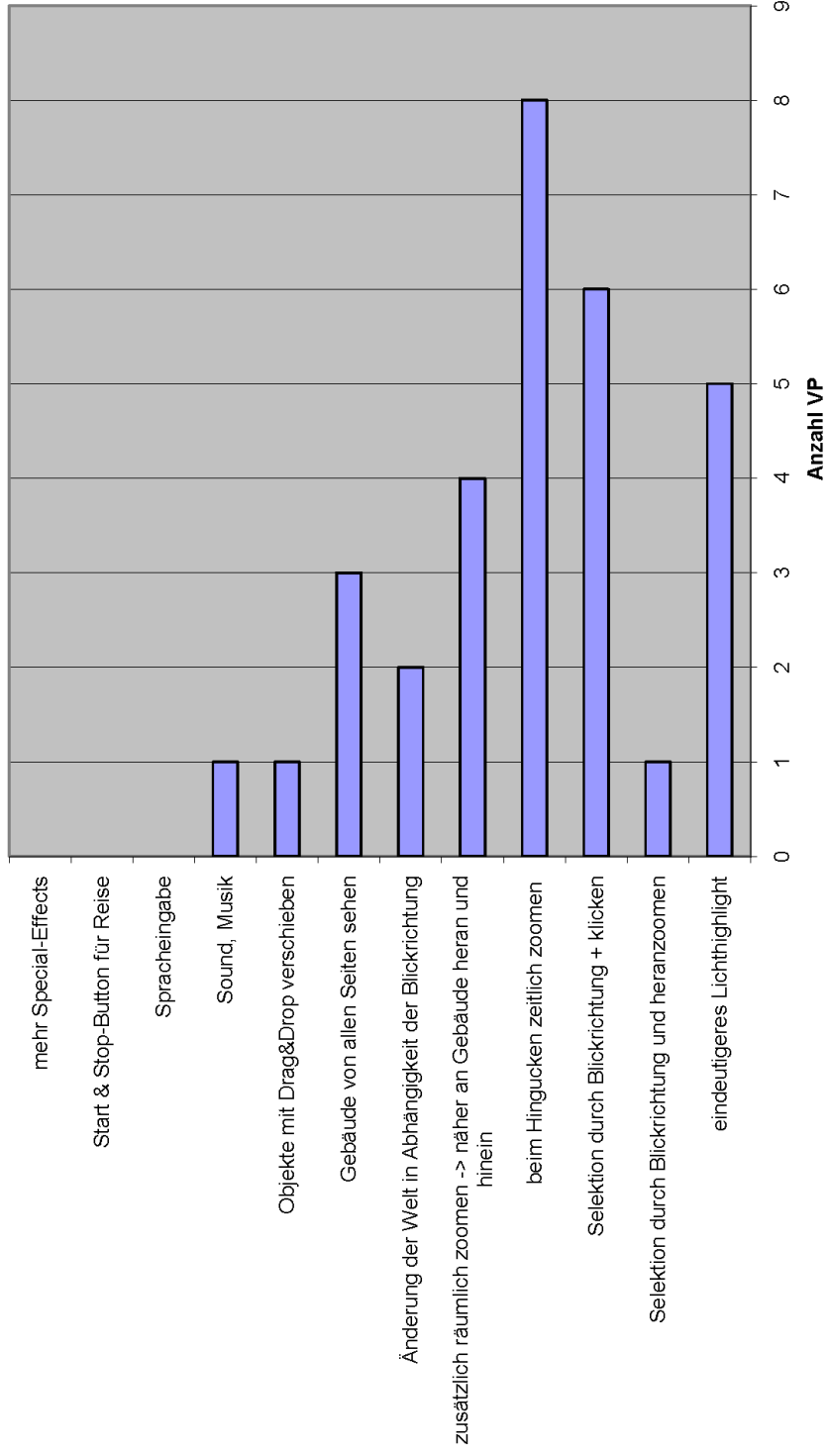


Zeitstrahl, Viewports

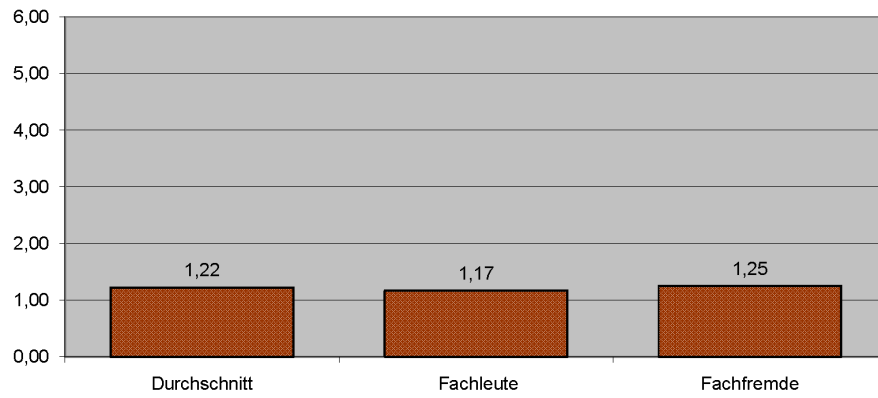




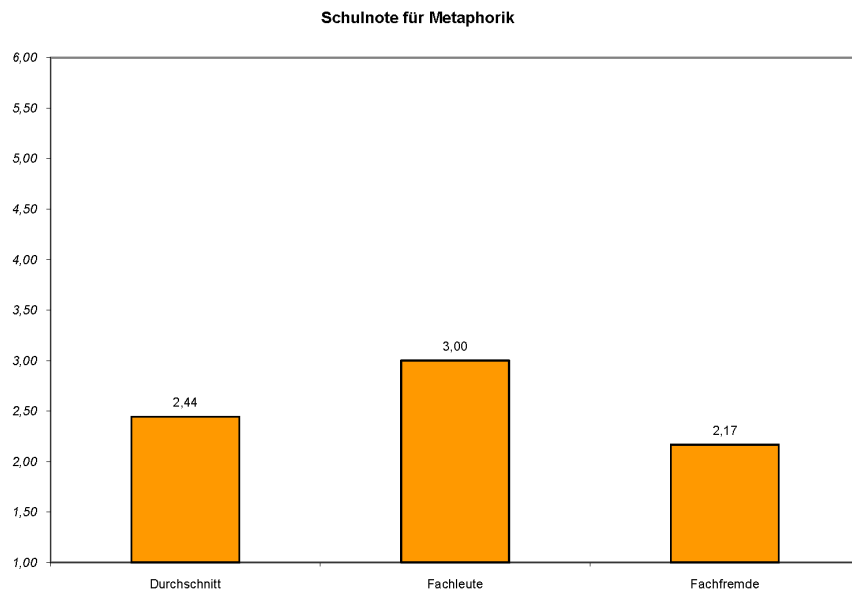
Verbesserung Interaktionstechnik



Schulnote für Fernglasidee

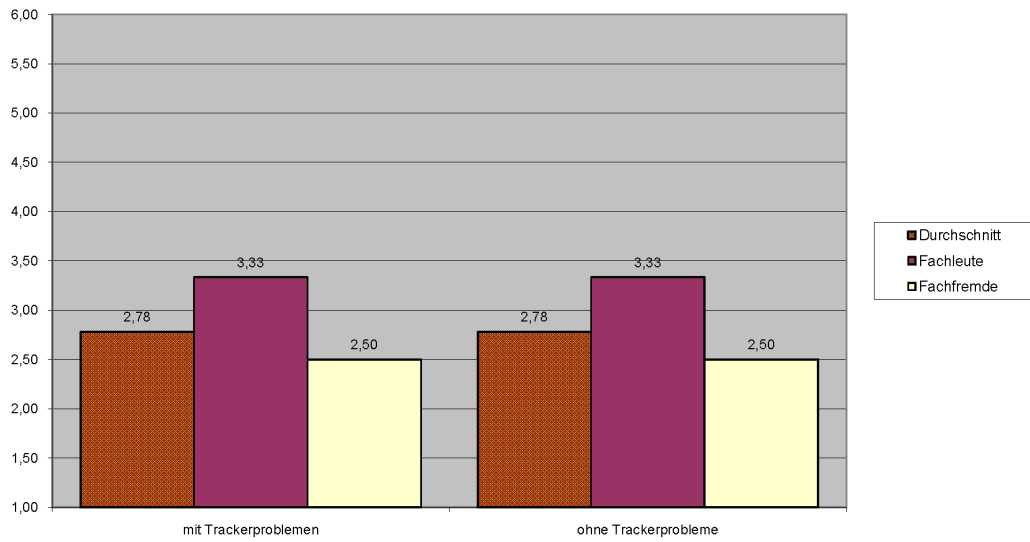


Schulnote für Metaphorik



Page 1

Schulnote für Interaktionstechnik



C.5 Prototyp A und B Gesamtauswertung

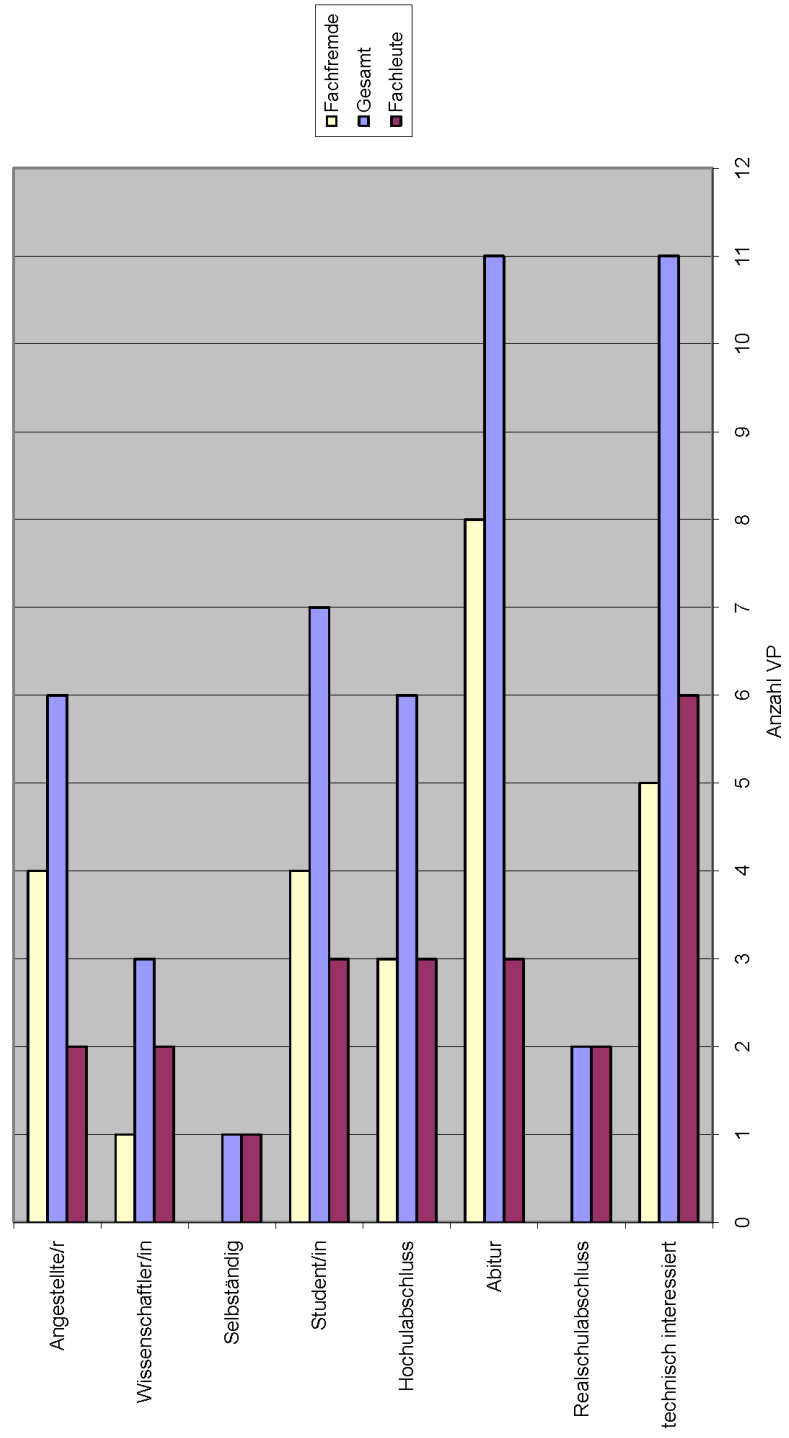
	Auswertung Prototyp A			Auswertung Prototyp B			Gesamt		
	Durchschnitt	Fachfremde	Durchschnitt Fachleute	Durchschnitt	Fachfremde	Durchschnitt Fachleute	Durchschnitt Fachleute	Fachfremde	Durchschnitt gesamt
Testzeit zum Erlernen der Bedienung, in Minuten (gerundet)	7,11	5,30	7,30	10	11	9	8,15		8,61
Alter	26			29					28
Geschlecht männlich	5			4					9
Rechtshänder (R)/ Linkshänder(L)									
Fernglasnutzung	0,89	1,00	1,00	1	1	1	1,00	1,00	1,00
Benutzung von Computern	4,00	4,00	4,00	4	4	4	4,00	4,00	4,00
Benutzung von Microsoft Windows	4,00	4,00	4,00	4	4	4	4,00	4,00	4,00
Nutzung von 3D-System	1,56	0,00	2,50	1,00	0,00	1,60	2,05	0,00	1,28
Vorerfahrung mit Virtuellen Realitäten, in Jahren	1,44	4,00	4,00	0	0	0	2,00		0,72
Nutzung von Virtuellen Realitäten	0,17	0,00	0,17	0	0	0	0,09	0,00	0,08
	Anzahl Fachleute A	Fachfremde	Anzahl VP A	Anzahl Fachleute B	Fachfremde	Anzahl VP B	Anzahl Fachleute gesamt	Fachfremde	Anzahl VP gesamt
technisch interessiert	3	3	6	3		5	6	5	11
Realschulabschluss	2	0	2	0		0	2	0	2
Abitur	1	3	4	2		7	3	8	11
Hochschulabschluss	2	1	3	1		3	3	3	6
Student/in	1	3	4	2		3	3	4	7
Selbständig				1		1	1	0	1
Wissenschaftler/in	2	1	3			0	2	1	3
Angestellte/r	2	0	2			4	2	4	6
Tätigkeitsbereich							9	0	9
		0					0	0	
Eingabegerät		0					0	0	
		0					0	0	
Fernglas-design									
ansprechend	3	3	6	2		2	5	3	8
abschreckend	0	1	1	0		1	0	2	2
macht neugierig	3	6	9	3		9	6	12	18
	Anzahl Fachleute A	Fachfremde	Anzahl VP A	Anzahl Fachleute B	Fachfremde	Anzahl VP B	Anzahl Fachleute gesamt	Fachfremde	Anzahl VP gesamt
mit Maus etwas tun zu müssen, war sofort klar	2	4	6	1		6	3	9	12
zuerst an Mausrad gedreht	3	6	9	2		5	5	9	14
Mausrad nicht bemerkt		0		0		1	0	1	1
zuerst an Mausbuttons geklickt		0		1		3	1	2	3
Mausbuttons nicht bemerkt	0	2	2	0		0	0	2	2
an Rigid-Body gedreht	0	1	1	0		2	0	3	3
Handhabung ist angenehm			8	1		3	1	10	11
	Anzahl Fachleute A	Fachfremde	Anzahl VP A	Anzahl Fachleute B	Fachfremde	Anzahl VP B	Anzahl Fachleute gesamt	Fachfremde	Anzahl VP gesamt
keine Erwartungen	2	4	6			2	2	6	8
Mausbutton haben keine Funktion	1	2	3	1		2	2	3	5
Mausrad hat keine Funktion		0		0		1	0	1	1
Mausrad erinnert an: Fokussierad	3	6	9	0		0	3	6	9
Mausbutton sollten etwas anderes tun als Mausrad	1	0	1	0		0	1	0	1

Benutzeroberfläche	da wo man hinguckt, sollte etwas passieren, wenn man die Maus betätigt	3	6	9	3		9	6	12	18
			0					0	0	
Benutzer- oberfläche	ansprechend	2	3	5	0		4	2	7	9
	klar, einfach	2	4	6	1		3	3	6	9
	verbesserungsfähig/ ausbaufähig		0		3		5	3	2	5
	Hintergrund unpassend	1	0	1	0		0	1	0	1
	Fernglas abgesetzt, um alles zu sehen und sich zu orientieren und zu sehen, was passiert	0	3	3	1		4	1	6	7
	zu wenig Informationen, Text	1	1	2	1		1	2	1	3
	ansprechende Modelle		0		0		1	0	1	1
	Viewports irritieren, weil sie das gleiche tun-> Sinn?	1	6	7	1		6	2	11	13
Zeitstrahl		Anzahl Fachleute A	Fachfremde	Anzahl VP A	Anzahl Fachleute B	Fachfremde	Anzahl VP B	Anzahl Fachleute gesamt	Fachfremde	Anzahl VP gesamt
	Zeitstrahl als solchen erkannt	3	6	9	3		9	6	12	18
	Zeitstrahl ist auch bei vielen Zeiten zur Orientierung ausreichend	3	5	8	1		3	4	7	11
Erleben										
Präsenz-gefühl mit Fernglas	Fernglas ist intensiver als mit Polfilterbrille	1	5	6	2		5	3	8	11
	mit Fernglas.fokussierend, deutlicher selektierend	2	5	7	2		8	4	11	15
	mit Fernglas: kleiner Sichtbereich macht neugierig	3	5	8	2		8	5	11	16
	bessere Konzentration	2	4	6	2		8	4	10	14
Fernglas oder Brille?		Anzahl Fachleute A	Fachfremde	Anzahl VP A	Anzahl Fachleute B	Fachfremde	Anzahl VP B	Anzahl Fachleute gesamt	Fachfremde	Anzahl VP gesamt
	3D-Effekt mit Fernglas nicht bemerkt	0	3	3	1		3	1	5	6
	3D-Effekt mit Fernglas könnte weg		0		1		3	1	2	3
	3D-Effekt mit Fernglas nicht bemerkt		0					0	0	0
	3D-Effekt mit Brille besser beim Fernglas halten wurden die Arme schwer	2	2	4	1		4	3	5	8
	Fernglas bevorzugt	0	6	6	2		6	2	10	12
	Brille bevorzugt	3	0	3	1		3	4	2	6
	in Brille spiegelt Hintergrund	1	1	2	0			1	1	2
	Brille macht schummrig	0	1	1	0		1	0	2	2
	will alles sehen, um Überblick zu haben	0	3	3	1		7	1	9	10
will Hände frei haben		1	1	1		2	1	2	3	
Schulnote für Fernglas-Idee		1,22	1		1,17	1,25		1,20	1,13	1,16
							Fachleute	Fachfremde	gesamt	
Möglichkeiten und Wünsche und Ideen der Tester										
Fernglas	größerer Sichtbereich	2	5	7	3		9	5	11	16
	Buttons zur Wahl der Zeit am Fernglas	2	-1	1	1		3	3	1	4
	will weiter weg stehen Maus sollte anders platziert werden	0	3	3	1		2	1	4	5
	platziert werden	0	1	1	0		2	0	3	3
	Zeit mit Mousrad wählen	1	0	1				1	0	1

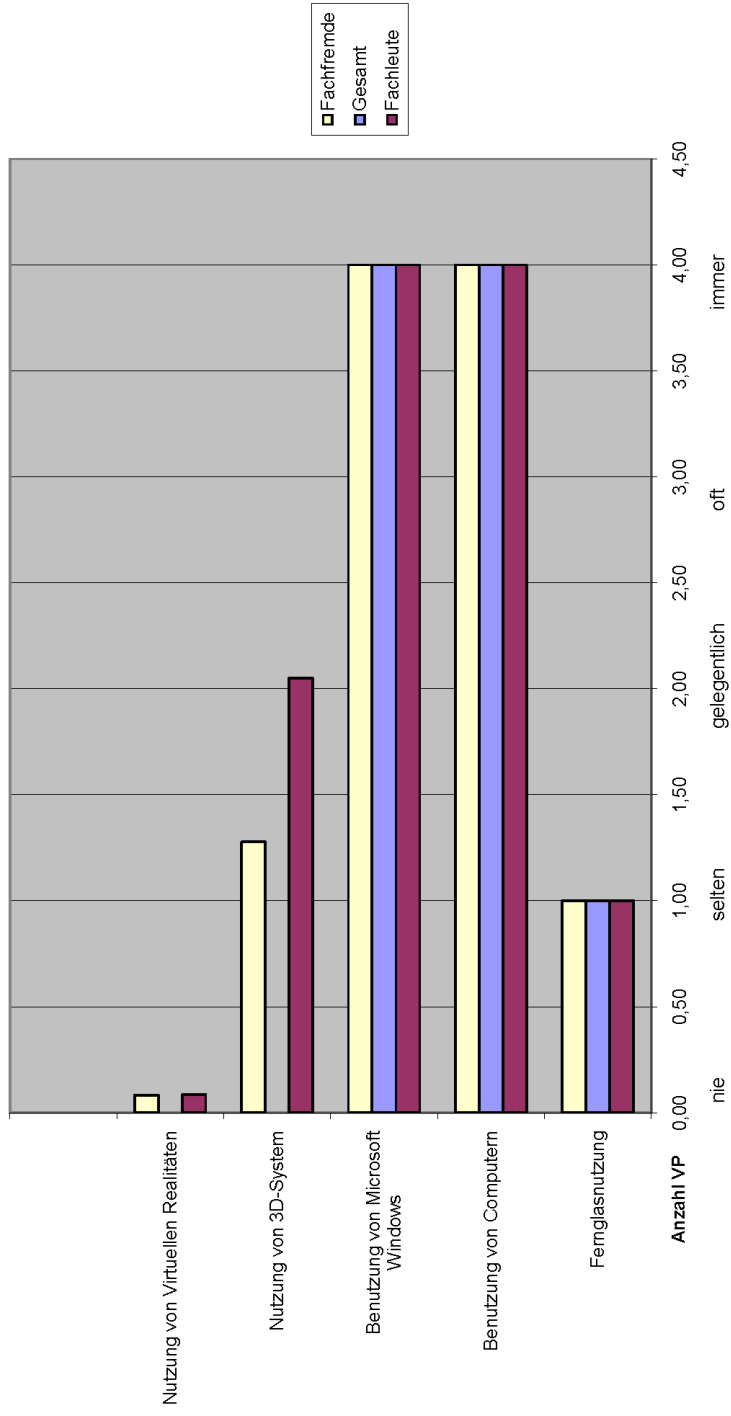
	will ein richtiges Fokussierad und Buttons an Fernglas	1	1	2	1		1	2	1	3
Benutzer-oberfläche		Anzahl Fachleute A	Fachfremde	Anzahl VP A	Anzahl Fachleute B	Fachfremde	Anzahl VP B	Anzahl Fachleute gesamt	Fachfremde	Anzahl VP gesamt
	Verbesserungs-vorschlag skizziert	1	2	3	2		5	3	5	8
	größere Viewports		0		0		2	0	2	2
	Menü zur Auswahl der Zeiten	1	3	4	2		4	3	5	8
	Menü aus anderer Perspektive	0	1	1	2		3	2	2	4
	bei vielen Zeiten eine Übersichtskarte	0	1	1	1		2	1	2	3
	mehr Informationen, mehr Leben, Animation, Menschen, Tiere, Pflanzen, Wasser	1	2	3	0		0	1	2	3
	mehr Zeiten	3	4	7	2		6	5	8	13
	schönere, zeitspezifische Modelle, mehr Details		0		0		2	0	2	2
		2	4	6	2		6	4	8	12
	Arbeitsfläche zur Seite schieben, damit man in Paralleluniversum kommt	0	1	1	0		0	0	1	1
	Selektion durch Blickrichtung und heranzoomen	0	2	2	0		1	0	3	3
	Selektion durch Blickrichtung + klicken	1	3	4	2		6	3	7	10
	zusätzlich räumlich zoomen -> näher an Gebäude heran und hinein	1	2	3	0		4	1	6	7
	Anderung der Welt in Abhängigkeit der Blickrichtung	1	1	2	1		2	2	2	4
	Gebäude von allen Seiten sehen	3	1	4	1		3	4	3	7
	Objekte mit Drag&Drop verschieben		0		1		1	1	0	1
	Sound, Musik	0	2	2	0		1	0	3	3
	Spracheingabe	0	1	1	0		0	0	1	1
	mit Drehgeschwindigkeit des Rades Reisegeschwindigkeit beeinflussen	0	2	2				0	2	2
Start & Stop-Button für Reise	1	0	1				1	0	1	
mehr Special-Effects	2	1	3				2	1	3	
Wäre ein System mit dem man die Tiefenschärfe einstellen, anstatt zoomen, kann interessant?		Anzahl Fachleute A	Fachfremde	Anzahl VP A	Anzahl Fachleute B	Fachfremde	Anzahl VP B	Anzahl Fachleute gesamt	Fachfremde	Anzahl VP gesamt
	ja, testen	3	2	5	2		6	5	6	11
nein	0	4	4	1		3	1	6	7	
Ideen der Testpersonen		0	0					0	0	0
	Shooterspiel		0		1		1	1	0	1
	Spiele	0	1	1	3		5	3	3	6
	Natur entdecken, Geologie, Biologie	1	0	1	0		2	1	2	3
	Beobachtungen auf Mikro & Makroebene	1	1	2	1		3	2	3	5
	Google Earth	0	1	1	0		2	0	3	3
	virtuelles Planetarium	1	1	2	0		0	1	1	2
	Museum	1	1	2	0		2	1	3	4
	Warensortiment	0	1	1	0		0	0	1	1
	Wimmelbilder	0	0		1		1	1	0	1

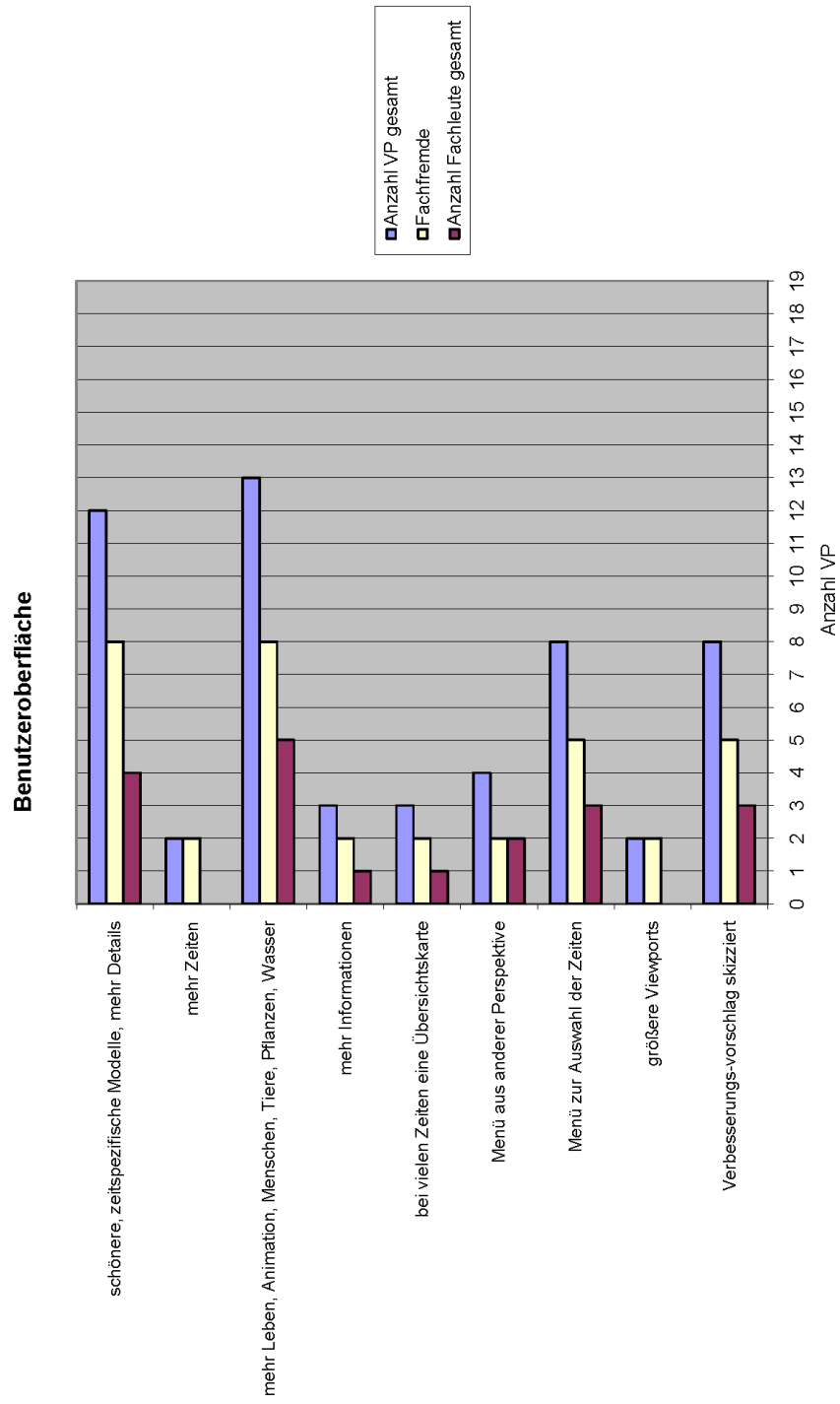
	Unterricht in Klasse: Lehrer steuert und erzählt, Schüler beobachten mit Fernglas	0	1	1				0	0	1	1
Legende der											
Beamter											
Computer-											
visualistik	B										
Informatik	CV										
Regie	I										
Diplom											
Pädagogik	R										
Realschullehra-											
mt	P										
Sekretariat	RL										
Umwelt- und											
Risikomanage-											
ment	S										
Verkauf	U										
	V										

Benutzermerkmale aller 18 VP

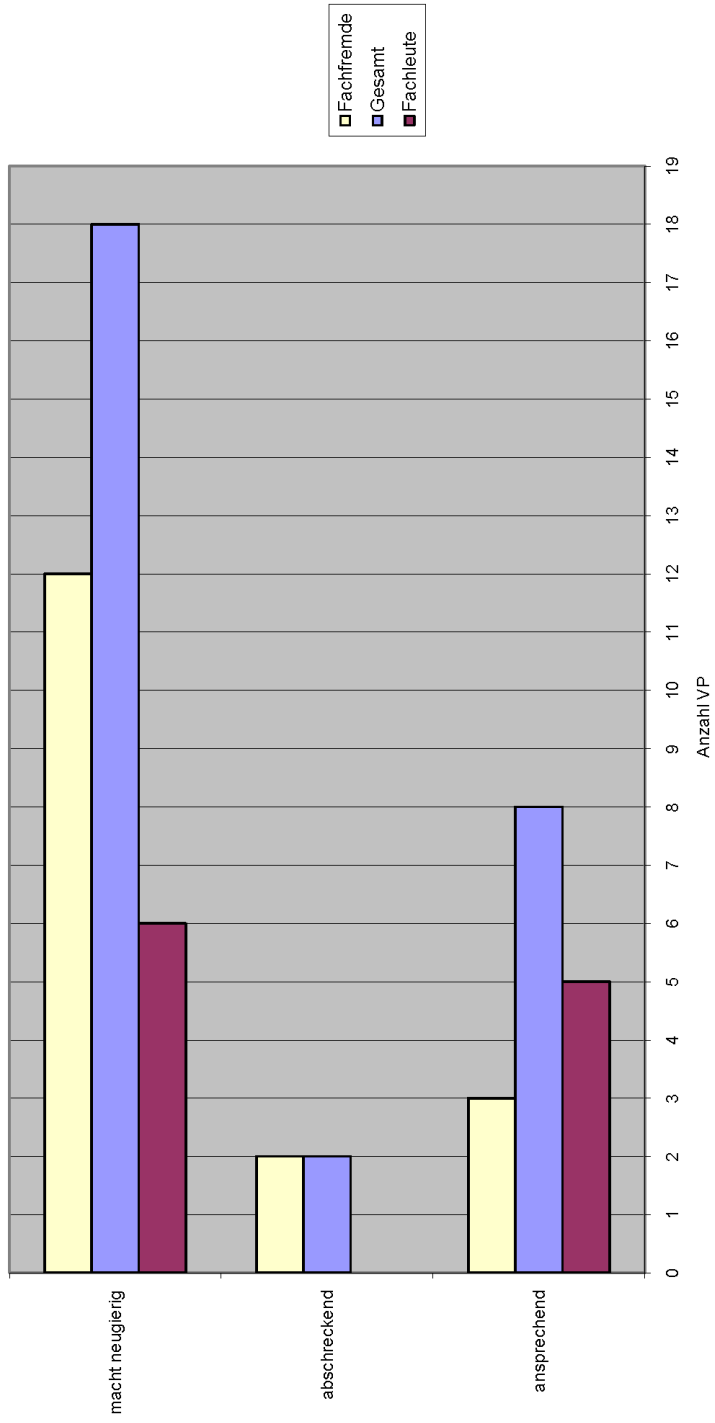


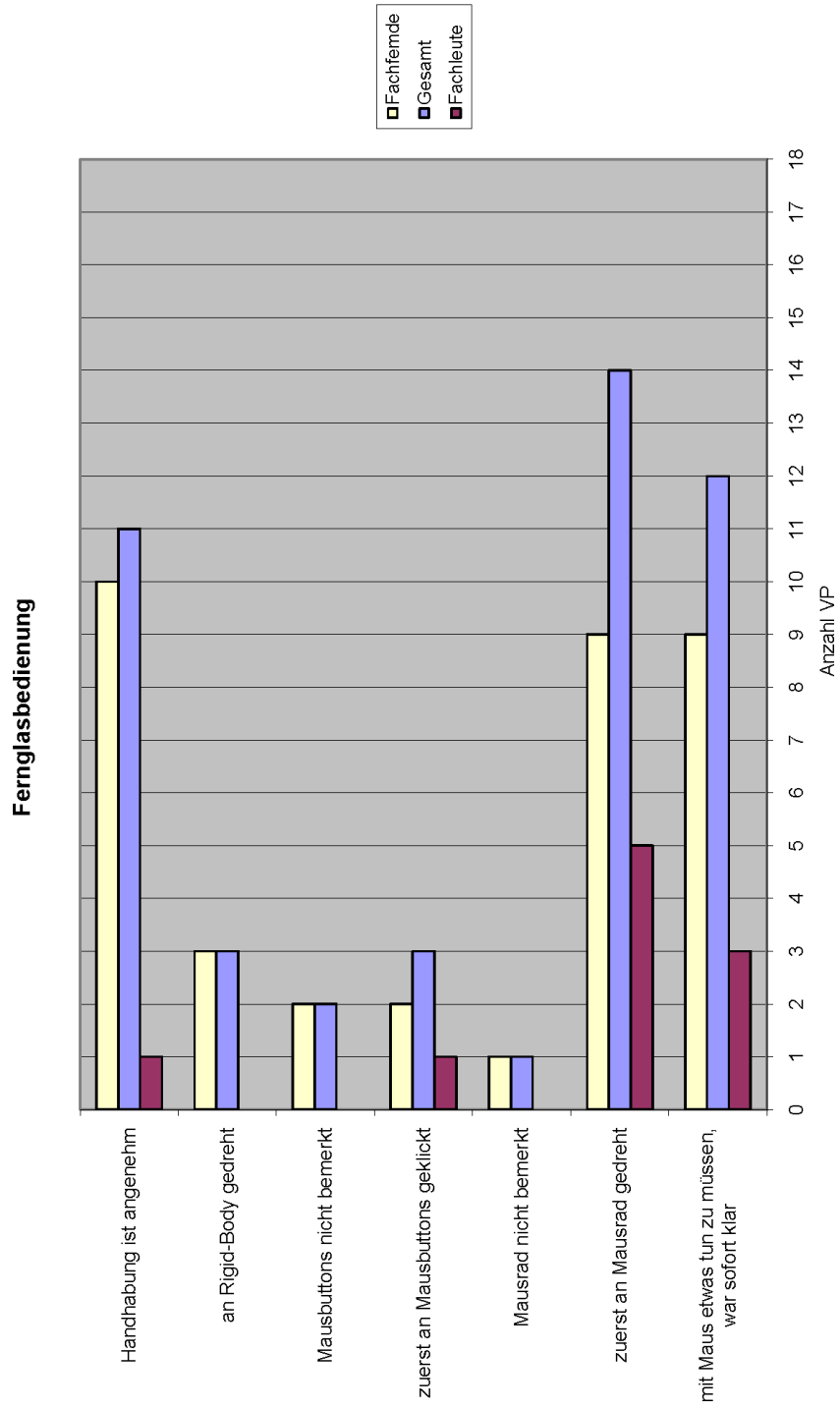
Vorerfahrungen aller 18 VP

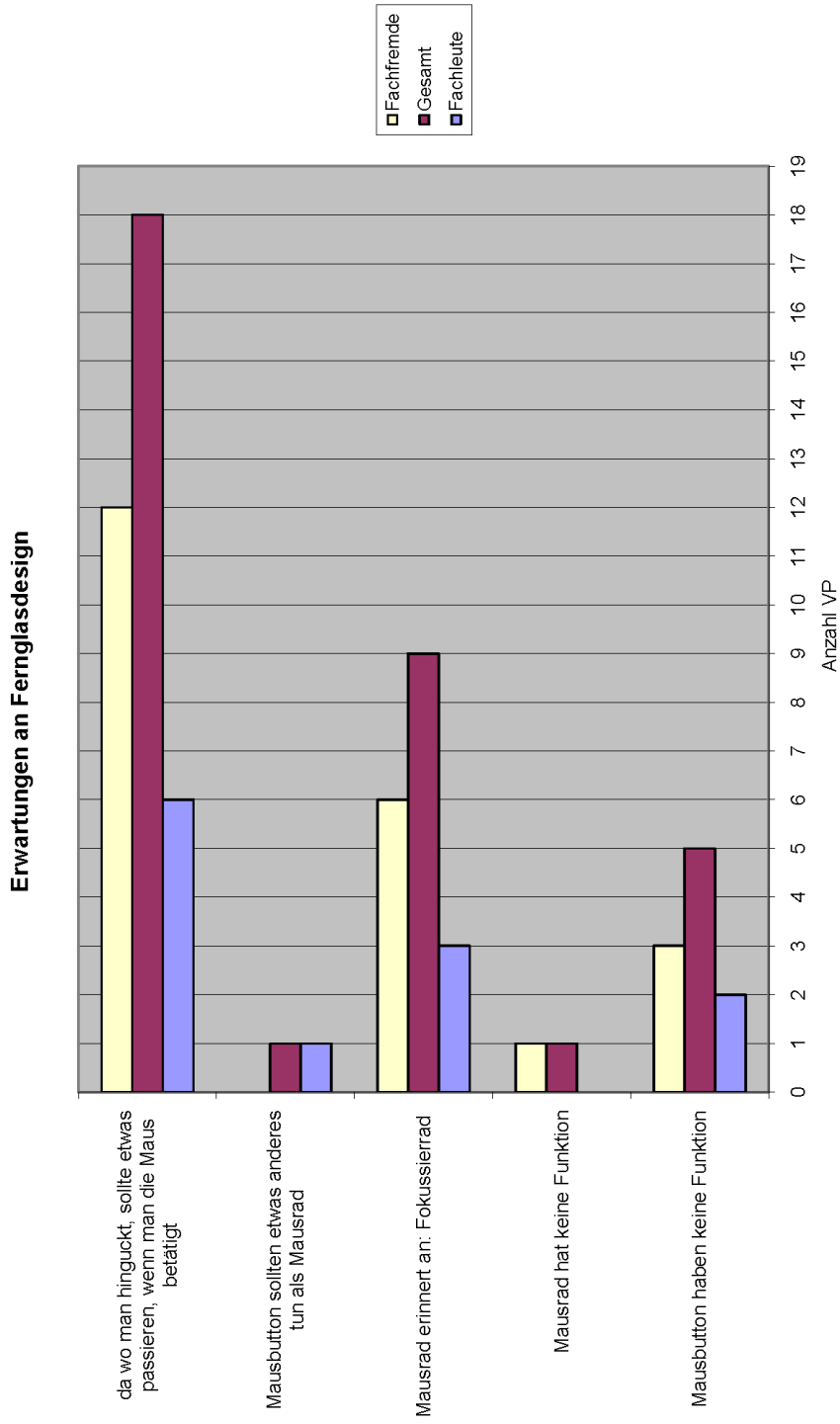


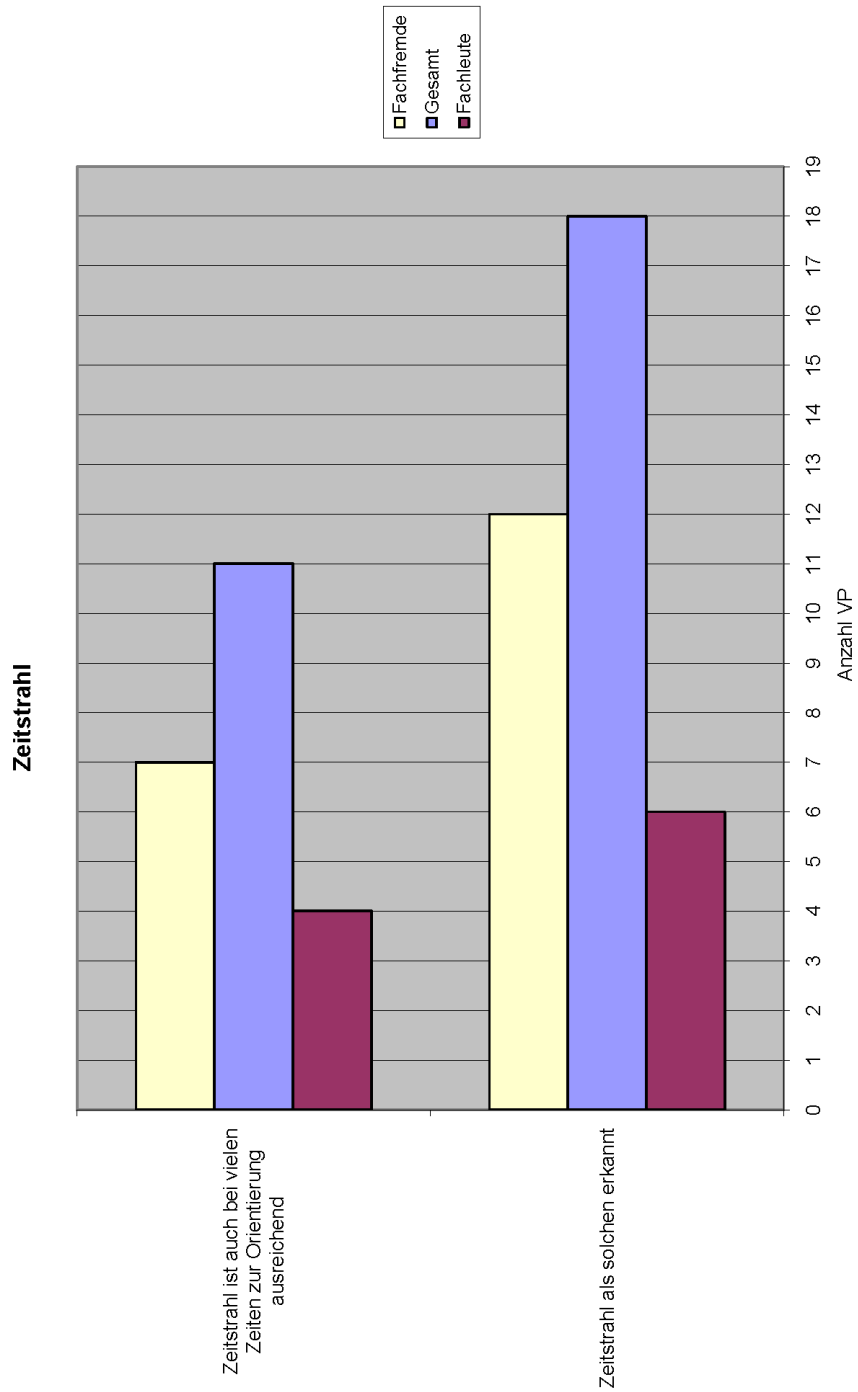


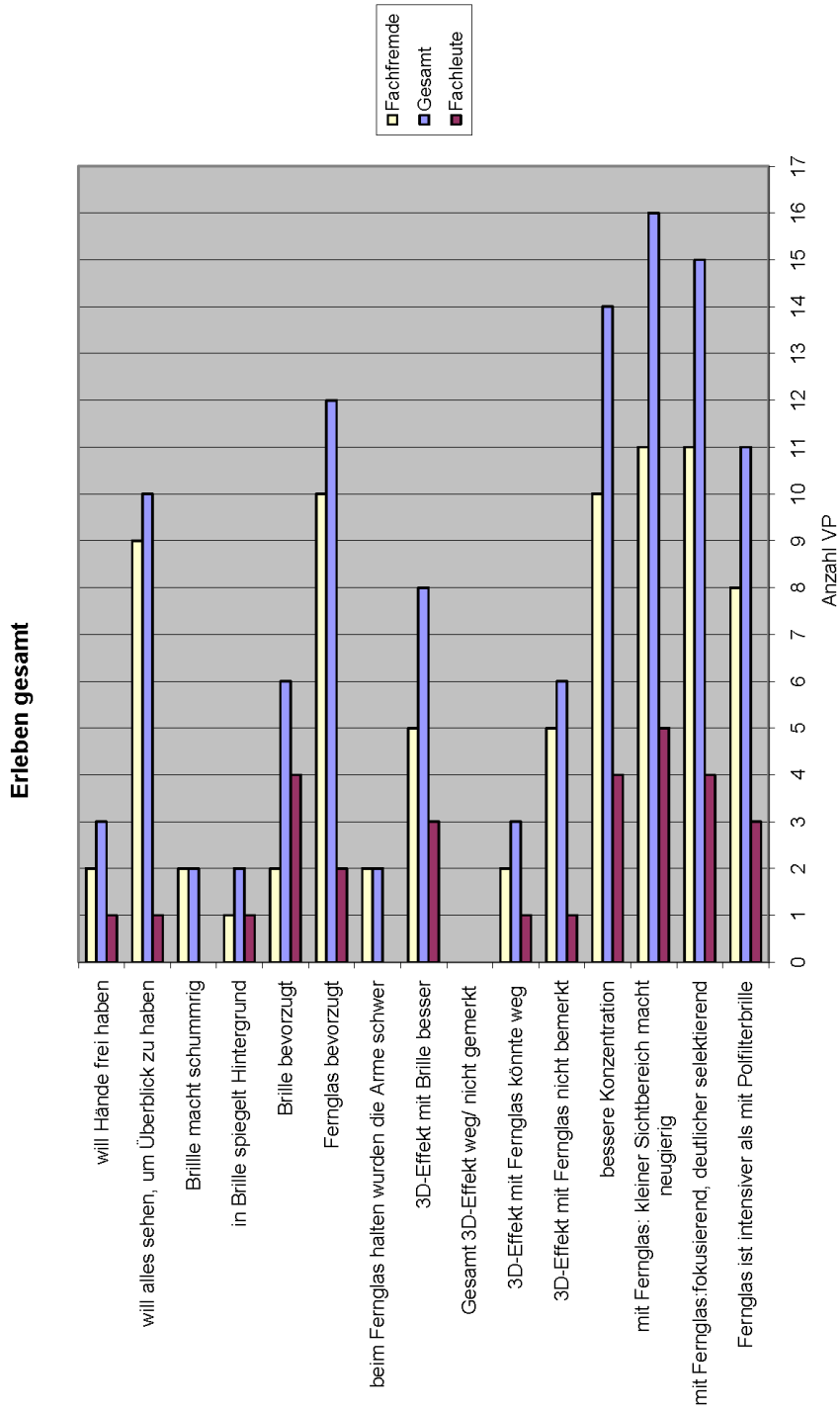
Beurteilung des Fernglasdesign



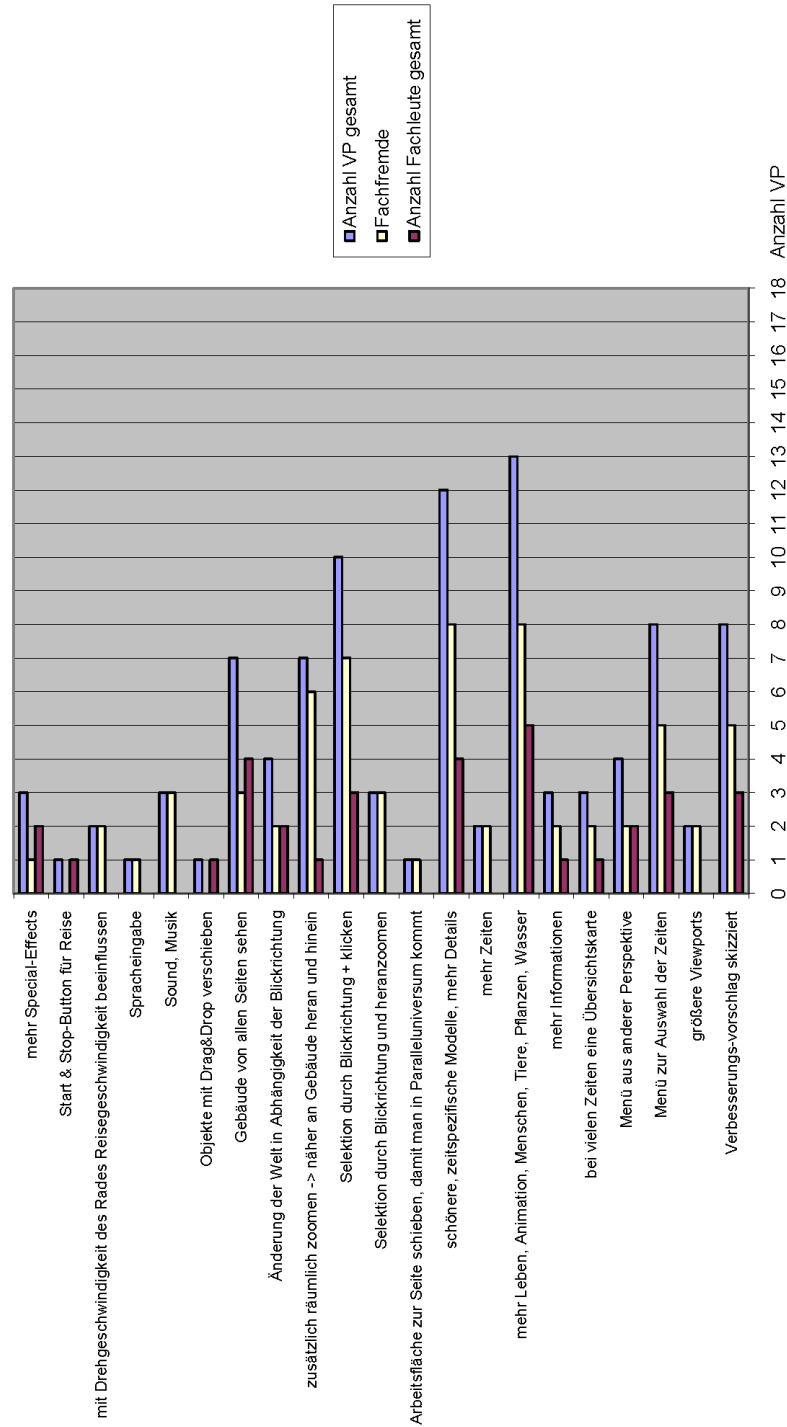




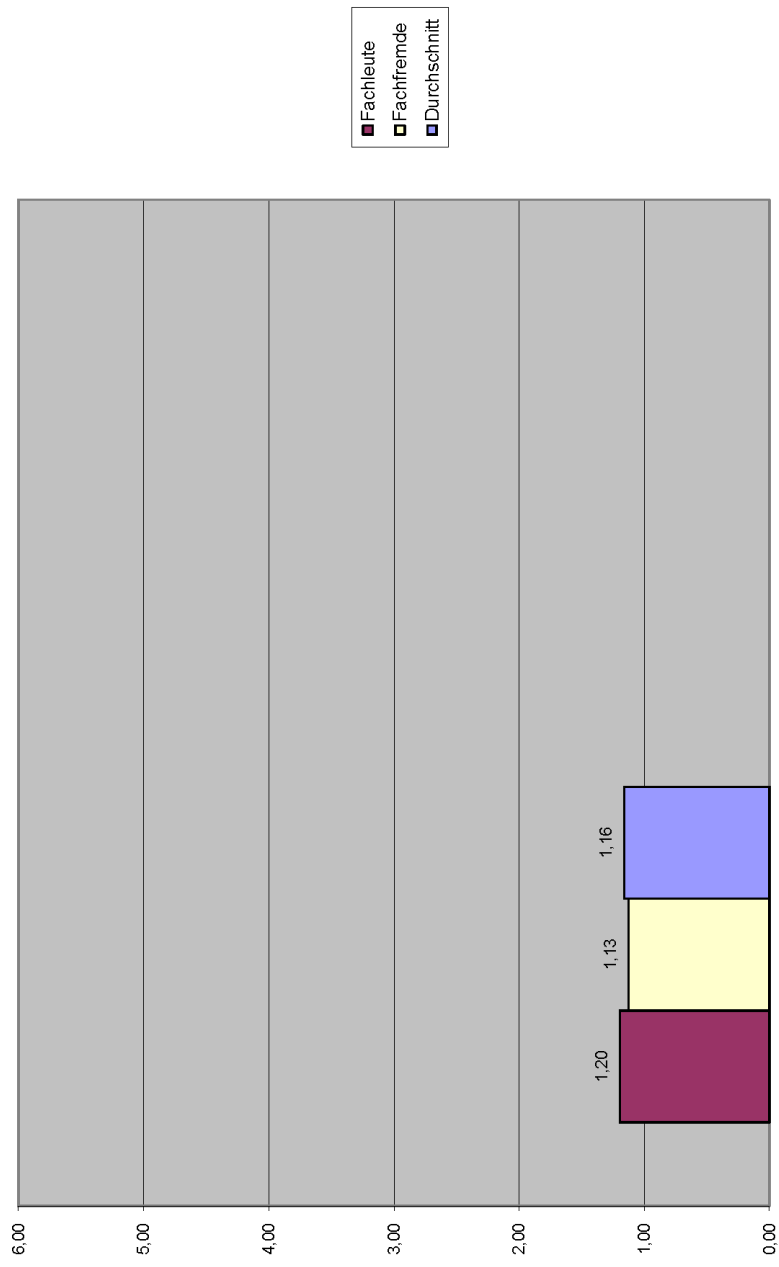




Verbesserungsvorschläge



Schulnote für Fernglasidee



D CD-Inhalt

D.1 Ermittlung intuitiver User Interfaces zur Visualisierung einer Zeitreise (PDF)

D.2 Prototypen A und B inklusive Quellcode

Zum Starten müssen die beiden Server für das linke ("Renderserver-RightEye.bat") und rechte Halbbild ("Renderserver-LeftEye.bat") sowie die Anwendung "VRAR_OpenSG_Demo.exe" ausgeführt werden. Sie befinden sich im Unterverzeichnis "bin" des jeweiligen Prototypen. Es sollte außerdem OpenSG 1.8 installiert sein.

Verzeichnisstruktur

Die Modelle befinden sich im Unterverzeichnis "bin/Data" des jeweiligen Prototypen.

Die Bilder für den Hintergrund befinden sich im Unterverzeichnis "bin/Data/bg" des jeweiligen Prototypen.

Im Unterverzeichnis "bin/include/GL" des jeweiligen Prototypen befindet sich Glut Version 4, welches für das Mousrad benötigt wird. Im Verzeichnis "bin/lib" des jeweiligen Prototypen befindet sich die VRPN-Bibliothek für den Tracker.

Die Texturen der Modelle befinden sich im Überverzeichnis "maps" der Prototypen.

Im Unterverzeichnis "src" des jeweiligen Prototypen befindet sich der Quellcode.