TU Clausthal

Clausthal University of Technology

Nonverbale Kommunikation in virtuellen 3D-Kooperationssystemen

Aycan Ceylan

Gutachter: Prof. Dr. Niels Pinkwart, Prof. Dr. Jörg Müller

Department of Informatics
Clausthal University of Technology

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, dass alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommen wurden, als solche kenntlich gemacht sind, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegt wurde.

Ort, Datum Unterschrift der Kandidatin/des Kandidaten

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis v

Abbildungsverzeichnis vii

Tabellenverzeichnis ix

1 Einleitung 1
- 1.1 Ziel der Arbeit 3
- 1.2 Aufbau der Arbeit 4

2 Grundlagen 5
- 2.1 Kommunikation 5
  - 2.1.1 Verbale Kommunikation 8
  - 2.1.2 Nonverbale Kommunikation 8
- 2.2 Virtuelle Welten 9
  - 2.2.1 Avatar 11
  - 2.2.2 Emoticons und Gestures 12
  - 2.2.3 Embodiment 13
  - 2.2.4 Immersion 14
  - 2.2.5 Soziale Präsenz 15
- 2.3 Ausgewählte virtuelle Welten 16
  - 2.3.1 Active Worlds 17
  - 2.3.2 Project Wonderland 18
  - 2.3.3 Croquet 19
  - 2.3.4 Second Life 20
  - 2.3.5 Übersicht der virtuellen Welten 22
- 2.4 Darstellungssysteme und Interaktionsgeräte 23
  - 2.4.1 3D-Brillen 23
  - 2.4.2 Head-Mounted Display 24
  - 2.4.3 CAVE 25
  - 2.4.4 Datenhandschuhe 26
  - 2.4.5 FaceAPI 27

3 Stand der Forschung 29
- 3.1 Nonverbale Kommunikation mit Maus und Tastatur 29
  - 3.1.1 Nonverbale Elemente in virtuellen Welten 29
  - 3.1.2 Textbasierte Emotionserkennung 32
- 3.2 Nonverbale Kommunikation mit Trackingverfahren 34
  - 3.2.1 Tracking von Blickbewegungen 34
  - 3.2.2 Tracking von Kopfbewegungen 36
- 3.3 Rolle von Blick- und Kopfbewegungen 37
- 3.4 Zusammenfassung und nächste Schritte 38

4 Studienvorbereitung 41
- 4.1 Hypothese und Forschungsfragen 41

4.2 Studienbedingungen ... 42
4.3 Versuchspersonen ... 43
4.4 Aufgabentypen ... 43
4.4.1 Bilderrätsel ... 44
4.4.2 Multiple-Choice-Fragen ... 44
4.4.3 Texträtsel ... 44
4.4.4 Gedicht ... 45
4.5 Auswertungsmethoden ... 45
4.5.1 Fragebogen ... 46
4.5.2 Interview ... 46
4.5.3 Datenbankeinträge ... 46
4.5.4 Videoauswertung ... 47

5 Design und Implementation ... 49
5.1 Konzeptionelles Design ... 49
5.2 Headtracking ... 53
5.2.1 Anpassung für Second Life ... 53
5.2.2 Implementierung von FaceAPI ... 54

6 Studie ... 57
6.1 Raum/Medien/Technik ... 57
6.2 Studienablauf ... 59
6.2.1 Einführung ... 59
6.2.2 Aufgabenbearbeitung ... 60
6.2.3 Abschluss ... 61
6.3 Ergebnisse und Diskussion ... 61

7 Fazit und Ausblick ... 69

8 Literaturverzeichnis ... 71

A Bilderrätsel ... 77

B Multiple-Choice-Fragen ... 79

C Texträtsel ... 83

D Headtracker-Quellcode ... 85

E Übersicht Studienergebnisse ... 89

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
CVE	Collaborative Virtual Environment
ICQ	Homophon für I seek you
ID	Identifier
IRC	Internet Relay Chat
IVE	Immersive Virtual Environment
LSL	Linden Scripting Language
MUVE	Multi User Virtual Environment
PHP	PHP Hypertext Preprocessor
SDK	Software Development Kit
SQL	Structured Query Language
SVE	Social Virtual Environment
VE	Virtual Environment

Abbildungsverzeichnis

2-1 Sender-Empfänger-Modell (1) 5
2-2 Sender-Empfänger-Modell (2) 7
2-3 Elemente der nonverbalen Kommunikation 9
2-4 Anpassung von Avataren in Second Life 11
2-5 Gestiken in Second Life 12
2-6 Cartoon-ähnlicher Avatar (links) und menschenähnlicher Avatar (rechts) 13
2-7 Active Worlds 17
2-8 Project Wonderland 18
2-9 Portal in einer Croquet-Umgebung 20
2-10 Ausschnitt aus Second Life 21
2-11 CrystalEyes3 24
2-12 5DT HMD 800 24
2-13 Mercedes-Benz Design Center 25
2-14 Wireless CyberGlove mit 22 Sensoren 26
2-15 Erkennung von Gesichtsmerkmalen mittels FaceAPI 27
3-1 Virtuelle Umgebung mit nonverbalem Repertoire 30
3-2 Textbasierte Emotionserkennung in Second Life 32
3-3 Textchat mit automatischer Emotionserkennung 33
3-4 Detailarmer Avatar (links), detailreicher männlicher/weiblicher Avatar (rechts) 36
3-5 Studienergebnis mit detailarmen (links) und detailtreuem (rechts) Avatar 36
3-6 Madonna mit gleicher Mimik 38
4-1 Batterie in Nahaufnahme 44
5-1 Ausschnitt vom virtuellem Arbeitsbereich in Second Life 50
5-2 Darstellung einer Multiple-Choice-Frage 51
5-3 Umsetzung der Gedichtaufgabe 52
5-4 Verfolgung der Kopfbewegungen in Second Life 54
5-5 Flussdiagramm Headtracker 55
6-1 Übersicht der Studienumgebung 58
6-2 Zwei virtuelle Tafeln zum Spielen 60
6-3 Durchschnittliche Bearbeitungszeit je Aufgabe 64

6-4 „Ich fand die Aufgabe sehr schwer!“ 65
A-1 Aufgabe Bilderrätsel Schlauch 77
A-2 Aufgabe Bilderrätsel Batterie 77
A-3 Aufgabe Bilderrätsel Blockflöte 77

Tabellenverzeichnis

2-1 Eigenschaften virtueller Welten im Überblick (1) 22
2-2 Eigenschaften virtueller Welten im Überblick (2) 23
3-1 Vergleich von HMD und Monitor 40
6-1 Überblick der Studiengänge 61
6-2 *„Wie häufig spielen Sie Computerspiele?“* 62
6-3 *„Wie häufig haben Sie schon 3D-Spiele gespielt?“* 62
6-4 *„Werden Sie leicht durch Computerspiele gefesselt?“* 62
6-5 *„Werden Sie leicht durch Spielfilme gefesselt?“* 63
6-6 *„Identifizieren Sie sich mit Filmcharakteren schnell?“* 63
6-7 *„Identifizieren Sie sich mit Spielfiguren schnell?“* 63
6-8 Posttest-Fragen zur sozialen Präsenz 67
E-1 Videoauswertung von Gruppen mit Headtracker 89
E-2 Videoauswertung von Gruppen ohne Headtracker 89

1 Einleitung

Mit Fortschreiten der Globalisierung und den damit einhergehenden Marktveränderungen, gehen immer mehr Unternehmen verstärkt Kooperationen mit Technologiepartnern und Unternehmensberatungen ein. Die Auslagerung von Teilen der eigenen Wertschöpfungskette an strategisch wichtige Standorte ist ebenfalls ein Resultat dieser Entwicklung.

Die dabei entstehenden organisatorischen Veränderungen haben zur Folge, dass Arbeiten zunehmend geografisch verteilt stattfinden ([vom Brocke et al., 2008]). Aus dieser Entwicklung heraus, ist es für Unternehmen unerlässlich geworden auf Technologien zurückzugreifen, die eine effektive und effiziente Aufgabenerfüllung ermöglichen. So haben sich Kooperationssysteme[1] zur Optimierung der Zusammenarbeit von verteilten Gruppen zu einer Schlüsseltechnologie und damit zu einer unverzichtbaren Infrastruktur entwickelt ([Riemer and Wulf, 2005]).

Zu den heute bekannten Kooperationssystemen zählt der Email-Versand, der Textchat und die Videokonferenz. Diese Systeme ermöglichen eine sekundenschnelle, kostengünstige, orts- und zeitunabhängige Informationsübermittlung über große Distanzen hinweg ([Riemer and Wulf, 2005]).

Durch die stetig steigende Rechenleistungen und die rasanten Entwicklungen in der Breitband-Technologie eröffneten sich auch für Kooperationssysteme neue Wege. Zur neuesten Errungenschaft im Bereich der Kooperationssysteme zählen die virtuellen 3D-Welten (auch 3D- Kooperationssysteme genannt). Im Gegensatz zum Textchat, bieten diese Systeme den Vorteil, dass durch die Respräsentation des Benutzers mittels einer 3D-Figur den anderen Benutzern visuelle Informationen übertragen werden. Der Vorteil gegenüber von Videokonferenzsystemen besteht in der vollständigen Darstellung vom Gesprächspartner und der Nutzung von gemeinsamen Arbeitsflächen, die von mehreren Benutzern simultan bearbeitet werden können.

[1] „[..] ein sozio-technisches System mit dem Ziel der Unterstützung der Kommunikation, Koordination und Kooperation von Teams, Communities und sozialen Netzwerken verstanden“ *Quelle: http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de* Stand: 04.01.2010

So werden innerhalb einer Gruppenarbeit die Aktivitäten jedes einzelnen Teilnehmers nachvollziehbar, wodurch die Transparenz bei der Bearbeitung von Aufgaben gefördert und somit die Gruppenleistung gesteigert wird. Sind die Teilnehmer über die Vorgänge in der Gruppe informiert, so können sie die eigenen Aktivitäten auf die des Teams besser aufeinander abstimmen und planen (vgl. *Group Awareness* [Gutwin and Greenberg, 2002]).

Neben einer realitätsnahen Darstellung der Person und der Umgebung, bieten virtuelle Welten für den Informationsaustausch gleichzeitig mehrere Kommunikationskanäle an. Zusätzlich zum Textchat und einer Audiounterhaltung können Benutzer durch den Einsatz von Gestures und Emoticons Informationen über den aktuellen Gefühlszustand vermitteln.

Von den aufgeführten Eigenschaften profitieren heute viele Forschungsgebiete. Dazu zählt beispielsweise die Psychologie, die die virtuellen Welten zur Erforschung von Verhalten und zur Behandlung von Phobien einsetzt ([Frey et al., 2006], [Herbelin et al., 2002] und [Moore et al., 2002]). Im Vergleich zur herkömmlichen Methode ist dies eine weniger arbeitsintensive und konstengünstigere Methode. Im Bereich des Marketings nutzt man diese zur Erforschung von Trends und Aufbau von Produkt- und Markenimages ([Hemp, 2006] und [Barnes, 2007]).

Trotz der vielfältigen Kommunikationskanäle, die die virtuellen Welten dem Benutzer bieten, kann eine zwischenmenschliche Face-to-Face-Kommunikation nicht in seiner Gänze abgebildet werden. Psychologische Studien haben gezeigt, dass 65% der Informationen einer zwischenmenschlichen Kommunikation nonverbal erfolgen und somit eine wesentliche Rolle für diese spielen ([Agryle, 1988]). Bei den heutigen virtuellen Welten handelt es sich bei der nonverbalen Kommunikation um vordefinierte Avatarverhalten, die durch den Benutzer manuell ausgelöst werden müssen. Der Nachteil bei dieser Form der nonverbalen Kommunikation besteht zum einen in der bewussten Steuerung vom Avatarverhalten und zum anderen in der Einschränkung auf vordefinierte Verhaltensmuster.

Um diese Einschränkung aufzulösen, bedient man sich immer häufiger verschiedenen technischen Hilfsmitteln mit denen man das Benutzerverhalten direkt auf die 3D-Figur übertragen kann. Häufig verwendet man dazu Trackinggeräte wie beispielsweise Datenhandschuhe und Eyetracker. Des Weiteren verwendet man als Darstellungssysteme Datenbrillen und Head-Mounted-Displays, die den Benutzer stärker in die virtuelle Welt einbeziehen.

Jedoch kann auch der Einsatz von Darstellungssystemen und Trackinggeräten den Benutzer in seinen natürlichen Bewegungsabläufen und damit auch in der nonverbalen Kommunikation einschränken ([Rüeggenberg, 2007]). Deshalb beschränken sich Wissenschaftler auf einzelne nonverbale Elemente, die die zwischenmenschliche Kommunikation unterstützen. Zu diesen gehört zum Beispiel das Tracken von Augenbewegungen oder Handbewegungen ([Garau et al., 2001] und [Bailenson et al., 2002]).

Im Rahmen dieser Arbeit soll untersucht werden, inwieweit sich die nonverbale Kommunikation durch das Tracking von Bewegungen mittels einer Webcam verbessert wird.

1.1 Ziel der Arbeit

Ziel meiner Arbeit war es, den Einfluss des nonverbalen Elements „Kopfbewegung“ auf das kollaborative Arbeiten in virtuellen Welten zu untersuchen. Hierzu wurde in eine virtuelle Welt eine Testumgebung aufgebaut und zum Tracking der Kopfbewegung ein Headtracker implementiert. Anschließend wurde eine Studie durchgeführt und im Hinblick auf die Hypothese untersucht. Diese Hypothese besagt, dass durch die Kopfbewegungen in eine virtuelle Welt zusätzliche Informationen übertragen werden, die bessere Ergebnisse hinsichtlich der Qualität und Bearbeitungszeit liefern. Um eine Antwort auf die Hypothese zu bekommen, wurden die in der Studie gesammelten Daten bewertet und analysiert.

1.2 Aufbau der Arbeit

Im ersten Kapitel wird der Begriff der Kommunikation und der virtuellen Welten erläutert und einige Definitionen aufgeführt, die das Verständnis der Arbeit erleichtern. Anschließend werden ausgewählte Beispiele aus virtuellen Welten, Darstellungssystemen und Trackinggeräten vorgestellt. Nach einer Gegenüberstellung von virtuellen Welten wird eine zur Realisierung der Studie geeignete virtuelle Welt und Software zum Headtracking ausgewählt.

Eine Abgrenzung zu anderen, ähnlichen Arbeiten erfolgt in Kapitel 3. Hier werden Forschungsarbeiten beschrieben, die sich mit nonverbaler Kommunikation in virtuellen Welten mit und ohne der Hilfe von Darstellungssystemen und Trackinggeräten beschäftigen.

Anschließend wird die Bedeutung von Kopfbewegungen in der zwischenmenschlichen Kommunikation beschrieben und das Kapitel mit einer Zusammenfassung abgeschlossen.

Im Anschluss an die vergleichbaren Forschungsarbeiten werden die zu untersuchende Hypothese und die dazugehörigen Forschungsfragen formuliert und die verwendete Methodik zur Realisierung und Auswertung der Studie detailliert beschrieben.

Im darauf folgenden Kapitel 5 werden das konzeptionelle Design und die Implementierung der Software zum Headtracking beschrieben.

Die Durchführung der Studie wird von der Einladung bis hin zur Auswertung in Kapitel 6 beschrieben. Das Kapitel wird mit einer Zusammenfassung der Studienergebnisse und Verbesserungsmöglichkeiten für nachfolgende Untersuchungen abgeschlossen.

Im letztem Kapitel wird die Diplomarbeit abschließend betrachtet, Probleme dargestellt und mögliche Lösungsvorschläge aufgezeigt.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden Definitionen und Begrifflichkeiten geklärt, die zum grundlegenden Verständis der nachfolgenden Kapitel notwendig sind. Im Abschnitt 2.1 wird auf den Begriff der Kommunikation eingegangen, sowie die verbale und nonverbale Kommunikation definiert und die Unterschiede zwischen diesen aufgezeigt. In Abschnitt 2.2 wird auf den Begriff der virtuellen Welten eingegangen, der die Grundlage für die nachfolgende Abschnitte *Ausgewählte virtuelle Welten* und *Darstellungssysteme und Interaktionsgeräte* bilden.

2.1 Kommunikation

Im folgenden wird der Begriff der Kommunikation mit Hilfe des Sender-Empfänger-Modells von [Shannon and Weaver, 1963] erläutert. Das ursprüngliche Ziel der beiden Mathematiker bestand darin, ein Modell für ein möglichst störungsfreies, militärisches Gespräch zu entwerfen. Nach [Shannon and Weaver, 1963] ist Kommunikation als Informationsübertragung von einem Sender zu einem Empfänger zu verstehen. Demnach ist Kommunikation folgendermaßen beschrieben: Eine Nachricht wird vom Sender verschlüsselt und als Signal über ein Übertragungsmedium an einen Empfänger versendet. Der Empfänger entschlüsselt die empfangenen Signale und erhält, sofern die Übertragung störungsfrei verlaufen ist, die vollständige versendete Nachricht.

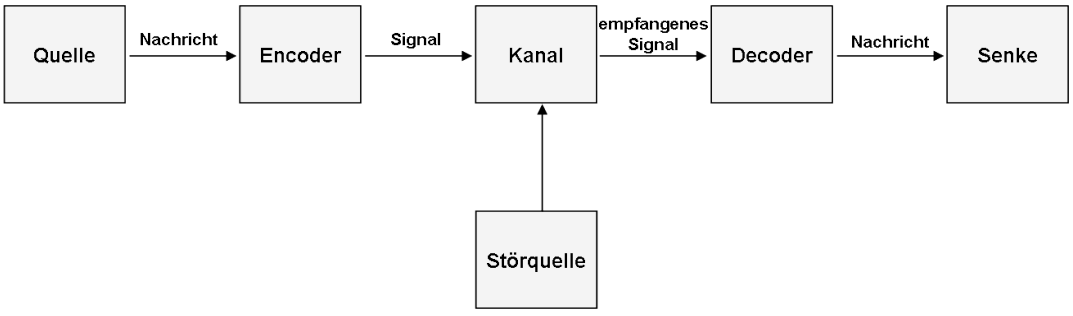

Abbildung 2-1 Sender-Empfänger-Modell (1).

Die Abbildung 2-1[2] zeigt die wesentlichen Elemente, die bei jeder Art von Kommunikation beteiligt sind. Für ein besseres Verständnis, wird nachfolgend anhand des vorgestellten Kommunikationsmodells ein Telefongespräch beschrieben.

Beispiel 1: Ein Unternehmensberater (Informationsquelle), der mit einem Kunden einen Termin vereinbaren möchte, wählt einen bestimmten Termin aus (Nachricht). Diesen leitet er über das Telefon weiter, welches als Sender die Sprache in akustische Signale umwandelt (Verschlüsselung). Die Signale durchlaufen das Telefonnetz (Übertragungskanal) und werden am anderen Ende vom Empfangsgerät entschlüsselt (Entschlüsselung). Somit wird die Nachricht wieder in Sprache umgewandelt und dem Kunden (Empfänger) verständlich. Eine vollständige, korrekte Übertragung der Nachricht kann dabei nicht garantiert werden. Durch verschiedene Störfaktoren, wie z.B. Rauschen im Übertragungskanal kann die Nachricht jederzeit modifiziert werden.

Wie bereits erwähnt, wurde das Modell von [Shannon and Weaver, 1963] primär zur Beschreibung der physikalischen Informationsübertragung entwickelt. Aufgrund seiner Einfachheit wird diese als Grundlage zur Entwicklung von Modellen, die zwischenmenschliche Kommunikation beschreiben, verwendet.

Ein weiteres Beispiel soll verdeutlichen, dass mit dem Sender-Empfänger-Modell die menschliche Kommunikation nicht in Gänze abgebildet werden kann. Hierzu wurde das vorangehende Beispiel angepasst. Im Wesentlichen wurden die als Sender und Empfänger agierenden technischen Geräte durch zwei miteinander kommunizierende Personen ersetzt.

Beispiel 2: Ein Unternehmensberater (Sender) übermittelt mit Hilfe eines Telefons (Übertragungskanal), einem Kunden (Empfänger) seinen Terminwunsch (Nachricht) in Form von Sprache (Verschlüsselung). Der Kunde (Empfänger) entschlüsselt die Nachricht in eigene Gedanken und Gefühle (Nachricht).

---

2 [Shannon and Weaver, 1963]

Im Gegensatz zu der informationstechnischen Kommunikation besteht die zwischenmenschliche Kommunikation aus einer Reihe von Feedback-Prozessen und verläuft nicht linear. Ein Empfänger entschlüsselt eine erhaltene Nachricht in seine eigenen Gefühle und Gedanken, kodiert eine Antwort (Feedback) in verbale und nonverbale Informationen und sendet diese an den Sender zurück. Ein Vorgang in dem ein Empfänger zum Sender wird, bezeichnet man als Feedback-Prozess bzw. als Interaktion. Somit besteht die zwischenmenschliche Kommunikation aus Informationsübertragung und Interaktion. Wobei Informationen verbal, nonverbal, bewusst und unbewusst übertragen werden können. Im zweiten Beispiel bedeutet dies, dass der Kunde die erhaltene Nachricht entschlüsselt und dem Unternehmensberater ein Feedback zu dem Terminwunsch sendet. Abbildung 2-2[3] veranschaulicht den hier beschriebenen Ablauf.

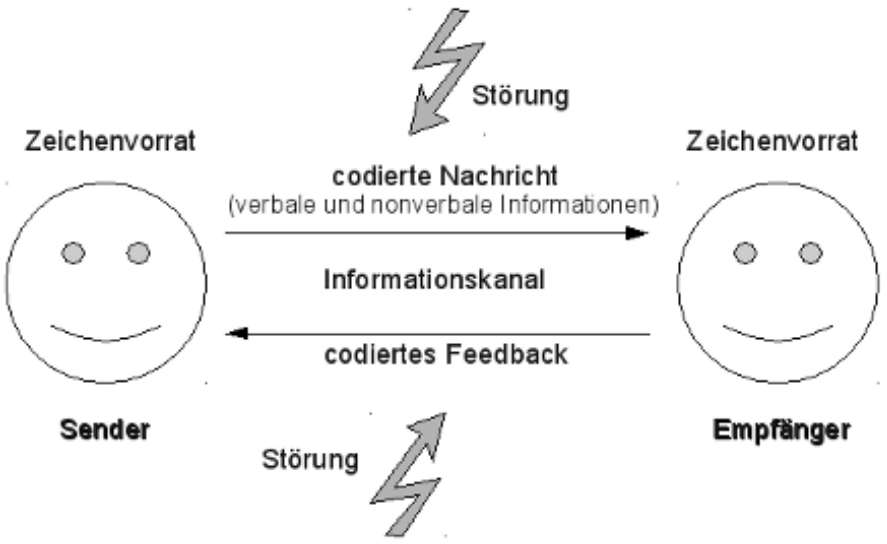

Abbildung 2-2 Sender-Empfänger-Modell (2).

Abschließend wird anhand von zwei Definitonen der Begriff der menschlichen Kommunikation erläutert:

„Kommunikation ist eine symbolisch vermittelte Interaktion bzw. ein Prozess wechselseitiger Bedeutungsvermittlung. Dies geschieht zumeist mit sprachlichen Symbolen, kann aber auch nonverbal erfolgen (z.B. über Blicke oder Gesten)“ ([Bentele and Beck, 1994], Seite 20).

„Man kann nicht nicht kommunizieren, denn jede Kommunikation ist Verhalten und genauso wie man sich nicht nicht verhalten kann, kann man nicht nicht kommunizieren“ ([Watzlawick et al., 1967], Seite 49).

[3] [Shannon and Weaver, 1963]

2.1.1 Verbale Kommunikation

Jegliche Informationsübertragung, die vom Sender zum Empfänger ausschließlich über Worte (bzw. die Sprache) übertragen wird, bezeichnet man als verbale Kommunikation.

2.1.2 Nonverbale Kommunikation

Nonverbale Kommunikation beschreibt alle Formen der zwischenmenschlichen Kommunikation, bei der Informationen nicht über die Sprache, sondern über Ausdrucksmittel wie Mimik, Gestik, Auftreten, Lautstärke und Stimmlage übertragen werden. Psychologische Studien haben gezeigt, dass 65% der Informationen einer zwischenmenschlichen Kommunikation nonverbal erfolgen und somit eine wesentliche Rolle spielen ([Agryle, 1988]).

Virtuelle 3D-Umgebungen wie z.B. Second Life (Unterabschnitt 2.3.4) erlauben dem Nutzer eine eingeschränkte nonverbale Kommunikation durch Verwendung von Emoticons und Gestures, die der Nutzer bewusst aufruft (Unterabschnitt 2.2.2). Man spricht hier von einer eingeschränkten Vermittlung von nonverbalen Informationen, da Gestures und Emoticons zum einen den Stimmungs- und Gefühlszustand vom Benutzer (aufgrund eines eingeschränkten Repertoires von Elementen) nicht in seiner Gänze abbilden kann und zum anderen der Einsatz dieser nonverbalen Elemente bewusst durch den Benutzer aufgerufen werden muss. Wie die folgenden Definitionen von [Watzlawick et al., 1967] und [Gelbmann, 2001] verdeutlichen werden, ist nonverbale Kommunikation nicht nur der Einsatz von bewusst gesteuerten nonverbalen Elementen.

„Kommunikation ist keineswegs nur verbal. Durch Körperhaltung, Kleidung, Mimik, Gestik und andere Komponenten non-verbaler Kommunikation signalisieren wir viel über uns, ohne es immer bewußt zu wollen oder im Augenblick einer Begegnung etwa zu intendieren oder als Mittel zur Mitteilung unserer Absichten einzusetzen. Es ist ein Irrtum zu meinen, daß nur das, was man klar sage, kommunikativ ist“ ([Gelbmann, 2001], Seite 3).

„Activity or inactivity, words or silence all have message value: they influence others and these others, in turn, cannot not respond to these communications and are thus themselves communicating“ ([Watzlawick et al., 1967], Seite 48).

Abschließend zeigt Abbildung 2-3[4] noch einen Überblick von wichtigen nonverbalen Elementen.

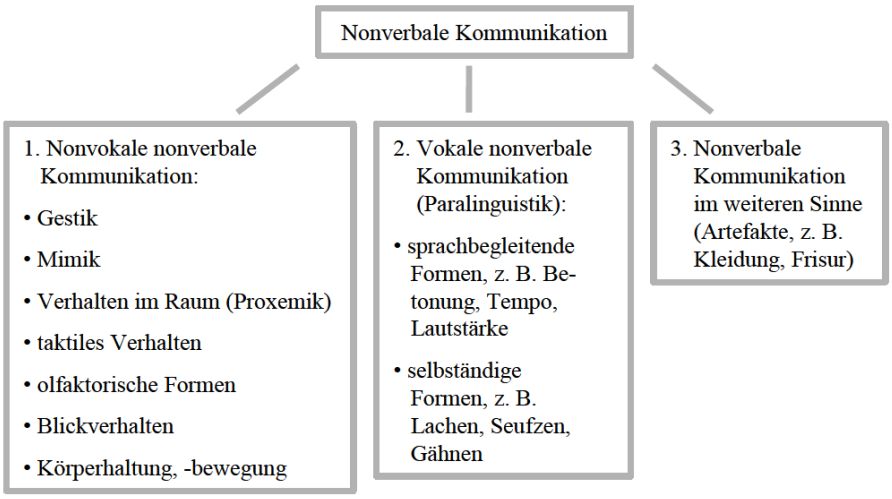

Abbildung 2-3 Elemente der nonverbalen Kommunikation.

2.2 Virtuelle Welten

Als erstes werden einige für diese Arbeit relevanten Definitionen und Varianten des Begriffs virtuelle Welt (Virtual Environment) beschrieben und anschließend gegeneinander abgegrenzt.

Nach Schröder ist eine virtuelle Umgebung als „a computergenerated display that allows or compels the user (or users) to have a sense of being present in an environment other than the one they are actually in, and to interact with that environment“ zu verstehen ([Schroeder, 2002], Seite 2). Blascovich beschreibt eine virtuelle Welt als „an organization of sensory information that leads to perceptions of a synthetic environment as non synthetic“ ([Blascovich, 2002], Seite 128). Aus beiden Definitionen geht hervor, dass eine virtuelle Welt eine computergenerierte Umgebung ist, die dem Benutzer das Gefühl einer realen Welt vermittelt bzw. vermitteln soll. Zudem gibt sie die Möglichkeit mit dieser zu interagieren.

[4] [Rosenbusch, 2000] vgl. [Allmendinger, 2004]

In den bisher aufgeführten Definitionen wurde nur die Interaktion zwischen dem Benutzer und der virtuellen Welt hervorgehoben. Wenn die eingesetzte virtuelle Welt nicht nur die Interaktion des Benutzers mit der Umgebung ermöglicht, sondern auch eine Interaktion und Kommunikation mit einem oder mehreren Benutzern ermöglicht, verwendet man die Begriffe soziale virtuelle Welt (social virtual environment, SVE) oder kollaborative virtuelle Welt (collaborative virtual environment, CVE). Schröder definiert sowohl SVEs als auch CVEs als eine virtuelle Welt „in which users can also experience other participants as being present in the environment and interacting with them“ ([Schroeder, 2002], Seite 3). Die Begriffe CVE und SVE lassen sich mit Hilfe der Definition von Broll zur kollaborativen Welt abgrenzen : „CVEs are computer-based worlds that can enhance and expand our ability to communicate with others and collaborate on the creation and exploration of data“ ([Broll et al., 2002], Seite 3). Man spricht folglich von einer CVE, wenn die virtuelle Welt neben der Möglichkeit der Interaktion und Kommunikation mit anderen Benutzern auch die Möglichkeit bietet, gemeinsam auf Arbeitsmittel zuzugreifen und diese zu manipulieren.

Für eine intensivere und realitätsnähere Wahrnehmung der virtuellen Umgebung werden oftmals statt Standardein- und ausgabegeräten häufig zusätzliche Technologien eingesetzt. Die in einer virtuellen Welt zusätzlich eingesetzten Technologien bezeichnet man als VR-Technologie (virtual reality, VR). Zu VR-Technologien zählen z.B. 3D-Datenbrillen, Datenhandschuhe sowie 3D-Monitore. Wenn eine oder mehrere der aufgeführten VR-Technologien in einer 3D-Umgebung eingesetzt werden, spricht man von einer immersiven virtuellen Welt (immersive virtual environment, IVE).

In der vorliegenden Arbeit werden die Begriffe virtuelle Realität, virtuelle Welt und virtuelle Umgebung synonym verwendet.

Nachfolgend werden die Merkmale und Definitionen von virtuellen Welten beschrieben, Vor- und Nachteile einiger ausgewählter Welten aufgeführt und zum Schluss VR- Technologien beschrieben und bewertet.

2.2.1 Avatar

Als Avatar bezeichnet man eine künstliche Figur, die einen Benutzer beispielsweise in einem Computerspiel repräsentiert. Avatare können als Icons (Instant Messaging), Bilder (in Foren) oder als 3D-Figuren (Abbildung 2-4[5]) dargestellt werden. Diese spielen insbesondere bei der Kommunikation in 3D-Umgebungen eine wesentliche Rolle. Erst durch die Repräsentation der eigenen Person und des Gegenübers wirkt die Kommunikation in 3D-Umgebungen realistischer und ansprechender im Vergleich zu einem Textchat. Die Autoren Bailenson und Blascovich beschreiben die Bedeutung von Avataren wie folgt: „human needs some type of representational vehicle to embody his or her beeing in virtual reality“ ([Bailenson and Blascovich, 2004], Seite 2).

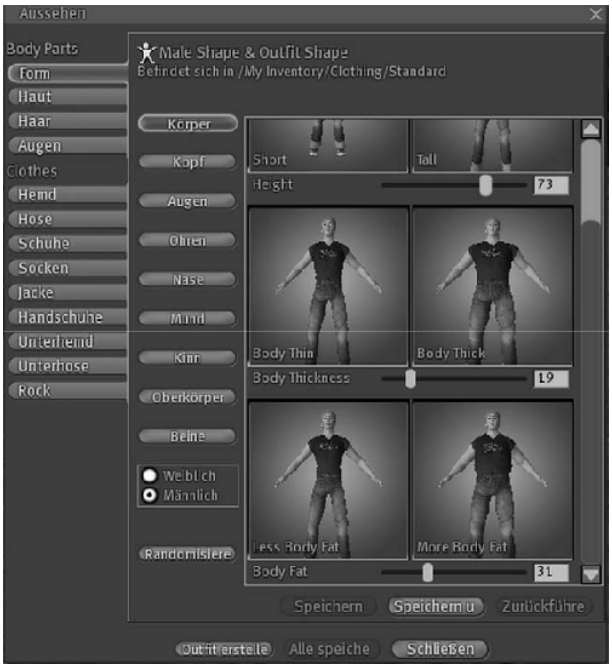

Abbildung 2-4 Anpassung von Avataren in Second Life.

Heutzutage bieten die meisten virtuellen Welten dem Benutzer die Möglichkeit Avatare beliebig anzupassen. Diese Möglichkeit spielt eine maßgebende Bedeutung in Bezug auf das *Embodiment* (vgl. Unterabschnitt 2.2.3).

[5] http://www.sltalk.de/wpcontent/uploads/2007/07/gestiken.gif Stand: 24.09.2009

2.2.2 Emoticons und Gestures

In virtuellen Welten wie z.B. in Second Life kann der Benutzer durch die Verwendung von Gestures und Emotions seine Stimmungs- und Gefühlszustände ausdrücken. Gestures sind vorprogrammierte Animationen, die der Benutzer durch Eingabe einer Tastenkombination oder einer Phrase im integriertem Textchat aufrufen kann. Die aufgerufenen Animationen werden anschließend vom Avatar (siehe Unterabschnitt 2.2.1) ausgeführt. Die Abbildung 2-5 zeigt einige Gestiken.

Das Wort Emoticon setzt sich aus den Worten „Emotion“ und „Icon“ zusammen und besteht im Wesentlichen aus einer Folge von Satzzeichen (z.B. „:-)“), die mit Icons hinterlegt sind. Diese können ähnlich wie in den Textchats IRC [6] oder ICQ [7] im integriertem Textchat der virtuellen Welt, sofern diese eine besitzt, verwendet werden.

Abbildung 2-5 Gestiken in Second Life.

[6] http://irc.pages.de Stand: 24.09.2009
[7] http://www.icq.com Stand: 24.09.2009

2.2.3 Embodiment

Embodiment ist ein Forschungsgebiet der Kognitionswissenschaften und der Psychologie, welches sich mit der Wechselwirkung zwischen Körper und Seele beschäftigt ([Tschacher and Storch, 2009]). Im Kontext der virtuellen Welten untersuchen Wissenschaftler den Zusammenhang zwischen der Avatardarstellung und dem Verhalten bzw. der Erwartung vom Benutzer (vgl. [Vinayagamoorthy et al., 2006], [Friedman et al., 2007]).

Zur Untersuchung der Bedeutung von Embodiment führten [Slater and Steed, 2002] eine Studie unter dem Einsatz von zwei cartoonähnlichen und einem menschenähnlichen Avatar (siehe Abbildung 2-6[8]) durch. Die Reaktion einer Studienteilnehmerin beschreibt Slater wie folgt: „subject [..] belief that the cartoon-like avatars were not embodying real people but were „robots“, as result she cut down her communication“ ([Slater and Steed, 2002], Seite 153).

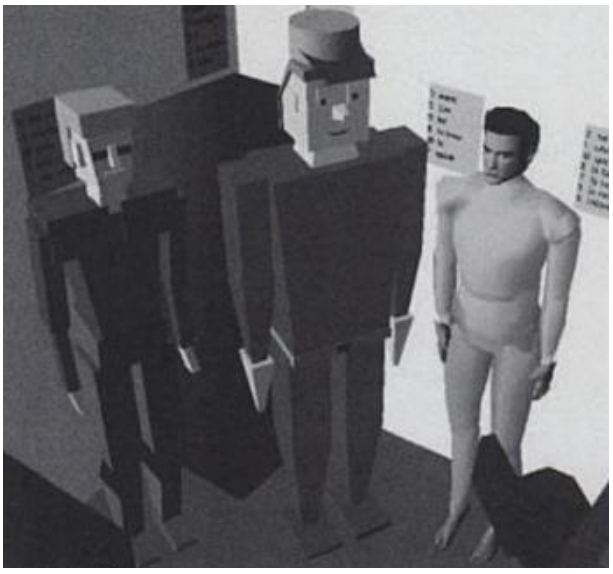

Abbildung 2-6 Cartoon-ähnlicher Avatar (links) und menschenähnlicher Avatar (rechts).

Dahingegen glaubten die Teilnehmer, die durch cartoon-ähnliche Avatare repäsentiert wurden, dass sich hinter dem realistischen Avatar eine wichtige Persönlichkeit verbirgt. Eine Studie von Garau zeigte, das Benutzer von einem Avatar mit einem detailarmen Avatar (analog zu dem cartoonähnlichen Avatar in Abbildung 2-6) weniger realistisches Verhalten erwarten als von einem menschenähnlichen Avatar ([Garau et al., 2003]) (vgl. Unterabschnitt 3.2.1).

8 [Slater and Steed, 2002]

2.2.4 Immersion

Im Kontext der virtuellen Welten beschreibt Immersion den Grad des „Eintauchens“ in eine künstlich geschaffene Umgebung. Je stärker sich ein Nutzer in die virtuelle Umgebung einbezogen fühlt, desto höher ist der Grad der Immersion. Ziel von virtuellen Umgebungen ist es, dem Nutzer das Gefühl zu geben sich in der computergenerierten Umgebung zu befinden und dazu zu bewegen, in der Dauer der Simulation die reale Umgebung nahezu auszublenden. Demnach liegt nach [Pimentel and Teixeira, 1993] eine Immersion vor, wenn die gesamte Aufmerksamkeit und Konzentration des Benutzers der virtuellen Umgebung gerichtet ist. Eine wesentliche Rolle spielt hierbei, neben einer realitätsnahen Gestaltung der Umgebung auch die Repräsentation des Benutzers z.B. mit Hilfe einer virtuellen 3D-Figur, dem Avatar ([Magnenat-Thalmann et al., 2005]). „One powerful effect of immersion is its ability to focus your attention. It is common to say that people immerse themselves in their work. Immersion means to block out distractions and focus selectively on just the information with which you want to work“ ([Pimentel and Teixeira, 1993], Seite 15).

Ähnlich wie [Pimentel and Teixeira, 1993] spricht [Bowman, 1999] von Immersion, wenn die reale Umgebung gegen die virtuelle Umgebung eingetauscht wird.

„The feeling of „being there“ that is experienced in some VEs. A VE user is immersed when he feels that the virtual world surrounds him and has to some degree replaced the physical world as the frame of reference“ ([Bowman, 1999], Seite 5).

Zur Verstärkung von Immersion werden zusätzliche Darstellungssysteme und Interaktionstechniken eingesetzt (vgl. Abschnitt 2.4). Die Bedeutung dieser beschreiben [Bricken and Byrne, 1993] als „a powerful new way to use computers. VR eliminates the traditional separation between user and machine, providing more direct and intuitive interaction with information. By wearing a head-mounted audio-visual display, position and orientation sensors, and tactile interface devices, we can actively inhabit an inclusive computer-generated environment. We can create virtual worlds and step inside to see, hear, touch and modify them.“

Unter dem Begriff Virtuelle Realität (VR) fasst [Bricken and Byrne, 1993] Hard- und Software zusammen, die für die Visualisierung und Interaktion mit virtuellen Welten eingesetzt werden.

Beispiele für Darstellungssysteme und Interaktionstechniken sind in Abschnitt 2.4 detailliert beschrieben.

2.2.5 Soziale Präsenz

Soziale Präsenz beschreibt das Ausmaß, indem ein Gesprächspartner bei der Kommunikation über elektronische Medien als natürliche Person wahrgenommen wird. Das Ausmaß der Wahrnehmung vom Gesprächspartner als reale Person wird im Wesentlichen durch nonverbale Elemente wie Gestik, Mimik, Tonfall (vgl. Unterabschnitt 2.1.2) sowie durch die Kleidung und das Auftreten der Personen bestimmt. Den Beschreibungen zufolge können wir sagen, dass die soziale Präsenz eines Benutzers stark vom eingesetztem Medium (hier: virtuellen Welt) abhängt. Denn wenn eine ausgewählte virtuelle Welt dem Benutzer nicht die Möglichkeit bietet Avatare anzupassen, mit anderen Benutzern zu kommunizieren und die Anwesenheit von weiteren Personen im Raum nicht anzeigt (Anzeige von Benutzern die Online sind), wird der Benutzer kein Gefühl des Zusammenseins verspüren (vgl. [Gutwin and Greenberg, 2002]). Im Folgenden werden einige wichtige Definitionen der sozialen Präsenz aufgeführt.

Soziale Präsenz ist als „psychological state in which the individual perceives himself or herself as existing within an interpersonal environment“ zu verstehen ([Blascovich, 2002], Seite 129). Blascovich bezieht sich in der Definition sowohl auf die reale als auch auf die virtuelle Welt. Im Gegensatz hierzu definiert Sallnäs soziale Präsenz als „the feeling of being present with another person at a remote location“ und bezieht sich damit ausschließlich auf die medienvermittelte Kommunikation ([Sallnäs, 2002], Seite 172). Taylor geht einen Schritt weiter und bezieht sich bei der Definition auf virtuelle Umgebungen und betont die Wichtigkeit von Avataren „At a very basic level, bodies root us and make us present, to ourselves and to others“ ([Taylor, 2002], Seite 41).

Aus den Definitionen geht hervor, dass die wesentlichen Aspekte einer virtuellen Umgebung (Embodiment, Immersion und soziale Präsenz) auf den Einsatz von Avataren beruht.

2.3 Ausgewählte virtuelle Welten

Nachfolgend werden virtuelle Welten beschrieben, die im Hinblick auf einen potentiellen Einsatz in der von mir beabsichtigten Studie (vgl. Kapitel 4) untersucht worden sind. Für die Realisierung der Studie musste in die virtuelle Welt ein Headtracker (vgl. Unterabschnitt 2.4.5) implementiert und eine virtuelle Testumgebung aufgebaut werden.

Daher war die Verwendung einer virtuellen Welt mit freiem Quellcode, die zugleich Veränderungen in der Umgebung zulässt, Voraussetzung. Im Unterabschnitt 2.2.4 wurde erläutert, dass die Modifizierung vom Avatar-Aussehen einen Einfluß auf die Wahrnehmung der Umgebung und der eigenen Person haben kann. Folglich war die Modifizierung vom Avatar eine weitere Voraussetzung bei der Auswahl der Umgebung. Um die Anzahl von ungeplanten Unterbrechungen möglichst zu vermeiden, wurde jede Welt auf Systemstabilität überprüft.

Zusammengefasst wurden die in diesem Kapitel beschriebenen virtuellen Welten hinsichtlich der Erfüllung der folgenden Kriterien untersucht:

- Open Source[9] (Quellcode frei zugänglich):
- Avatar modifizierbar
- Umgebung modifizierbar
- System stabil

Im Anschluss zu der Beschreibung der einzelnen virtuellen Welten, werden die elementaren Eigenschaften dieser zusammengefasst und gegenübergestellt.

[9] *http://www.opensource.org/docs/osd* Stand: 30.09.2009

2.3.1 Active Worlds

Active Worlds[10] wurde von der gleichnamigen Firma Active Worlds Inc. im Jahre 1997 veröffentlicht. Ziel der Entwickler war es, einen dem 2D-Webbrowser (z.B. Firefox[11]) äquivalenten 3D-Browser auf den Markt zu bringen. Dieser sollte die zweidimensionale Darstellung auf Webseiten durch eine dreidimensionale Darstellung von virtuellen Produkten, Büros und Gebäuden ersetzen. Stattdessen hat sich ActiveWorlds zu einer virtuellen Welt entwickelt. Diese bietet den Nutzern die Möglichkeit virtuelle Objekte zu kaufen, bauen, erkundigen und die Kommunikation mit anderen Nutzern.

Abbildung 2-7 Active Worlds.

Active Worlds basiert auf einer Client-Server-Architektur. Der Client kann kostenlos von der Active Worlds- Homepage[12] heruntergeladen und genutzt werden. Der Nutzer kann die Umgebung entweder kostenlos als Tourist oder kostenpflichtig als Bürger betreten. Touristen können nur eine Teilmenge der Eigenschaften, die Bürgern (registrierte Nutzern) zur Verfügung stehen, nutzen. So besitzen Touristen keinen eigenen Avatarnamen, können den Avatar nicht individuell anpassen und erbaute Objekte nicht schützen. Jeder beliebige Nutzer kann von Touristen gebaute Objekte jederzeit wieder löschen.

[10] *http://www.activeworlds.com* Stand: 30.09.2009
[11] *http://www.mozilla-europe.org/de/firefox/* Stand: 30.09.2009
[12] *http://www.activeworlds.com/products/download.asp* Stand: 30.09.2009

Für Entwickler stellt Active Worlds ein SDK (C++) und eine Server-Version zur Verfügung. Da weder Client noch der Server OpenSource sind, wurde Active Worlds für die Anwendung in dieser Arbeit ausgeschlossen.

2.3.2 Project Wonderland

Project Wonderland[13] wurde von Sun Microsystems entwickelt und als stabile Version 0.3 im November 2007 veröffentlicht. Ziel von Sun Microsystems war die Erschaffung eines gemeinschaftlichen, virtuellen Arbeitsplatzes. Dies stand im Fokus, da nach Angaben von Sun, 50% der Mitarbeiter räumlich weit voneinander getrennt arbeiten. Der Informationsaustausch mittels Telefon, Email und Insant-Messaging sei aufgrund der geringen emotionlen Bandbreite unzureichend.

Project Wonderland verfügt über Funktionen für eine Audio- und Chat-Kommunikation und eine Telefon und Video-Unterstützung. Des Weiteren können OpenOffice-Anwendungen angezeigt und kollaborativ bearbeitet werden. Die Abbildung 2-8 visualisiert einige der genannten Funktionen. Sowohl der Client Project Wonderland als auch der dazugehörige Server Project Darkstar basieren auf der Programmiersprache Java und sind als Open Source verfügbar.

Abbildung 2-8 Project Wonderland.

[13] http://research.sun.com/ Stand: 02.10.2009

Nach einigen Tests mussten wir leider feststellen, dass die Version 0.4 für einen Einsatz in unserer Studie noch nicht ausgereift ist. Während der Tests wurde in unregelmäßigen Abständen Körperteile des Avatars und Teile von Objekten entweder fehlerhaft angezeigt oder weggelassen.

2.3.3 Croquet

Croquet[14] besteht, im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Welten, aus einem Peer-to-Peer Netzwerk mit mehreren Clients und Servern. Diese basiert auf der Smalltalk-Entwicklungsumgebung Squeak, die von Alan Kay[15] und seinem Team bei Apple und bei Disney (ab 1996) entwickelt wurde. Ziel war die Entwicklung einer Programmierumgebung für Kinder im Vorschulalter, die auf spielerische Weise logische Zusammenhänge und die Programmierung erlernen sollten.

Nachdem Squeak als Open Source freigegeben wurde, starteten zahlreiche wissenschaftliche Projekte. Eines dieser Projekte war die Entwicklung eines neuen Betriebssystems, dass eine dreidimensionale, dezentrale, netzbasierte und plattformunabhängige Zusammenarbeit von mehreren Benutzern ermöglichen sollte. Ausgehend von diesem Ansatz wurde die kollaborative 3D-Umgebung Croquet entwickelt.

Diese wurde 2004 als Open Source Projekt mit der Version 0.1 unter dem Namen Jasmine veröffentlicht[16]. Die Softwareentwicklungsumgebung Croquet SDK wurde drei Jahre später von der non- profit Organisation Croquet Consortium unter einer eigenen freien Lizenz veröffentlicht. Die Peer-to-Peer Architektur von Croquet ermöglicht es, dass jeder Teilnehmer sich mit einem weiteren Teilnehmer durch Eingabe der IP-Adresse und Portnummer verbinden kann. Der verbundene Teilnehmer erscheint in der Umgebung als separates Fenster. Diesen bezeichnet mal als Portal. Portale können mit einem Mausklick durch den Benutzer betreten werden. Ein solches Portal zeigt Abbildung 2-9 [17].

---

[14] *http://www.opencroquet.org/index.php/Main_Page* Stand: 05.10.2009
[15] *http://ei.cs.vt.edu/~history/GASCH.KAY.HTML* Stand: 05.10.2009
[16] *http://www.golem.de/showhigh2.php?file=/0410/34119.html&wort[]=croquet* Stand: 05.10.2009
[17] [Smith et al., 2003]

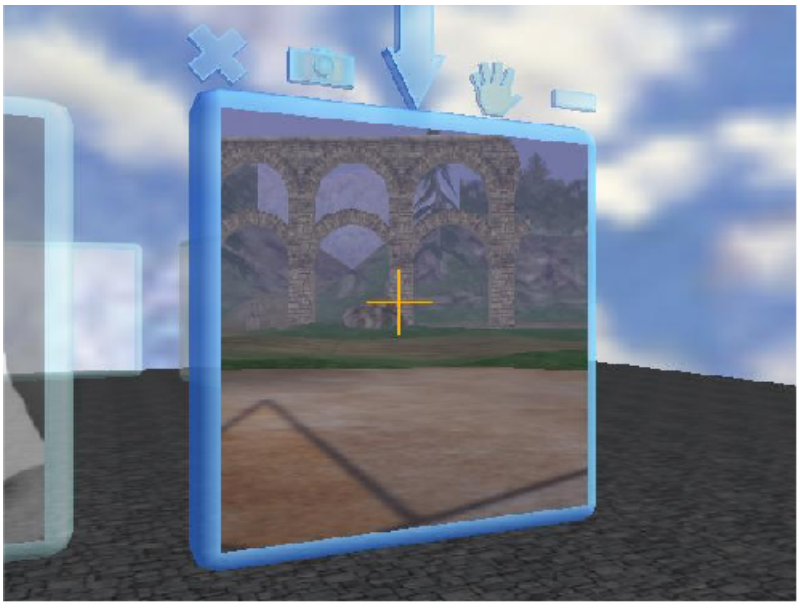

Abbildung 2-9 Portal in einer Croquet-Umgebung.

Auf diese Weise können sich mehrere Benutzer auf einem Rechner treffen, Inhalte anzeigen und kollaborativ bearbeiten. Eine weitere besondere Eigenschaft von Croquet ist der implementierte VNC-Client. Mit dieser können beliebige Anwendungen gestartet und ausgeführt werden. Auch das Anzeigen von Webseiten stellt in der Umgebung kein Problem dar (vgl.[Müller, 2005]).

Das System stürzte bei den Tests oft aus nicht reproduzierbaren Gründen ab und ist somit, trotz der aufgezählten positiven Eigenschaften, für einen Einsatz in der von uns beabsichtigen Studie nicht vollständig ausgereift.

2.3.4 Second Life

Second Life wurde 2003 von der Firma Linden Lab [18] aus San Francisco veröffentlicht. Im Unterschied zu den oben genannten virtuellen Welten verfügt Second Life über eine eigene virtuelle Währung und damit über ein eigenes Wirtschaftssystem. Die Währung heißt Linden Dollar und kann an Online-Börsen gegen reale US-Dollar getauscht werden. Neben den Funktionen mit anderen Avataren zu kommunizieren, arbeiten und spielen bietet Second Life somit auch die Möglichkeit realen Handel zu betreiben.

[18] *http://lindenlab.com* Stand: 05.10.2009

Des Weiteren steht dem Benutzer eine große Bandbreite an Möglichkeiten zur Verfügung um das Erscheinungsbild von Avataren zu individualisieren und mit Hilfe von Prims komplexe Objekte in der Umgebung zu bauen. Prims[19] sind Basisbauelemente in der Umgebung, die aus einfachen geometrischen Körpern wie beispielsweise Kugeln und Zylindern bestehen und mittels Parametern angepasst werden können. Abbildung 2-10[20] zeigt einige in Second Life erstellte Avatare und Gebäude.

Abbildung 2-10 Ausschnitt aus Second Life.

Das Verhalten und die Erscheinung von Prims oder Objekten können mit Hilfe vom LLScript kontrolliert und beeinflusst werden. LLScript bzw. Linden Scripting Language (LSL)[21] ist eine einfache, leistungsfähige Programmiersprache in Second Life.

[19] *http://wiki.slinfo.de* Stand: 05.10.2009
[20] *http://www.welt.de/multimedia/archive/1219404126000/00170/Second-Life_DW_WebW_170039g.jpg* Stand: 05.10.2009
[21] *http://wiki.slinfo.de* Stand: 05.10.2009

Second Life basiert auf einer Client-Server Architektur. Die Second Life-Server werden von Linden Lab verwaltet und sind nicht frei verfügbar. Dahingegen ist der Client seit 2007 unter GPL[22] als Open Source veröffentlicht worden. Alternativ zu dem von Linden Lab betriebenen Server kann der OpenSimulator[23] eingesetzt werden. Der OpenSimulator (auch OpenSim genannt) ist eine frei verfügbare Software unter der BSD- Lizenz[24] und kann problemlos eine virtuelle Welt simulieren. Unter den hier ausgewählten und beschriebenen virtuellen Welten konnte nur der Second Life-Client auf OpenSim die erforderlichen Kriterien, für einen Einsatz in der Studie in Kapitel 4 beschriebenen Studie, erfüllen.

2.3.5 Übersicht der virtuellen Welten

Alle Umgebungen wurden hinsichtlich der freien Verfügbarkeit des Quellcodes, Editierbarkeit der Umgebung und des Avatars sowie der Systemstabilität bewertet. Die Tabelle 2-1 gibt einen abschließenden Überblick über die Eigenschaften der hier beschriebenen virtuellen Umgebungen.

Virtuelle Welt	Avatar modifizierbar	Inhalt modifizierbar	Stabilität	Open Source
Active Worlds	Ja	Ja	-	Nein
Project Wonderland	Ja	Ja	Nein	Ja
Croquet	Ja	Ja	Nein	Ja
Second Life-Client	Ja	Ja	Ja	Ja

Tabelle 2-1 Eigenschaften virtueller Welten im Überblick (1).

Die Auswertung vom Second Life bezieht sich hier nur auf den Client. Die Kriterien für einen Einsatz im Rahmen dieser Arbeit gelten somit nur in Zusammenhang mit dem OpenSimulator (Open Source Server für virtuelle Welten).

Die nachfolgende Tabelle 2-2 zeigt weitere Unterscheidungsmerkmale von virtuellen Welten. Diese waren bei der Auswahl einer geeigneten Software nicht von Bedeutung und werden zwecks Vollständigkeit aufgeführt.

[22] *http://www.gnu.org* Stand: 10.10.2009
[23] *http://opensimulator.org* Stand: 10.10.2009
[24] *http://www.opensource.org/licenses/bsd-license.php* Stand: 10.10.2009

Virtuelle Welt	Betriebssystem	Architektur	Programmier-sprache
Active Worlds	Win, Linux	Client-Server	C/C++
Project Wonderland	Win, Linux, Mac	Client-Server	Java
Croquet	Win, Linux, Mac	Peer-2-Peer	Squeak
Second Life	Win, Linux, Mac	Client-Server	C/C++

Tabelle 2-2 Eigenschaften virtueller Welten im Überblick (2).

2.4 Darstellungssysteme und Interaktionsgeräte

Im vorangehenden Abschnitt wurden einige virtuelle Welten vorgestellt und eine für die Studie geeignete virtuelle Welt ausgewählt. Die virtuelle Welt Second Life bietet dem Nutzer eine Vielzahl von Texturen für eine realitätsnahe Gestaltung von virtuellen Objekten und Avataren. Diese haben einen bedeutenden Einfluss auf die Wahrnehmung der Umgebung und demzufolge auf das Immersionsgefühl (vgl. [Moskaliuk, 2009] und [Magnenat-Thalmann et al., 2005]).

Das Gefühl in eine virtuelle Welt einzutauchen, wird durch die Visualisierung der Umgebung und die Interaktion mit dieser maßgebend beeinflußt ([Slater and Steed, 2002]). In diesem Abschnitt werden einige Systeme zur Darstellung von virtuellen Welten und Techniken zur Interaktion mit diesen vorgestellt. Im Zusammenhang mit nonverbaler Kommunikation ist die Auswahl einer Interaktionstechnik von Bedeutung.

Zum Schluß wird das im Rahmen der Studie (vgl. Kapitel 4) eingesetzte Verfahren zur Verfolgung von Kopfbewegungen erläutert.

2.4.1 3D-Brillen

Zu den bekanntesten 3D-Brillen gehören die Polfilterbrillen, Farbfilterbrillen (auch Anaglyphenbrillen genannt) und die Shutterbrillen. Diese werden bei stereoskopischen Verfahren (3D-Filme, 3D-Spiele) zur Visualisierung der räumlichen Tiefenwirkung genutzt. Diesen Effekt erzielen sie durch eine spezielle Filterung der Eingabebilder. Bei Shutter-Brillen, die hauptsächlich im Computerbereich verwendet werden, besteht dies durch eine abwechselnde Verdunkelung der Augen. Damit der Effekt möglichst realistisch und unverzerrt dargestellt werden kann, müssen die Bilder möglichst schnell im Wechsel angezeigt werden. Um dies in der Praxis zu realisieren, muss der eingesetzte Monitor eine Bildwiederholfrequenz von mindestens 100Hz besitzen.

Abbildung 2-11 CrystalEyes3.

Die Kosten für die abgebildete Shutterbrille (Abbildung 2-11) liegen etwa bei 700 €(Stand: November 2009) [25]

2.4.2 Head-Mounted Display

Ein Head-Mounted Display (HMD) bezeichnet ein am Kopf befestigtes Anzeigegerät, dass vom Computer erzeugte Bilder auf einen augennahen Bildschirm darstellt und diese direkt auf die Netzhaut projiziert. Durch ein solches Display wird die gesamte Sicht des Benutzers abgedeckt und der Benutzer wird von visuellen Reizen der realen Umgebung vollständig isoliert. Das Ziel ist es, dass der Benutzer seine Konzentration der virtuellen Welt widmet und hierdurch einen höheren Grad an Immersion verspürt [Schaeppi and Kirchgeorg, 2005].

Der in Abbildung 2-12 angezeigte HMD [26] kostet ca. 4000 €.[27]

Abbildung 2-12 5DT HMD 800.

[25] http://www.estkl.com/prices.html Stand: 01.11.2009
[26] http://www.vrealities.com/5dt.html Stand: 01.11.2009
[27] http://www.est-kl.com Stand: 01.11.2009

2.4.3 CAVE

CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) bezeichnet einen begehbaren virtuellen Raum, welcher durch Projektion von Stereobildern an Wände, Decke und Boden erzeugt wird. Für eine dreidimensionale Wahrnehmung wird der Benutzer vor Betreten des Raumes mit einer Shutterbrille ausgestattet. Diese Shutterbrille projiziert in hoher Geschwindigkeit abwechselnd für das rechte und das linke Auge unterschiedliche Bereiche des virtuellen Raums. Erst das Gehirn setzt diese zu einem Bild zusammen und vermittelt dem Benutzer den Eindruck eines dreidimensionalen Raums. Des Weiteren wird der Benutzer zusätzlich mit Bewegungssensoren ausgestattet. Mittels dieser kann er durch die eigene Bewegung im virtuellen Raum die Darstellung der Bilder beeinflußen und so mit diesem interagieren.

Das CAVE-System findet heute beispielsweise Anwendung in Videospielen, in der medizinischen Forschung und immer mehr auch bei der Entwicklung von Produkten. Abbildung 2-13 [28] zeigt ein CAVE-System von Mercedes- Benz[29]. Mit Hilfe dieses Systems können Entwickler Ideen und Vorschläge virtuell ausprobieren und ersparen sich Zeit und Kosten für die Herstellung von Prototypen ([Sturm, 2009]).

Abbildung 2-13 Mercedes-Benz Design Center.

[28] *http://www.emercedesbenz.com* Stand: 01.12.2009
[29] *http://www.mercedes-benz.de* Stand: 01.12.2009

2.4.4 Datenhandschuhe

Mit Hilfe von Datenhandschuhen können Gesten vom Benutzer erkannt und z.B. in eine virtuelle Welt übertragen werden. Außerdem bieten Datenhandschuhe dem Benutzer die Möglichkeit virtuelle Objekte zu manipulieren. Auf dem Markt ist eine Vielzahl von Datenhandschuhen zu finden. In Abhängigkeit von der Anzahl der Sensoren, dem eingesetztem Trackingverfahren und Funktionsumfang kosten diese zwischen 100 € und 100.000 €[30]. Ein verbreiteter Datenhandschuh ist der Wireless CyberGlove vom Hersteller Immersion. Dieser erfasst die Hand- und Fingerbewegungen mittels 22 Sensoren und übermittelt die Daten via Bluetooth an einen Rechner. Die Ermittlung der Daten erfolgt beim CyberGlove mittels optischem Tracking. Hierzu sind in dem Datenhandschuh Glasfaserkabeln eingearbeitet, die Licht vom Handrücken bis zu den Fingerspitzen hin- und zurücksenden. An den Fingergelenken befinden sich jeweils kleine Öffnungen, bei dem durch Krümmen der Finger Licht verloren geht. Je stärker das Gelenk gekrümmt wird, desto mehr Licht geht verloren. Anhand der durch Sensoren gemessene Lichtmenge kann die Hand- bzw. Fingerkrümmung ermittelt und in der virtuellen Umgebung in Echtzeit visualisiert werden. Ein großer Nachteil von Datenhandschuhen ist jedoch die Ermüdung des Benutzers.

Die Abbildung 2-14 zeigt den Wireless CyberGlove vom Hersteller Immersion. Dieser kostet nach Angaben des Herstellers ca. 15.500 €[31].

Abbildung 2-14 Wireless CyberGlove mit 22 Sensoren.

[30] *http://www.est-kl.com/prices.html* Stand: 01.12.2009
[31] Stand: März 2009

2.4.5 FaceAPI

FaceAPI[32] ist eine von der Firma Seeing Machines entwickelte Schnittstelle zur Ermittlung und Verfolgung der Kopfposition sowie der Kopfbewegung mittels einer Kamera. Hierfür greift FaceAPI z.B. auf die Webcam zu und ermittelt die Position des Kopfes relativ zur Kamera. Nach einer erfolgreichen Positionsermittlung des Kopfes bestimmt FaceAPI weitere Gesichtsmerkmale anhand von sogenannten Face-Landmarks. Diese sind Referenzpunkte innerhalb des Gesichtes, die Informationen zur Berechnung der Rotation des Kopfes liefern. Dies können beispielsweise die Mundwinkeln, Augenwinkeln und Nasenlöcher sein. Die Abbildung 2-15 zeigt die von FaceAPI erkannten Gesichtsmerkmale.

Abbildung 2-15 Erkennung von Gesichtsmerkmalen mittels FaceAPI.

FaceAPI ist als nicht-kommerzielle und kommerzielle Version erhältlich. Die kommerzielle Version kann, im Gegensatz zu der nicht-kommerziellen Version, weitere Gesichtsmerkmale, wie z.B. die Lippen und die Augenbrauen bestimmen und deren Bewegungen verfolgen. Beide Versionen verfügen über sechs Freiheitsgrade zur Positions - und Bewegungsbestimmung. Drei Freiheitsgrade dienen zur Bestimmung der Translation und drei Freiheitsgrade zur Bestimmung der Rotation.

Da im Rahmen dieser Arbeit nur der Einfluss von Kopfbewegungen in virtuellen Welten erforscht werden soll, haben wir uns für die nicht-kommerzielle Version 3.0.3 entschieden.

Die Implementierung von FaceAPI in Second Life kann dem Abschnitt 5.2 entnommen werden.

[32] http://www.seeingmachines.com/product/faceapi/ Stand: 01.12.2009

3 Stand der Forschung

In einer virtuellen Welt kann nonverbale Kommunikation auf zwei Arten erfolgen. Auf der einen Seite gibt es die nonverbale Kommunikation ohne Hilfsgeräte, bei der sie durch Aufrufe von vorprogrammierten Avatarverhalten erfolgt. Auf der anderen Seite kann man mit Hilfe von Trackinggeräten das Avatarverhalten durch die Bewegung des Benutzers auslösen (vgl. [Garau et al., 2003] und [Rüeggenberg, 2007]).

Zur Abgrenzung meiner Studie werde ich in den ersten beiden Abschnitten experimentielle Studien vorstellen, die sich mit der Implementierung und Untersuchung von nonverbalem Avatarverhalten in virtuellen Welten beschäftigen.

Darauf aufbauend, werden im Abschnitt 3.3 Untersuchungen zur Rolle und Funktion von Kopfbewegungen in der menschlichen Kommunikation vorgestellt.

3.1 Nonverbale Kommunikation mit Maus und Tastatur

In vielen virtuellen Welten können Benutzer durch Eingabe von Satzzeichen oder Phrasen in den Textchat vorprogrammiertes Verhalten beim Avatar auslösen (vgl. Unterabschnitt 2.2.2). Diese Verhaltensmuster bieten dem Benutzer die Möglichkeit emotionale Zustände wie z.B. Freude, Trauer und Beifall zum Ausdruck zu bringen. Somit wird nonverbales Avatarverhalten bewusst durch den Benutzer ausgelöst.

3.1.1 Nonverbale Elemente in virtuellen Welten

[Allmendinger et al., 2003] haben untersucht welche Auswirkungen nonverbale Elemente auf die Leistung, die subjektive Wahrnehmung und auf den Kommunikationsprozess haben. Hierzu wurde eine Studie in einer virtuellen Welt unter zwei Bedingungen durchgeführt. Die Aufgabe der Teilnehmer war es unter Verwendung einer Audiounterhaltung und integriertem Textchat sechs Multiple-Choice-Fragen und eine Kriminalaufgabe zu lösen. Die Aufgaben wurden für diesen Zweck auf einen virtuellen Tisch projiziert. Jede Gruppe bestand aus jeweils drei Teilnehmern die sich untereinander nicht kannten. Jeder Teilnehmer saß in einem getrennten Raum mit einem Rechner, der mit den Rechnern der anderen beiden Teilnehmern vernetzt war.

Die Gruppen einer Bedingung durften zum Lösen der Aufgaben zusätzlich zur Audiounterhaltung und dem Textchat nonverbale Elemente einsetzen. Diese wurden in einer Vorstudie mit 30 Studenten ausgewählt und in der Umgebung als Icons dargestellt. Die Abbildung 3-1[33] zeigt die virtuelle Umgebung der Gruppen mit nonverbalem Repertoire.

Abbildung 3-1 Virtuelle Umgebung mit nonverbalem Repertoire.

Die Teilnehmer konnten z.B. eine Bemerkung durch Auswahl des Icons „Zeigefinger“ oder Beifall durch das Icon „applaudierende Hände“ signalisieren. Nach Auswahl eines Icons wurde das entsprechende nonverbale Verhalten vom Avatar ausgeführt. Die Autoren [Allmendinger et al., 2003] hatten dabei angenommen:

- dass die Arbeitsleistung von Gruppen ohne nonverbalem Repertoire aufgrund von fehlenden visuellen Zeichen schlechter ausfallen werden.
- die Kommunikation via Audiounterhaltung die Kommunikation via Textchat aufgrund geringer Produktionskosten dominieren wird.
- dass Gruppen mit Repertoire weniger chatten, da nonverbale Signale in Zusammenhang mit einer Audiounterhaltung weniger Produktionskosten verursachen.
- die Anzahl der Sprecherwechsel bei der Bedingung mit nonverbalem Repertoire höher wird. Da durch nonverbale Elemente dem Gesprächspartner schneller eine Bemerkung, Frage uvm. signalisiert wird.

[33] [Allmendinger et al., 2003]

- dass die Kommunikation in Gruppen mit Repertoire reibungsloser verläuft und hierdurch die Teilnehmer motivierter und zufriedener mit den Gesprächspartner werden.

Zur Auswertung der Studie wurden die Teilnehmer auf Kamera aufgezeichnet, beobachtet und mittels eines Fragebogens befragt. Als Maß für die Arbeitsleistung, wurde die Lösungszeit und die Lösungsqualität verwendet.

Zwischen den beiden Bedingungen konnte keine Signifikanz hinsichtlich der Lösungszeit und Lösungsqualität, Nutzung der Audiounterhaltung und dem Textchat, Sprecherwechsel und Unterbrechungen nachgewiesen werden. In beiden Bedingungen dominierte die Nutzung der Audiounterhaltung den Textchat. Die Auswertung der subjektiven Bewertung der Teilnehmer ergab dabei, dass die Kommunikation von Gruppen mit nonverbalem Repertoire signifikant reibungsloser verlief. Folglich wirkte sich dieses positiv auf die Motivation der Teilnehmer und Wahrnehmung der Gesprächspartner aus.

Die Studie von [Allmendinger et al., 2003] hat somit gezeigt, dass die Verwendung von nonverbalen Elementen den Kommunikationsprozess signifikant verbessert.

Bei der beschriebenen Form der nonverbalen Kommunikation besteht der Nachteil darin, dass ein bewusstes Aufrufen vom Avatarverhalten durch den Benutzer notwendig ist. Demzufolge können die vom Benutzer unbewusst ausgelösten nonverbalen Signale nicht auf den Avatar übertragen werden. In überwiegend Textchat-basierten virtuellen Welten kann der Benutzer entweder nur das Verhalten des Avatars steuern oder mit anderen Gesprächspartnern Nachrichten austauschen.

3.1.2 Textbasierte Emotionserkennung

Ausgehend von den vorhergend beschriebenen Problemen, haben [Neviarouskaya et al., 2009] ein Programm für virtuelle Umgebungen entwickelt, welches den emotionalen Zustand des Benutzers aus der Texteingabe automatisch erkennt und am Avatar visualisiert. Das entwickelte Programm heißt *EmoHeart*[34] und wurde bereits in Second Life implementiert. Der Algorithmus der sich hinter *EmoHeart* verbirgt nennt sich *Affect Analysis Model* und wurde zuvor in einem Textchat implementiert und getestet [Neviarouskaya et al., 2008]. Der Algorithmus überprüft jede Eingabe des Benutzers auf emotionalen („Wut“, „Empörung“,„Interesse“,..) bzw. kommunikativen („Begrüßung“, „Fragestellung“,..) Inhalt und löst ein entsprechendes Avatarverhalten aus. Um den Gefühlszustand des Avatars stärker zum Ausdruck zu bringen, wird zusätzlich auf der Brust des Avatars eine Herz-Figur mit entsprechender Textur angezeigt. Das Prinzip und die Visualisierung der Gefühlszustände werden in Abbildung 3-2[35] anhand von zwei Teilnehmern gezeigt.

Abbildung 3-2 Textbasierte Emotionserkennung in Second Life.

Zu der Implementierung von *EmoHeart* in Second Life liegen zur Zeit noch keine Studienergebnisse vor, die Informationen über die Leistung des Algorithmus sowie dessen Auswirkung auf den Kommunikationsprozess in virtuellen 3D-Umgebungen liefern. Um dennoch eine Aussage über die Leistung einer textbasierten Emotionserkennung treffen zu können, wird nachfolgend die durchgeführte Studie zu dem Textchat *AffectIM* vorgestellt.

In *AffectIM* werden die Gesprächspartner als weibliche bzw. männliche 3D-Avatare dargestellt (vgl. Abbildung 3-3 [Neviarouskaya et al., 2008]). Diese führen das vom Algorithmus erkannte emotionale bzw. kommunikative Verhalten aus.

[34] Abk. für Emotional Heart, *http://www.prendingerlab.net/globallab/?page_id=22* Stand: 15.12.2009
[35] [Neviarouskaya et al., 2009]

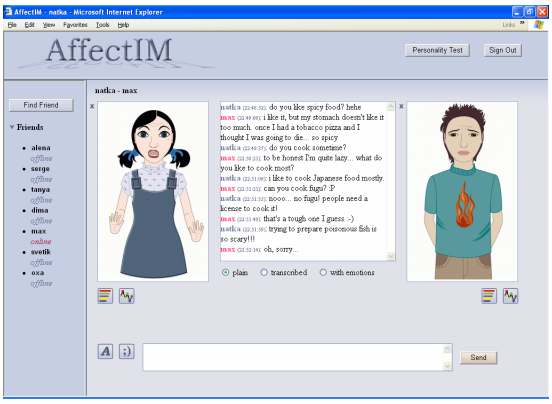

Abbildung 3-3 Textchat mit automatischer Emotionserkennung.

Mit der Studie wollten die Autoren herausfinden, inwiefern sich die automatische Emotionserkennung auf Interaktion, Engagement, soziale Präsenz, Spaß und Zufriedenheit auswirkt. Hierzu durchliefen 20 Studenten und Mitarbeiter der Universität Tokyo in Zweiergruppen zufällig die folgenden drei Bedingungen:

- **A-(utomatisch):** Anhand der Texteingabe erkennt der Algorithmus einen Gefühlszustand und löst einen entsprechenden Gesichtsausdruck bzw. eine Kopfbewegung beim Avatar aus.
- **M-(anuell):** Keine automatische Emotionserkennung. Der Benutzer kann alle Emotionen, die unter Bedingung 1. möglich sind aus einem Aufklappmenü auswählen und damit eine Aktion des Avatars auslösen.
- **Z-(ufällig):** Der Algorithmus überprüft die Texteingabe nach emotionalem Inhalt. Bei der Erkennung vom emotionalem Inhalt wird zufällig ein Avatarverhalten ausgelöst, sonst bleibt der Avatar neutral.

In allen drei Bedinungen wurde kommunikativer Inhalt automatisch erkannt und ausgegeben.

Beim Vergleich der Ergebnisse konnte keine Signifikanz hinsichtlich der Interaktion, Engagement und Zufriedenheit festgestellt werden. In Bezug auf die gemessene Variable „soziale Präsenz“, war die automatische Emotionserkennung im Vergleich zu den anderen beiden Bedingungen signifikant besser. Die Teilnehmer empfanden die vom Algorithmus erkannten bzw. manuell auswählbaren und ausgelösten Avatarverhalten in Bedingung „A“ und „M“ angemessen und gleich gut.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Algorithmus *Analysis Affect Model* den emotionalen Inhalt richtig erkennt und das solch eine Erkennung das Empfinden der sozialen Präsenz fördert.

Ob sich die signifikanten Ergebnisse insbesondere hinsichtlich der sozialen Präsenz auch in virtuellen 3D-Umgebungen zeigen werden ist abzuwarten. Zuletzt stellt sich die Frage, ob sich durch die Eigenschaft einer automatischen Emotionserkennung der Textchat gegenüber der Audiounterhaltung durchsetzen kann (vgl. [Allmendinger et al., 2003]).

3.2 Nonverbale Kommunikation mit Trackingverfahren

Im Folgenden werden Studien beschrieben, die sich im Gegensatz zu der Arbeit von [Allmendinger et al., 2003] mit verhaltensgesteuerter nonverbaler Kommunikation beschäftigen. Hierfür wird das Verhalten vom Benutzer mittels Trackingverfahren berechnet und auf den virtuellen Repräsentanten, dem Avatar, übertragen.

Der heutige Stand der Technik ermöglicht bereits ein Ganzkörpertracking. Jedoch ist eine Echtzeit-Übertragung von genauen Bewegungen in eine virtuelle Welt trotz der Entwicklungen der letzten Jahren mit hohem Aufwand verbunden. Dies liegt zum einen an hohen Hardwarekosten von Trackingsystemen und zum anderen an den damit verbundenen Rechenaufwand (vgl. [Bailenson and Blascovich, 2004] und [Rüeggenberg, 2007]).

Des Weiteren kann der Einsatz von zusätzlichen Trackingsystemen den Benutzer in seinen natürlichen Bewegungsabläufen stören und sogar einschränken.

Aus diesen Gründen konzentrieren sich Wissenschaftler häufig nur auf ausgewählte nonverbale Elemente (vgl. [Bailenson et al., 2002] und [Garau et al., 2003]). Zu diesen zählen beispielsweise die Blick- und Kopfbewegungen, die nachfolgend im Detail beschrieben werden.

3.2.1 Tracking von Blickbewegungen

Der Einfluss von Blickbewegungen auf die Kommunikation in virtuellen Umgebungen wurden von [Garau et al., 2001] untersucht. Hierzu wurde eine Studie mit 100 Teilnehmern durchgeführt. Diese Teilnehmer wurden in Zweiergruppen aufgeteilt und zufällig einer der folgenden vier Bedingungen zugeteilt:

- „Audio-Bedingung“: Verständigung via Audiounterhaltung (vergleichbar mit einer Telefonunterhaltung)

- „Video-Bedingung“: Zusätzlich zur Audiounterhaltung wird ein Bild des Gesprächspartners übertragen
- „Zufällige Blickrichtung“: Kopf- und Augenbewegungen vom Avatar wurden zufällig dargestellt („random gaze“)
- „Abgeleitete Blickrichtung“: Kopfbewegungen wurden getrackt und die Augenbewegung von den Audio-Daten abgeleitet und dargestellt („inferred gaze“)

In den Bedingungen mit Avatar (zufällige und abgeleitete Blickrichtung) konnten die Teilnehmer jeweils den Kopf und die Schultern des Gesprächspartnern sehen. Die Avatare waren vorgegeben und für jeden Teilnehmer nur der Avatar vom Gesprächspartner sichtbar. Jede Gruppe musste ein zehnminütiges Rollenspiel absolvieren und anschließend ein Fragebogen ausfüllen. Mittels dieser Fragebögen wurde die Qualität der Kommunikation mit vier abhängigen Variablen bewertet:

- Ähnlichkeit mit einer Face-to-Face Kommunikation
- Involviertheit in das Gespräch
- Wahrnehmung des Gesprächspartners (im Sinne der sozialen Präsenz)
- Bewertung des Gesprächpartners (Freundlichkeit, Vertrauen,..)

Die Videobedingung wurde in allen abhängigen Variablen am positivsten bewertet. Im Vergleich zu der Bedingung „abgeleitete Blickbewegungen“ konnte keine Signifikanz hinsichtlich der Variablen „Face-to-Face“ und „Involviertheit“ gemessen werden. Beide Bedingungen waren signifikant besser als der Avatar mit zufälligen Blickbewegungen. Insgesamt hat die Visualisierung von zufälligen Blickbewegungen gegenüber einer Audiounterhaltung keine Vorteile gezeigt. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass nonverbales Avatarverhalten die Qualität der Kommunikation nur dann verbessert, wenn diese in Zusammenhang mit der Unterhaltung steht.

In einer weiteren Studie haben [Garau et al., 2003] den Zusammenhang zwischen Aussehen und Verhalten von Avataren, sowie die Auswirkung dieser Faktoren auf die Qualität der Kommunikation untersucht. Die in [Garau et al., 2001] beschriebenen avatarbasierten Bedingungen „inferred gaze“ und „random gaze“ wurden mit einem detailarmen und einem detailtreuen Avatar wiederholt.

Die detailtreuen Avatare waren im Gegensatz zu dem detailarmen Avatar geschlechtsspezifisch (vgl. Abbildung 3-4[Garau et al., 2003]).

Abbildung 3-4 Detailarmer Avatar (links), detailreicher männlicher/weiblicher Avatar (rechts).

Die Studienergebnisse zeigten, dass eine realistische Simulation der Blickbewegungen („inferred gaze“) nur in Zusammenhang mit einem detailreichen Avatar zu einer qualitativen Verbesserung der Kommunikation führt. Dahingegen konnte ein detailarmer Avatar mit einer zufälligen Blickbewegung („random gaze“) bessere Ergebnisse erzielen. Die Abbildung 3-5 veranschaulicht die Ergebnisse aus der Studie.

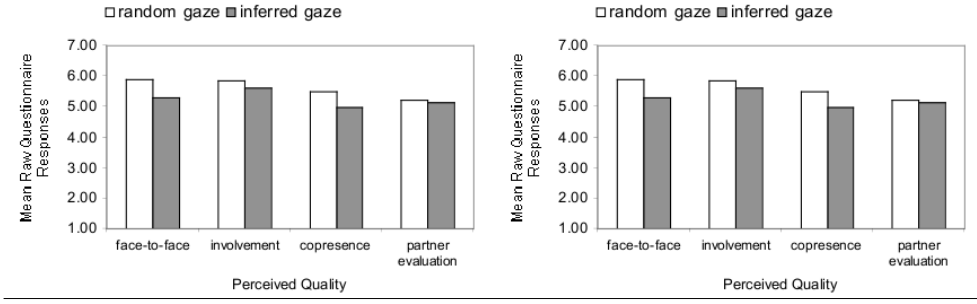

Abbildung 3-5 Studienergebnis mit detailarmen (links) und detailtreuem (rechts) Avatar.

Damit wurde gezeigt, dass von einem realistischen bzw. unrealistischem Avatar entsprechendes Verhalten erwartet wird.

3.2.2 Tracking von Kopfbewegungen

Die Auswirkung von Kopfbewegungen im Hinblick auf die soziale Präsenz und die Arbeitsleitung haben [Bailenson et al., 2002] untersucht. Hierfür wurde eine Studie mit 27 Teilnehmern durchgeführt. Die Teilnehmer wurden in Triaden aufgeteilt und mussten in einer zufälligen Reihenfolge die folgenden Bedingungen durchlaufen:

- „low behaviour“: Teilnehmer verständigen sich mittels einer Audiounterhaltung
- „medium behaviour“: Avatardarstellung und Lippensynchronisation
- „high behaviour“: Avatardarstellung, Lippensynchronisation, Blinken und Darstellung der Kopfbewegungen

Während des Experiments trugen alle Teilnehmer Head-Mounted-Displays (vgl. Unterabschnitt 2.4.2), die zur Verfolgung der Kopfbewegungen zusätzlich mit Bewegungssensoren ausgestattet wurden. Analog zu der Studie von [Garau et al., 2001] waren für die Teilnehmer nur die Avatare der Gesprächspartner sichtbar. Als Aufgabe bekamen die Gruppen in jeder Bedingung ein 20-Frage-Spiel vorgegeben, in der durch geschickte Ja-/Nein-Fragen gesuchte Begriffe erraten werden mussten. Hierzu stellten jeweils zwei der Teilnehmer die Fragen und der Verbleibende gab die entsprechenden Antworten.

Nach jedem Spieldurchlauf wurden die Teilnehmer mittels eines Fragebogens nach der subjektiven Wahrnehmung der Umgebung und Gesprächspartner befragt. Die Auswertung der Fragebögen ergab, dass die Teilnehmer in der „high-behaviour"- Bedingung sowohl die Gesprächspartner als auch die Kommunikation signifikant positiv bewertet haben. Ein weiteres signifikantes Ergebnis ergab die Auswertung der Audio-Daten. Diese zeigten das von der Bedingung „low-behaviour" nach „high-behaviour" prozentual weniger gesprochen wurde.

Entgegen der Annahme, durch zusätzliche nonverbale Informationen die Arbeitsleistung zu steigern, wurde festgestellt, dass die Bearbeitungszeit der Aufgaben von „low-behaviour" nach „high-behaviour" zunimmt. Daraus schlussfolgern [Bailenson et al., 2002], dass durch zusätzliche nonverbale Elemente (hier: Lippen-/Kopfbewegungen und Blinken) der Faktor Spaß und die soziale Präsenz gesteigert wird. Jedoch wirkt sich dies negativ auf die Gruppenperformance aus.

3.3 Rolle von Blick- und Kopfbewegungen

Die beschriebenen Studien von Garau und Bailenson haben gezeigt, dass durch die Übertragung des Blickverhalten und der Kopfbewegungen auf Avatare die Qualität der Kommunikation verbessert wird. Jedoch wurde noch nicht erläutert, welche Rolle Blickverhalten und insbesondere Kopfbewegungen in der menschlichen Kommunikation spielen. Da ein enger Zusammenhang zwischen dem Blickverhalten und den Kopfbewegungen besteht, wird nachfolgend die Bedeutung von Kopfbewegungen genauer beschrieben.

Allein die Kopfhaltung eines Menschen kann seinen Mitmenschen Informationen über seinen aktuellen Gefühlszustand liefern ([Frey et al., 2006]). Die in Abbildung 3-6[36] gezeigten Madonnaabbildungen unterscheiden sich nur durch die Haltung des Kopfes. Trotz der identischen Mimik signalisieren die beiden Abbildungen unterschiedliche Gefühlszustände. In der linken Abbildung wirkt die Madonna traurig und gedemütigt. Dagegen strahlt die rechte Abbildung Arroganz aus.

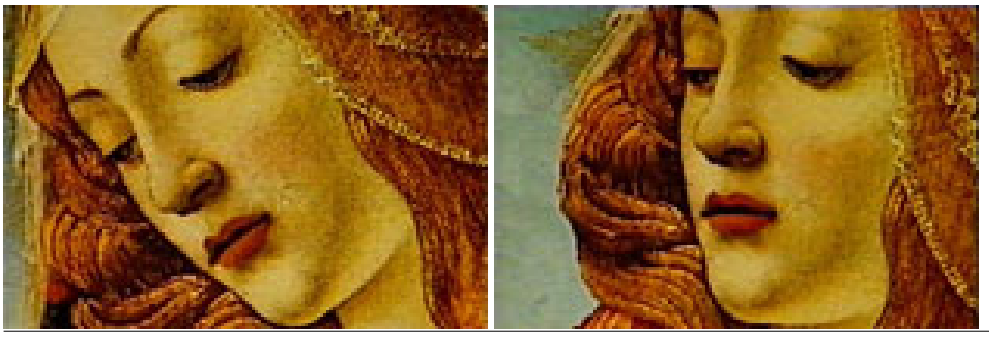

Abbildung 3-6 Madonna mit gleicher Mimik.

Darüber hinaus liefert die Kopfhaltung einer Person Informationen über seine aktuelle Aufmerksamkeit ([Agryle, 1988]). Durch ein einfaches Kopfnicken oder Kopfschütteln können wir bereits Gesprächspartnern unsere Zustimmung bzw. Ablehnung mitteilen ([Agryle, 1988] und [Bailenson et al., 2002]).

Diese einfachen Bewegungen helfen Verständnisprobleme zu verringern und tragen somit einer reibungslosen Kommunikation bei ([Johnson et al., 2000] und [McClave, 1999]).

3.4 Zusammenfassung und nächste Schritte

In Abschnitt 3.1 wurden Studien von [Allmendinger et al., 2003] und [Neviarouskaya et al., 2009] vorgestellt. Die Studien haben gemeinsam, dass nonverbale Signale durch die Bedienung von Tastatur und Maus ausgelöst werden. In der Studie von [Allmendinger et al., 2003] wurde nonverbales Avatarverhalten durch die Auswahl eines entsprechenden Icons ausgelöst. Der Nachteil bei dieser Form von nonverbaler Kommunikation besteht darin, dass zum einen nonverbale Verhaltensstrukturen vorgegeben werden und zum anderen eine bewusste Auswahl durch den Benutzer erforderlich ist. Demzufolge erfolgt nur eine eingeschränkte Form der nonverbalen Kommunikation.

[36] [Frey and Bente, 1984]

Der von [Neviarouskaya et al., 2009] implementierte Algorithmus in eine virtuelle Welt erkennt aus einer Texteingabe in den integrierten Chat automatisch einen emotionalen bzw. kommunikativen Inhalt und löst entsprechendes Verhalten beim Avatar aus. Diese Art der Automatisierung ist im Vergleich zu der manuellen Auswahl von nonverbalen Elementen von Vorteil. Jedoch unterliegt auch diese Form gewissen Einschränkungen. Auf der einen Seite erfolgt die Kommunikation ausschließlich über das Medium Textchat. Aus diesem Grund können keine vokalen nonverbalen Signale übertragen werden (vgl. Unterabschnitt 2.1.2). Auf der anderen Seite können auch hier nur vorprogrammierte Avatarverhalten angezeigt werden (10 emotionale und 5 kommunikative Avatarverhalten).

Anschließend wurden Studien beschrieben, die sich mit nonverbalen Kommunikation mittels Trackingverfahren beschäftigt haben. In den vorgestellten Studien von [Garau et al., 2003] und [Bailenson et al., 2002] wurden ausgewählte Körperverhalten wie z.B. Augen-, Kopf- und Lippenbewegungen des Benutzers verfolgt und auf den Avatar übertragen. Damit wurde ein Avatarverhalten durch ein entsprechendes Verhalten des Benutzers ausgelöst. Im Vergleich zu den im ersten Abschnitt beschriebenen Studien bestehen hier folgende Vorteile: 1. die unbewusst ausgelösten nonverbale Signale können in die virtuelle Welt übertragen werden (vgl. Unterabschnitt 3.1.1) , 2. keine Einschränkung auf ein Kommunikationsmedium (vgl. Unterabschnitt 3.1.2) 3. Avatarverhalten kann individuell ausgelöst werden (kein vorprogrammiertes Verhalten).

Der Fokus meiner Studie lag, ähnlich zu den wissenschaftlichen Arbeiten von Garau und Bailenson, auf der Übertragung von nonverbalen Verhalten auf Avatare mittels Trackingverfahren.

Analog zu der Arbeit von Bailenson habe ich die Auswirkung von Kopfbewegungen auf das kollaborative Arbeiten in virtuellen Welten untersucht. Im Unterschied hierzu, wurde in der Studie kein zusätzliches Darstellungssystem (HMD) und Trackinggerät (Bewegungssensoren) verwendet. Der Einsatz eines HMD hat den Vorteil den Grad der Immersion zu erhöhen (vgl. Unterabschnitt 2.2.4 und Abschnitt 2.4). Jedoch sehe ich den Einsatz solcher Darstellungssysteme als kritisch. Denn die Verwendung von HMD kann bei Benutzern schon nach kurzer Zeit Beanspruchungsprobleme, Ermüdungserscheinungen sowie (in Abhängigkeit vom HMD-Gewicht) Nacken- und Rückenschmerzen verursachen (vgl. [Pfendler et al., 2005] und [Tegtmeier, 2007]).

Diese und weitere Nachteile (vgl. Tabelle 3-1) eines HMDs können den praktischen Einsatz fürs kollaborative Arbeiten in Anwendungsbereichen wie z.B. der Lehre und Wirtschaft erschweren. Daher wurden die Kopfbewegungen mittels einer Webcam[37] berechnet und auf den Avatarkopf übertragen (Abschnitt 5.2). Die detaillierte Studie und die technische Realisierung wird in den nächsten beiden Kapiteln beschrieben.

Weitere Unterschiede zu der Arbeit von [Bailenson et al., 2002] sind nachfolgend aufgelistet:

- Avatare wurden durch die Teilnehmer angepasst
- Teilnehmer durften sich frei durch die Umgebung bewegen
- Benutzer konnten die eigenen Avatare sehen
- Interaktive virtuelle Tafeln mit Aufgaben

Kriterien	HMD	Monitor
Preis Verfügbarkeit	– Kosten im Vegleich zu Monitor zu hoch – Keine Standardkomponente Technischer Support evtl. schwierig	– Verfügbarkeit gewährleistet –Günstig, da Standardkomponente
Optische Problematik	– Körperliche Beschwerden Kopfschmerz, Augenschmerz,Übelkeit,..	– Evtl. Beeinflussung durch Reflexionen auf der Monitoroberfläche
Akzeptanz	– Negative Beeinflussung durch Auflösung, Gewicht und Handhabung	– keine Aktzeptanzprobleme bekannt
Auflösung Leistung	– Auflösung und Kontrast genügen den Anforderungen – Unterschiedliche Darstellung bei HMDs (monochrom/farbig)	Auflösung weit über den von HMDs Farbige Darstellung Standard, 3D-Display-Technologie erhältlich

Tabelle 3-1 Vergleich von HMD und Monitor.

Mit der in Kapitel 4 beschriebenen Studie soll untersucht werden, ob ein einfaches Headtracking mittels einer Webcam das kollaborative Arbeiten in der virtuellen Welt unterstützen kann.

[37] Nach Angaben der ARD-Onlinestudie 2008 besitzen mindestens 27% der Online-Benutzer eine Webcam (Quelle: *www.ard-zdf-onlinestudie.de/fileadmin/Online08/Fisch_I.pdf* Stand: 20.12.2009)

4 Studienvorbereitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob durch die Übertragung vom nonverbalen Element „Kopfbewegung“ auf einen Avatar, das kollaborative Arbeiten in einer virtuellen Welt verbessert werden kann.

Um dies zu untersuchen, wurde in die virtuelle Welt Second Life ein Headtracker implementiert, Aufgaben ausgearbeitet und eine Studie durchgeführt. In der Studie mussten Gruppen á 3 Personen in der virtuellen Welt dargestellte Aufgaben lösen. In den nächsten Abschnitten wird die zu untersuchende Hypothese, die verschiedenen Methoden zur Durchführung und die Auswertung der Studie vorgestellt.

Im Anschluss an dieses Kapitel wird die Implementierung der hier beschriebenen Aufgaben und des Headtrackers beschrieben.

4.1 Hypothese und Forschungsfragen

Für die Untersuchung der Studie wurde folgende Hypothese und folgende Forschungsfragen aufgestellt:

- **H1:** Der Einsatz eines Headtrackers in virtuellen 3D-Welten vermittelt Informationen, die beim kollaborativen Problemlösen zu qualitativ besseren und schnelleren Lösungen führen.

  - **Vorannahme:** Durch die Übertragung von nonverbalen Informationen mittels der Kopfbewegung (vgl. Abschnitt 3.3 Rolle von Blick- und Kopfbewegungen) werden dem Gesprächspartner zusätzliche (wie z.B. Zustimmung und Ablehnung) Signale übertragen. Diese helfen den Gesprächspartnern sich untereinander besser zu verständigen. Hierdurch werden Verständnisprobleme verringert und somit bessere Ergebnisse hinsichtlich der Qualität und Bearbeitungszeit erzielt.

- **F1: Aufmerksamkeit**[38]**:** Bearbeiten die Gruppen mit Headtracker die Aufgaben aufmerksamer?

[38] „Aufmerksamkeit umschreibt unsere Fähigkeit aus dem vielfältigen Reizangebot der Umwelt einzelne Reize auszuwählen und bevorzugt zu betrachten, andere dagegen zu unterdrücken“ ([Müsseler, 2000], Seite 154)

- **Erklärung:** Es wird untersucht, ob die Übertragung des zusätzlichen visuellen Reizes „Kopfbewegung“ die Aufmerksamkeit der Teilnehmer steigert.

❒ **F2: Immersion:** Nehmen Gruppen mit Headtracker die virtuelle Umgebung intensiver wahr?

- **Erklärung:** In Unterabschnitt 2.2.4 wurde erläutert, dass Interaktionsgeräte und Darstellungssysteme den Grad der Immersion erhöhen. Es soll untersucht werden, ob ein Headtracking mittels einer Webcam einen ähnlichen Effekt auslösen kann.

❒ **F3: Embodiment:** Können sich die Teilnehmer mit Headtracker besser mit dem Avatar identifizieren?

- **Erklärung:** Während der Studie kann jeder Teilnehmer seinen eigenen Avatar sehen. Somit können Teilnehmer mit Headtracker erkennen, dass die Bewegung vom Avatarkopf den eigenen Kopfbewegungen entsprechen. Es soll untersucht werden, ob sich die Teilnehmer der Gruppe mit und ohne Headtracker in Bezug auf die Identifizierung unterscheiden.

❒ **F4: Soziale Präsenz:** Hat der Headtracker einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Kommunikationspartner?

- **Erklärung:** Es wird untersucht, ob die Teilnehmer mit Headtracker natürlicher als Teilnehmer ohne Headtracker empfunden werden.

4.2 Studienbedingungen

Um die Auswirkung eines Headtrackers auf das kollaborative Arbeiten in einer virtuellen 3D-Umgebung bewerten zu können, wurden unterschiedlichen Aufgabentypen ausgearbeitet und in der virtuellen Welt dargestellt. Die Aufgaben mussten in Gruppenarbeit unter den folgenden zwei Bedingungen gelöst werden:

❒ **Bedingung 1** Gruppen á 3 Personen mit Headtracker

❒ **Bedingung 2** Gruppen á 3 Personen ohne Headtracker

4.3 Versuchspersonen

Zur Teilnahme an der Studie waren alle Studenten der Technischen Universität Clausthal, die gute Deutschkenntnisse besitzen, berechtigt. Über die Studie wurden die Studenten durch Newsgroup-Nachrichten, mündliche Werbung und Emailschreiben vom Institut für Informatik informiert. Jeder Interessent konnte sich über ein Formular zu den noch verfügbaren Terminen anmelden. Nach der Online-Anmeldung zur Studie wurden die Teilnehmer nacheinander zufällig in eine Gruppe und einer Bedingung zugeordnet. Ein Termin fand immer dann statt, wenn sich mindestens 3 Teilnehmer für diese angemeldet hatten. Mit dem Ablauf der zweiwöchigen Anmeldefrist lagen insgesamt 27 Anmeldungen vor. Aus diesen wurden 9 Gruppen gebildet. Unter den Teilnehmern waren 2 Frauen und 25 Männer. Vier Gruppen á 3 Personen (12 Personen, davon 1 Frau und 11 Männer) wurden der Bedingung mit Headtracker (Bedingung 1) und fünf Gruppen á 3 Personen (15 Personen, davon 1 Frau und 14 Männer) wurden der Bedingung ohne Headtracker (Bedingung 2) zugeordnet. Die Teilnehmer wurden via Email mit Angabe zu Ort und Zeit zur Studie eingeladen. Jeder Student bekam für seine Teilnahme an der Studie 15 € Entlohnung.

4.4 Aufgabentypen

Damit die Ergebnisse der Studien möglichst unabhängig von der Stärke eines oder mehrerer Gruppenmitglieder waren, wurden 4 Aufgabentypen ausgearbeitet. Alle Aufgaben wurden so gewählt, dass sie die aktive Beteiligung von allen Gruppenteilnehmern erforderten, zur Bearbeitung kein Vorwissen notwendig war und messbar waren. Vorallem stand das Kriterium Messbarkeit im Vordergrund. Denn diese ist die Voraussetzung für eine Bewertung der Lösungsgüte. Um das Interesse und die Motivation der Teilnehmer während der Studie aufrecht zu erhalten, wurden abwechslungsreiche Aufgaben zusammengestellt.

Die Aufgaben werden nachfolgend im Detail beschrieben, dabei entspricht die Reihenfolge der Beschreibungen der Bearbeitungsreihenfolge in der Studie.

Die Integration der Aufgaben in die virtuelle Umgebung wird im Abschnitt 5.1 beschrieben.

4.4.1 Bilderrätsel

Bei diesem Aufgabentyp wurden den Teilnehmern Bilder gezeigt, die auf dem ersten Blick nicht zu erkennen sind. In Abbildung 4-1 ist zum Beispiel eine Batterie in Nahaufnahme dargestellt. Die Aufgabe der Gruppenteilnehmer war es, diese Abbildung zu bestimmen und sich auf eine Antwort zu einigen.

Abbildung 4-1 Batterie in Nahaufnahme.

Insgesamt wurden in der Studie drei Bilder in Nahaufnahme angezeigt (siehe Anhang A).

4.4.2 Multiple-Choice-Fragen

Jeder Gruppe wurden zwanzig Fragen mit vier Antwortmöglichkeiten gestellt. Die Gruppenmitglieder durften sich die nächste Aufgabe erst anzeigen lassen, wenn sich alle auf eine Antwort geeinigt hatten. Die Fragen wurden aus unterschiedlichen Themenbereichen wie beispielsweise Sport, Medizin, Astrologie, Geschichte, Politik, etc. zusammengestellt. Zum Beantworten der Fragen waren keine speziellen Fachkenntnisse notwendig. Die Aufgaben befinden sich im Anhang B.

4.4.3 Texträtsel

Die Gruppen erhielten insgesamt vier Rätsel, die im Durchschnitt aus 150 Wörtern bestanden. Ein Texträtsel aus der Studie ist nachfolgend als Beispiel aufgeführt.

Kurt hat eine Fensterscheibe eingeschlagen. Natürlich nicht mit Absicht! Er hatte nur mit seinem Freund Günther im Zimmer ein wenig „Piraten“ gespielt und da gehört es doch dazu, dass Säbel geschwungen werden. Und plötzlich war die Scheibe draußen! „Weißt du, was wir nun machen?“ meint da Günther, rennt auf die Straße hinunter und kommt dann mit einem faustgroßen Stein zurück. „Den legen wir ins Zimmer, dass es so aussieht, als ob er von der Straße aus hereingeworfen worden wäre.“ Kurt befolgt den Rat und holt seine Mutter, die sich den Schaden besieht und die dazugehörige „Geschichte“ anhört. Woran merkt die Mutter, dass sie angeschwindelt wird?

Vor dem Wechsel zur nächsten Aufgabe mussten sich die Teilnehmer analog zu der Multiple-Choice-Aufgabe auf eine Antwort einigen.

Die in der Studie bearbeiteten Texträtsel sind im Anhang C zu finden.

4.4.4 Gedicht

Zu Beginn jeder Session hat jedes Gruppenmitglied zwei Wörter erhalten. Die Aufgabe der Gruppe bestand darin, die vorgegebenen Wörter untereinander auszutauschen und gemeinsam ein Gedicht zu schreiben.

Das Gedicht war gültig,

- wenn mindestens zwei der insgesamt sechs vorgegebenen Wörter vorkamen,
- wenn es aus mindestens vier Zeilen und zehn Wörtern bestand und
- wenn die Zeilen einen Zusammenhang ergaben und sich reimten.

Dabei spielte die gewählte Reimform keine Rolle.

4.5 Auswertungsmethoden

Zur Auswertung der Studie der in Abschnitt 4.1 aufgestellten Hypothese und den Fragestellungen wurden vier Auswertungsmethoden eingesetzt.

In Kapitel 6 werden die nachfolgend vorgestellten Auswertungsmethoden zu der Hypothese und den Forschungsfragen zugeordnet.

4.5.1 Fragebogen

Pretest: Im Pretest wurde vor Beginn der Studie Angaben zur Person, dem Mediennutzungsverhalten und der immersiven Tendenz der einzelnen Teilnehmer aufgenommen. Diese Daten waren notwendig um nachvollziehen zu können, ob und inwiefern die Ergebnisse durch individuelle Eigenschaften, wie z.B. die Anzahl der Semester oder Computerkenntnisse, beeinflusst wurden. Zuletzt war die Angabe wichtig, ob sich für die Studie ein Freund/Freundin angemeldet hat. Dies war ebenfalls notwendig, um nach der Studie feststellen zu können, ob eine ggf. bessere Leistung der Gruppen auf den Bekanntheitsgrad untereinander zurückzuführen ist.

Posttest: Der Posttest wurde von jedem Teilnehmer nach der Bearbeitung der Aufgaben ausgefüllt. Im Posttest wurden u.a. Fragen zur Wahrnehmung der eigenen Person, der virtuellen Umgebung und der Gruppenkameraden gestellt. Im Weiteren wurden in dieser die Lösungen zu den Bilderrätseln und den Texträtseln abgefragt. Hierdurch sollte festgestellt werden, ob sich die Gruppenteilnehmer bei den Antworten immer einig waren.

Der Einsatz vom Posttest wurde insbesondere zur Bewertung der abhängigen Variablen „F2:Immersion“, „F3:Embodiment“ und „F4:Soziale Präsenz“ eingesetzt.

4.5.2 Interview

Im Anschluß zu dem Posttest haben sich die einzelnen Gruppen mit der Studienleiterin in einem separaten Raum zusammengesetzt. Das Interview hat zum einen den Teilnehmern die Möglichkeit gegeben offene Fragen zum Pre- und Posttest zu klären, und zum anderen die Möglichkeit nicht abgefragte Meinungen zu der Studie zu äußern. Des Weiteren wurden die Teilnehmer über den Einsatz eines Headtrackers, und somit über das wahre Studienziel informiert.

4.5.3 Datenbankeinträge

Die Bearbeitungsdauer jeder einzelnen Aufgabe und die Lösungen zu den Multiple-Choice-Fragen wurden in einer Datenbank gespeichert. Die Datenbankeinträge dienten zur Auswertung der Lösungsgüte (von Multiple-Choice-Fragen) und der Bearbeitungsdauer der einzelnen Aufgaben. Mit Hilfe dieser Methode wurde die Hypothese H1 auf Gültigkeit untersucht.

4.5.4 Videoauswertung

Während der Studie wurde jeder Teilnehmer mittels einer Webcam auf Video aufgezeichnet. Anhand dieser Methode wurde das Verhalten von Gruppen mit und ohne Headtracker analysiert und untereinander verglichen. Um alle Videos nach den gleichen Kriterien zu untersuchen, wurden im ersten Schritt zufällig vier Videos (jeweils zwei Videos aus einer Bedingung) aus der Studie ausgewählt und nach Formen von Kopfbewegungen untersucht. Die Analyse der Videos ergab, dass während der Aufgabenbearbeitung folgende Formen der Kopfbewegungen bzw. Verhalten eintraten:

1. Kopf neigen
2. Kopf beugen
3. Kopf zurücklehnen
4. Denkpose
5. Blick vom Bildschirm abwenden
6. Umgebung ablenken
7. wippen/wackeln
8. gestikulieren
9. Kopfnicken
10. Kopfschütteln

Im zweiten Schritt wurde die Form und die Anzahl der Kopfbewegung bzw. Verhalten von jedem Teilnehmer manuell gezählt und ausgewertet. Diese Messmethode diente insbesondere zur Bewertung der abhängigen Variable „Aufmerksamkeit“ und somit zur Untersuchung der Forschungsfrage F1. Es wurde angenommen, dass Personen ohne Headtracker mangels visueller Reize den Blick vom Bildschirm häufiger abwenden werden bzw. sich schneller durch Gegenstände in unmittelbarer Nähe ablenken lassen. Daher lag der Fokus der Videobeobachtung insbesondere auf dem 5. und 6. Kriterium. Alle weiteren Kriterien wurden aufgenommen, um etwaige Verhaltensunterschiede zwischen den Gruppen aufzudecken.

Die Videobeobachtung zur Messung der Aufmerksamkeit ist ein bekanntes Verfahren aus der Medienpsychologie ([Gehrau, 2002]). Mit dieser lassen sich beispielsweise ermitteln, welche Eigenschaften Filme besitzen müssen, um die Aufmerksamkeit von Kindern zu wecken. Als Maß für die Aufmerksamkeit wird dabei die Blickrichtung des Kindes genommen.

Der Medienpsychologe [Ohler, 1994] untersuchte in einer Studie inwiefern die Aufmerksamkeit von Kindern von der Vielfalt visueller Reize abhängt. Hierzu wurden den Kindern unterschiedliche Filme gezeigt und währenddessen auf Video aufgezeichnet. Die Studie ergab, dass Kinder bei abwechslungsreicheren Filmen häufiger zum Fernseher schauen.

Analog zu dem Messverfahren von [Ohler, 1994] wurde im Rahmen meiner Studie untersucht, ob durch das Vorhandensein vom Headtracker und somit eines weiteren visuellen Reizes die Teilnehmer häufiger zum Bildschirm schauen. Die Aufmerksamkeit wurde damit mit der Blickrichtung des Teilnehmers zum Bildschirm gleichgesetzt.

5 Design und Implementation

Zur Realisierung der in Kapitel 4 beschriebenen Studie wurde als virtuelle 3D-Welt der Open-Source-Client Second Life mit dem Open-Source-Server OpenSimulator und zum Headtracking FaceAPI verwendet (Unterabschnitt 2.4.5).

Für die Umsetzung der Studie waren Anpassungen in der Second Life-Umgebung und an dem OpenSim-Server notwendig (Abschnitt 5.1). Zusätzlich wurde die Headtracker-Software FaceAPI in die virtuelle Welt implementiert (Unterabschnitt 5.2.2).

5.1 Konzeptionelles Design

In der Studie mussten die Teilnehmer vier unterschiedliche Aufgabentypen in Gruppenarbeit lösen. Dazu zählen die Multiple-Choice-Fragen, Bilderrätsel, Texträtsel und eine Gedichtaufgabe (Abschnitt 4.4).

Die virtuelle Welt Second Life bietet dem Benutzer keine Möglichkeit Dokumente (z.B. Open-Office Anwendungen) in der Umgebung zu öffnen und zu bearbeiten (Abschnitt 2.3). Damit war das primäre Ziel zur Realisierung der Studie die Erstellung eines virtuellen Arbeitsbereiches. In diesem sollten die beschrieben Aufgaben angezeigt und bearbeitet werden.

Zwecks Realisierung wurde ein virtueller Arbeitsbereich mit Hilfe von Prims[39] gebaut. Prims sind Basisbauelemente in Second Life, die aus einfachen geometrischen Körpern wie Kugeln und Zylindern bestehen (Unterabschnitt 2.3.4). Mit Hilfe dieser, lassen sich in Second Life sukzessiv komplexere Objekte bauen. Die folgende Abbildung 5-1 zeigt einen Ausschnitt vom virtuellem Arbeitsbereich.

Second Life bietet die Möglichkeit jedem Prim ein Bild, sogenannte Texturen, zuzuweisen und anzuzeigen. Diese Eigenschaft von Prims haben wir für die Darstellung der im vorangehenden Kapitel beschriebenen Aufgabentypen genutzt. Zunächst wurden alle Aufgaben als Bilddateien auf einem Server gespeichert und dann mit der Linden Scripting Language (LSL)[40] ein LLScript geschrieben, welches die Bilder beim Klicken auf die Tafeln vom Server abruft und anzeigt.

[39] *http://wiki.slinfo.de/* Stand: 20.12.2009
[40] *http://wiki.slinfo.de/* Stand: 20.12.2009

Abbildung 5-1 Ausschnitt vom virtuellem Arbeitsbereich in Second Life.

Die Syntax von LSL gleicht der Programmiersprache Java und C. Das Laden und das Anzeigen eines neuen Bildes hat je nach Netzwerkverbindung zwei bis drei Sekunden gedauert. Um ein Fehlklicken bzw. Weiterklicken während der Ladezeit der Aufgaben zu vermeiden, wurde das Feld zum Weiterklicken um 5 Sekunden blockiert.

Im Folgenden wird die Funktionsweise eines LLScripts anhand der Studienaufgaben erläutert.

Eine Multiple-Choice-Frage bestand aus einer Frage und vier Antwortmöglichkeiten. Zur Darstellung dieser wurde eine virtuelle Tafel mit fünf Prims aufgebaut. Dabei diente ein Prim zur Darstellung der Aufgabe und jeweils ein Prim für die vier Antwortmöglichkeiten. Für jedes Prim wurde ein LL-Script mit einer eindeutigen ID[41] geschrieben. Durch das Klicken auf eine der vier Antwortmöglichkeiten wurde das LLScript der Aufgabenstellung aktiviert und es wurde automatisch die nächste Aufgabenstellung vom Server abgerufen und angezeigt. Die Abbildung 5-2 zeigt eine in Second Life dargestellte Multiple-Choice-Aufgabe. Zur Verdeutlichung der eingesetzten Prims, wurden diese mit einer roten Linie nachgezeichnet.

In der Testumgebung waren die einzelnen Bauelemente der virtuellen Tafel für die Studienteilnehmer nicht sichtbar. Die vier Prims für die Antwortmöglichkeiten und das Prim zum Weiterklicken wurden transparent über die Aufgabenstellung gelegt.

[41] Abkürzung für Identifier

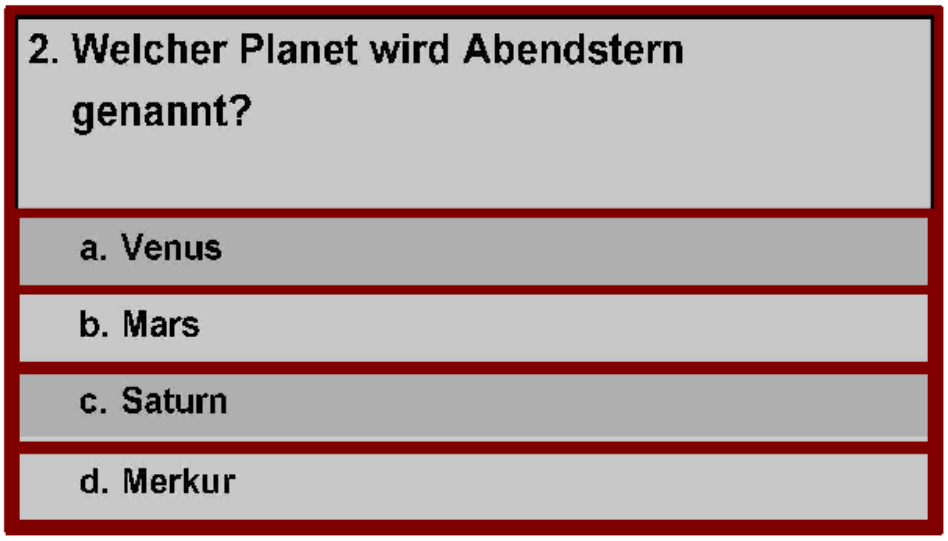

Abbildung 5-2 Darstellung einer Multiple-Choice-Frage.

Jedes Klicken auf eine Antwort wurde in eine SQL[42]-Datenbank mit folgenden Informationen gespeichert:

- Zeitstempel
- Benutzer-ID
- Aufgabennummer
- Antwortnummer

Die Aufgaben Bilderrätsel und Texträtsel wurden mit jeweils zwei Prims realisiert. Ein Prim für die Darstellung der Aufgabe und ein Prim zum Weiterklicken. Beim Klicken auf das Feld „und weiter gehts“ wurde das LLScript der Aufgabenstellung aktiviert und die nächste Aufgabe auf der virtuellen Tafel angezeigt.

[42] Abkürzung für Structured Query Language

Zur Realisierung der letzten Aufgabe, der Gedicht-Aufgabe, haben wir einen Texteditor in PHP [43] geschrieben. Dieser wurde im Browser-Fenster in Second Life geöffnet. Nach Eingabe eines Textes mussten die Teilnehmer auf den „Anzeigen“-Button klicken. Mit dem Klick wurde ein Konvertierungsprogramm gestartet, welches den eingegebenen Text in eine Bilddatei konvertiert und auf einem Server gespeichert hat. Analog zu den vorhergehenden Aufgaben wurde nach einem Klick auf die vierte Tafel bzw. nach fünf Sekunden automatisch der im Texteditor eingegebene Text auf der Tafel angezeigt. Die folgende Abbildung 5-3 zeigt ein im Texteditor geschriebenen Text und die Anzeige auf der virtuellen Tafel.

Abbildung 5-3 Umsetzung der Gedichtaufgabe.

In dem Texteditor konnte immer nur ein Gruppenmitglied schreiben, da beim gleichzeitigem Schreiben sich die Eingaben überschreiben würden. Für ein kollaboratives Schreiben müsste man das PHP-Skript um eine Datenbank mit Nutzerverwaltung erweitern. Im Rahmen dieser Studie war es allerdings nicht erwünscht, dass sich alle Gruppenmitglieder mit dem Schreiben beschäftigen und somit war eine Erweiterung der Datenbank nicht notwendig.

[43] PHP ist eine Skriptsprache zur Erstellung von dynamischen Webseiten. Die Abkürzung steht für PHP Hypertext Preprocessor

5.2 Headtracking

Zur Realisierung vom Headtracking in Second Life haben wir uns für den Einsatz von FaceAPI entschlossen. FaceAPI ist eine von der Firma Seeing-Machines bereitgestellte Software zum Headtracking.

Die Dokumentation von Second Life und die Kommentare im Quellcode sind nicht ausreichend, um eine vollständig neue Schnittstelle für das Headtracking zu implementieren. Demzufolge haben wir beschlossen, die in Second Life verfügbare Mausfunktion als Grundlage für das Headtracking zu nutzen. Dies war möglich, da die Bewegung der Maus einen direkten Einfluss auf die Kopfbewegung des Avatars hat. Wenn wir vom Mittelpunkt des Bildschirms ausgehen führt eine Bewegung der Maus in eine Richtung zu einer äquivalenten Umsetzung beim Avatarkopf.

5.2.1 Anpassung für Second Life

Um das von FaceAPI verwendete Positionsintervall auf Second Life zu übertragen, musste die Fensterauflösung von Second Life berücksichtigt werden. Wichtige Besonderheiten hierbei sind die Vertauschung der X- und –Y-Werte von FaceAPI und die Intervallgröße [-0.6/0.6]. Folglich muss der jeweilige Wert um 0.6 erhöht werden um auf ein positive Intervall [0/1.2] zu kommen. Da die Summe anschließend mit der jeweiligen Breite/Höhe der Fensterauflösung multipliziert wird, muss diese vorher mit dem Wert 0.83 auf das Intervall [0/1] multipliziert werden. Es erfolgt somit eine Skalierung gemäß:

Definition 1 (Skalierung): *Die Skalierung setzt sich zusammen aus:* rad_X *der radialen Position und der Fenstergröße* win_X*.*

$$X := (-rad_y + 0.6) * 0.83 * win_x$$
$$Y := (rad_x + 0.6) * 0.83 * win_y$$

5.2.2 Implementierung von FaceAPI

Die Klasse `llviewerheadtracker` stellt die zentrale Komponente für die Headtracker-Implementation dar. Sie enthält die wichtigen Funktionen um mit FaceAPI zu kommunizieren, dass heißt Initialisierung, Deinitialisierung und eine Funktion zur Positionsbestimmung. Listing 5-1 zeigt die Callback-Funktion zur Positionsbestimmung. Sie wird periodisch von FaceAPI aufgerufen und wird verwendet um die aktuelle Position mittels der Rotationsdaten zu berechnen (Zeile 11/12) und in der globalen cCurrentPosition-Struktur (Zeile 14/15) zu speichern. In Abbildung 5-4 ist die Übertragung einer Kopfbewegung auf einen Avatar zu sehen.

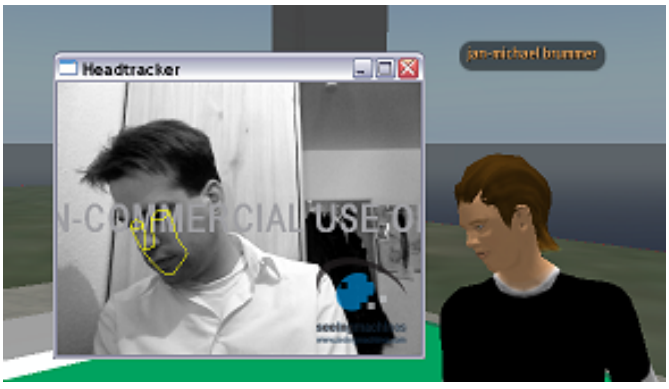

Abbildung 5-4 Verfolgung der Kopfbewegungen in Second Life.

Die Initialisierung sowie die Deinitialisierung der Headtracker-Klasse erfolgt in `LLAppViewer::init`, die Abfrage der Positionsdaten aus Listing 5-2 in `LLAppViewer::idle`.

```
1  // Handles head-tracker head-pose callbacks
2  void STDCALL receiveHeadPose(void *,smEngineHeadPoseData head_pose)
3  {
4      float fTmpX, fTmpY;
5
6      if ( bStarted == false ) {
7          return;
8      }
9
10     // Rotation
11     fTmpX = ( -head_pose.head_rot.y_rads + 0.6 ) * 0.83 * gViewerWindow-
12     >getWindowWidth();
13     fTmpY = ( head_pose.head_rot.x_rads + 0.6 ) * 0.83 * gViewerWindow-
14     >getWindowHeight();
15
16     cCurrentPosition.mX = ( S32 ) fTmpX;
17     cCurrentPosition.mY = ( S32 ) fTmpY;
18 }
```

Quellcode 5-1: Positionsberechnung

```
1 LLCoordGL LLViewerHeadtracker::getPosition() {
2     if ( bStarted == true )  {
3         THROW_ON_ERROR(smAPIProcessEvents());
4     }
5     return cCurrentPosition;
6 }
```

Quellcode 5-2: Lesen der Positionsdaten

Ein Flussdiagramm soll abschließend die Funktionsweise vom Headtracker visualisieren:

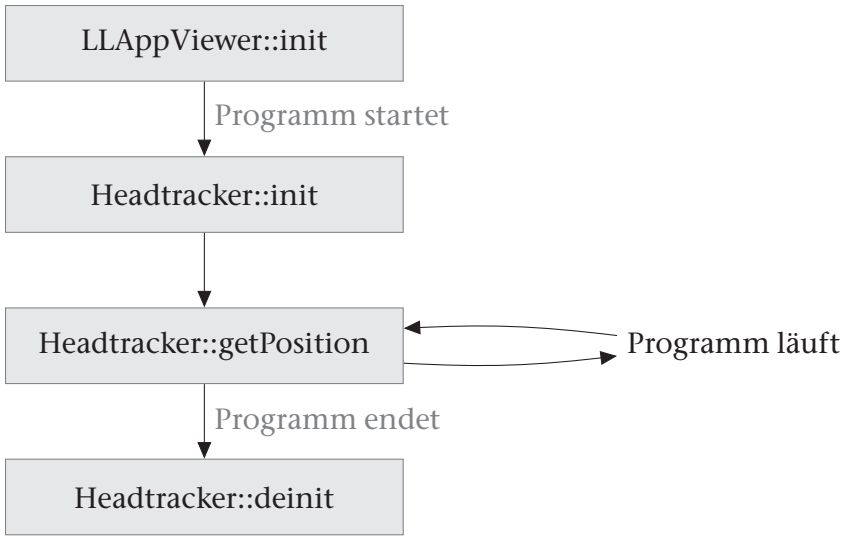

Abbildung 5-5 Flussdiagramm Headtracker.

6 Studie

Zur Untersuchung der in Kapitel 4 formulierten Hypothese und den Forschungsfragen, wurde im Zeitraum vom 15.06.2009–19.06.2009 eine wissenschaftliche Studie durchgeführt.

In den ersten beiden Abschnitten werden die wesentlichen Informationen zur verwendeten Technik (Abschnitt 6.1) und des Studienablaufs (Abschnitt 6.2) beschrieben. Im Anschluss an die Beschreibungen werden die aus der Studie resultierenden Ergebnisse dargestellt und im Hinblick auf die in Kapitel 4 formulierten Forschungsfragen und Hypothese diskutiert.

6.1 Raum/Medien/Technik

Die Studie wurde in drei Räumen des Instituts für Informatik durchgeführt. In jedem Raum saß einer der drei Gruppenteilnehmer. In beiden Studienbedingungen war es untersagt, dass sich die Teilnehmer vor Beginn der Studie treffen. Hierzu haben wir in der Einladung den Teilnehmern einer Gruppe unterschiedliche Räume mitgeteilt und sie gebeten in dem bereits vorbereiteten Raum Platz zu nehmen und auf die Studienleiterin zu warten. Alle Räume waren mit mehreren Tischen und Stühlen ausgestattet. Jeder Raum wurde einen Tag vor Beginn der Studie mit folgenden Medien ausgestattet:

- 1 Notebook mit integrierter Webcam
- 1 Notebook/Rechner mit externer Webcam für die Raumaufzeichnung
- 1 Headset
- 1 Maus

Auf den Notebooks mit integrierter Webcam wurde jeweils ein Second Life-Client mit integriertem Headtracker und ein Client ohne Headtracker installiert. Je nach Bedingung wurde entweder der Client mit Headtracker oder der ohne Headtracker gestartet. Die Verwendung von Notebooks mit gleichen Hardwareeigenschaften in beiden Bedingungen spielt eine wesentliche Rolle. Da unter anderem durch die Bildschirmgröße die Wahrnehmung von Immersion beeinflusst werden kann (vgl. Unterabschnitt 2.2.4). Alle in der Studie eingesetzten Notebooks besaßen eine Bildschirmgröße von 15,4".

Zusätzlich zu Second Life wurde auf jedem Notebook Mumble[44] installiert und getestet. Bei Mumble handelt es sich um eine OpenSource Sprachkonferenzsoftware, die aufgrund der geringen Latenzzeit und guten Sprachqualität bei Spielern sehr beliebt ist. Im Rahmen der Studien wurde Mumble zur Kommunikation unter den Gruppenteilnehmern genutzt. Hierzu bekam jeder Teilnehmer ein Headset der Marke Sennheiser.

Die Studienleiterin befand sich in einem separaten Raum in der Nähe der Teilnehmer. Jede einzelne Session wurde durch die Studienleiterin über ein viertes Notebook beobachtet. Auf diesem Notebook lief der Server für den Second Life-Client (OpenSimulator) und der Server für Mumble (Murmur).

Für die Auswertung der Studie war u.a. die Aufzeichnung der Teilnehmer während der Studie erforderlich. Hierzu wurde jeder Raum mit einem zusätzlichen Notebook bzw. Rechner und jeweils einer Webcam mit integriertem Mikrofon ausgestattet. Für die Aufnahme wurde der Windows Movie Maker[45] für Windows XP verwendet.

Die Abbildung 6-1 zeigt einen Ausschnitt aus der virtuellen Studienumgebung und skizzenhaft die Aufteilung sowie Ausstattung der Räume.

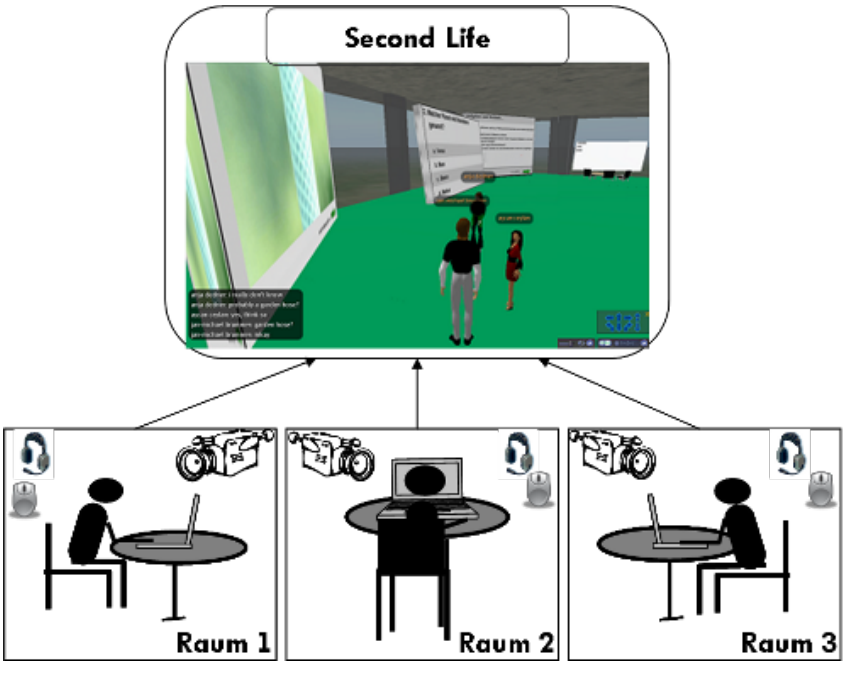

Abbildung 6-1 Übersicht der Studienumgebung.

[44] *http://mumble.sourceforge.net* Stand: 04.01.2010
[45] *http://www.microsoft.com* Stand: 04.01.2010

6.2 Studienablauf

Wie bereits in Abschnitt 4.3 erläutert, haben sich insgesamt 27 Studenten für die Studie angemeldet. Diese wurden auf 9 Gruppen á 3 Personen verteilt. Die nachfolgend beschriebene Studie wurde von 4 Gruppen á 3 Personen mit Headtracker (davon 1 Frau und 11 Männer) und 5 Gruppen á 3 Personen ohne Headtracker (davon 1 Frau und 14 Männer) durchlaufen.

Für einen Studiendurchlauf wurden ca. 90 Minuten eingeplant, die sich grob in die folgenden drei Phasen gliedern lassen:

1. Einführung $\approx$ 20 min.
2. Aufgabenbearbeitung $\approx$ 50 min.
3. Abschluss $\approx$ 20 min.

Jeder Teilnehmer bekam nach seiner Anmeldung via Email Informationen zu Ort und Zeit der Studie (siehe Abschnitt 4.3). Über die Verwendung eines Headtrackers wurden die Teilnehmer nicht informiert.

6.2.1 Einführung

Nach Eintreffen der Teilnehmer in den vorgesehenen Räumen, verteilte die Studienleiterin den Pretest (Unterabschnitt 4.5.1) und gab jedem Teilnehmer einzeln eine Einweisung in die Umgebung. Es wurden Informationen zur Steuerung und Kommunikation gegeben und gezeigt wie die Avatare angepasst werden können. Des Weiteren ging die Studienleiterin mit jedem Teilnehmer die einzelnen Arbeitsstationen (Bilderrätsel, Multiple-Choice-Fragen,..) durch.

Die Teilnehmer hatten etwa 5 Minuten Zeit zum Ausfüllen des Pretests und etwa 10 Minuten zum Anpassen des Avatars. Weitere 5 Minuten bekamen sie zur Eingewöhnung an die Steuerung. Zur Vorbereitung auf die zweite Phase der Studie wurde eine „Spielwiese“ vor dem virtuellen Arbeitsbereich gebaut (siehe Abbildung 6-2).

In der Spielwiese befanden sich zwei virtuelle Tafeln auf denen Bilder von berühmten Schauspielerinnen und berühmten Gemälden angezeigt wurden. Analog zu der Bedienung der vier Aufgabentypen (siehe Abschnitt 5.1) mussten, die Teilnehmer zum Anzeigen des nächsten Bildes auf den Pfeil „Weiter“ klicken. Die Spielwiese diente zur Eingewöhnung an die Interaktion mit den virtuellen Tafeln.

Abbildung 6-2 Zwei virtuelle Tafeln zum Spielen.

Die Teilnehmer durften sich auch während der Einführungsphase untereinander via Textchat und Audiounterhaltung austauschen.

Wenn alle Teilnehmer bereit waren mit den Aufgaben anzufangen, d.h. Avatare angepasst und offene Fragen geklärt waren, durften sie den virtuellen Aufgabenbereich gemeinsam betreten.

6.2.2 Aufgabenbearbeitung

In der Studie mussten durch die Teilnehmer die folgenden Aufgaben bearbeitet werden:

1. 3 Bilderrätsel
2. 20 Multiple-Choice-Fragen
3. 4 Texträtsel
4. Schreiben eines Gedichtes mit vorgegebenen Wörtern

Die einzelnen virtuellen Arbeitsstationen der Aufgaben mussten in der oben angegebenen Reihenfolge durchlaufen werden. Die Reihenfolge entsprach dem geschätzten Schwierigkeitsgrad der Aufgaben.

Während der Bearbeitung der Aufgaben war die Studienleiterin, die sich in einem separaten Raum befand, ebenfalls in der virtuellen Welt. Bei Fragen oder Problemen hatten die Teilnehmer die Möglichkeit via Textchat die Studienleiterin zu kontaktieren. Um eine Ablenkung zu vermeiden und den Teilnehmern nicht das Gefühl einer Beobachtung zu vermitteln, hielt sich die Studienleiterin immer im Hintergrund und konnte die Teilnehmer nicht hören.

6.2.3 Abschluss

Nach Abschluss der Aufgaben musste jeder Teilnehmer die Posttest-Fragen (Unterabschnitt 4.5.1) beantworten und anschließend für das Interview in einen separaten Raum gehen. Im Raum saß die Studienleiterin mit allen Gruppenteilnehmern zusammen, um etwaige Fragen der Teilnehmer zur Umgebung oder Pre- und Posttest zu klären. Des Weiteren konnten hier nicht abgefragte subjektive Wahrnehmungen geäußert werden (Unterabschnitt 4.5.2). Im Anschluß zum Interview bekam jeder Teilnehmer eine Entlohnung von 15 €.

6.3 Ergebnisse und Diskussion

In der Bedingung ohne Headtracker kam es bei der ersten Gruppe zu diversen technischen Problemen, weshalb die Ergebnisse aus dieser Studie bei der Auswertung nicht berücksichtigt wurden. Damit beziehen sich die nachfolgenden Auswertungen auf die Ergebnisse von 4 Gruppen á 3 Personen (davon 1 Frau und 11 Männer) mit Headtracker und 4 Gruppen á 3 Personen (davon 1 Frau und 11 Männer) ohne Headtracker.

Die Auswertung vom Pretest wies keine Auffälligkeiten hinsichtlich der Angaben zur Person und dem Mediennutzungsverhalten auf. Im Gegensatz hierzu konnten geringe Abweichungen hinsichtlich der immersiven Tendenz festgestellt werden.

Das durchschnittliche Alter der Teilnehmer mit Headtracker betrug 27,9 Jahre und das der ohne Headtracker 28,4 Jahre. In beiden Bedingungen waren die Studiengänge der Wirtschaftswissenschaften und der Informatik stark vertreten. Die Tabelle 6-1 gibt einen Überblick über die Aufteilung der Studiengänge auf die beiden Bedingungen:

Bedingung / Studiengang	mit Headtracker	ohne Headtracker
Wirtschaftswiss.	6	4
Informatik	4	4
Natur- & Materialwiss.	1	3
Sonstige	1	1

Tabelle 6-1 Überblick der Studiengänge.

Zu dem Informatik-Studiengang wurden die Studiengänge Wirtschaftsinformatik und Informationstechnik dazugezählt.

Zur Feststellung des Mediennutzungsverhaltens wurden im Pretest folgende Fragen gestellt: *„Wie häufig spielen Sie Computerspiele?“* und *„Wie häufig haben Sie schon 3D-Spiele gespielt?“*. Die Tabelle 6-2 und Tabelle 6-3 zeigen, dass sich die Angaben der Probanden nur geringfügig unterscheiden.

Die Angabe „häufig“ bedeutet, dass der Teilnehmer täglich oder mindestens einmal pro Woche Computer bzw. 3D-Spiele spielt. „Selten“ bedeutet, dass der Teilnehmer einmal oder weniger als einmal pro Monat Computer- bzw. 3D-Spiele spielt.

Angabe \ Bedingung	mit Headtracker	ohne Headtracker
häufig	6	9
selten	4	1
nie	2	2

Tabelle 6-2 „Wie häufig spielen Sie Computerspiele?“.

Angabe \ Bedingung	mit Headtracker	ohne Headtracker
häufig	6	5
selten	2	3
nie	4	4

Tabelle 6-3 „Wie häufig haben Sie schon 3D-Spiele gespielt?“.

Aus den Tabellen ist erkennbar, dass jeweils zwei Teilnehmer aus einer Bedingung keine Computerspiele spielen und jeweils vier Teilnehmer noch nie 3D-Spiele gespielt haben. Damit waren die Kenntnisse in Bezug auf Computerspielen und 3D-Spielen in beiden Bedingungen gleich verteilt.

Zur Bewertung der immersiven Tendenz der Teilnehmer wurden insgesamt vier Fragen gestellt. Die Fragen und die Ergebnisse zu diesen sind in den folgenden Tabellen dokumentiert:

Angabe \ Bedingung	mit Headtracker	ohne Headtracker
oft	0	3
gelegentlich	9	8
nie	3	1

Tabelle 6-4 „Werden Sie leicht durch Computerspiele gefesselt?“.

Angabe \ Bedingung	mit Headtracker	ohne Headtracker
oft	2	3
gelegentlich	9	9
nie	1	0

Tabelle 6-5 „Werden Sie leicht durch Spielfilme gefesselt?“.

Angabe \ Bedingung	mit Headtracker	ohne Headtracker
oft	2	3
gelegentlich	6	7
nie	4	2

Tabelle 6-6 „Identifizieren Sie sich mit Filmcharakteren schnell?“.

Angabe \ Bedingung	mit Headtracker	ohne Headtracker
oft	0	4
gelegentlich	6	5
nie	6	3

Tabelle 6-7 „Identifizieren Sie sich mit Spielfiguren schnell?“.

Ein auffälliger Unterschied wurde hinsichtlich der Fragen *„Werden Sie leicht durch Computerspiele gefesselt?“* und *„Identifizieren Sie sich mit Spielfiguren schnell?“* festgestellt. Teilnehmer der Bedingung ohne Headtracker gaben an, dass sie sich öfter mit Spielfiguren identifizieren und sich schneller durch Computerspiele fesseln lassen. Diese Angaben wurden bei der Auswertung der Posttest-Fragen mitberücksichtigt. Die möglichen Abhängigkeiten werden nach der Auswertung der Posttest-Fragen noch einmal dargestellt.

Zur Untersuchung der Hypothese H1 wurde die Bearbeitungszeit und die Lösungsgüte der Aufgaben von Gruppen der beiden Bedingungen gegenübergestellt. Die Auswertung der Datenbankeinträge ergab, dass Gruppen mit Headtracker zur Bearbeitung der vier Aufgabentypen im Durchschnitt μ[46] = 2526 Sekunden (σ[47] = 960 Sekunden) und Gruppen ohne Headtracker im Durchschnitt μ = 3535 Sekunden (σ = 737 Sekunden) benötigt haben. Der Vergleich der Bearbeitungsdauer pro Aufgabe zeigt, dass Gruppen mit Headtracker tendenziell weniger Zeit zum Lösen der Aufgaben benötigt haben (vgl. Abbildung 6-3). Die statische Analyse mittels des t-Tests[48] für ungepaarte Stichproben zeigt jedoch keine Signifikanz zwischen den beiden Bedingungen ($p > 0{,}05$).

[46] μ = Mittelwert
[47] σ = Standardabweichung
[48] http://www.graphpad.com/quickcalcs/ttest1.cfm Stand: 05.01.2010

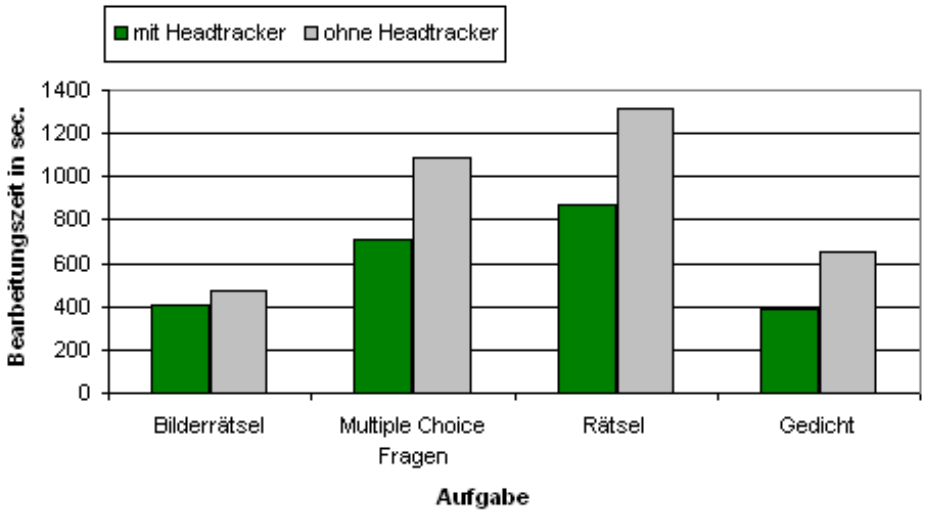

Abbildung 6-3 Durchschnittliche Bearbeitungszeit je Aufgabe.

In Ergänzung zu der Datenbankauswertung wurden die Teilnehmer hinsichtlich der Bearbeitungszeit nach der subjektiven Wahrnehmung gefragt. Die Auswertung der Antworten auf die Frage „Wir konnten die Fragen sehr schnell beantworten“ (1 = „stimme voll zu“ bis 5 = „stimme überhaupt nicht zu“) ergab für Gruppen mit Headtracker einen Mittelwert von $\mu = 2{,}15$ ($\sigma = 0{,}72$) und für Gruppen ohne Headtracker einen Mittelwert von $\mu = 3{,}08$ ($\sigma = 1{,}08$). Hier konnte mittels des t-Tests bestätigt werden, dass Gruppen mit Headtracker die Bearbeitung der Aufgaben signifikant schneller empfanden ($p = 0{,}024$). Somit bestätigt das Ergebnis der subjektiven Wahrnehmung die Ergebnisse aus der Datenbankauswertung hinsichtlich der Bearbeitungsdauer.

Die Auswertung der Lösungsgüte ergab, dass Gruppen mit Headtracker einen Mittelwert von $\mu = 21{,}67$ ($\sigma = 1{,}53$) und Gruppen ohne Headtracker einen Mittelwert von $\mu = 19{,}25$ ($\sigma = 4{,}11$) Aufgaben von insgesamt 27 Aufgaben richtig bearbeitet haben. Die Gedichtaufgabe war von der Bewertung der Lösungsgüte ausgenommen und wurde je nach Erfüllung der vorgegebenen Regeln mit richtig oder falsch bewertet. Diese wurde von allen Gruppen richtig gelöst. Der t-Test konnte keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Bedingungen nachweisen.

Ein weiteres interessantes Ergebnis wurde bei der Frage nach dem Schwierigkeitsgrad der Aufgaben beobachtet. Gruppen mit Headtracker fiel das Lösen der Aufgaben durchschnittlich einfacher als Gruppen ohne Headtracker (vgl. Abbildung 6-4). Ein signifikanter Unterschied konnte mittels dem t-Test bei den Bilderrätseln ($p = 0{,}255$) und der Gedichtaufgabe ($p = 0{,}012$) nachgewiesen werden.

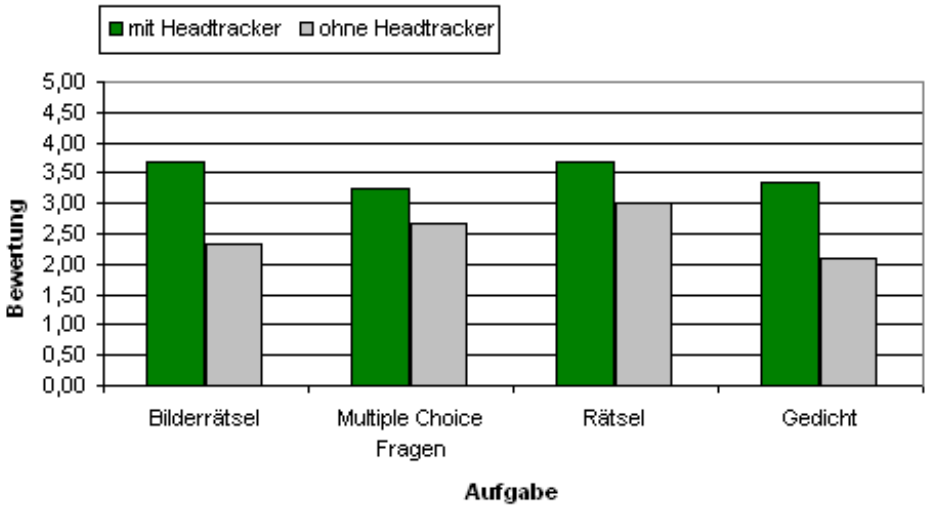

Abbildung 6-4 „Ich fand die Aufgabe sehr schwer!“.

Die Signifikanz kann damit erklärt werden, dass zum Lösen dieser beiden Aufgaben ein verstärkter Austausch unter den Teilnehmern erforderlich war. Im Gegensatz zu den anderen Aufgaben waren die Lösungen dieser von der Kreativität jedes einzelnen Teilnehmers abhängig. Demzufolge erforderte das Lösen der Bilderrätsel und des Gedichts einen höheren Informationsaustausch.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die ermittelten Ergebnisse bezüglich der Bearbeitungszeit und der Lösungsgüte eine starke Tendenz zeigen, die die Richtigkeit der Hypothese vermuten lassen. Für eine endgültige empirische Bestätigung der Hypothese sind jedoch weitere Untersuchungen notwendig.

Um die Forschungsfrage *F1: Aufmerksamkeit* zu untersuchen, wurden die Videodaten ausgewertet. Die Auswertung zeigt, dass die Teilnehmer mit Headtracker (μ = 4,55, σ = 4,39) signifikant ($p < 0,05$) weniger den Blick vom Bildschirm abgewendet haben, als Teilnehmer ohne Headtracker (μ = 13,45, σ = 13,28) (vgl. Tabelle E-1). Damit kann die Forschungsfrage F2, dass die Übertragung von Kopfbewegungen in die virtuelle Welt die Aufmerksamkeit der Teilnehmer steigert positiv beantwortet werden.

Die Forschungsfrage *F2: Immersion* wurde mit der Posttest-Frage „Ich empfand die 3D-Umgebung real„ (1 = „stimme voll zu“ und 5 = „stimme überhaupt nicht zu“) untersucht. Entgegen der Vorannahme, empfanden Gruppen ohne Headtracker die virtuelle Welt realer. Die Auswertung von Gruppen mit Headtracker ergab einen $\mu = 4{,}42$ ($\sigma = 0{,}51$) und die der ohne Headtracker einen $\mu = 3{,}33$ ($\sigma = 1{,}44$). Der t-Test wies eine Signifikanz zwischen den beiden Bedingungen nach ($p = 0{,}0217$).

Ebenso unerwartet ist das Ergebnis zur Forschungsfrage *F3: Embodiment* „Ich konnte mich mit meinem Avatar identifizieren“. Analog zu F2 ergab die Auswertung der Antworten, dass Gruppen ohne Headtracker sich signifikant besser mit dem Avatar identifizieren konnten ($p= 0{,}0469$). Die Antworten der Gruppen mit Headtracker ergab einen $\mu = 3{,}83$ ($\sigma = 1{,}34$) und die von Gruppen ohne Headtracker $\mu = 2{,}58$ ($\sigma = 1{,}56$).

Diese überraschenden Ergebnisse lassen sich mit Hilfe des durchgeführten Pretests erläutern. Zwei von drei Teilnehmern die im Pretest angaben, dass sie leicht durch Computerspiele gefesselt werden (vgl. Tabelle 6-4), beantworteten die im Posttest gestellte Frage zur 3D-Umgebung mit „2 = stimme zu“. Drei von vier Teilnehmern, die im Pretest angaben, dass sie sich schnell mit Spielfiguren identifizieren können (vgl. Tabelle 6-7) beantwortet die im Posttest gestellte Frage zur Identifikation mit dem Avatar mit „1 = stimme voll zu“. Im Interview gaben die Teilnehmer an, dass sie mehr Zeit zum Anpassen des Avatars benötigt hätten. Außerdem wurde die Avataranpassung als zu kompliziert eingestuft, wodurch die Avatare nicht detailliert angepasst werden konnten und hierdurch eine Identifikation mit dieser verhindert wurde.

Hiernach bleibt festzuhalten, dass die Ergebnisse zu den beiden Fragen von der immersiven Tendenz der Teilnehmer abhängig sind. Die Forschungsfragen F2 und F3 sind damit negativ zu beantworten.

Zur Untersuchung der Forschungsfrage *F4: soziale Präsenz* wurden den Teilnehmern im Posttest die folgenden beiden Fragen gestellt: „Ich empfand die anderen Teilnehmer realitätstreu“ und „Ich konnte mich auf die anderen Teilnehmer gut konzentrieren“. Die Auswertung von beiden Ergebnissen zeigte keine Unterschiede zwischen den beiden Bedingungen (vgl. Tabelle 6-8).

Frage \ Bedingung	mit Headtracker	ohne Headtracker
„Ich empfand die anderen Teilnehmer realitätstreu„ μ (σ)	2,08 (1,08)	2,00 (1,35)
„Ich konnte mich auf die anderen Teilnehmer gut konzentrieren“ μ (σ)	1,67 (0,65)	1,75 (0,87)

Tabelle 6-8 Posttest-Fragen zur sozialen Präsenz.

Die Teilnehmer aus beiden Bedingungen empfanden die Teilnehmer realitätstreu und konnten sich auf die Teilnehmer gut konzentrieren. Im Folgenden sind einige Angaben aus dem Interview und aus dem Posttest aufgelistet, die die Antwort der Teilnehmer begründen:

- „Unterhaltung über Audio ermöglicht realitätstreues Gefühl“
- „Kommunikation wie man es von einem Menschen erwarten würde“
- „Man merkte, dass er via Audio zur Person gehörte“
- „Wegen Outfit und Audio“

Zusammenfassend begründeteten alle Teilnehmer das realtitätstreue Empfinden der Gesprächspartner mit dem Aussehen der Gesprächspartner und mit der Audiounterhaltung. Demnach ist die Forschungsfrage F4 negativ zu beantworten.

Im Weiteren wurden den Teilnehmern drei allgemeine Fragen gestellt, die keiner Forschungsfrage zuzuordnen waren. Zu diesen gehörten die Fragen „Wir haben uns überwiegend via Audio unterhalten“ und „Die Bedienung in der Umgebung war sehr einfach“. Die Auswertung ergab, dass in beiden Bedingungen überwiegend die Audiounterhaltung genutzt (vgl. [Allmendinger et al., 2003]) und die Bedienung der Umgebung als einfach eingestuft wurde.

Bei der dritten allgemeinen Frage „Ich hatte das Gefühl in einem Spiel zu sein“ konnte mittels dem t-Test nachgewiesen werden, dass Gruppen mit Headtracker (μ = 3,42; σ = 1,24) signifikant weniger die Testumgebung als Spiel (p = 0,0163) empfanden als Gruppen ohne Headtracker (μ = 2,17; σ = 1,11). Hierzu gaben die Teilnehmer mit Headtracker im Posttest und Interview an, dass sie die virtuelle Welt als Kommunikationsform zum Bearbeiten von Aufgaben gesehen und diese zum Austausch von Informationen genutzt haben. Dahingegen empfanden Gruppen ohne Headtracker die virtuelle Welt als Plattform zum „Spielen“.

Im Weiteren wurde beobachtet, dass die Teilnehmer bei Fragen während der Aufgabenbearbeitung den „Avatarkontakt“ mit der Studienleiterin gesucht haben. Dies obwohl die Studienleiterin nur via Textchat erreichbar war.

Nach Abschluss eines jeden Studiendurchlaufs wurden die Teilnehmer im Interview über den Headtracker informiert. Hierbei war es interessant, dass keinem der Teilnehmer das Vorhandensein eines Headtrackers aufgefallen war.

7 Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob die Übertragung vom nonverbalem Element „Kopfbewegung“ auf einen Avatar, das kollaborative Arbeiten in einer virtuellen Welt unterstützen kann.

Zur Untersuchung dieser Fragestellung, wurde in eine virtuelle Welt eine Testumgebung und eine Software zum Headtracking implementiert.

Die Studie hat ergeben, dass sich der Einsatz eines Headtrackers positiv auf die Bearbeitungszeit und die Lösungsgüte auswirkt. So haben Gruppen mit Headtracker alle Aufgaben durchschnittlich schneller bearbeitet, hatten eine höhere Anzahl an richtigen Antworten und empfanden das Lösen als einfacher. Für eine endgültige empirische Bestätigung dieser starken Tendenz sind weitere Untersuchungen mit einer größeren Stichprobe erforderlich. Die statistische Untersuchung mittels dem t-Test bestätigte, dass Gruppen mit Headtracker während der Bearbeitung der Aufgaben aufmerksamer waren und diese ernster bearbeitet haben.

Es konnte kein Einfluss des Headtrackers hinsichtlich der *Immersion*, dem *Embodiment* und der *sozialen Präsenz* festgestellt werden. Entgegen der Vorannahmen ergab die statistische Auswertung, dass Gruppen ohne Headtracker einen höheren Grad an Immersion verspürt haben und sich stärker mit ihrem Avatar identifizieren konnten. Dies konnte damit begründet werden, dass sich in den Gruppen ohne Headtracker zufällig mehrere Teilnehmer mit einer höheren immersiven Tendenz befanden. Um diese Störgröße in nachfolgenden Untersuchungen auszuschließen, sollte der Pretest von den Teilnehmern bei der Anmeldung zur Studie ausgefüllt und entsprechend dem Mediennutzungsverhalten und der immersiven Tendenz auf die Bedingungen gleichmäßig verteilt werden.

Im Interview wurden die Teilnehmer befragt, inwiefern sie den Einsatz einer virtuellen Welt zum kollaborativen Arbeiten als sinnvoll einstufen. Die Mehrzahl der Teilnehmer empfand, dass in der virtuellen Welt „Hemmungen schneller nachlassen“ und man gleich „zum Wesentlichen kommt“.

Des Weitern empfanden die Teilnehmer die Kommunikation in der virtuellen Welt angenehmer als einen Videochat, da man sich „in der Umgebung umschauen kann“ und sich „freier“ fühlt. Interessant wäre zu untersuchen, inwiefern sich die Ergebnisse der Bedingung virtuelle Welt mit Headtracker von einer Videochat-Bedingung und einer Face-to-Face- Bedingung unterscheiden.

Um die Teilnehmer nicht von den Aufgaben und dem Gesprächspartner abzulenken, wurden wenige Objekte in die Testumgebung eingebaut. Teilnehmer, die die Posttest-Frage „Ich empfand die 3D-Umgebung real“ mit „ 4 = stimme nicht zu“ bzw. „5 = stimme überhaupt nicht zu“ beantwortet haben, gaben als Begründung an, dass es viel zu wenig Gegenstände in der Umgebung gab und die erbauten Objekte zu detailarm waren. Für weitere Studien sollte dies ebenfalls berücksichtigt werden.

Da sich die virtuellen Welten wie alle anderen Kooperationssysteme auch rasant entwickeln, sollten die im Abschnitt 2.2 beschriebenen virtuellen Welten ebenfalls erneut betrachtet werden.

Es ist festzuhalten, dass sich bereits die Übertragung des nonverbalen Elements „Kopfbewegung“ mittels einer Webcam, in die virtuelle Welt positiv auf das kollaborative Arbeiten auswirkt. Bei einer Fortsetzung der Studie sollte untersucht werden, ob durch die Übertragung von weiteren nonverbalen Elementen, wie beispielsweise lächeln und blinzeln, das kollaborative Arbeiten weiter verstärkt werden kann.

Aufgrund der in dieser Studie erzielten positiven Ergebnisse, ist der Einsatz eines solchen kostengünstigen und einfachen Trackingverfahrens zur Unterstützung der kollaborativen Arbeit, insbesondere in Unternehmen und in der Lehre denkbar.

8 Literaturverzeichnis

[Agryle, 1988] Agryle, M. (1988). *bodily communication*. Routledge.

[Allmendinger, 2004] Allmendinger, K. (2004). *Passung von Medium und Aufgabentyp: Der Einfluss nonverbaler Signale in desktop-basierten kollaborativen virtuellen Umgebungen*. PhD thesis, Eberhard-Karls-Universitt Tbingen.

[Allmendinger et al., 2003] Allmendinger, K., Troitsch, H., Hesse, F., and Spada, H. (2003). Nonverbal signs in virtual environments. In *Designing for Change*, pages 431–440. Kluwer Academic Publishers.

[Bailenson et al., 2002] Bailenson, J., Beall, A., and Blascovich, J. (2002). Gaze and task performance in shared virtual environments. In *The Journal of Visualization and Computer Animation*.

[Bailenson and Blascovich, 2004] Bailenson, J. and Blascovich, J. (2004). *Avatars. In Encyclopedia of Human-Computer-Interaction.* Berkshire Publishing Group.

[Bailenson and Yee, 2005] Bailenson, J. and Yee, N. (2005). Digital chameleons. *PSYCHOLOGICAL SCIENCE-CAMBRIDGE*, 16:814–819.

[Barnes, 2007] Barnes, S. (2007). Virtual worlds as a medium for advertising. *SIGMIS Database*, 38(4):45–55.

[Bentele and Beck, 1994] Bentele, G. and Beck, K. (1994). *Information - Kommunikation - Massenkommunikation: Grundbegriffe und Modelle der Publizistik- und Kommunikationswissenschaft.* Opladen: Westdeutscher Verlag.

[Blascovich, 2002] Blascovich, J. (2002). *Social influence within immersive virtual environments. The social life of avatars: Presence and interaction in shared virtual environments (pp. 127-145). London: Springer.* London: Springer.

[Bowman, 1999] Bowman, D. (1999). *Interaction Techniques for common tasks in immersive virtual environments (design, evaluation and application).* PhD thesis, Georgia Institute of Technology.

[Bricken and Byrne, 1993] Bricken, M. and Byrne, C. M. (1993). Virtual reality: Applications and exploration. In *Summer students in virtual reality*, pages 199–218. New York: Academic Press, Inc.

[Broll et al., 2002] Broll, W., Greenhalgh, C., and Churchill, E. (2002). 4th international conference on collaborative virtual environments. In *4th International Conference on Collaborative Virtual Environments*. New York: ACM Press.

[Cassell and Vilhjálmsson, 1999] Cassell, J. and Vilhjálmsson, H. (1999). Fully embodied conversational agents: Making communicative behaviors autonomous. In *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, pages 45–64. Springer.

[Damian, 2008] Damian, D. (2008). Grenzenlose kommunikation: Wie das potential zur zusammenarbeit in globalen teams freigesetzt werden kann. Technical report, University of Victoria, Canada.

[Frey et al., 2006] Frey, A., Blunk, H., and Banse, R. (2006). Paarinteraktionsforschung in einer virtuellen Umgebung. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 37(3):151–159.

[Frey and Bente, 1984] Frey, S. and Bente, G. (1984). *Die nonverbale Kommunikation*. Standard Elektrik Lorenz.

[Friedman et al., 2007] Friedman, D., Steed, A., and Slater, M. (2007). Spatial social behavior in second life. *Lecture Notes in Computer Science*, 4722:252.

[Garau et al., 2001] Garau, M., Slater, M., Bee, S., and Sasse, M. (2001). The impact of eye gaze on communication using humanoid avatars. In *Human factors in computing systems*.

[Garau et al., 2003] Garau, M., Slater, M., Vinayagamoorthy, V., Brogni, A., Steed, A., and Sasse, M. (2003). The impact of avatar realism and eye gaze control on perceived quality of communication in a shared immersive virtual environment. pages 309–316. CHI, ACM Press.

[Gehrau, 2002] Gehrau, V. (2002). *Die Beobachtung in der Kommunikationswissenschaft: methodische Ansätze und Beilpielstudien*. UVK Verlagsgesellschaft.

[Gelbmann, 2001] Gelbmann, G. (2001). Gibt es prinzipien zwischenmenschlicher kommunikation? der clou des konstruktvismus.

[Gude, 2004] Gude, D. (2004). *Ergonomie und Design: VR-Anwendungen im Design*. Stuttgart: Ergonomia-Verlag.

[Gutwin and Greenberg, 2002] Gutwin, C. and Greenberg, S. (2002). A descriptive framework of workspace awareness for real-time groupware. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 11(3):411–446.

[Hemp, 2006] Hemp, P. (2006). Avatar-based marketing. *Harvard Business Review*, 84(6):48–56.

[Herbelin et al., 2002] Herbelin, B., Riquier, F., Vexo, F., and Thalmann, D. (2002). Virtual reality in cognitive behavioral therapy: a study on social anxiety disorder. In *8th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, VSMM02*. Citeseer.

[Johnson et al., 2000] Johnson, D., Smith, K., and Johnson, R. (2000). Cooperative learning.

[Magnenat-Thalmann et al., 2005] Magnenat-Thalmann, N., Kim, H. S., Egges, A., and Garchery, S. (2005). Believability and interaction in virtual worlds. In *11th International Multimedia Modelling Conference*.

[McClave, 1999] McClave, E. (1999). Linguistic functions of head movements in the context of speech. In *Journals of Pragmatics 32*.

[Moore et al., 2002] Moore, K., Wiederhold, B., Wiederhold, M., and Riva, G. (2002). Panic and agoraphobia in a virtual world. *Cyberpsychology & Behavior*, 5(3):197–202.

[Moskaliuk, 2009] Moskaliuk, J. (2009). *Immersion: Teil 1*. URL: http://blog.moskaliuk.com/blogreihe-zum-thema-immersion-teil-1/.

[Müller, 2005] Müller, F. (2005). Mehr als ein spiel. *Heise Zeitschriften Verlag GmbH & Co. KG.*, pages 136–139.

[Müsseler, 2000] Müsseler, J. (2000). Aufmerksamkeit. *Lexikon der Psychologie, Erster Band, Heidelberg/Berlin, S*, pages 154–156.

[Neviarouskaya et al., 2008] Neviarouskaya, A., Prendinger, H., and Ishizuka, M. (2008). User study of affectim, an emotionally intelligent instant messaging system. In *Intelligent Virtual Agents, 8th International Conference, IVA 2008*.

[Neviarouskaya et al., 2009] Neviarouskaya, A., Prendinger, H., and Ishizuka, M. (2009). Emoheart: Automation of expressive communication of emotions in second life. In *Online Communities and Social Computing*, pages 584–592. Springer LNCS 5721, San Diego.

[Ohler, 1994] Ohler, P. (1994). *Kognitive Filmpsychologie: Verarbeitung und mentale Repräsentation narrativer Filme*. MakS Publikationen Münster.

[Pfendler et al., 2005] Pfendler, C., Widdel, H., and Schlick, C. (2005). Evaluation of a head-mounted display and a hand-held display with a target detection task. *Zeitschrift fur Arbeitswissenschaft*, 59(1).

[Pimentel and Teixeira, 1993] Pimentel, K. and Teixeira, K. (1993). *Virtual Reality. Through the new looking glass.* Intel/Windcrest/McGraw-Hill, Inc.

[Pischel, 2001] Pischel, E. (2001). Empirische befunde zur wirkung von assistenz eine literaturrecherche. pages 18–21.

[Riemer and Wulf, 2005] Riemer, K. and Wulf, K. (2005). *Marktstudie Kooperationssysteme: Von E-Mail über Groupware zur Echtzeitkooperation*. Cuvillier Verlag.

[Rosenbusch, 2000] Rosenbusch, H. S. & Schober, O. (2000). *Krpersprache in der schulischen Erziehung: pdagogische und fachdidaktische Aspekte nonverbaler Kommunikation*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren. (3.Aufl.).

[Rüeggenberg, 2007] Rüeggenberg, S. (2007). *So nah und doch so fern : Soziale Präsenz und Vertrauen in der computervermittelten Kommunikation*. PhD thesis, Universität Köln.

[Sallnäs, 2002] Sallnäs, E.-L. (2002). *Collaboration in multi-modal virtual worlds: Comparing touch, text and voice and video. The social life of avatars: Presence and interaction in shared virtual environments*. London: Springer.

[Schaeppi and Kirchgeorg, 2005] Schaeppi, B. and Kirchgeorg, M. (2005). *Handbuch Produktentwicklung*. Carl Hanser Verlag Muenchen.

[Schroeder, 2002] Schroeder, R. (2002). *Social interaction in virtual environments: Key issues, common themes, and a framework for research. The social life of avatars: Presence and interaction in shared virtual environments*. London: Springer.

[Shannon and Weaver, 1963] Shannon, E. and Weaver, W. (1963). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press.

[Slater and Steed, 2002] Slater, M. and Steed, A. (2002). Meeting people virtually: Experiments in shared virtual environments. *The social life of avatars: Presence and interaction in shared virtual environments*, pages 146–171.

[Smith et al., 2003] Smith, A., Kay, A., Raab, A., and Reed, P. (2003). Croquet- a collaboration system architecture. In *Creating, Connecting and Collaborating Through Computing*, pages 2–9.

[Snowdon et al., 2001] Snowdon, D. N., Churchill, E. F., and Munro, A. J. (2001). *Collaborative virtual environments: Digital spaces and places for CSCW: An introduction.* London: Springer.

[Sturm, 2009] Sturm, M. (2009). *Einsatz Von Virtual Reality (vr) in Der Produktentwicklung (band 1)*. GRIN Verlag.

[Taylor, 2002] Taylor, T. L. (2002). *Living digitally: Embodiment in virtual worlds. The social life of avatars: Presence and interaction in shared virtual environments.* London: Springer.

[Tegtmeier, 2007] Tegtmeier, A. (2007). *Augmented Reality als Anwendungstechnologie in der Automobilindustrie*. PhD thesis, Fakultät Maschinenbau der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

[Tschacher and Storch, 2009] Tschacher, W. and Storch, M. (2009). 14 embodiment und körperpsychotherapie. *Körperzentrierte Psychotherapie im Dialog: Grundlagen, Anwendungen, Integration*, page 161.

[Vertegaal, 1999] Vertegaal, R. (1999). Designing awareness with attention-based groupware. *Proc. IFIP INTERACT'99*.

[Vilhjálmsson, 2003] Vilhjálmsson, H. (2003). *Avatar Augmented Online Conversation*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

[Vinayagamoorthy et al., 2006] Vinayagamoorthy, V., Gillies, M., Steed, A., Tanguy, E., Pan, X., Loscos, C., and Slater, M. (2006). Building expression into virtual characters. In *EUROGRAPHICS State of The Art Report*. Citeseer.

[vom Brocke et al., 2008] vom Brocke, J., Riemer, K., and Richter, D. (2008). Zur Rolle von Kooperationssystemen in verteilten Forschungsnetzen-Ergebnisse einer Social Network Analysis im Network of Excellence GARNET. *Proc. Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI), München*.

[Watzlawick et al., 1967] Watzlawick, P., Beavin-Bavelas, J., and Jackson, D. (1967). *Pragmatics of Human Communication - A Study of Interactional Patterns, Pathologies and Paradoxes*. New York: W. W. Norton.

[Watzlawick et al., 2002] Watzlawick, P., H.Beavin, J., and Jackson, D. D. (2002). *Menschliche Kommunikation. Formen, Störungen, Paradoxien*. Huber.

[Zoe et al.,] Zoe, B., Gregor, B., Stefanie, G., Marco, H., and Sue, P. Avatare: Die wirkung der perspektive, der pupillengrösse und der lidschlagfrequenz bei der beurteilung.

Anhang A Bilderrätsel

Abbildung A-1 Aufgabe Bilderrätsel Schlauch.

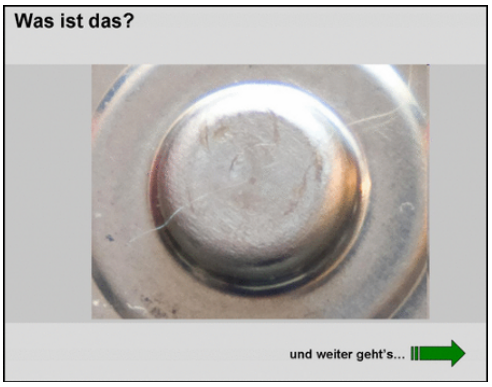

Abbildung A-2 Aufgabe Bilderrätsel Batterie.

Abbildung A-3 Aufgabe Bilderrätsel Blockflöte.

Anhang B Multiple-Choice-Fragen

1. Wer erfand die Glühbirne?
   - Heinrich Göbel
   - Thomas A.Edison
   - Nicola Tesla
   - Heini Göbel
2. Welcher Planet wird Abendstern genannt?
   - Venus
   - Mars
   - Saturn
   - Merkur
3. In welcher Einheit wird Druck angegeben?
   - Newton
   - Pascal
   - Meter pro Pascal
   - Celsius
4. In welchem Jahr ist Otto von Bismarck geboren?
   - 1815
   - 1843
   - 1851
   - 1854
5. Welche Weltreligion kennt keine Schutzengel?
   - Judentum
   - Islam
   - Buddhismus
   - Christentum

6. Für was steht das „D“ in D-Zug?
   - Direkt
   - Durchgang
   - Durchfahrt
   - Drehstrom
7. Welchen Posten übernahm Ernesto „Che“ Guevara 1959 nach der Machtübernahme Castros in Kuba?
   - Nationalbankchef
   - Regierungssprecher
   - Botschafter
   - Familienminister
8. Wofür steht die Abkürzung VDE auf elektrischen Geräten?
   - Verband Deutscher Elektrotechniker
   - Virtual Distributed Ethernet
   - Virtual Document Enhance
   - Verband Deutscher Elektriker
9. Welcher Wissenschaftler beschäftigt sich mit dem urzeitlichen Leben?
   - Historiker
   - Seismologe
   - Archäologe
   - Paläontologe
10. Welcher österreichischer Politiker starb 2008 an einem Autounfall?
    - Molterer
    - Haider
    - Faymana
    - Kohl

11. Wie lange blieb Konrad Adenauer als Bundeskanzler im Amt?
    - 12
    - 14
    - 10
    - 16
12. Wieviele Mitglieder hat der deutsche Bundestag (lt.Gesetz) ?
    - 598
    - 611
    - 499
    - 299
13. Mit welchem Wahlslogan gewann Adenauer 1957 die absolute Mehrheit?
    - Gute Politik
    - Keine Experimente
    - Voran in die Zukunft
    - Lasst uns neu beginnen
14. Was gibt es nicht im menschlischen Gehirn?
    - Kleinhirnwurm
    - Seepferdchen
    - Mandelkern
    - Gyrolos
15. Medizinisch „Caput“ heißt?
    - Hals
    - Knie
    - Kopf
    - Fuß

16. Was wird von einer Schwacke-Liste bewertet?
    - Grundstück
    - Haus
    - Kraftfahrzeug
    - Antiquitäten
17. Welcher Planet ist uns am nächsten?
    - Neptun
    - Merkur
    - Pluto
    - Jupiter
18. Mit wem schloss der Skorpionkönig im Film „Die Mumie kehrt zurück“ einen Pakt?
    - Anubis
    - Osiris
    - Nut
    - Horus
19. An welchem Fluß liegt Prag?
    - Donau
    - Moldau
    - Rhein
    - Wolga
20. Wie heißt die Meerenge, die Europa von Asien trennt?
    - Sultan Brücke
    - Islamische Brücke
    - Bosporus
    - Nila

Anhang C Texträtsel

1. **Die Stäbe der Wahrheit:**
   Vor langer Zeit kam ein Richter zu einem Gasthaus. Der Wirt war ziemlich wütend, denn jemand hatte gerade den goldenen Ring seiner Tochter gestohlen. Daraufhin ließ der Richter alle Gäste rufen um sie befragen zu können. Da er nach ihren Antworten nicht schlauer wurde, wendete der Richter einen alten Trick an. Er sagte allen, dass er nun die Stäbe der Wahrheit benützen würde. Er ließ jedem Gast über Nacht einen Stock unter das Bett legen. "Der Stock unter dem Bett des Diebes wird über Nacht zwei Zentimeter wachsen", sagte der Richter. Äm Morgen werden wir alle Stöcke vergleichen und wer den längsten hat, ist wohl der Dieb.„ Am nächsten Morgen mussten alle Gäste ihre Stöcke an den Stock des Richters halten, um zu zeigen, welcher gewachsen war. Einer nach dem anderen war gleich lang, keiner war gewachsen. Plötzlich rief der Richter: "Das ist der Dieb! Sein Stock ist kürzer als alle anderen!„ Eine Frau gestand den Diebstahl und gab den Ring zurück. Doch die Gäste wussten nicht, was sie von den Zauberstäben halten sollten. Zuerst hatte der Richter doch gesagt, der mit dem längsten Stock würde der Dieb sein, aber nun war es der mit dem kürzesten. Warum?

2. **Die kaputte Fensterscheibe:**
   Kurt hat eine Fensterscheibe eingeschlagen. Natürlich nicht mit Absicht! Er hatte nur mit seinem Freund Günther im Zimmer ein wenig „Piraten“ gespielt und da gehört es doch dazu, dass Säbel geschwungen werden. Und plötzlich war die Scheibe draußen! „Weißt du, was wir nun machen?“ meint da Günther, rennt auf die Straße hinunter und kommt dann mit einem faustgroßen Stein zurück. „Den legen wir ins Zimmer, dass es so aussieht, als ob er von der Straße aus hereingeworfen worden wäre.“ Kurt befolgt den Rat und holt seine Mutter, die sich den Schaden besieht und die dazugehörige „Geschichte“ anhört. Woran merkt die Mutter, dass sie angeschwindelt wird?

3. **Dialog im Flugzeug:**
   In einem Flugzeug, das von Frankfurt nach Berlin fliegt, treffen sich zwei Geschäftsleute. Der eine ist Frankfurter, der andere Berliner. Sie kommen ins Gespräch und stellen fest, dass sie beide schon sehr oft hin- und hergeflogen sind. Schließlich wollen sie aber wissen, wer von ihnen schon öfter diese Strecke geflogen ist. „Ich fliege“, so verkündet der eine, „diese Strecke schon zum 13. Mal.“ „Und ich fliege diese Strecke zum 20. Mal!“ Welche Behauptung der beiden Herren stammt vom Berliner und warum?

4. **Das Geständnis:**
   Es war einmal ein Kaufmann, der sich auf eine Geschäftsreise begeben wollte. Nachdem sein Boot beladen war, wartete er an Bord auf seinen Helfer. Der Helfer sah, dass der Kaufmann alleine auf seinem Schiff war und dachte, es wäre leicht ihn zu töten und seine Waren zu stehlen. Geschwind griff der Helfer an, ertränkte den Kaufmann und brachte dessen Waren in sein eigenes Haus. Um zu beweisen, dass er es nicht war, lief er zum Haus des Kaufmanns und fragte, warum der Herr nicht zum Boot gekommen sei. Die Frau des Kaufmanns ließ überall nach ihrem Mann suchen, aber er konnte nicht gefunden werden. Inzwischen war der Richter da. Er fragte die Frau des Kaufmanns, was passiert ist und mit welchen Worten der Helfer nach ihrem Mann gefragt habe. „Mein Mann war schon eine Weile weg“, sagte die Frau, „da kam der Helfer an unser Tor und rief: Herrin, warum ist der Herr denn noch nicht beim Boot?“ Dann fragte der Richter den Helfer. Dieser bestätigte die Aussage, die er am Tor des Kaufmannhauses ausgerufen hatte. „Richtig“, sagte der Richter zum Helfer. „Der Kaufmann wurde getötet und du bist sein Mörder. Du hast gerade gestanden!“ Woher wusste der Richter das?

Anhang D Headtracker-Quellcode

```
#include "llviewerprecompiledheaders.h"
#include "llviewerheadtracker.h"

#include "llviewercontrol.h"
#include "llviewerwindow.h"
#include "llviewercamera.h"
#include "llappviewer.h"
#include "llkeyboard.h"
#include "lltoolmgr.h"
#include "llselectmgr.h"
#include "llviewermenu.h"
#include "llagent.h"
#include "llfocusmgr.h"

#include "v3math.h"
#include "v4math.h"

#include "sm_api.h"
#include <tchar.h>

char buf[1024];
int i;
smCameraInfoList info_list;
smCameraVideoFormat video_format;
smWindowHandle win_handle;
smCameraHandle camera_handle;
smEngineHandle engine_handle;
smVideoDisplayHandle video_display_handle;
int major, minor, maint;
bool non_commercial_license;
bool engine_licensed;
bool bStarted = false;
LLTimer *headTimer = new LLTimer();
LLCoordGL cCurrentPosition;

#define THROW_ON_ERROR(x) \
{ \
    smReturnCode result = (x); \
    if (result < 0) \
    { \
        llinfos << "API error code: " << result << llendl; \
    } \
}

float rad2deg(float rad)
{
    return rad*57.2957795f;
}

void STDCALL receiveLogMessage(void *, const char *buf, int /*buf_len*/)
{
    llinfos << std::string(buf) << llendl;
}

LLViewerHeadtracker::LLViewerHeadtracker() {
    llinfos << "Headtracker constructor" << llendl;
    THROW_ON_ERROR(smAPIInit());
    bStarted = false;
}

LLViewerHeadtracker::~LLViewerHeadtracker() {
}

#define COUNT_HEAD  2.0

// Handles head-tracker head-pose callbacks
```

```
67 void STDCALL receiveHeadPose(void *,smEngineHeadPoseData head_pose)
68 {
69     float fTmpX, fTmpY;
70 
71     if ( bStarted == false ) {
72         return;
73     }
74 
75     // Rotation
76     fTmpX = ( -head_pose.head_rot.y_rads + 0.6 ) * 0.83 * gViewerWindow->
           getWindowWidth();
77     fTmpY = ( head_pose.head_rot.x_rads + 0.6 ) * 0.83 * gViewerWindow->
           getWindowHeight();
78 
79     cCurrentPosition.mX = ( S32 ) fTmpX;
80     cCurrentPosition.mY = ( S32 ) fTmpY;
81 }
82 
83 
84 
85 // Create the first available camera detected on the system, and return
       its handle
86 smCameraHandle createFirstCamera()
87 {
88     // Detect cameras
89     THROW_ON_ERROR(smCameraCreateInfoList(&info_list));
90 
91     if (info_list.num_cameras == 0)
92     {
93         throw std::runtime_error("No␣cameras␣were␣detected");
94     }
95     else
96     {
97         llinfos << "The␣followings␣cameras␣were␣detected:␣" << llendl;
98         for (i=0; i<info_list.num_cameras; ++i)
99         {
100             llinfos << "␣␣␣␣" << i << ".␣Type:␣" << info_list.info[i].
                   type << llendl;
101             THROW_ON_ERROR(smStringWriteBuffer(info_list.info[i].model,
                   buf,1024));
102             llinfos << "␣Model:␣" << std::string(buf) << llendl;
103             llinfos << "␣Instance:␣" << info_list.info[i].instance_index
                   << llendl;
104             // Print all the possible formats for the camera
105             for (int j=0; j<info_list.info[i].num_formats; j++)
106             {
107                 video_format = info_list.info[i].formats[j];
108                 llinfos << "␣␣␣␣␣-␣Format:␣" << llendl;
109                 llinfos << "␣res␣(" << video_format.res.w << "," <<
                       video_format.res.h << ")" << llendl;
110                 llinfos << "␣image␣code␣" << video_format.format <<
                       llendl;
111                 llinfos << "␣framerate␣" << video_format.framerate << "(
                       hz)" << llendl;
112                 llinfos << "␣upside-down?␣" << (video_format.
                       is_upside_down ? "y":"n") << llendl;
113             }
114         }
115     }
116 
117     // Create the first camera detected on the system
118     smCameraHandle camera_handle = 0;
119     THROW_ON_ERROR(smCameraCreate(&info_list.info[0],
120                                   0 /* Don't override any settings */,
121                                   &camera_handle));
122 
123     // Destroy the info list
124     smCameraDestroyInfoList(&info_list);
125 
```

```
126     return camera_handle;
127 }
128
129 void LLViewerHeadtracker::init() {
130     llinfos << "Headtracker␣init" << llendl;
131         // Get the version
132     THROW_ON_ERROR(smAPIVersion(&major, &minor, &maint));
133     llinfos << "API␣VERSION:␣" << major << "." << minor << "." << maint
            << "." << llendl;
134
135     // Register the WDM category of cameras
136     THROW_ON_ERROR(smCameraRegisterType(SM_API_CAMERA_TYPE_WDM));
137
138     non_commercial_license = smAPINonCommercialLicense() == SM_API_TRUE;
139
140     engine_handle = 0;
141     camera_handle = 0;
142     if (non_commercial_license)
143     {
144         llinfos << "Non-Commercial␣License␣restrictions␣apply,␣see␣doco␣
                for␣details." << llendl;
145
146         // Create a new Head-Tracker engine that uses the camera
147         THROW_ON_ERROR(smEngineCreate(SM_API_ENGINE_LATEST_HEAD_TRACKER,&
                engine_handle));
148     }
149     else
150     {
151         // Print out a list of connected cameras, and choose the first
                camera on the system
152         camera_handle = createFirstCamera();
153
154         // Create a new Head-Tracker engine that uses the camera
155         THROW_ON_ERROR(smEngineCreateWithCamera(
                SM_API_ENGINE_LATEST_HEAD_TRACKER,camera_handle,&
                engine_handle));
156     }
157
158     // Check license for particular engine version (always ok for non-
            commercial license)
159     engine_licensed = smEngineIsLicensed(engine_handle) == SM_API_OK;
160
161     // Hook up callbacks to receive output data from engine.
162     // This function will return an error if the engine is not licensed.
163     if (engine_licensed)
164     {
165         THROW_ON_ERROR(smHTRegisterHeadPoseCallback(engine_handle,0,
                receiveHeadPose));
166         if (!non_commercial_license)
167         {
168             //THROW_ON_ERROR(smHTRegisterFaceDataCallback(engine_handle
                    ,0,receiveFaceData));
169         }
170     }
171     else
172     {
173         llinfos << "Engine␣is␣not␣licensed,␣cannot␣obtain␣any␣output␣data
                ." << llendl;
174     }
175
176     if (!non_commercial_license)
177     {
178         // Enable lip and eyebrow tracking
179         THROW_ON_ERROR(smHTSetLipTrackingEnabled(engine_handle,
                SM_API_TRUE));
180         THROW_ON_ERROR(smHTSetEyebrowTrackingEnabled(engine_handle,
                SM_API_TRUE));
181     }
182
```

```
183     // Create and show a video-display window
184     video_display_handle = 0;
185     THROW_ON_ERROR(smVideoDisplayCreate(engine_handle,&
            video_display_handle,0,TRUE));
186
187     // Get the handle to the window and change the title to "Hello World"
188     win_handle = 0;
189     THROW_ON_ERROR(smVideoDisplayGetWindowHandle(video_display_handle,&
            win_handle));
190     SetWindowText(win_handle, _T("Headtracker"));
191
192     // Setup the VideoDisplay so we only see the face mask overlay
193     THROW_ON_ERROR(smVideoDisplaySetFlags(video_display_handle,
            SM_API_VIDEO_DISPLAY_HEAD_MESH));
194
195     // Start tracking
196     THROW_ON_ERROR(smEngineStart(engine_handle));
197     bStarted = true;
198 }
199
200 LLCoordGL LLViewerHeadtracker::getPosition() {
201     if ( bStarted == true )  {
202         THROW_ON_ERROR(smAPIProcessEvents());
203     }
204     return cCurrentPosition;
205 }
206
207 void LLViewerHeadtracker::deinit() {
208     if ( bStarted == true ) {
209         llinfos << "Headtracker deinit" << llendl;
210         bStarted = false;
211
212         llinfos << "Headtracker destructor" << llendl;
213         // Destroy engine
214         THROW_ON_ERROR(smEngineDestroy(&engine_handle));
215         // Destroy video display
216         THROW_ON_ERROR(smVideoDisplayDestroy(&video_display_handle));
217
218         smAPIQuit();
219     }
220 }
```

Quellcode D-1: LLViewerHeadtracker

Anhang E Übersicht Studienergebnisse

#	Bewegung	5. Studie			7. Studie			8. Studie			9. Studie		
1	Kopf neigen	1	6	8	2	15	3	11	10		5	4	9
2	Kopf beugen	4	0	7	0	0	1	6	9		0	0	0
3	Kopf zurücklehnen	6	5	2	8	0	0	1	0		0	1	1
4	Denkpose	16	13	9	19	24	18	49	16		9	11	3
5	Blick abwenden	0	1	3	10	3	1	5	9		5	0	13
6	Umgebung ablenken	1	0	1	1	0	0	0	4		1	0	1
7	wippen und wackeln	2	0	1	0	0	12	3	2		0	4	5
8	gestikulieren	3	12	2	4	12	21	18	13		10	10	5
9	Kopfnicken	1	0	4	0	2	1	0	5		0	0	6
10	Kopfschütteln	1	0	4	3	0	2	1	1		2	0	7

Tabelle E-1 Videoauswertung von Gruppen mit Headtracker.

#	Bewegung	2. Studie			3. Studie			4. Studie			6. Studie		
1	Kopf neigen	2	9	13	6	4	7	5		15	11	25	8
2	Kopf beugen	3	1	3	2	2	3	0		2	4	2	7
3	Kopf zurücklehnen	4	13	12	3	1	3	2		2	13	4	2
4	Denkpose	14	28	12	5	12	31	45		14	27	38	21
5	Blick abwenden	6	6	20	3	8	4	11		29	46	6	9
6	Umgebung ablenken	2	0	6	1	0	1	0		6	2	1	3
7	wippen und wackeln	0	5	10	0	0	0	0		8	5	4	9
8	gestikulieren	14	22	2	0	12	27	6		9	17	6	11
9	Kopfnicken	0	0	0	0	0	2	1		0	0	5	0
10	Kopfschütteln	0	0	0	1	4	1	5		1	0	0	0

Tabelle E-2 Videoauswertung von Gruppen ohne Headtracker.