

Interaktion in virtuellen Welten

Eine kollaborative Anwendung für virtuelle Umgebungen zu schaffen stellt besondere Anforderungen an das 3D Userinterface. Im folgenden beschreiben wir die Anwendung, die im Projekt *Virtualisierung von Skulptur*¹ entstanden ist. Es galt kunsthistorischen und medientheoretischen Wissenschaftlern zu ermöglichen, ernsthafte Analysen durchzuführen. Das Interface ermöglicht unter anderem eine intuitive Navigation durch die virtuelle Galleria Borghese, sowie die Manipulation von virtuellen Skulpturen. Die entwickelte AVANGO-Anwendung² in Kombination mit 3D Userinterface-Techniken macht diese komplexe Interaktion mit der virtuellen Welt möglich

1 Kontext

Um ein Museum als komplexes Gebilde sinnlicher Wahrnehmung in einer virtuellen Realität ernsthaft erfahrbar werden zu lassen, bedarf es erheblicher Grundlagenforschung und ausgefeilter Technik. Der Grad dieses Aufwands hängt dabei von der Zielgruppe ab, für die es bestimmt ist. Ein unvoreingenommener Museumsbesucher verfolgt andere Ziele und besitzt andere Voraussetzungen als ein ausgebildeter Kunsthistoriker. Während der *normale* Museumsbesucher eher die Wahrnehmung des Museums im Ganzen beabsichtigt ohne wirklich einzelne Aspekte bestimmter Exponate im Detail zu beleuchten, zielt die Wissenschaft meist auf tiefgehende Untersuchungen spezieller Objekte. Um der Detailtiefe gerecht zu werden, die ein Kunsthistoriker zur Analyse benötigt, müssen alle Komponenten des Systems akribisch aufeinander abgestimmt sein.

Die Grundlage der Untersuchungen bildet die barocke Skulpturgruppe Gian Lorenzo Berninis (1598-1680) in der Villa Borghese in Rom. Die überlebensgroßen Figuren in ihrer filigranen Ausarbeitung und ihrem kompakten Erscheinungsbild eignen sich hervorragend für die verschiedenen Fragestellungen. Zudem wirft die Skulpturengruppe Berninis eine konkrete Diskussionsfrage auf. Es ist zu untersuchen wie das Arrangement der Skulpturen in der Villa damals von Bernini geplant war. Die Villa Borghese wurde in den letzten Jahrhunderten mehrfach umgestaltet. Nur aus verschiedenen literarischen Ausführungen gibt es konkrete Vorschläge dafür, wie die Gestaltung der Villa einst ausgesehen haben könnte. In einem virtuellen Abbild der Villa inklusive der Skulpturgruppe könnten Wissenschaftler mit einfachen Mitteln die Aufstellung und das Zusam-

1 Gefördert im Forschungskolleg 615 *Medienumbrüche* der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

2 Für AVANGO siehe Kuck et al.: Improving the AVANGO VR/AR Framework.

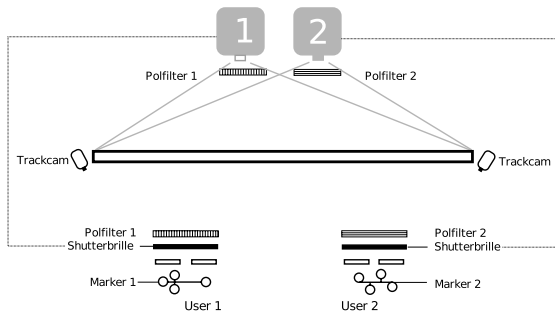


Abbildung 1: Aufsicht der TwoView-Displaykomponenten

menspiel der Skulpturen erproben und so wichtige Anhaltspunkte zur originalen Aufstellung erarbeiten.

Um eine angemessene und zielgerichtete Interaktion zu gewährleisten, ist das Interaktionsinterface und sein Funktionsumfang auf die speziellen Bedürfnisse der Zielgruppe und der Aufgabenstellung anzupassen. Diese Zielgruppe besteht in erster Linie aus Wissenschaftlern, die aus dem medientheoretischen und kunsthistorischen Bereich kommen. Durch diesen eingegrenzten Anwenderkreis ist es möglich, den Funktionsumfang stark auf die Bedürfnisse der Zielgruppe anzupassen und somit gewisse Voraussetzungen für die Nutzung des Interfaces einzuführen. Es wurden ein Werkzeug zur Analyse kunsthistorisch relevanter Aspekte in Gebäuden, wie z.B. Museen, entwickelt. Da die Zielgruppe wenig Erfahrung in Computertechnik sowie der Nutzung von Interfaces in Stereoprojektionen hat, wurde auf intuitive Arbeitsabläufe und eine schnell erfassbare Interfacenavigation geachtet.

1.1 TwoView-Display-System

Um eine kollaborative Nutzung einer virtuellen Umgebung gewährleisten zu können, wurde am Fraunhofer IAIS das Multi-Viewer-Display TwoView³ entwickelt, welches es ermöglicht, zwei Anwendern zeitgleich ein separates stereoskopisches Bild zu bieten. Somit wird erreicht, dass beide Anwender ein räumlich absolut korrektes Bild wahrnehmen. Dies unterstützt die Präsenz und die Echtheit der virtuellen Umgebung in hohem Maße und bietet erstmals die Grundlage für die ernsthafte kollaborative Analyse komplexer virtueller Daten. Das Projektionsverfahren besteht aus einer Kombination aus aktivem und passivem Stereobild, wie optischem Tracking zur Bestimmung von Betrachtersichtwinkel und -position. Der Aufbau des Systems ist in Abb. 1 zu sehen. Das grafische System

3 Fraunhofer IAIS: TwoView/L-Shape.

berechnet mit Wissen über die genauen Translations- und Orientierungskordinaten der beiden Anwender separate Perspektiven der virtuellen Umgebung. Diese beiden Perspektiven werden jeweils über einen Stereoprojektor auf eine Projektionsfläche gesendet. Die Trennung der beiden Perspektiven wird über die unterschiedliche Polarisierung der beiden Projektorbilder erreicht. Da diese Perspektiven aus stereoskopischen 3D-Bildern bestehen, werden diese über aktive Shuttertechnik separiert und den entsprechenden Augen der Betrachter zugewiesen.

2 Interface

Um einen Überblick über den Arbeitsablauf und die Gestaltung der Funktionselemente zu bieten, wird im folgenden eine detaillierte Beschreibung der Arbeitsschritte einer möglichen Nutzung des Interfaces aufgeführt. Dieser Ablauf behandelt nicht alle Features des Interfaces, sondern nur die Hauptfunktionen mit dem idealen Arbeitsablauf.

Der Anwender kontrolliert die Anwendung über einen PDA, der drahtlos mit dem Anwendungsrechner verbunden ist. Der erste Schritt einer jeden Nutzung ist daher die Verbindung zum AVANGO-Server. Nach erfolgreicher Verbindung steht das Hauptmenü zur Auswahl. Um einen Überblick über die Positionen der Skulpturen und des eigenen Standpunktes sowie eine Orientierung in der Umgebung zu schaffen, wird der Menüpunkt *position* angewählt. Hier erscheint der Grundriss der Galerie sowie die Positionen aller Objekte. Nun kann der Anwender ein vorgefertigtes Setting anwählen (siehe Abb. 2), um sich über bisherige Vorschläge der Positionierung zu informieren. Hat er sich für ein Positionsetting entschieden, kehrt er zum Hauptmenü zurück.

Um sich nun das Setting im Kontext der Galerie und der anderen Skulpturen anzuschauen, kann der Anwender in früheren Begehungen für gut befundene Touren, speziell für dieses Setting, anwählen. Wichtig ist, dass es für jedes vorgefertigte Positionsetting, speziell für dieses, individuell gefertigte Touren zur Auswahl stehen. Der Anwender wählt im Hauptmenü den Menüpunkt *tourguide*. Um eine effiziente Suche zu gewährleisten, wird durch die Wahl einer Kategorie die Auswahl eingeschränkt.

Die Kategorien sind:

- *Skulpturen*: Unter diesem Punkt werden Rundtouren um jede Skulptur, die sich in der Galerie befindet, angeboten.
- *Räume*: Es werden Touren angeboten, die die Skulptur in Beziehung zu dem Raum, in dem sie sich befindet, thematisiert. Es spielt nicht nur die Skulptur die vorherrschende Rolle, sondern in erster Linie die Raumbeschaffenheit.

- *Gebäude*: In dieser Kategorie können Touren durch das ganze Gebäude gefunden werden. Sowohl zwischen zwei Räumen als auch durch die ganze Galerie.

Ist die Kategorie gewählt, erhält der Anwender die möglichen Touren in einer Liste (siehe Abb. 2). Auf Grund der Tourvorschau im Grundriss trifft er seine Wahl und startet die Begehung.

Während der Begehung sorgt das Play-Panel für die Kontrolle über die verschiedenen Parameter der Navigation (siehe Abb. 3). Es lässt dem Anwender genug Raum, um voll und ganz in die virtuelle Welt einzutauchen, ohne sich um schwierige Navigationsaufgaben sorgen zu müssen. Durch Änderung der Position des mobilen Gerätes auf der horizontalen Ebene kann der Anwender die Geschwindigkeit beeinflussen. Die relative Translation wird zur Erhöhung und zur Verringerung der Geschwindigkeit genutzt. Sind die Werte zur vorhergehenden Position niedriger, d.h. hat der Anwender das Gerät heran gezogen, verringert sich die Geschwindigkeit der Fahrt. Schiebt der Anwender das Gerät jedoch von sich weg, wird die Fahrt je nach Abstand beschleunigt. Ein Schwellwert filtert geringfügige und ungewollte Veränderungen der Position heraus. Ein Button, der im *walkaround*-Modus aktiv ist und eine gewisse Größe der Oberfläche beansprucht (wenig Ablenkung des Anwenders durch Steuerung), ist für Play/Stop zuständig.

Um die Position einer Skulptur zu modifizieren, wird erneut der Hauptmenüpunkt *position* angewählt. Über die Wahl *modify set* erscheint der Screen zur Positions- sowie Rotationsmanipulation (siehe Abb. 4). In diesem kann nun die gewünschte Manipulation der Skulpturen sowie des Viewers vollzogen werden. Optional kann die Zoomfunktion zur akkuraten Ausrichtung herangezogen werden. Sind alle Ausrichtungen durchgeführt, kehrt der Anwender zum Hauptmenü zurück.

Um sich nun das modifizierte Positionssetting in einer Begehung anzuschauen, wird der Hauptmenüpunkt *Pfaderstellung* gewählt. Über den ersten Screen dieses Funktionszweigs können zur Laufzeit erstellte Pfade erneut begangen, sowie zur Editierung angewählt werden. Ebenso kann die Erstellung eines neuen Pfades initiiert werden. Es erscheint der Grundriss zur Pfaderstellung, (siehe Abb. 3)

Hier legt der Anwender zuerst die Start- und Endpunkte des Pfades durch einfache Klicken auf den Grundriss fest. Danach wird ein dazu passender Pfad berechnet und auf dem Grundriss eingezeichnet. Der Anwender hat jetzt die Möglichkeit weitere Punkt auf dem Grundriss zu markieren. Der Pfad wird dann so angepasst, dass er durch alle so markierten Punkte läuft.

Ist ein Pfad erstellt, so gelangt der Anwender in den Play-Modus, der die gleichen Funktionen enthält, wie zuvor in der Begehung einer Tour beschrieben.

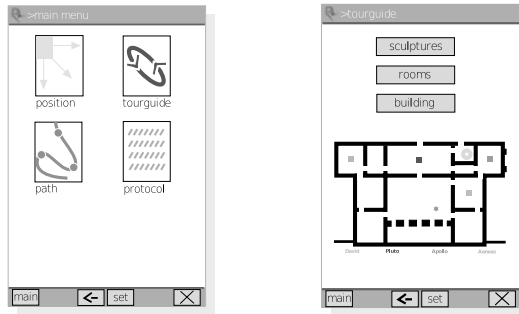


Abbildung 2: links: Hauptmenü, rechts: Auswahl einer Tour

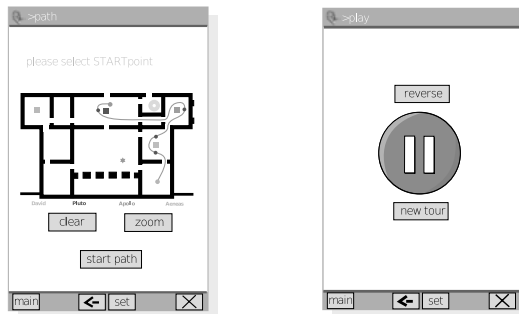


Abbildung 3: links: Abspielmodus, rechts: Bearbeiten eines Pfades

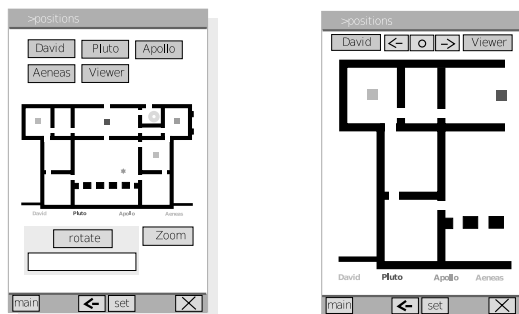


Abbildung 4: links: Positionierung der Skulpturen, rechts: Zoom-Ansicht

Die Anwendung kann jederzeit über die Exit-Funktion beendet werden und ebenso ein erneuter Verbindungsaufbau angestoßen werden.

3 Pfadberechnung

Da die Pfadberechnung einen wichtigen Einfluss auf das Erleben der virtuellen Welt hat, wird diese im folgenden ausführlich beschrieben.

Das *Pathfinding* spielt als Teilbereich der Künstlichen Intelligenz in Computerspielen schon seit vielen Jahren eine große Rolle. Sowohl im 2D als auch im 3D Bereich ist so der Einsatz von intelligent wirkenden Computergegnern erst möglich. Aber auch als Navigationsform in 3D Umgebungen wird das Pathfinding neben der kontinuierlichen Eingabe von Navigationsbefehlen zunehmend eingesetzt. Auch in Anwendungen jenseits des Spielgenres findet diese Methode Verwendung, wie z.B. in Routenplanern und Navigationssystemen. Generell gehört das Pathfinding in das Gebiet der Terrain Analysis. Ziel ist die Generierung eines möglichen Weges zwischen zwei Punkten in einem gegebenen geografischen Suchraum. Der gesuchte Weg kann verschiedene Anforderungen besitzen. Es kann der kürzeste Weg zum Ziel, es kann irgendein Weg zum Ziel oder auch der Weg über einen dritten Punkt zum Ziel gesucht werden. Der grundlegende Faktor ist der Suchraum, der mit seinen vielseitigen Charakteristiken die Komplexität des Algorithmus stark beeinflusst.

3.1 Partitioning

Der erste Schritt ist die Vorbereitung des Suchraumes (visuelle Repräsentation), um im folgenden die Analyse zur Berechnung des idealen Pfades durchführen zu können. Diese Überführung der geografischen Karte in eine logische Repräsentation wird auch als Partitionierung bezeichnet. Die logische Repräsentation besteht meist aus einem ungerichteten Graphen mit einer unbestimmten Anzahl an Knoten und Kanten.⁴ Die Knoten repräsentieren einen bestimmten Teilbereich der Umgebung. Knoten, dessen Teilbereiche in der Umgebung nebeneinander liegen, werden durch Kanten miteinander verbunden. Diese Kanten haben jedoch keine vorgegebene Laufrichtung, sondern sind in beide Richtungen kombinierbar, d.h. von Knoten *A* ist Knoten *B* über Kante *k* erreichbar und von *B* ist *A* über *k* erreichbar. Es gibt verschiedene Verfahren das visuelle Modell in die logische Repräsentation umzuwandeln, z.B. durch Wegpunkte-Graphen oder durch Polygonale Zerlegung. Die Wahl der Technik hängt stark von der Beschaffenheit des Suchraumes ab. Liegt ein statischer Suchraum vor, kann das visuelle Modell manuell vorbereitet werden und es entfällt der hohe Performanceaufwand zur Berechnung der Partitionierung. Sind

4 Kastenholz: 3D-Pathfinding.

jedoch dynamische Elemente Bestandteil der visuellen Repräsentation, muss die logische Repräsentation dynamisch generiert werden.

Im Fall der Anwendung dieses Projektes lag es nahe, die logische Repräsentation der virtuellen Umgebung über ein gleichmäßiges Raster zu erstellen. Da Betrachterhöhe bzw. Terrainhöhe gleichbleibend sind, konnte die dritte Dimension vernachlässigt werden. Weil jedoch dynamische Objekte in Form von Skulpturen vorhanden sind, konnte das Raster nicht ausschließlich manuell bereitgestellt werden, sondern muss zum Teil auf Grundlage des manuellen Rasters generiert werden. Im Gegensatz zu der üblichen Vorgehensweise, die Umgebung in kleine Parzellen zu unterteilen, wurde das Gebäude auf Grund der rechteckigen Raumform in ein großes Raster unterteilt. Jeder Raum repräsentiert einen Knoten in der logischen Repräsentation. Dementsprechend stellt jede Tür eines Raumes (Knotens) die Kante zu dem Nachbarraum(-knoten) dar.

So entstand die manuell vorgefertigte logische Repräsentation, die die statischen Teile der visuellen Repräsentation beinhaltet. Um den Graphen zu vervollständigen, müssen nun auf Grund der Skulpturpositionen die Subräume generiert werden. Enthält einer der Räume ein dynamisches Objekt (Skulptur), so wird er in vier Subräume unterteilt, die das Objekt umschließen (siehe Abb. 5). Diese Subräume sind gleichzusetzen mit Subknoten und ersetzen den zugehörigen Vaterknoten. Die Subräume, die geografisch im Bereich einer Tür des Vatteraums liegen, übernehmen diese Tür. Um von Subraum zu Subraum zu gelangen ist es nötig auch hier imaginäre Türen zu schaffen. Die jeweiligen Nachbarknoten erhalten relativ zum Objekt (Skulptur) die zugehörige Kante. Ist diese Generierung der Subgraphen durch alle Objekte erfolgt, ist die logische Repräsentation vollständig.

Auf Grund dieses Graphen (logischen Repräsentation) ist nun ein Algorithmus anzuwenden, der den kürzesten Weg innerhalb dieses Graphen findet. Eingangsparameter für graphenbasierte Algorithmen sind der Startknoten, der Endknoten und der Graph selbst. Es gibt verschiedene Algorithmen, die für diese Aufgabe geeignet sind, wie z.B. der Dijkstra- und der verwandte Astar-Algorithmus⁵. Diese Algorithmen arbeiten mit Gewichtungen der Knoten und der Kanten des Graphen auf der Suche nach dem Zielknoten. Im Bernini-Projekt wurde die Astar-Methode verwendet, die nicht nur die einfache Gewichtung aller Knoten berücksichtigt, wie die Dijkstra-Methode, sondern über eine Heuristik-Funktion Schätzungen über die Restdistanz zum Zielknoten vornimmt.

3.2 Berechnung der Betrachtersicht

Auch die Blickrichtung muss vom System berechnet werden. Es existieren zwei Modi: Zum einen eine Betrachtersicht die tangential zum Kamerapfad folgt.

5 Lester: A* Pathfinding.

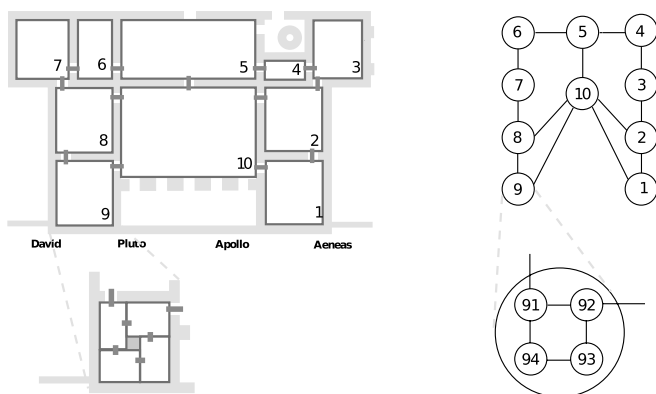


Abbildung 5: Raumsegmentierung und zugehöriger Graph

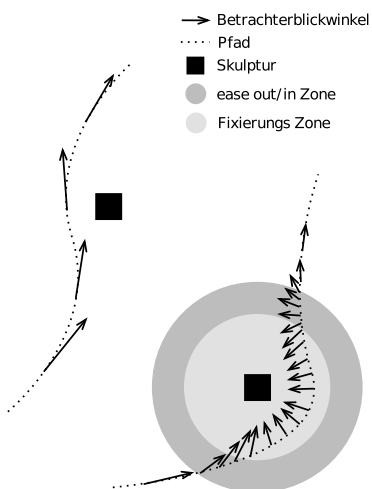


Abbildung 6: Steuerung der Blickrichtung

Zum anderen eine Betrachtersicht, die interessante Objekte anvisiert, sobald eine bestimmte Reichweite zum Objekt erreicht wird. Interessante Objekte sind im Fall der Bernini-Anwendung alle Skulpturen, die sich in der Galerie befinden. Sobald sich ein Punkt auf dem berechneten Pfad in die Gravitationsreichweite eines Objektes bewegt, wird der Blickwinkel auf die Skulptur, abhängig von dem Pfadpunkt und der Skulpturposition, neu berechnet. Um eine weiche Interpolation zwischen dem normalen tangentialen Blickwinkel und dem Blickwinkel zum Objekt zu errechnen, wird mit Hilfe einer Gewichtung ein weicher Übergang geschaffen. Dies wird in Abb. 6 gezeigt.

3.3 Mehrere Wegpunkte

Die vom Anwender gesetzten Wegpunkt zwischen Start- und Endpunkt werden nicht in der Reihenfolge des Setzens abgelaufen. Stattdessen wird für alle möglichen Permutationen der Pfad nach der oben beschriebenen Methode berechnet. Aus all diesen Pfaden wird dann derjenige ausgesucht, der die kleinste Weglänge hat.

4 Evaluation

Zur Evaluation des Userinterfaces wurden mehrere Aufgaben definiert und anschliessend analysiert.

4.1 Aufgaben

Um in der Evaluation vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, wurden Aufgabenstellungen erarbeitet. Im folgenden werden die Aufgabenstellungen der einzelnen Usertest kurz beschrieben.

Usability-Test Nr. 1

Der erste Usertest konzentrierte sich auf die Auswahl von geführten Touren, dem Tourguide. Da dies der erste Test war, wurde ebenso die Menüführung des 2D Interfaces auf die Probe gestellt. Zu Anfang des Tests wurde eine kurze Aufwärmphase in der Nutzung des Interfaces durchgeführt, um dem Anwender das Gefühl der Sicherheit zu geben und um die Prüfungssituation zu entspannen. Folgend bestand die Aufgabe darin, eine ganz bestimmte Tour durch die virtuelle Villa im Tourguide-Menü auszuwählen und diese mit Hilfe der Geschwindigkeitssteuerung an einer vorgegebenen Position zu stoppen. Die zweite Aufgabe beschäftigte sich ebenfalls mit der Geschwindigkeitssteuerung während der Begehung der Tour. Folgend wurde die Kategorisierung der Touren und somit die Menüführung getestet. Mit einer kollaborativen Nutzung wurde der praktische Test beendet.

Usability-Test Nr. 2

Im zweiten Usability-Test wurde das umfangreichste Modul getestet. Die Pfaderstellung stellt die höchsten Herausforderungen in ihrer Nutzung an den Anwender und somit auch an die Entwicklung des Interaktionsdesigns. Das Verständnis der Pfaderstellungstechnik wurde eruiert, indem verschiedenen Szenarien zur Aufgabe gestellt wurden. Es wurde z.B. die Planung von Pfaden in einem Raum, durch mehrere Räume, mit verschiedenen Wegpunkten und im Zusammenspiel von Skulpturen getestet. Dies wurde in Kombination mit verschiedenen Positionssettings, die der Proband selbständig je nach Aufgabe wählte, durchgeführt. Durch diese Aufgaben wurde zudem automatisch die Objektkodierung (Skulpturfarbgebung) im 2D-Grundriss und die automatische Fixierung der Skulpturen in der virtuellen Umgebung getestet.

Usability-Test Nr. 3

Der dritte und für diesen Prototypen abschließende Test behandelte in erster Linie die Positionierung sowie das Zusammenspiel aller implementierter Komponenten der Anwendung. Die Aufgaben bestanden aus zwei Teilen: Zum einen die Manipulation der Positionierung und zum zweiten die Navigation. So wurde z.B. die Kombination aus Positionierung zur Pfaderstellung und Positionierung zum Tourguide getestet. In der Positionierung wurden die verschiedenen Zielpositionen und Techniken, wie z.B. *im Zoom-Modus positionieren*, vorgegeben. Besonderer Testbereich in diesem Test war die Pfaderstellung in Kombination mit frei positionierbaren Objekten und in Bezug auf die automatische Skulpturfixierung.

4.2 Auswertung

Die folgenden Auswertungen werden aus den drei Hauptevaluationsmethoden zusammengefasst und zeigen somit die Tendenzen der Usability-Tests auf. Es wurden jeweils insgesamt sechs Probanden getestet, die sich im Alter zwischen 28 und 64 Jahren befanden. Die Hälfte der Probanden kamen aus dem kunsthistorischen Bereich und waren Neulinge auf dem Gebiet der Interaktion in virtuellen Umgebungen. Die übrigen Probanden waren erfahrene Anwender.

Usability-Test Nr. 1

In der Kennenlernphase wurde bereits klar, dass die visuelle Gestaltung des Interfaces durchweg positiv aufgenommen wurde. Auch die Menüführung wurde nach kurzem Gebrauch sehr schnell als intuitives Werkzeug angenommen und verstanden. Nur kleine Änderungen der Menüführung ergaben sich aus den Tests, wie die Reihenfolge der Hauptmenüpunkte, die Notwendigkeit einer

erneuten Bestätigung des Beendens der Anwendung und die Button-Position der Hauptsettings. Im Tourguidemenü wurde die Kategorisierung der Touren als verständlich empfunden, jedoch gab es Schwierigkeiten mit den Bezeichnungen (Namen) der Touren. Diese sollten eindeutiger in ihrer Aussage sein und schon zur Auswahl der Tour beitragen.

Insgesamt wünschten sich die Probanden eine größere Auswahl an vorgefertigten Touren. Die Vorvisualisierung der Tour im 2D-Grundriss wurde als sehr hilfreich empfunden. Während der Begehung wurde die Geschwindigkeitssteuerung als sehr intuitiv und leicht justierbar empfunden. Die Probanden störte jedoch die mangelnde Freiheit in der Navigation. Es wurden verschiedene Möglichkeiten gewünscht, wie das rückwärts Abspielen einer Tour und die Manipulation der Betrachterhöhe. Zudem wurden verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten in der Steuerung einer Tour eruiert.

Usability-Test Nr. 2

Trotz einiger Änderungen, die auf Grund des ersten Usertests vorgenommen wurden, fanden sich die Probanden mit Hilfe der wenigen Erfahrung mit dem Interface aus dem ersten Test sehr gut zurecht. Dies spricht für ein nachhaltiges und gut erlernbares Interaktionsdesign. Während der Aufgaben zur Pfaderstellung wurde klar, dass diese eine gewisse Eingewöhnungsphase benötigt. Je nach computertechnischer Erfahrung des Users wurden hier starke Unterschiede im Verständnis und in der Umsetzung erkannt. Nach dieser Eingewöhnungsphase war es den Anwendern jedoch sehr schnell klar, wie das Interface zu bedienen ist, um gewünschte Pfade zu erhalten.

Die Technik wurde im nachhinein als sehr praktikabel empfunden. Die in Abschnitt 3 vorgestellten Techniken zur Pfaderstellung könnten in weiteren Tests evaluiert werden und auf Erlernbarkeit, Qualität und Schnelligkeit mit der implementierten Technik verglichen werden. Die Probanden wünschten sich jedoch eine Möglichkeit, den Pfad detailreicher erstellen zu können und regten eine Zoomfunktion an. Des weiteren wurde klar, dass um die einwandfreie Nutzung zu gewährleisten, Informationen und Feedbacks während der Pfaderstellung sehr hilfreich sein würden.

Während der Begehung des Pfades wurde die Skulpturfixierung als sehr ruckartig empfunden, d.h. das Umschwenken zur Skulptur und wieder zurück war eine sehr abrupte Bewegung. Der Test deckte bezüglich der Skulpturfixierung einige Mängel auf, die folglich behoben werden konnten. Es wurden von Test zu Test Variationen der Farbkodierung der Skulpturen im 2D-Grundriss implementiert, um ein ideales Ergebnis zu erzielen. Auch im zweiten Test war diese noch nicht angemessen.

Usability-Test Nr. 3

Im dritten Test wurde in erster Linie die Positionierung als neues Modul getestet. Um Aufschlüsse über das Zusammenspiel erschließen zu können, wurden jedoch die Positionierung mit den übrigen Funktionsgebieten verknüpft. Die Positionierungstechnik wurde von den Probanden als gut empfunden. Auch der Zoom-Mode trug zu diesen Ergebnissen bei. Die Probanden konnten alle Objekte nach ihren Wünschen platzieren. Durch eine tiefergehende Feinjustierung könnten diese jedoch verbessert werden. Die Rotation von Objekten wurde von allen Probanden als intuitive Technik gewertet. Während der Positionierung waren die erfahrenen Probanden, die an den ersten Tests teilgenommen hatten, klar im Vorteil.

Erstnutzer mussten sich in die Technik einarbeiten. Hier ist auf die Evaluation der verschiedenen Pfaderstellungstechniken zu verweisen, wobei die implementierte Technik im Nachhinein als gut eingestuft wurde. Nur die Fixierung der Skulpturen entsprach noch nicht ganz den Ansprüchen der Anwender. Um eine weiche Interpolation in allen Kombinationen von Skulpturaufstellungen gewährleisten zu können, muss dieses Verfahren verfeinert werden. Die erfahrenen User wünschten sich als ergänzende Navigationsmethode eine freie Navigation.

Im Play-Mode wünschten sich die Probanden eine Orientierungshilfe, um zu wissen, wo sie sich in der virtuellen Umgebung befinden. Hier ist über ein 3D Menü in der virtuellen Umgebung nachzudenken, welches den Grundriss anzeigt (mehr in Kapitel 8). Die Nutzung des kompletten Systems wurde nicht als anstrengend empfunden und es trat keine Art von *Cybersickness* auf.

5 Fazit

Der Test zeigte, dass ein gewisses Vorwissen in der Handhabung von gängigen Interaktionsmethoden im Computerbereich notwendig ist, um dieses Interface nutzen zu können. Ohne dieses Vorwissen fehlen die nötigen Grundlagen, um ein solch komplexes Zusammenspiel zwischen 2D- und 3D Interfaces erfassen und auf Anhieb nutzen zu können. Zudem sollte eine Terminologie in Bezug auf die komplette Anwendung festgelegt werden, um Missverständnisse zu vermeiden und die Kommunikation von Anfang an zu verbessern.

Die Usability-Tests haben gezeigt, dass die Entwicklung des Interfaces in die richtige Richtung geht. Insgesamt wurden sehr viele Erkenntnisse gesammelt, in wie weit die Bedürfnisse der Zielgruppe erfüllt wurden. Es entwickelten sich immer wieder Situationen, in denen das Interface in den Hintergrund trat und die kunsthistorische Diskussion und das Erscheinungsbild der Villa in den Vordergrund rückten. Das Interface störte die kollaborative Betrachtung der virtuellen Umgebung nicht, sondern unterstützte sie vielmehr. Die Navigationsform lies

den Anwendern die Freiheit, sich nicht darauf konzentrieren zu müssen, nicht gegen die nächste virtuelle Wand zu stoßen, sondern teilte die Interaktion in die Planungsphase und die Betrachtungs- und somit Diskussionsphase. Die Usability-Tests unterstützten die Entwicklung des Interfaces enorm. Durch ständige Fehlersuche und -beseitigung, Evaluation des Funktionsumfangs und die wirkliche Nutzung durch die Zielgruppe konnte die Entwicklung in diesem Maße vorangetrieben werden. Die Usability-Tests gaben der Entwicklung einen Rahmen und beeinflussten auch die Unterteilung des Entwicklungsprozesses in die nötigen Phasen.

Literatur

Fraunhofer IAIS: TwoView/L-Shape, [URL: http://www.iais.fraunhofer.de/645.html?&L=0](http://www.iais.fraunhofer.de/645.html?&L=0) – Zugriff am 16.12.2008.

Kastenholz, Daneil: 3D-Pathfinding, München 2006 – Technischer Bericht.

Kuck, Roland et al.: Improving the AVANGO VR/AR Framework: Lessons Learned, in: Schumann, Marco/Kuhlen, Torsten (Hrsg.): Virtuelle und Erweiterte Realität: 5. Workshop der GI-Fachgruppe VR/AR, Aachen 2008.

Lester, Patrick: A* Pathfinding, [URL: http://www.policyalmanac.org/games/aStarTutorial.htm](http://www.policyalmanac.org/games/aStarTutorial.htm) – Zugriff am 21.09.2007.

