

# Virtuelle Begehung von Gebäuden

Florian Weidner, Matthias Kalms

## I. EINLEITUNG

Die Navigation und Interaktion in virtuellen Gebäuden ist seit dem Aufkommen von virtuellen Umgebungen ein wichtiger Bereich in der Forschung. Eine virtuelle Umgebung besteht aus zwei grundsätzlichen Teilen: einem 3-D-Modell der Umgebung (z.B. des Gebäudes oder des Areals) und aus 2-D/3-D-Modellen der darin enthaltenen Objekte (z.B. Skulpturen oder Bilder). Wie kann eine möglichst intuitive, leicht navigierbare, übersichtliche, optisch ansprechende und performante virtuelle Umgebung wie zum Beispiel ein Museum, ein mehrstöckiges Gebäude oder ein Messegelände digital geschaffen werden? Mit dieser Frage beschäftigen sich die im folgenden vorgestellten Forschungsartikel. Zur besseren Strukturierung wurde der Artikel in die Kategorien Navigationstechniken und Interaktionstechniken gegliedert. Abschließend wird ein Ausblick gegeben.

## II. NAVIGATIONSTECHNIKEN

In einer generellen Analyse der Nutzung von auf Computerspiel-Technologie aufgebauten virtuellen Museen betonen Lepouras et al. [1], dass der Entwurf von Navigationstechniken in virtuellen Umgebungen (*engl.* virtual environment, VE) in erster Linie den Anforderungen der jeweils zu erledigenden Aufgabe genügen muss. Tan, Desney et al. [2] stellen für einen VE-Prototypen eine Navigation mit drei Modi vor, um den unterschiedlichen Anforderungen, die Objektbetrachtung und freie Navigation stellen, gerecht zu werden. Aus der freien Navigation in der Ego-Perspektive können Objekte ausgewählt und in einer speziellen Perspektive (*Orbitting*) betrachtet werden. Dabei steuert der Nutzer eine virtuelle Kamera, die in einem festen Abstand zum Boden um das Objekt rotiert wird. Des weiteren wird bei schneller Bewegung durch die virtuelle Umgebung automatisch in die Vogelperspektive gewechselt. Dies erlaubt es dem Nutzer, einen Überblick über die Umgebung zu bekommen. Die angeschlossene Nutzerstudie zeigt, dass der Wechsel zwischen diesen Modi flüssig animiert werden muss, da der Nutzer sonst die Orientierung verliert.

Ist der Nutzer wie in diesem Fall nicht an einen Pfad gebunden, braucht es in vielen Anwendungsfällen weitere optische Hilfsmittel um die Orientierung in der virtuellen Umgebung zu behalten. Neben Karten bzw. World-in-Miniature-Modellen der Umgebung (WIM) und Hinweisschildern kann dabei auch auf subtilere Orientierungshilfen zurückgegriffen werden. Markante Punkte in der Landschaft (*engl.* landmarks) sind wie auch bei der Navigation in der realen Welt ein wichtiges Mittel um sich in einer fremden Umgebung zu orientieren. Dabei muss zwischen globalen und lokalen Landmarks unterschieden

werden. Globale Landmarks dienen zur groben Richtungsorientierung (z.B. Kirchturm am Horizont). Lokale Landmarks dagegen sind Stationen einer Navigationsroute. Vanison et al. beschäftigen sich in [3] mit Richtlinien für die Gestaltung von Landmarks. Unter anderem weisen sie darauf hin, dass markante Punkte ausgewählt werden müssen, die vom Nutzer auch als solche eingeordnet werden. Als eine weitere Möglichkeit kann auch eine optische Akzentuierung der Szene zur Nutzernavigation genutzt werden. Pechlinvanidou-Liakata et al. bearbeiten in [4] eine Reihe von Nutzerstudien bzgl. der generellen Rolle von Architektur in Computerspielen und virtuellen Umgebungen. Sie untersuchen unter anderem, welche Auswirkungen detailreiche Darstellung und Ausleuchtung auf das Nutzerverhalten bei explorativen Aufgaben haben. So zeigt sich, dass Nutzer in einer fotorealistisch dargestellten Umgebung besser ausgeleuchtete Gebiete weitaus häufiger besuchen. Eine intelligente Ausleuchtung der Szene kann somit dazu genutzt werden, um den Nutzer an bestimmte Punkte zu navigieren.

Chittaro et al. untersuchen in [5] die Implementierung einer virtuellen Museumsführung. Neben Landmarks und Miniaturkarten im 2-D und 3-D stellen sie auch die Möglichkeit vor, den Nutzer mit einem virtuellen Guide durch die VE zu führen. In der Evaluation dieser Navigationsart zeigt sich, dass Interaktionsanweisungen oft übergangen werden und Helfer-tools in der 3-D-Umgebung nicht praktikabel sind, was die Bedeutung von Hilfen die in die virtuelle Umgebung eingebunden sind, unterstreicht. Aus einer statistischen Auswertung der Bewegung der Testnutzer ergibt sich, dass sich auch in virtuellen Umgebungen zu vorhersehbaren Bewegungsmustern kommt. Ecken und Nischen werden nur sehr selten aufgesucht. Somit sind eventuell spezielle Hinweise/Motivationen für den Nutzer notwendig, sollten sich darin wichtige Objekte befinden. Eine Teleportation des Nutzers von einem Punkt der virtuellen Umgebung zu einem anderen, ohne Animation des Übergangs, zerstört jegliche Orientierung, die der Nutzer bis dahin aufgebaut hatte.

Mit *VEX-CMS* stellen Chittaro et al. ein Werkzeug vor, mit dem Museumsführungen geplant werden können ([6]). In einem 3-D-Modell des Museums, in dem Modelle der Exponate enthalten sind und auch neu platziert werden können, kann ein Kurator eine Führung zusammenstellen und dabei selbst die Kameraeinstellungen festlegen. Der Nutzer fliegt dann in der Ego-Perspektive auf dem gewählten Führungspfad durch die virtuelle Umgebung.

In virtuellen Museen und Ausstellungen ist außerdem eine objektzentrierte Navigation, basierend auf Filter- und Suchfunktionen, denkbar. In [7] gehen die Autoren von einer virtuellen Umgebung mit Objekten aus, für die sich Ähnlichkeitsmaße berechnen lassen. Mit diesen kann dann berechnet werden,

welche Objekte zueinander ähnlich sind. Der Nutzer kann dies verwenden, indem er Anfragen an das System stellt, um Objekte zu finden. Hier hat er die Möglichkeit a) ähnliche Objekte zu einem bestimmten bzw. selektierten Objekt zu suchen oder b) Objekte zu finden, die bestimmten Kriterien genügen. Mögliche Daten, die hier genutzt werden können, sind Metadaten über das Objekt (z.B. Alter, Herkunft) aber auch automatisch extrahierte Daten (z.B. Form oder Größe des 3-D-Modells). Van Ballegooi et al. setzen dagegen in [8] auf die Textsuche als Navigationsparadigma. Der Nutzer kann die Exponate nach bestimmten Kriterien durchsuchen und interessante Stücke markieren. In der virtuellen Umgebung kann er sich dann entlang eines idealen Pfades von Objekt zu Objekt bewegen. Der Übergang zwischen diesen Viewpoints muss flüssig animiert werden, um es dem Nutzer zu erlauben die Orientierung zu behalten.

### III. INTERAKTIONSTECHNIKEN

#### A. Gestensteuerung mit den Händen

Um die meist nur für Nutzer von Computerspielen gewohnte Navigation über Maus und Tastatur (WASD-Steuerung) als vorherrschendes Navigationsparadigma abzulösen, wurden in den letzten Jahren verschiedene gestenbasierte Interaktionstechniken entwickelt. Vultur et al. entwickeln in [9] ein auf Handgesten basiertes Interaktionskonzept. Mit Hilfe einer Microsoft Kinect Kamera wird die Körperkonfiguration des Nutzers erfasst. Dadurch können sechs Handgesten erkannt und sechs mögliche Bewegungsrichtungen differenziert werden. Ihre folgende Nutzerstudie ergab, dass ihr Interaktionskonzept gut nutzbar ist, vorausgesetzt die Gesten werden richtig ausgeführt. Ein Nachteil dieser Gesten ist, dass beide Hände mit der Bewegung im Raum beschäftigt sind und somit nicht für andere Interaktionen mit der Umwelt genutzt werden können. Dies wird der Komplexität der Hände nicht gerecht, da diese so auf einfache Zeigeinstrumente reduziert werden.

#### B. Gestensteuerung ohne Hände

Die Vermeidung von Handgesten während der Interaktion bzw. Exploration von virtuellen Umgebungen ist das Ziel von La Viola et al. in [10]. Die zwei entwickelten Konzepte, *The Step WIM* und *Navigation by Learning* präsentieren alternative Interaktionstechniken. *The Step WIM* benutzt die Füße mit Gesten in Kombination mit einer Augmented-Reality-Brille die eine Karte auf dem Fußboden anzeigt. Diese Karte zeigt den aktuellen Standort und die nähere Umgebung in der virtuellen Welt an. Die Navigation (z.B. Zoomen, Drehen oder Aus-/Einblenden) in dieser Karte geschieht über Fußgesten. Weiteres Equipment (Sensorschuhe und Augmented-Reality-Brille) ist jedoch notwendig. Die zweite vorgestellte Navigationstechnik, *Navigation by learning* ermöglicht es dem Nutzer sich durch Neigen des Torsos in der virtuellen Umgebung zu bewegen. Die resultierende Verlagerung des Schwerpunktes wird über Drucksensoren an den Schuhen aufgenommen und verarbeitet. Der Nutzer hat so die Möglichkeit, ohne

Zuhilfenahme der Hände kleine und mittelgroße Räume zu erkunden. Zu beachten ist, dass beide vorgestellten Techniken kombiniert werden können, um eine Exploration der Karte und Navigation in der virtuellen Umgebung zu ermöglichen, ohne die Hände zu verwenden. Weitere Interaktionen, wie Greifen oder Zeigen, sind somit denkbar. Valkov et al. verwenden in [11] die *Navigation-by-learning*-Methode um sich durch ein virtuelles Stadtmodell zu bewegen. So bleiben die Hände für die Interaktion mit einer WIM Ansicht auf einem separaten transparenten Display frei. Als weitere Alternativen zu Handgesten können auch Kopf- (vgl. [12]) oder Fingergesten (vgl. [13]) zur Manipulation der virtuellen Kamera genutzt werden.

### IV. AUSBLICK

Trotz der großen Forschungsbewegung in dem Feld der Bewegung und Interaktion in virtuellen Umgebungen hat sich noch keine Technik durchgesetzt und etabliert. Die Gestennavigation ist zwar häufig technisch machbar, jedoch im realen Umfeld verschiedener Probleme wie Verdeckung durch andere Personen, unstete Lichtverhältnisse, die störende und raumgreifende Interaktion uvm. kaum praktikabel. Weiterhin wird in der oben gegebenen Übersicht und der damit verbundenen Literatur auf weitere Eingabegeräte wie Gamepads oder Smartphones nicht eingegangen. Hier könnte eine weitere Möglichkeit liegen, Interaktion und Navigation zu verbessern. Die Navigation in virtuellen Gebäuden und Umgebungen ist mit ihren vielen Möglichkeiten hingegen gut erforscht. Mit lokalen und globalen Landmarks, WIM, 2-D- und 3-D-Übersichtskarten, Anfragen und Guides wird ein großes Portfolio an Hilfsmitteln angeboten, die dem Nutzer die Navigation erleichtern. Hier ist zu beachten, dass die Nutzung von mehreren Techniken nicht zwingend zu einer Verbesserung der Navigation des Nutzers führt. Studien über das Zusammenspiel bzw. die Wirkung von Kombinationen aus den oben genannten Techniken sind nötig, um Entwicklern die Entscheidung, welche Techniken sie für welches Szenario nutzen, zu erleichtern.

### LITERATUR

- [1] G. Lepouras and C. Vassilakis, "Virtual museums for all: employing game technology for edutainment," *Virtual Reality*, vol. 8, no. 2, pp. 96–106, 2004.
- [2] D. S. Tan, G. G. Robertson, and M. Czerwinski, "Exploring 3d navigation: combining speed-coupled flying with orbiting," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '01, (New York, NY, USA), pp. 418–425, ACM, 2001.
- [3] N. G. Vinson, "Design guidelines for landmarks to support navigation in virtual environments," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '99, (New York, NY, USA), pp. 278–285, ACM, 1999.
- [4] A. Pechlivanidou-Liakata, S. C. Zerefos, S. Mikrou, and M. Stamenic, "Real-time perceptual navigation experiments in existing and virtual architectural space," in *Intelligent Environments, 2006. IE 06. 2nd IET International Conference on*, vol. 1, pp. 183–187, 2006.
- [5] L. Chittaro, L. Ieronutti, and R. Ranon, "Navigating 3d virtual environments by following embodied agents: a proposal and its informal evaluation on a virtual museum application.," *PsychNology Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 24–42, 2004.
- [6] L. Chittaro, L. Ieronutti, and R. Ranon, "Vex-cms: A tool to design virtual exhibitions and walkthroughs that integrates automatic camera control capabilities," in *Smart Graphics* (R. Taylor, P. Boulanger, A. KrÄEger, and P. Olivier, eds.), vol. 6133 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 103–114, Springer Berlin Heidelberg, 2010.

- [7] A. Koutsoudis, C. Makarona, and G. Pavlidis, "Content-based navigation within virtual museums," *Journal of Advanced Computer Science & Technology*, vol. 1, no. 2, 2012.
- [8] A. van Ballegooij and A. Eliéns, "Navigation by query in virtual worlds," in *Proceedings of the sixth international conference on 3D Web technology*, Web3D '01, (New York, NY, USA), pp. 77–83, ACM, 2001.
- [9] O. Vultur, S. Pentiu, and A. Ciupu, "Navigation system in a virtual environment by gestures," in *Communications (COMM), 2012 9th International Conference on*, pp. 111–114, 2012.
- [10] J. J. LaViola, Jr., D. A. Feliz, D. F. Keefe, and R. C. Zeleznik, "Hands-free multi-scale navigation in virtual environments," in *Proceedings of the 2001 symposium on Interactive 3D graphics*, I3D '01, (New York, NY, USA), pp. 9–15, ACM, 2001.
- [11] D. Valkov, F. Steinicke, G. Bruder, and K. H. Hinrichs, "Traveling in 3d virtual environments with foot gestures and a multi-touch enabled wim," in *Proceedings of Virtual Reality International Conference (VRIC 2010)*, pp. 171–180, April 2010.
- [12] C. Ungurean, S.-G. Pentiu, and R.-D. Vatavu, "Use your head: an interface for computer games using head gestures," in *Proceedings of the 8th International Gesture Workshop (GW09), Gesture in Embodied Communication and Human-Computer Interaction*, Bielefeld, 2009.
- [13] R. Ajaj, F. Vernier, and C. Jacquemin, "Follow my finger navigation," in *Human-Computer Interaction (INTERACT 2009)* (T. Gross, J. Gulliksen, P. Kotzé, L. Oestreicher, P. Palanque, R. O. Prates, and M. Winckler, eds.), vol. 5727 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 228–231, Springer Berlin Heidelberg, 2009.
- [14] J. Pierce and R. Pausch, "Navigation with place representations and visible landmarks," in *Virtual Reality, 2004. Proceedings. IEEE*, pp. 173–288, 2004.
- [15] L. Chittaro and S. Venkataraman, "Navigation aids for multi-floor virtual buildings: a comparative evaluation of two approaches," in *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, VRST '06, (New York, NY, USA), pp. 227–235, ACM, 2006.
- [16] M. Slater, M. Usoh, and A. Steed, "Taking steps: the influence of a walking technique on presence in virtual reality," *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, vol. 2, pp. 201–219, Sept. 1995.