

Multimodale Interaktionen in desktop-basierten geo-virtuellen Visualisierungsumgebungen

Torsten HEINEN, Timo ROPINSKI, Martin WERTH und Sven FUHRMANN

Zusammenfassung

Der Entwurf von desktop-basierten geo-virtuellen Visualisierungsumgebungen (GeoVEs) stellt hohe Anforderungen an den Entwickler, denn die verwendeten Hard- und Softwarekomponenten sollen die Benutzer bei der Lösung von domainen-spezifischen Aufgaben unterstützen. Die dabei eingesetzten 2D- oder 3D-Interaktionen sollen möglichst leicht erlernbar bzw. intuitiv ausführbar sein. Unimodale desktop-basierte Visualisierungssysteme verursachen meist eine Funktionsüberlastung der Maus und berücksichtigen die Sinne und motorischen Fähigkeiten des Benutzers kaum. Multimodale Interaktionen besitzen das Potential, intuitiver und natürlichere Interaktionen zwischen Mensch und Computer zu ermöglichen. Um diesen Ansatz zu überprüfen, wurde ein Prototyp entwickelt, der die zweihändige (parallele) Interaktion mit Maus und Joystick erlaubt, sowie auditives und haptisches Feedback bereitstellt. Mit Hilfe dieses Prototypen soll untersucht werden, ob multimodale Interaktionen in desktop-basierten geo-virtuellen Visualisierungsumgebungen intuitivere und natürlichere 3D-Interaktionen ermöglichen.

1 Einleitung

In den letzten Jahren ist die Leistungsfähigkeit von Hard- und Software stark angestiegen (BOWMAN 1999). Der Einsetzbarkeit desktop-basierter geo-virtueller Visualisierungsumgebungen (GeoVEs) stehen damit nicht länger Probleme wie mangelnde Darstellungsqualität oder niedrige Bildwiederholraten im Wege (MINE et al. 1997). Dennoch zeigen aktuelle Untersuchungen, dass desktop-basierte GeoVEs in der Praxis kaum eingesetzt werden (JÜNEMANN et al. 2001). Die wesentlichsten Gründe liegen bei den hohen Anschaffungskosten und den komplizierten, mit hohem Lernaufwand verbundenen, Interaktionen.

In einem DFG-Forschungsprojekt (<http://3d.uni-muenster.de>) wird daher untersucht, wie grundlegende Interaktionen mit Geoobjekten in desktop-basierten GeoVEs intuitiver und natürlicher gestaltet werden können. Solche Interaktionen können sowohl indirekt als auch direkt ausgeführt werden. Bei den indirekten Interaktionen erfolgt die Manipulation von Geoobjekten über Menüs, Icons oder Widgets, während bei direkten Interaktionen die Veränderungen mit Hilfe der Eingabegeräte unmittelbar an den Geoobjekten durchgeführt werden. Diese direkte Art der Manipulation wird häufig als intuitiver empfunden (SHNEIDERMAN 1997).

Die Umsetzung der direkten Manipulation stößt bei desktop-basierten GeoVEs mit Standardeingabegeräten oft an Grenzen. Die Vielzahl an Interaktionen wie Translation, Rotation, Skalierung von Geoobjekten, sowie die Navigation in GeoVEs müssen auf ein Eingabegerät (beispielsweise die Maus) übertragen werden. Eine Möglichkeit, die Vielzahl

an notwendigen Interaktionen verbessert zu integrieren, ohne auf die Vorteile der direkten Manipulation zu verzichten, ist der Einsatz von Multimodalität.

2 Grundlagen multimodaler Interaktionen

Ein elementarer Bestandteil der Interaktion zwischen Mensch und Computer ist der wechselseitige Austausch einer Reihe von Informationen. Diese Informationen können vom Menschen über verschiedene Sinne aufgenommen und kognitiv verarbeitet werden (Tabelle 1). Je nach Anzahl der verwendeten Modalitäten, spricht man in der Mensch-Computer Interaktion von unimodaler oder multimodaler Interaktion.

Tab. 1: Sinne und Modalität (nach SILBERNAGL 1979)

Sinneswahrnehmung	Sinnesorgan	Modalität
Sehsinn – „Sehen“	Auge	Visuell
Gehörsinn – „Hören“	Ohren	Auditiv
Tastsinn – „Tasten“	Haut	Taktil
Geruchssinn – „Riechen“	Nase	Olfaktorisch
Geschmackssinn – „Schmecken“	Zunge	Gustatorisch
Gleichgewichtssinn – „Gleichgewicht halten“	Innenohr	Vestibulär

SCHOMAKER et al. (1995) bezeichnen die Interaktion zwischen Mensch und Computer als multimodal, wenn dabei mehr als eine Eingabe- oder Ausgabemodalität und mehr als ein Gerät (Maus, Bildschirm, Lautsprecher, etc.) benutzt wird. Die Definition schließt dabei die visuellen, auditiven und taktilen Reize, die der Benutzer z.B. beim Tippen auf der Tastatur erfährt, explizit aus. Unimodal sind demnach Interaktionen, die über nur eine Modalität für jeweils Ein- und Ausgabe ausgeführt werden (Abbildung 1).

An folgendem Beispiel soll der Unterschied zwischen unimodal und multimodal erläutert werden: Die Interaktion „Verschieben eines Baumes“ ist unimodal, wenn für die Eingabe (Selektion, Translation) die Maus genutzt wird und die Ausgabe über den Bildschirm (visuell) erfolgt. Dieselbe Interaktion wäre multimodal, wenn beispielsweise mittels Spracheingabe der Baum selektiert und mit der Maus verschoben würde sowie die visuelle Darstellung des Vorganges zusätzlich haptisch (über eine vibro-taktile Maus) unterstützt würde.

Die Zielsetzung bei der Entwicklung multimodaler Benutzerschnittstellen ist es, die Fähigkeiten der Benutzer besser zu unterstützen und durch die Kombination verschiedener Ein- und Ausgabemodalitäten die Nutzung einfacher und effizienter zu machen (RAISAMO 1999). Man kann bei der Betrachtung der Mensch-Maschine-Kommunikation zwischen multimodaler Eingabe und multimodaler Ausgabe unterscheiden.

Die Eingabe von Informationen in desktop-basierten GeoVEs erfolgt hauptsächlich über gestenbasierte Eingabegeräte (Tastatur, Maus, Joystick, Datenhandschuh oder Laserpointer). Zusätzlich werden auch Berührung (Touchpad), Sprache und Blickverfolgung eingesetzt. Ein Spezialfall multimodaler Eingabe ist die parallele Nutzung

(bimanuale Interaktion) von zwei Eingabegeräten. Untersuchungen haben gezeigt, dass bimanuale Interaktionen direkte 3D-Interaktionen nutzbarer machen (HINCKLEY et al. 1997, KURTENBACH 1997). Dabei muss allerdings beachtet werden, dass die nicht-dominante Hand des Menschen bei der Ausführung von Interaktionen ungenauer und fehlerbehafteter ist, als die dominante Hand (SCHMIDT et al. 1979). Aus diesem Grund sollte die nicht-dominante Hand bei der bimanualen Interaktion für einfachere Aufgaben eingesetzt werden (FLOWERS 1975).

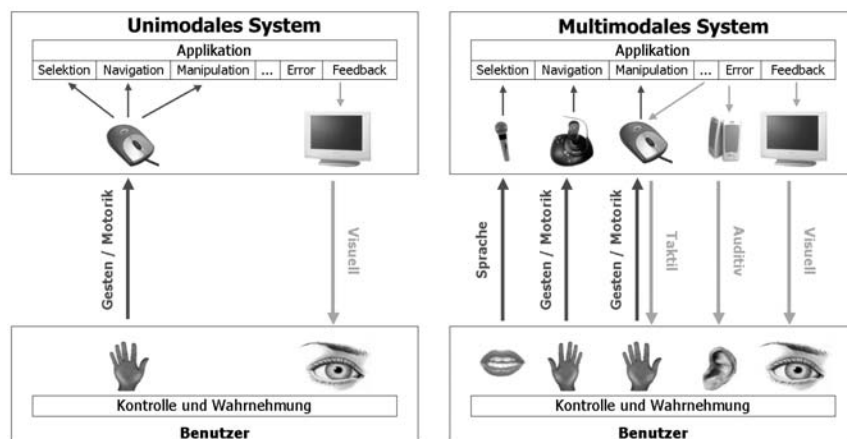


Abb. 1: Beispielhafte Darstellung der Mensch-Computer Interaktionen in unimodalen und multimodalen desktop GeoVEs

Die multimodale Ausgabe erfolgt hauptsächlich visuell, auditiv und taktil. Olfaktorische, gustatorische sowie vestibuläre Modalitäten (Tabelle 1) sind bei der Mensch-Maschine-Kommunikation weniger weit entwickelt (POPESCU et al. 2002). Die meisten Informationen werden vom Benutzer über den visuellen Kanal aufgenommen. Allerdings bilden die anderen Modalitäten eine wichtige Ergänzung und erweitern die Immersivität und Interaktivität (BURDEA 1996). Haptischem Feedback wird beispielsweise ein hoher Stellenwert bei der direkten Manipulation von Objekten in virtuellen Umgebungen zugesprochen (RICHARD et al. 1994).

3 Implementierung einer multimodalen Testumgebung

Im Rahmen der Projektarbeiten wurde eine Testumgebung mit multimodaler Funktionalität entwickelt. Diese in Java/Java3D implementierte Bibliothek ermöglicht es, unterschiedliche Systemkonfigurationen (z.B. einhändig-unimodal, zweihändig-unimodal, zweihändig-multimodal) zu erstellen. Die variablen Systemkonfigurationen bilden die Grundlage für eine Reihe von Benutzertests. In diesen Tests soll überprüft werden, ob und wie

multimodale Interaktionen die Nutzbarkeit von desktop-basierten geo-virtuellen Visualisierungsumgebungen verbessern.



Abb. 2: Desktop-basierte multimodale Testkonfiguration: Manipulation von Geobjekten mit haptischer Maus; Navigation mittels Joystick; auditives Feedback

Desktop-basierte GeoVEs stellen dem Anwender eine Vielzahl von grundlegenden Interaktionen (Navigation, Selektion, Translation, Rotation und Skalierung von Geobjekten) bereit. Um eine Aufteilung dieser Funktionen auf verschiedene Eingabegeräte und somit die direkte Geobjektmanipulation zu ermöglichen, ist ein Verfahren entwickelt worden, welche eine flexible und parallele Verwendung von mehreren Eingabegeräten erlaubt.

Die entwickelte Bibliothek stellt zusätzlich multimodales Feedback bereit, so dass neben visuellen, auch haptische (vibro-taktile) und auditive Informationen an den Nutzer übermittelt werden können.

Auf diese Weise können thematische Geobjekteigenschaften redundant über den haptischen und auditiven Kanal übertragen werden. Da die Wiedergabe von haptischen Informationen unterschiedliche Intensitäten annehmen kann, ist es möglich, variable Parameter (z.B. Gewicht, Trägheit, Temperatur oder Oberflächenbeschaffenheit) über haptisches Feedback zu simulieren. Die Eigenschaften des Signals können entweder durch Geobjektparameter oder überlagerte Texturen bestimmt werden. So kann beispielsweise die Oberflächenstruktur von Geobjekten bzw. Höhenmodellen sowie der Reflexionsgrad von überlagerten Infrarot-Satellitenbildern „erfühlt“ werden.

Neben dem haptischen Feedback stellt der entwickelte Prototyp auch auditives Feedback bereit, das zur Lokalisierung von Geobjekten eingesetzt wird. Dazu werden Geobjekten sogenannte „3D-Soundscapes“ zugewiesen, deren Wiedergabeintensität abhängig von der Betrachterposition ist. Die Soundscapes haben analog zur realen Welt, einen höheren Wiedergabepegel, wenn der Betrachter sich in der Nähe des entsprechenden Objektes

befindet. Mit Hilfe dieser Technik kann der Benutzer seine Distanz zu einem Geoobjekt abschätzen.

Der erstellte Prototyp erlaubt die Unterlegung weiterer Interaktionen mit auditivem oder haptischem Feedback. Dazu gehören:

- Objektmanipulationen (Translation, Rotation, Skalierung),
- „Snapping“ (Andocken) mehrerer Geoobjekte (z.B. „Garage an Haus“),
- die Kollision von Geoobjekten bei der Translation,
- Einschränkungen durch topologische Constraints (z.B. ein Haus darf nicht im Wasser stehen oder dorthin verschoben werden; Eine Autobahn muss einen gewissen Abstand zu einer Siedlung haben).

Um das Verhalten der Geoobjekte natürlicher zu gestalten, wurden Einschränkungen (Constraints) aus der realen Welt in die Testumgebung integriert. So wird z.B. verhindert, dass ein Baum um die horizontale Achse gedreht, oder oberhalb des Erdbodens angepflanzt werden kann. Dadurch wird erreicht, dass direkte Interaktionen natürlicher wirken, wodurch die kognitive Last des Benutzers reduziert wird (MERTEN UND BERLIN 2002).

4 Fazit und Ausblick

Multimodale Interaktionen in desktop-basierten geo-virtuellen Visualisierungsumgebungen können die direkte 3D-Interaktionen nutzbarer gestalten. Der vorgestellte Ansatz versucht mehrere Sinne der Anwender anzusprechen, um ihnen so mittels zweihändiger Interaktion eine verbesserte Kontrolle über geo-virtuelle Visualisierungsumgebungen zu geben und mit Hilfe von multimodalem Feedback die Immersivität des Benutzers zu erhöhen.

Die praktische Implementierung erlaubt in einem weiteren Schritt die Konzeption von Benutzertests, um die Nutzbarkeit von multimodalen Interaktionen in geo-virtuellen Umgebungen zu überprüfen. Diese sollen anhand vier verschiedener Systemkonfigurationen die Effektivität (Geschwindigkeit), die Effizienz (Genauigkeit) und die Zufriedenheit von Anwendern der Landschaftsökologie, Geographie und Geoinformatik ermitteln. Hierbei werden zwei Anwendergruppen die bimanuale Eingabe jeweils in Kombination mit unimodaler bzw. multimodaler Ausgabe testen. Um Vergleichswerte zu erhalten, werden die beiden anderen Gruppen eine Konfiguration aus unimodaler Eingabe mit unimodaler bzw. multimodaler Ausgabe testen.

Multimodale Interaktionen stellen einen neuen Forschungsansatz im Bereich der Geovisualisierung dar, der in zukünftigen Forschungsarbeiten und Entwicklungen stärker beachtet werden muss.

Formatiert: Abstand Nach: 0 pt

Formatiert: Abstand Vor: 0 pt, Nach: 0 pt

Formatiert: Abstand Vor: 0 pt

Formatiert: Abstand Nach: 0 pt

Formatiert: Abstand Vor: 0 pt

5 Literatur

- | [BOWMAN, D. A. \(1999\): *Interaction techniques for common tasks in immersive virtual environments*. Doctoral Thesis at the Georgia Institute of Technology.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [BURDEA, G. \(1996\): *Force and touch feedback for virtual reality*. John Wiley & Sons, New York.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [FLOWERS, K. \(1975\): *Handedness and controlled movement*. British Journal of Psychology, 66, pp. 39-52.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [HINCKLEY, K., R. PAUSCH, D. PROFFITT, J. PATTEN, N. KASSELL \(1997\): *Cooperative bimanual action*. In Proceedings of CHI'97. 1997. ACM. pp. 27-34.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [JÜNEMANN, P., P. PAAR, et al. \(2001\): *Landschaftsplanung: Verbreitung und Einsatz von 3D-Visualisierungswerkzeugen in der Planungspraxis*. Kartographische Nachrichten 51\(4\): pp. 200 – 204.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [KURTENBACH, G., G. FITZMAURICE, T. BAUDEL, B. BUXTON \(1997\): *The Design of a GUI Paradigm based on Tablets, Two-hands, and Transparency*. Proceedings of ACM CHI '97 Conference on Human Factors in Computing Systems, \(1997\), pp. 35-42.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [MERTEN, S., K. BERLIN \(2002\): *Constraint-basierte 3D-Interaktionen zur Gestaltung von Planungsentwürfen*. Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIV \(in Druck\), Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2002, Heidelberg: Wichmann.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [MINE, M. R., F. P. BROOKS JR., et al. \(1997\): *Moving Objects in Space: Exploiting Proprioception in Virtual-Environment Interaction*. ACM SIGGRAPH '97, Los Angeles, ACM Press: 19 – 26.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [RAISAMO, R. \(1999\): *Multimodal Human-Computer Interaction: a constructive and empirical study*. Dissertation, University of Tampere.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [RICHARD, P., G. BURDEA, D. GOMEZ & P. COIFFET. \(1994\). A Comparison of Haptic, Visual and Auditive Force Feedback for Deformable Virtual Objects. In *Proceedings of ICAT'94 Conference* \(pp. 49-62\). Tokyo, Japan, July.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [SCHMIDT, R. A. \(1988\). *Motor control and learning – A Behavioural Emphasis*. 2nd Edition. Human Kinetics Publishers, Inc 1988.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [SCHOMAKER, L., J. NIJMANS, A. CAMURRI, F. LAVAGETTO, P. MORASSO, C. BENOIT, T. GUIARD-MARIGNY, B. LE GOFF, J. ROBERT-RIBES, A. ADJOUANI, I. DEFEE, S. MUNCH, K. HARTUNG, & J. BLAUERT. \(1995\): *A Taxonomy of Multimodal Interaction in the Human Information Processing System. Multimodal Integration for Advanced Multimedia Interfaces*. Miami ESPRIT III, Basic Research Project 8579.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [SHNEIDERMAN, B. \(1997\): *Direct Manipulation for Comprehensible, Predictable, and Controllable User Interfaces*. Proceedings of IUI97, 1997 International Conference on Intelligent User Interfaces, Orlando, FL, January 6-9, 1997, pp. 33-39.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [SILBERNAGL, ST. \(1979\): *Taschenatlas der Physiologie*. Thieme 1979.](#) **Formatiert:** Kapitälchen
- | [Popescu, G., G. Burdea, H. Trefftz \(2002\): *Multimodal Interaction Modeling*. Handbook of Virtual Environments – Design, Implementation, and Applications, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers London.](#)