



geoinformation.net

Projektpartner: Westfälische Wilhelms-  
Universität Münster -  
Institut für Geoinformatik  
Datum: 03.07.2003

## Lerneinheit 6: „Interaktion in Virtuellen Umgebungen“

### Einleitung

Ein wesentliches Element von 3D-Geovisualisierungsumgebungen ist die Möglichkeit der Interaktion mit dem Dargestellten. Ziel der sechsten Lerneinheit ist es, den Studierenden mit der verbreitetsten Ein- und Ausgabe-Hardware vertraut zu machen. Darüber hinaus sollen Wege aufgezeigt werden, diese Geräte für den Aufbau von Benutzerschnittstellen einzusetzen. Die Einsatzmöglichkeiten beschränken sich dabei nicht auf Standard-Desktop-Umgebungen; für viele Aufgabenstellungen bieten insbesondere Umgebungen aus dem Umfeld der Virtuellen Realität (VR) ein großes Anwendungspotenzial.

## Inhalt

<b>Lerneinheit 6: „Interaktion in Virtuellen Umgebungen“</b> .....	<b>1</b>
Definition des Interaktionsbegriffs .....	3
Ausgabegeräte .....	3
Geräte-Charakteristika .....	3
Eingabegeräte .....	8
Geräte-Charakteristika .....	8
Überblick über verbreitete Eingabegeräte .....	9
Ebenenmodell und Konzept der Logischen Geräte .....	11
Metaphern, Affordances und 3D-Widgets .....	13
Virtuelle Realität und praktische Einsatzmöglichkeiten .....	15
Begriffsdefinitionen .....	15
Konkrete VR-Umgebungen .....	15
Workbench-Umgebung .....	16
Virtuelle Wand .....	17
"Desktop-VR" .....	17
Weitere Umgebungen .....	17
Literatur .....	18

### Definition des Interaktionsbegriffs

In der Literatur sind verschiedene Definitionen des Interaktionsbegriffs zu finden. Häufig wird der Begriff auf die Aktivitäten bezogen, die der Anwender über eine Benutzerschnittstelle ("Mensch-Maschine-Schnittstelle") auf einem System ausführt. Neben dem aktiven Einwirken des Anwenders auf das System (z. B. durch Mausklicks oder Eingaben über die Tastatur) umfasst der Interaktionsbegriff häufig auch die Umkehrrichtung Maschine -> Mensch. Die in Abschnitt 1 vorgestellte Visualisierungs-Pipeline ist insofern um die entgegengerichteten Pfeile zu ergänzen, so dass ein bidirektionales Kommunikationsmodell entsteht, in dem Anwender und Computer wechselseitig aufeinander einwirken.

Unter einer Interaktion soll definitionsgemäß jede Form der zielgerichteten Kommunikation zwischen Benutzer und Computer verstanden werden.

Im Folgenden werden zunächst im Umfeld der 3D-Geovisualisierung verbreitete Ein- und Ausgabegeräte und ihre charakteristischen Eigenschaften beschrieben. Da die softwaretechnische Umsetzung der Benutzereingaben praktisch nicht unproblematisch ist, werden abschließend diesbezügliche konzeptionelle Hinweise gegeben. Den Abschluss der Lerneinheit bilden Aspekte der Bedienbarkeit der Interaktionswerkzeuge.

### Ausgabegeräte

Die visuelle Anzeigeeinheit ("visual display unit", VDU) fungiert als wichtigste Quelle zur Informationsaufnahme durch den Anwender.

### Geräte-Charakteristika

Für interaktive Anwendungen relevante Kenngrößen sind insbesondere die folgenden Charakteristika der Ausgabegeräte von Interesse:

- die Anzeigetechnologie (Kathodenstrahl-Röhre, LCD, Plasma-Technologie, ...),
- die Bildschirm-Größe (Diagonale),
- die Bildschirmauflösung (heute oft 1280x1024 Pixel) sowie
- ggf. die Verwendbarkeit für stereoskopische Ausgaben.

### Überblick über verbreitete Ausgabegeräte

Standard-Monitor: Das verbreitetste Ausgabemedium ist der Standard-Computer-Monitor. Geräte mit einer Bildschirm-Diagonalen < 17" werden für Geovisualisierungsaufgaben heute kaum mehr eingesetzt.

Standard-Monitor mit stereoskopischer Ausgabe: Standard-Computer-Monitore lassen sich für eine stereoskopische Ausgabe nutzen. Erforderlich ist hierfür die Berechnung zweier getrennter Bilder (für das linke und rechte Auge). Zu den verbreitetsten Verfahren zählen Rot/Grün- und Rot-Blau-Brillen (Anaglyph-Technik), Polarisationsbrillen und die Shutter-Technologie.

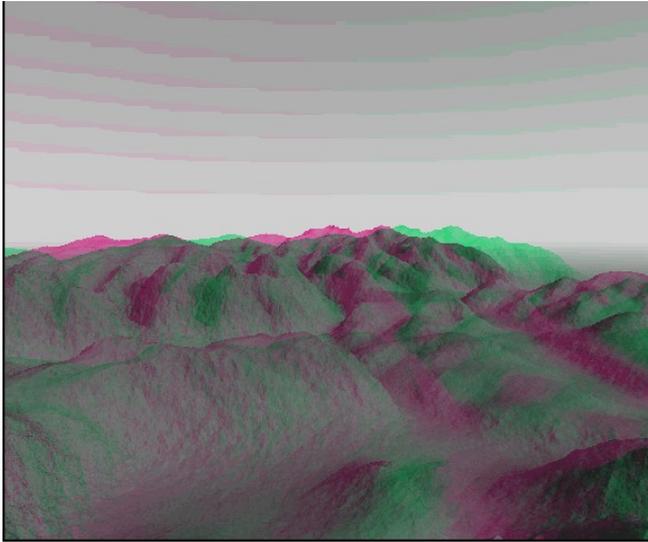


Abbildung 1: Anaglyph-Ausgabe eines Reliefs (Rot-Blau-Darstellung)



Abbildung 2: LCD-Shutterbrille mit Infrarot-Emitter zur Synchronisation von Bild und Shutter-Verschluss (CrystalEyes)

Head-mounted-Display (HMD): Historisch bedeutsam sind die Head-Mounted-Displays (Abbildung 3), bei denen jeweils ein kleiner Monitor vor jedes Auge des Anwenders gebracht wird. Zu den möglichen Nebenwirkungen zählen u. a. Kopfschmerzen und Übelkeit.



Abbildung 3: Head-Mounted-Display

3D-Bildschirme: Mittlerweile sind Bildschirme verfügbar, die eine 3D-Ausgabe auch ohne die Verwendung von Brillen ermöglichen. Als Beispiel ist das "Dresdener 3D-Display" (SeeReal Technologies) zu nennen.



Abbildung 4: 3D-Bildschirm

Projektionstische und -wände: Größere Darstellungsflächen bieten Projektionstische und -wände. Zumeist werden diese Projektionsgeräte in Verbindung mit einer stereoskopischen Ausgabe betrieben. Sie sind insbesondere für den Aufbau von (semi-) immersiven VR-Umgebungen von Interesse (siehe Lerneinheit 6 „Virtuelle Realität und praktische Einsatzmöglichkeiten“).

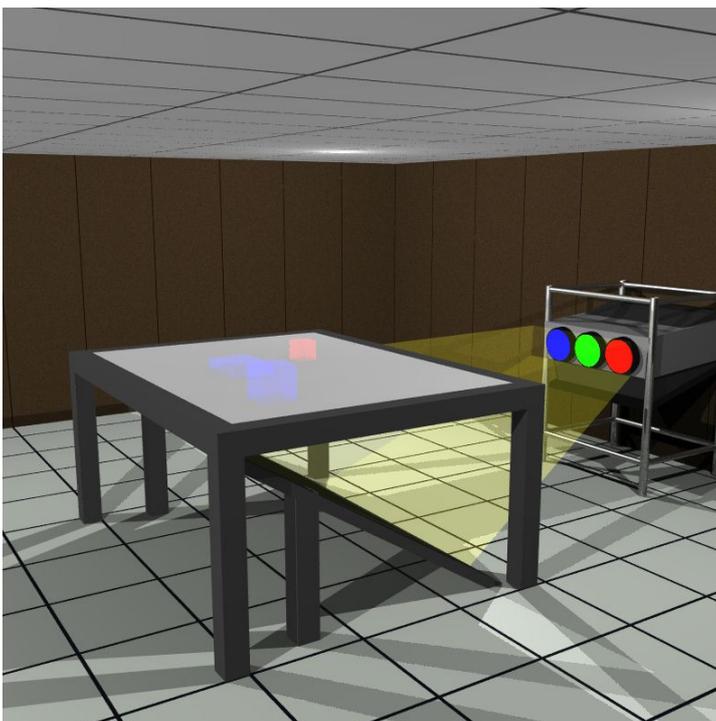


Abbildung 5: Funktionsweise eines Projektionstisches



Abbildung 6: Projektionswand (Electronic Visualization Laboratory, University of Illinois)

Haptische Ausgabe und 3D-Sound: Zur Ausgabe von 3D-Information lassen sich neben dem Sehsinn auch andere menschliche Sinne wie z. B. der Hörsinn oder Tastsinn ansprechen. Bei der Entwicklung vieler haptischer Ausgabegeräte standen unmittelbare "erfühlbare", physikalisch vorhandene Modelle Pate. Als Beispiel für ein derartiges (statisches) Modell sei der für Sehbehinderte konzipierte Münsteraner "Stadtplan" in Abbildung 7 genannt.



Abbildung 7: Stadtplan

Als rechnerseitig ansteuerbare (dynamische) Geräte sind z. B.

- Pin-Matrix-Geräte ("elektronisches Nagelbrett") (Abbildung 8)
- Force-Feedback-Joysticks (Abbildung 9) oder
- der in seinen Gelenkbeweglichkeiten konfigurierbare "Phantom"-Arm (Abbildung 10)

zu nennen.

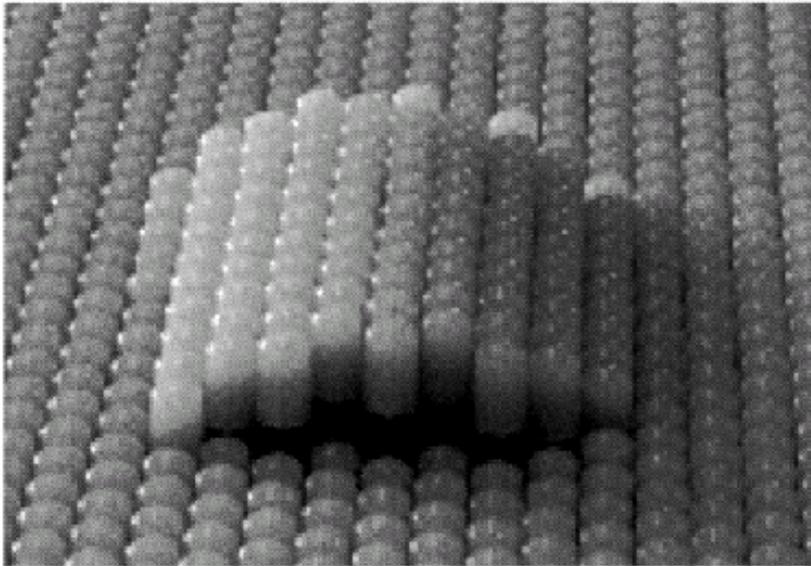


Abbildung 8: Pin-Matrix



Abbildung 9: Force-Feedback-Joystick



Abbildung 10: Phantom-Arm

Der Mensch kann Töne dreidimensional wahrnehmen. Dieses Medium bietet sich für die Ausgabe umfangreicher 3D-Geoinformation zumeist nicht an. Wohl aber kann die 3D-Ton-Ausgabe ergänzend zur grafischen Ausgabe eingesetzt werden.

## Eingabegeräte

### Geräte-Charakteristika

Bei den im Folgenden näher betrachteten Eingabegeräten handelt es sich um Zeigegeräte. Zeigegeräte sind Werkzeuge, welche dem Anwender die Bewegung eines Zeigers im (2D- oder 3D-) Bild ermöglichen. Darüber hinaus lassen sich Objekte, die sich im Bild an der Zeigerposition befinden, "aktivieren". Im Gegensatz z. B. zur Tastatur ermöglichen Zeigegeräte somit eine direkte Objekt-Manipulation.

Unterschieden werden direkte und indirekte Zeigegeräte. Indirekte Zeigegeräte ermöglichen die Bewegung eines Zeigers im Bild (z. B. Maus oder Joystick), bei direkten Geräten erfolgt die Zeigerbewegung unmittelbar im wahrgenommenen Bild (z. B. Lichtgriffel oder Berührbildschirme).

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal besteht darin, ob die Positionierung absolut oder relativ erfolgt. Der Maus z. B. liegt eine relative Positionierung zugrunde: Sie kann angehoben, zurückgesetzt und dann weiterbewegt werden. Lichtgriffel und Digitalisiertablett hingegen liefern Koordinaten in einem absoluten Koordinatensystem.

Für die Zeigegeräte stehen mit der Möglichkeit der Bewegung in der Horizontalen und Vertikalen zumeist mindestens zwei Freiheitsgrade zur Verfügung. Als dritter Freiheitsgrad kann die Bewegung in der dritten Raumdimension hinzutreten. Neben der Position lässt sich auch die Orientierung eines Gerätes im Raum ermitteln. In diesem Fall können weitere drei Freiheitsgrade hinzutreten: die Neigung der Längsachse des Geräts gegenüber der Horizontalen ("pitch" entspr. Breitengraden), der eingenommene Winkel zur Horizontalen ("yaw" entspr. Längengraden) und die Drehung um eigene Längsachse gegenüber der Horizontalen ("roll"; für Geo-Anwendungen häufig Fixierung auf den Wert 0).

## Überblick über verbreitete Eingabegeräte

Stellvertretend für die sehr große Anzahl verfügbarer Eingabegeräte (für einen Überblick siehe z. B. BUXTON 1998) sollen hier nur die verbreitetsten Technologien kurz genannt werden.

- Tastatur: Die Standard-Computer-Tastatur lässt sich für vielfältige Eingaben nutzen, z. B. zur alphanumerischen Eingabe von Koordinaten und Größenangaben. In der Vergangenheit wurde sie auch für Navigationsaufgaben genutzt (z. B. über die Cursor-Tasten); hierfür ist sie allerdings nur bedingt geeignet.
- Maus: Die Standard-Maus lässt sich als direktes Zeigegerät verwenden und z. B. für die Navigation in 3D-Welten einsetzen.
- 3D-Eingabegeräte: Für die Durchführung komplexerer 3D-Operationen lassen sich 3D-Eingabegeräte wie z. B. 3D-Mäuse nutzen, die simultan bis zu sechs Freiheitsgrade bieten. Eine absolute Positionierung ist bei einigen der angebotenen Geräte möglich.

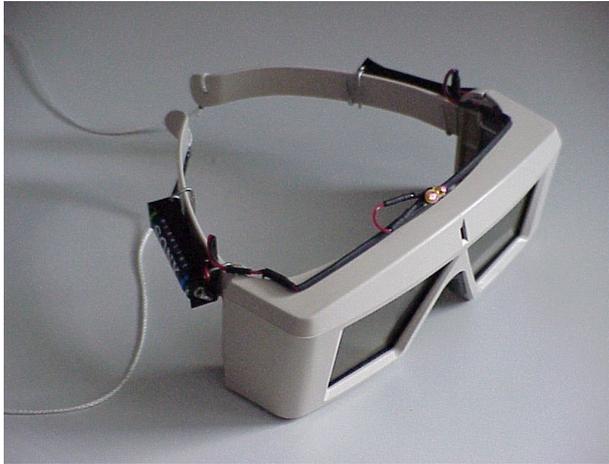


Abbildung 11: Spacemouse (3dconnexion)

- Joystick: Für Navigationsaufgaben lassen sich die insbesondere im Unterhaltungsbereich verbreiteten 2D- und 3D-Joysticks einsetzen.
- Tracking-Systeme: Tracking-Systeme dienen der Erfassung von Realraum-Positionen wie z. B. Betrachterstandort, Handposition oder Ort eines Zeigegerätes. Die Arbeitsweise der Systeme variiert (z. B. mechanisch, elektromagnetisch oder Kamera-basiert).

### Beispiel eines einfachen Video-basierten Tracking-Systems

Über zwei mit Infrarot-Filtern bestückte Kameras werden die Positionen von Infrarot-LEDs bildmäßig erfasst. Die LEDs sind z. B. auf der Shutterbrille des Betrachters oder an der Spitze eines Zeigegerätes angebracht. Aus dem über die Kamera erfassten Bildpaar lässt sich (nach Kalibrierung der Umgebung) die Realraum-Position errechnen. Diese Komponenten des Tracking-Systems zeigen die Abbildungen 12-14.



**Abbildung 12: Shutter-Brille**



**Abbildung 13: Zeigegerät (Stylus9)**



**Abbildung 14: Kamera**

- Datenhandschuhe: Datenhandschuhe ermöglichen die Abfrage verschiedener Parameter wie Handposition, Berühren der Fingerkuppen, Fingerstellungen etc. Verschiedene Modelle sind praktisch verfügbar.



Abbildung 15: Datenhandschuhe

## Ebenenmodell und Konzept der Logischen Geräte

Für interaktive Visualisierungsanwendungen besteht ein wesentliches Software-technisches Ziel in der Ermöglichung einer Geräte-unabhängigen Software-Entwicklung. So sind in bestehenden Implementierungen häufig unnötige Änderungen der Programmstruktur notwendig, um eine bestehende Anwendung an veränderte Ein-/Ausgabegeräte-Konfigurationen anzupassen (z. B. eine VR-Umgebung statt einer Desktop-Konfiguration mit Maus und monoskopischer Ausgabe). Die Änderungen können von der einfachen Umbelegung von Zeigergerät-Tasten bis hin Notwendigkeit der Implementierung neuer Visualisierungsobjekte zur Ermöglichung der Interaktion in einem veränderten psychologischen Raum reichen.

Zu den wichtigen methodischen Vorarbeiten, die Anhaltspunkte für das Erreichen dieses Ziels geben, zählen das 4-Ebenen-Modell von FOLEY & VAN DAM und das Konzept der Logischen Geräte.

4-Ebenen-Modell nach FOLEY & VAN DAM (1982):

Die wesentliche Idee des Ebenenmodells besteht in der Software-technischen Kapselung des Systemverhaltens. FOLEY & VAN DAM unterscheiden für den Systementwurf die nachfolgend aufgeführten vier Ebenen.

1. Konzeptuelle Ebene: Der konzeptuelle Entwurf definiert die wesentlichen Konzepte der Anwendung. Auf dieser Ebene wird das wesentliche mentale Interaktionsmodell aus Anwendersicht betrachtet.

2. Semantische Ebene: Im Rahmen des semantischen Entwurfs wird die Systemfunktionalität genau festgelegt. Hierzu werden z. B. die Signaturen der zu implementierenden Funktionen spezifiziert. Insbesondere erfolgt auf dieser Ebene eine Definition der Bedeutungen der Ein- und Ausgabeoperationen. Darüber hinaus empfiehlt sich auf dieser Ebene eine Betrachtung der eventuell auftretenden semantischen Bedienfehler.

3. Syntaktische Ebene: Der syntaktische Entwurf definiert die Folgen der Ein- und Ausgaben, d. h. die grammatikalische Struktur der "Tokens", die für die Umsetzung der auf semantischer Ebene festgelegten Operationen verwendet werden. Die auf semantischer Ebene spezifizierten Operationen werden in elementare Interaktionseinheiten zerlegt.

4. Lexikalische Ebene: Der lexikalische Entwurf bestimmt, wie die Ein- und Ausgaben aus primitiven Hardware-nahen Operationen zusammengesetzt werden.  
(Bemerkung: In der Literatur sind zahlreiche (leichte) Abweichungen von der vorgeschlagenen Einteilung zu finden. )

Konzept der Logischen Geräte:

Das Konzept der Logischen Geräte ist ein früher Ansatz für den Aufbau Geräte-unabhängiger Grafik-Anwendungen. Der Ursprung dieser Idee ist in der Mitte der 70er-Jahre zu sehen. Die Grundidee besteht darin, eine geeignete Zwischenschicht zwischen Anwendung und physischen Eingabegeräten einzuführen.

Anstatt den Zustand jedes Eingabegerätes direkt abzufragen (Beispiel "Maus-Events"), nutzt die Anwendung logische Eingabegeräte, die ihrerseits auf verfügbare physische Geräte mit ihren jeweiligen Charakteristika abgebildet werden.

Dies bedeutet, dass z. B. ein Ereignis für die Objektselektion definiert wird, das in der darunter liegenden Schicht Geräte-abhängig auf unterschiedliche Art und Weise implementiert sein kann. Beispielsweise kann bei Verwendung einer 2D-Maus ein schneller Doppelklick der linken Maustaste dieses Event auslösen, in einer Workbench-Umgebung könnte es das Drücken einer Taste eines Zeigestabs sein, welches das Tracken der Zeigestab-Spitze veranlasst.

### Beispiel : Maus-Events

Ereignisse des Eingabegerätes "2D-Maus"

Auf einer sehr niedrigen Abstraktionsebene ließe sich eine Standard-(2D-Maus durch die beiden Zustände "Taste gedrückt/nicht gedrückt" für die verfügbaren Maustasten, die zugehörigen Zustandsänderungen (wird betätigt/losgelassen) und die Bewegungen des Zeigergeräts nach links/rechts und oben/unten einfach beschreiben. Praktisch ist jedoch die Verwendung übergeordneter Ereignisse ("events") sinnvoll, z. B.:

Press: Drücken einer der Tasten, ohne sie loszulassen und ohne den Mauszeiger zu bewegen.

Release: Loslassen einer Taste (nach Drücken).

Click: Drücken und Loslassen einer Taste ohne Bewegung des Mauszeigers (zusätzlich Betätigung von Tasten auf Tastatur möglich, z. B. Shift-Taste)

Move: Bewegen des Mauszeigers (ohne gedrückte Taste).

Motion: Bewegen des Mauszeigers bei gedrückter Taste ("drag").

MultiClick: aufeinanderfolgende Klicks in schneller Abfolge.

MultiPress: schnell aufeinanderfolgende Klicks ohne abschließendes Release-Event.

MultiMotion: MultiPress-Event mit anschließender Bewegung des Mauszeigers.

Weitere Events sind denkbar und werden in der Praxis auch verwendet.

Letzlich geht die Einführung dieser Zwischenschicht einher mit einer Untergliederung der lexikalischen Ebene aus FOLEY & VAN DAMs Ebenenmodell in feinere Ebenen. Weitgehend unbeantwortet ist die Frage, wie die Eingabe-Primitive für Anwendungen zur 3D-Geovisualisierung zu wählen sind.

Einen ersten Anhaltspunkt liefert die Arbeit von FOLEY, WALLACE & CHAN (1984), in welcher die Eingabepprimitive Select, Position/locate, Orient, Path, Quantify und Text unterschieden werden:

Select: Auswahl eines oder mehrerer Objekte, z. B. Selektion eines zu verschiebenen Objektes.

- Position/locate: Festlegung einer Position, z. B. eines Punktes im 3D-Raum, an den ein Objekt verschoben werden soll.

- Orient: Festlegung einer (Aus-) Richtung, z. B. die Orientierung eines Objektes in Richtung der Raumdiagonalen.
- Path: Festlegung eines "Weges" im Raum, z. B. "Digitalisierung" einer Polylinie.
- Quantify: Angabe einer Maßzahl, z. B. der Länge eines Objektes in Metern.
- Text: textuelle Eingabe, z. B. Eintrag des Eigentümer-Namens für ein Flurstück-Polygon in die Sachdatenbank.

Bei der Zuordnung zwischen logischen und physischen Geräten handelt es sich nicht notwendigerweise um eine 1:1-Beziehung. Beispielsweise können logische Geräte für die Primitive Select, Position/locate und Path mittels desselben physischen Geräts realisiert sein. Das Konzept der logischen Geräte darf nicht darüber hinweg täuschen, dass die Eingabegeräte sich hinsichtlich ihrer operationalen Handhabung sehr wohl unterscheiden. Z. B. lassen sich sowohl Digitalisieretafeln als auch Maus zum Zeichnen eines Linienzuges verwenden (Path-Primitiv); kognitiv gestaltet sich diese Aufgabe trotz Nutzung desselben logischen Gerätes jedoch unterschiedlich. In der Literatur sind zahlreiche Taxonomien zu finden, welche diesen operationalen Aspekt berücksichtigen (z. B. BAECKER & BUXTON 1987 oder CARD et al. 1991).

Wesentliche Aspekte, welche durch diese Taxonomien angesprochen werden, sind u. a. die Dimensionalität der Geräte, die Anzahl der Freiheitsgrade, die gefühlte Eigenschaft (Position, Bewegung, Druck) oder absolute/relative Positionierung (vgl. o.). Die funktionalen Anforderungen an Interaktionsgeräte werden durch diese Taxonomien nicht repräsentiert.

Für vorliegende funktionale Anforderungen lässt sich jedoch ermitteln, welche Geräte mit den gewünschten Eigenschaften korrespondieren.

### Metaphern, Affordances und 3D-Widgets

Vielfach wird die schwere Bedienbarkeit von Anwendungen zur 3D-Geovisualisierung beanstandet. Als Beispiele seien das Erlernen komplexer Operationssequenzen oder umständliche indirekte Manipulationen genannt. Ein Ansatz für den Aufbau intuitiv nutzbarer Benutzerschnittstellen bietet z. B. die Verwendung von Metaphern, die Nutzung von Affordances und leistungsfähige "3D-Widgets". Das hinterliegende Konzept sollen im Weiteren kurz erläutert werden.

Eine Metapher ermöglicht das Verständnis eines (unbekannten) Sachverhaltes oder einer (unbekannten) Funktionsweise durch Übertragung eines (bekannten) Sachverhaltes oder einer (bekannten) Funktionsweise. Metaphern stellen somit eine Verknüpfung zwischen einem Quell- und einem Zielbereich her. Beispiele: Desktop-Metapher, Papierkorb-Metapher, "Scene-in-Hand"-Metapher, Arbeitstisch-Metapher.

"Affordances" bezeichnen das, was ein Objekt uns "anbietet". Die Idee der Affordances basiert in Teilen auf den Ideen der um 1910 begründeten Gestalttheorie: Die Gegenstände "teilen uns mit", was wir mit ihnen tun können. Metaphern legen Affordances nahe. Im nachfolgenden Beispiel (LEINER et al. 1997) wird zu dem Objekt "Stuhl" nach der Auswahl mit der Maus ein Griffsymbol angezeigt, der die Möglichkeit des Versetzens des Objekts nahe legt.

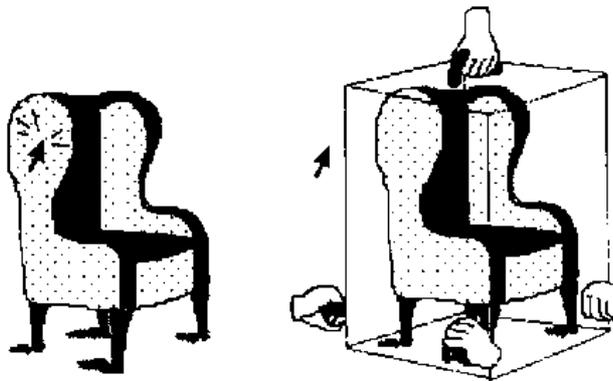


Abbildung 16: Griffsymbol

Ein 3D-Widget ist eine Kombination von 3D-Geometrie(n) und zugehörigem Verhalten zur Steuerung oder Anzeige von Information (z. B. entsprechend der Geometrie- und Verhaltensbeschreibung in einem Szenengraphen, Lerneinheit 2). Wesentlich für das erfolgreiche Funktionieren eines Widgets ist, dass sich dem Anwender die Funktion leicht erschließt. Hierunter fallen z. B. oft die einfache Erkennbarkeit der manipulierbaren Elemente und die Ersichtlichkeit der Auswirkung einer Manipulation.

Beispiele für 3D-Widgets

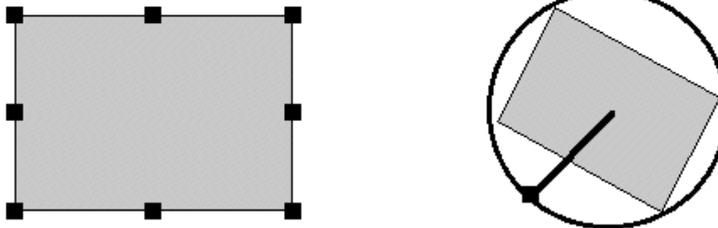


Abbildung 17: In 2D-Desktop-Anwendungen weit verbreitetes Widget

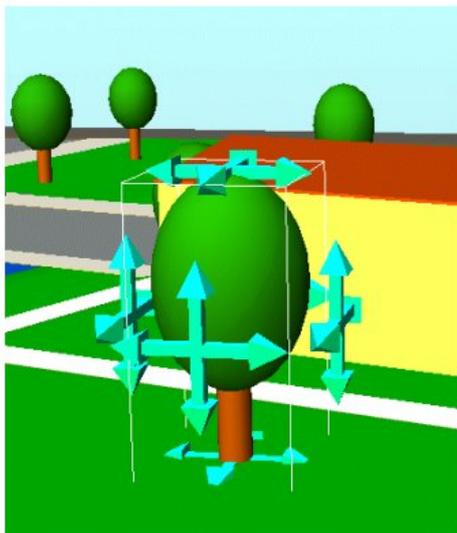


Abbildung 18: Geometrie-Änderung durch unmittelbar am Objekt platzierte Manipulatoren



Abbildung 19: Cockpit-Widget in einem verbreiteten VRML-Viewer (CosmoPlayer) zur Navigation durch 3D-Szenen. Die Szene enthält Tasten zur Themen-Auswahl und einen Schieberegler zur Einstellung der Überhöhung

Obwohl der potenzielle Nutzen des Einsatzes von 3D-Widgets für viele Anwendungen unbestritten ist, ergeben sich in der Praxis verschiedene Probleme. So ist es unklar, inwiefern sich die Erfahrungen von realen auf virtuelle Räume übertragen lassen. Zudem ist die Software-technische Umsetzung sehr aufwändig (u. a. fehlende Standardisierung und schwere Portabilität).

## Virtuelle Realität und praktische Einsatzmöglichkeiten

### Begriffsdefinitionen

Virtuelle Realität, kurz VR, ist heute Schlagwort für rechnergenerierte und -kontrollierte 3D-Umgebungen für die Mensch-Maschine-Kommunikation und wurde ursprünglich im Sinne einer immersiven Virtuellen Realität genutzt. Innerhalb solcher immersiven Umgebungen erfolgt die audiovisuelle Wahrnehmung ausschließlich in der computergenerierten Welt, so dass dem Benutzer die Illusion des vollständigen "Eintauchens" gegeben wird.

### Konkrete VR-Umgebungen

Für den Aufbau von VR-Umgebungen werden verschiedene der in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellten Ein- und Ausgabegeräte in Kombination genutzt. Nachfolgend werden die wichtigsten VR-Umgebungen genannt, die im Umfeld raumbezogener Anwendungen Anwendung finden.

## Head-mounted Display (HMD)

Frühe immersive Umgebungen arbeiteten z. B. mit "Datenhelmen", an denen neben einem Kopfhörer jeweils ein kleiner LCD-Monitor für jedes Auge angebracht ist ("Head-mounted Displays"). Heute sind verschiedene hinsichtlich ihrer operationellen Nutzbarkeit verbesserte Umgebungen verfügbar, so dass HMDs vorwiegend nur noch historische Bedeutung besitzen.

## Workbench-Umgebung

Wesentliche technische Komponenten der auf der Arbeitstisch-Metapher beruhenden Workbench-Umgebung sind ein Projektionstisch, auf dem eine stereoskopische Ausgabe erfolgt (zumeist unter Nutzung der Shutter-Technologie) und ein Tracking-System (Tracken der Beobachter-Position und von Eingabegeräten). Die entstehende Umgebung zeichnet sich durch den zugrunde liegenden psychologischen Raum aus (semi-immersiv, räumliche Navigation im "Examine-Modus").

Workbench-Umgebungen lassen sich in Verbindung mit weiteren Ein- und Ausgabegeräten nutzen (z. B. haptische Ausgabe mit dem Phantom, Sonifikationstechniken etc.).

Anwendungsbeispiele für raumbezogene Anwendungen

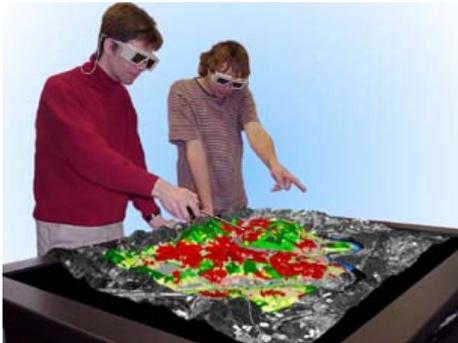


Abbildung 20: Einsatz einer Workbench-Umgebung in der Stadt- und Regionalplanung

Abbildung 20 zeigt den Einsatz des Projektionstisches für eine regionalplanerische Aufgabe. Durch das Zeigen auf dargestellte Objekte wird dabei die Verständigung auf gemeinsame Sachverhalte unterstützt. Das oberste Entwurfsziel ist eine die möglichst einfache und intuitive Systembedienung. Zur Änderung des Ansichtspunktes muss der Benutzer keinen Systembefehl kennen; stattdessen bewegt er sich einfach einen Schritt nach links oder rechts, um so die Blickrichtung zu ändern.

An die Stelle des Zoom-in-Befehls tritt ein Nachvornebeugen in Richtung des Dargestellten. Dargestellte Objekte lassen sich greifen und direkt manipulieren. Der Benutzer muss die Handhabung des Systems nicht neu erlernen, sondern überträgt seine alltäglichen Erfahrungen auf die Funktionsweise des Systems, wodurch eine intuitive Bedienung ermöglicht wird. Es sei an dieser Stelle allerdings nicht verschwiegen, dass bislang nur wenig Software verfügbar ist, welche die Durchführung komplexer Interaktionen (z. B. geometrische Manipulationen bei Berücksichtigung geometrisch-thematischer Randbedingungen) erlaubt.

## Virtuelle Wand

Bei der "virtuellen Wand" beschränkt sich die stereoskopische Projektion auf eine Wand (eine derartige System wurde bereits unter [6.2.2](#) vorgestellt). Auf diese Art und Weise lassen sich (semi-immersive), auf der "Schreibtafel"-Metapher beruhende Umgebungen aufbauen. Anwendungen finden sich z. B. zur Demonstration raumbezogener Sachverhalte durch einen vor der Tafel stehenden Instrukteur oder in Leitstands-Anwendungen (z. B. als "3D-Fenster" für die Leitung der Exploration "unter Tage").

## "Desktop-VR"

Virtuelle Welten lassen sich auch mit einem sehr geringem Hardware-Aufwand aufbauen (z. B. auf dem Privat-PC). Im weitesten Sinne des VR-Begriffs ermöglicht bereits allein die Nutzung von 3D-Rendering (auf dem 2D-Bildschirm) den Aufbau entsprechender psychologischer Räume. Zur Verbesserung des Immersivitätseindrucks lassen sich weitere technische Hilfsmittel wie Shutter-Brillen sowie aus der Unterhaltungsindustrie stammende Ein- und Ausgabegeräte wie 3D-Mäuse/Joysticks, Pedale/Lenkräder und HMDs nennen.

Die Popularität des Desktop-VR-Begriffs spiegelt sich u. a. im (irreführenden) Begriff der "Virtual Reality Modelling Language", kurz VRML, wider, die allerdings einzig den Austausch von 3D-Szenen zum Ziel hat und insofern keine weitere VR-Unterstützung bietet.

## Weitere Umgebungen

Stellvertretend für die zahlreichen weiteren verfügbaren Umgebungen seien an dieser Stelle die (veraltete) BOOM-Technologie ("Binocular Omni-Orientaton Monitor"), verschiedene haptisch bedienbare Benutzerschnittstellen (z. B. Built-It) und Anwendungen der Augmentierten Realität (kurz AR) genannt, welche die Überblendung virtueller Bildelemente in real wahrgenommene Bilder (in Echtzeit) ermöglicht.

## Literatur

- (1) Baecker, R. M. & W. Buxton (1987): Readings in Human-Computer Interaction: A Multidisciplinary Approach. Los Altos, CA: Kaufman, pp. 357-365
- (2) Buxton, B. (1998): A Directory of Sources to Input Technologies.  
<http://www.dgp.utoronto.ca/people/BillBuxton/InputSources.html>
- (3) Card, S. K., J. D. Mackinlay & G. G. Robertson (1991): A Morphological Analysis of Input Devices. ACM Transactions on Information Systems, Vol. 9, No. 2, pp. 99-102.
- (4) Foley, J. D. & A. van Dam (1982): Fundamentals of Interactive Computer Graphics. Reading, MA: Addison-Wesley
- (5) Shneiderman, B. (1998): Designing the User Interface. 3rd ed., Reading, MA: Addison-Wesley
- (6) Strothotte, C., T. Strothotte, S. K. Feiner (1997): Seeing Between the Pixels: Pictures in Interactive Systems. Springer-Verlag TELOS
- (7) Leiner, U., B. Preim & S. Ressel (1997): Entwicklung von 3D-Widgets - ein Überblick. Proceedings of Simulation und Animation, Magdeburg, 6.-7. März 1997, S. 170-188,  
<http://www.mevis.de/~bernhard/papers/maerz97.html>