

Simultane 2D/3D User Interface Konzepte für Autostereoskopische Desktop-VR Systeme

F. Steinicke¹ G. Bruder¹ K. Hinrichs¹ T. Ropinski¹

¹Arbeitsgruppe Visualisierung und Computergrafik (VisCG)

Institut für Informatik

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Abstract: Desktop-basierte Virtual Reality (VR) Systeme sind häufig durch Stereobrillen und 3D Eingabegeräte geprägt. Die notwendige Instrumentierung des Benutzers verringert die Akzeptanz solcher Technologien. Autostereoskopische Displays hingegen erlauben räumliches Sehen ohne Verwendungen von stereoskopischen Brillen und haben somit das Potenzial sich als neue VR Displaytechnologie durchzusetzen. Der Einsatz solcher Monitore in täglichen Anwendungen wird allerdings dadurch beeinträchtigt, dass die verwendeten Filtertechnologien nur die Betrachtung rein stereoskopischer Bilder zulässt, während 2D Inhalte wie zum Beispiel die grafische Oberfläche des Betriebssystems nur verzerrt wahrgenommen werden kann.

In dieser Arbeit stellen wir ein Framework vor, welches die Betrachtung von sowohl monoskopischen als auch stereoskopischen Bildern auf autostereoskopischen Displays erlaubt. Für die aus dieser Kombination entstehenden Möglichkeiten der Interaktion zwischen mono- und stereoskopischen Inhalten wird der Begriff *interskopische Interaktion* eingeführt. Die sich daraus ergebenden Strategien und Konzepte für eine Interaktion mit 2D sowie 3D Elementen werden diskutiert und neue Techniken vorgestellt.

Stichworte: Virtual Reality, Desktop-VR Systeme, Interskopisches User Interface

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren haben sich virtuelle Umgebungen für die unterschiedlichsten Anwendungsgebiete etabliert. Insbesondere bei der Analyse komplexer Daten wird dem Benutzer bei der Verwendung zweidimensionaler Desktop Umgebungen zum Einen meist nur einen eingeschränkter räumlicher Eindruck vermittelt, zum Anderen erlauben diese Schnittstellen kaum natürliche oder intuitive Interaktion. VR Systeme hingegen ermöglichen immersive Interaktion mit virtuellen Welten. Darüber hinaus sind sowohl die Kosten als auch der Aufwand zur Installation und Erhaltung solcher Systeme stetig gesunken. Dennoch werden diese Systeme bisher nur selten eingesetzt. Das liegt einerseits an der notwendigen Instrumentierung des Benutzers, z.B. durch Stereobrillen oder Datenhandschuhe. Andererseits überfordert die Interaktion mit 3D Eingabegeräten häufig die kognitiven Fähigkeiten der Anwender. Daher werden die traditionellen Eingabegeräte Maus und Keyboard nicht nur für 2D- und Menü-basierte Interaktion, sondern auch bei 3D Interak-

tionen, z.B. via 3D Widgets eingesetzt. Anwendungen beispielsweise aus den Bereichen 3D CAD sowie 3D Modellierung erfordern jedoch Benutzerschnittstellen, die eine immersivere Interaktion mit den teilweise hochkomplexen Daten zulassen. Die meisten solcher Anwendungen enthalten sowohl 2D, z.B. Menüs, als auch 3D Elemente, z.B. die Daten. Während 2D Objekte weder von stereoskopischer Darstellung noch von 3D Interaktion profitieren, ermöglichen solche Techniken bei 3D Objekten intuitivere Interaktionsmöglichkeiten. Für die simultane Darstellung von und Interaktion zwischen mono- und stereoskopischen Inhalten führen wir im Folgenden den Begriff *interskopische Interaktion* ein.

Für interskopische Interaktionsaufgaben bieten sich Desktop-VR oder *Fish-tank* VR Systeme an, da sie in der Regel eine Interaktion über Standardeingabegeräte sowie einen räumliche Betrachtung durch stereoskopische Displaytechnologien ermöglichen. [REF MÜLLER] Die notwendige Instrumentierung in den meisten Desktop-VR Systemen lässt sich durch die Verwendung von autostereoskopische (AS) Displays umgehen, die ein räumliches Sehen ohne Stereobrille erlauben. Auf diesen Displays werden zwei Halbbilder gleichzeitig ineinander verschachtelt dargestellt. Durch sogenannte *beam-splitter*, z.B. Parallaxebarrieren oder Lentikularlinsen, werden diese dann für den Betrachter derart getrennt, dass die Bilder für linkes und rechtes Auge in verschiedene Regionen vor dem Monitor abgestrahlt werden. In dem Bereich (*sweet spot*) vor dem Monitor wo das linke Auge des Benutzer das linke Halbbild und das rechte Auge das rechte Halbbild sieht, stellt sich ein stereoskopischer Eindruck dar. Falls das AS Display mit einem Headtracker ausgestattet ist, wird das Linsenraster bei Benutzerbewegungen entsprechend angepasst.

Leider ist bisher auf AS Displays nur die Betrachtung ausschließlich stereoskopischer Inhalte möglich, da bei der Darstellung monoskopischer Bilder diese ebenfalls in Halbbilder zerlegt werden, wobei nur jeweils eine Hälfte des Gesamtbilds mit dem linken bzw. rechten Auge wahrgenommen werden kann. Monitore, die eine komplette Deaktivierung des Stereo-Modus, z.B. durch Ausschalten der Barriere ermöglichen, erfordern bei 2D/3D Anwendungen ein ständiges Wechseln zwischen den verschiedenen Modi. Prototypische hardware-basierte Lösungen erlauben mittlerweile die partielle Umschaltung der Barrieren durch ein zusätzliches LCD vor dem AS Display. [REF DYNALLAX] Allerdings führt dies zu einem Qualitätsverlust, der der Betrachtung mit aktiven Shutterbrillen ähnelt, da das ständige Umschalten der elektronischen Barriere zu Flackern führt.

In dieser Arbeit stellen wir ein Framework vor, das die simultane Betrachtung von und Interaktion zwischen mono- und stereoskopischen Elementen auf AS Displays erlaubt. Die sich daraus ergebenden Konzepte werden diskutiert und neue Techniken vorgestellt. In Kapitel 2 werden bisherige Ansätze für AS Display-basierte VR-System vorgestellt. In Kapitel 3 stellen wir unser Framework zur simultanen Darstellung von mono- und stereoskopischen Inhalten vor. Kapitel 4 präsentiert die sich daraus ergebenden Möglichkeiten für die Interaktion und stellt neue Konzepte vor.. In Kapitel 5 wird die Arbeit zusammengefasst und gibt einen Überblick über zukünftige Aktivitäten.

2 Bisherige Arbeiten

In den vergangenen Jahren wurden einige Hardware-basierte Konzepte zur Verbesserung der Interaktion in Desktop-VR Umgebungen vorgestellt. Das Heinrich-Hertz-Institut hat 2000 eine Kombination aus AS Display und Trackingsystem zur Bestimmung der Kopfposition und Blickrichtung vorgestellt [LPSH00]. Ähnliche Ansätze zur Unterstützung natürlicher Interaktion haben Trackingkonzepte auf Basis magnetischer Felder oder optische Lösungen präsentiert [vB02]. In diesen Arbeiten wurden in erster Linie Techniken zum Tracking vorgestellt und das eigentliche Potential für die Interaktion vernachlässigt. In den vergangenen Jahren sind einige Softwaretools vorgestellt worden, die 2D grafische Oberflächen zu so genannten *3D Desktops* erweitern [BKLP04]. Durch den dreidimensionalen Raum wird dem Anwender mehr Platz zur Anordnung der Fenster auf dem Desktop zur Verfügung gestellt. Obwohl die 3D Darstellung des 2D GUI eine ansprechende Visualisierung erlaubt, ist nicht untersucht worden, inwiefern dies eine verbesserte Interaktion ermöglicht.

Aufgrund der fehlenden Möglichkeit zur simultanen Darstellung mono- sowie stereoskopischer Inhalte waren bisherige Forschungsarbeiten auf die Verbesserung der Interaktion entweder mit 2D oder 3D Inhalten fokussiert, während die Kombination beider Welten meist ignoriert wurde. Einige VR-basierte Ansätze haben sogenannte *hybride* Schnittstellen betrachtet, welche 2D und 3D Interaktion über unterschiedliche Eingabe- und Displaytechnologien umgesetzt haben. Benko et al. haben Techniken vorgestellt, um auf einer Projektionswand monoskopisch dargestellte Objekte zu greifen und diese dann stereoskopisch auf einem *See-Through HMD* darzustellen [BIF05]. Allerdings ist dazu weiterhin eine entsprechende Instrumentierung des Benutzers notwendig.

In dieser Arbeit geht es weder darum, die Gültigkeit von Desktop Umgebungen noch die Vorteile von VR Systemen in Frage zu stellen, sondern aufzuzeigen inwiefern beide Ansätze kombiniert werden können, um optimale Benutzerschnittstellen zu bereitstellen.

3 Framework zur Simultanen Mono- und Stereoskopischen Darstellung

In diesem Abschnitt fassen wir die Umsetzung des Interskopischen User Interface Frameworks zusammen [SRBH07]. Der vorgestellte Prototyp operiert auf dem Windows Betriebssystem, die Konzepte lassen sich jedoch auf praktisch alle aktuellen Desktop-basierten Betriebssysteme übertragen. Es werden beliebige 3D Anwendungen auf Basis von OpenGL oder DirectX unterstützt. Um die gleichzeitige mono- und stereoskopische Darstellung von 2D und 3D Inhalten zu unterstützen, müssen die 2D Inhalte adaptiert werden und für die 3D Inhalte die beiden Stereo-Halbbilder für linkes und rechtes Auge erzeugt werden. Dazu werden zunächst die 2D- von den 3D-Inhalten getrennt. Unser Framework operiert als Layer zwischen den 3D Rendering-Anwendungen und dem 2D Betriebssystem.

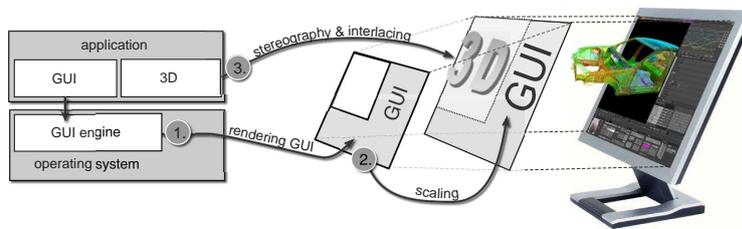


Abbildung 1: Darstellung des interskopischen Benutzerschnittstellen Frameworks zur gleichzeitigen Darstellung von 2D- und 3D-Inhalten.

3.1 Aufbereitung der 2D Darstellung

Um eine korrekte Darstellung zweidimensionaler Inhalte auf einem AS Display, z.B. auf Basis eines Lentikularraster, zu ermöglichen, muss die 2D Inhalte entsprechend angepasst werden. Die Adaptierung für *vertikal-interlaced* AS Monitore wird im Folgenden beschrieben [Dod05]. Solche Displays haben ein vertikal orientiertes Prismenraster vor dem LCD Panel. Das Prismenraster sorgt für eine Aufspaltung der Darstellung in der Form, dass das linke Halbbild, welches in den geraden Spalten dargestellt wird, an der Raumposition des linken Auges zu sehen ist, während das rechte Halbbild, welches in den ungeraden Spalten visualisiert wird, zum rechten Auge gelenkt wird. In der Regel wird dieselbe Szene für beide Augen, allerdings mit horizontaler Disparität dargestellt, so dass sich ein stereoskopischer Eindruck einstellt. Um auch 2D Informationen auf einem AS Display darzustellen, muss dafür gesorgt werden, dass beide Augen nahezu dieselbe Information sehen. Falls beide Halbbilder übereinstimmen, der Benutzer also mit beiden Augen die gleiche Informationen wahrnimmt, erscheint das Halbbild flach in die Projektionsebene eingebettet [Bou99]. Um diesen Effekt auf *vertikal-interlaced* AS Displays zu erreichen, kann das 2D Bild zunächst mit halber Auflösung gerendert und dann auf gerade und ungerade Spalten hochskaliert werden (siehe Abbildung 1 (Schritt 2)). Diese Skalierung gewährleistet, dass beide Augen die gleiche Information sehen. Zur Unterstützung anderer AS Displays, welche z.B. Subpixel-basierte Darstellungen verwenden [Dod05], muss der Inhalt entsprechend der Struktur des Linsenrasters angepasst werden.

Auflösung / Interpolation	Evaluierungsergebnis
800 × 600	4.0
1024 × 768 bilinear	3.24
1024 × 768 bicubic	3.26
1280 × 960 bilinear	1.92
1280 × 960 bicubic	1.71
1600 × 1200	1.0

Tabelle 1: ASD Einstellungen für die Evaluierung der Leseaufgabe.

Das Betriebssystem muss die grafische Oberfläche mit einer geringeren Auflösung als der nativen Auflösung des AS Displays rendern. Um zu gewährleisten, dass beide Augen die gleiche Information sehen, wird dazu die Hälfte der nativen Auflösung gewählt. Wir haben eine vorläufige Benutzerstudie durchgeführt, um zu überprüfen, ob auch höhere Auflösungen verwendet werden können. Falls die Auflösung des virtuellen Displays größer ist als die Hälfte der nativen Auflösung, wird nach einer entsprechenden Skalierung mit beiden Augen keine identische Information mehr wahrgenommen. Solange der Bildunterschied allerdings nur marginal ist, lassen sich 2D Darstellungen trotzdem komfortabel wahrnehmen. Wir haben unterschiedliche Leseaufgaben auf einem AS Display mit verschiedenen Auflösungen für das virtuelle Display getestet. Außerdem haben wir verschiedene Interpolationstechniken bei der Skalierung verwendet, d.h. bilinear und bikubisch. Die Benutzer bewerteten die Qualität, Lesbarkeit, Augenbelastung und weitere Merkmale auf einer 5-Punkt *Likert-Skala*, wobei 1 einem negativen und 5 einem positiven Eindruck entsprach. Wie erwartet zeigte sich die schlechteste Lesbarkeit für die native 1600×1200 Auflösung des verwendeten AS Displays und die beste Darstellungsqualität für die (horizontal und vertikal) halbierte 800×600 Auflösung. Trotzdem haben wir uns für die 1024×768 Auflösung des virtuellen Displays und somit für die entsprechende Auflösung der 2D-Informationen entschieden, da bei der Verwendung der 800×600 Auflösung der Windows Desktop zu klein erscheint und der Qualitätsunterschied bei der Darstellung zu vernachlässigen ist. Da die bikubische Interpolation trotz deutlich höherem Rechenaufwand nur geringfügig bessere Ergebnisse erzielt hat, verwenden wir die bilineare Interpolation. Damit das Windows Betriebssystem ein zusätzliches Display mit der notwendigen Auflösung zur Verfügung mussten wir einen entsprechenden Displaytreiber entwickeln.

Der Prozess zur Aufbereitung von 2D Information ist in Abbildung 1 (Schritt 1 und 2) dargestellt. Für eine ausreichende Lesbarkeit auf dem AS Display wird die 2D Information mit einer entsprechenden Auflösung in das virtuelle Display gerendert (Schritt 1). Danach wird der Inhalt des virtuellen Displays entsprechend skaliert (Schritt 2). Im Fall von nicht *vertikal-interlaced* Monitoren kann nicht die beschriebene Skalierung verwendet werden, stattdessen muss die Darstellung gemäß dem Linsenraster angepasst werden.

3.2 Erstellung Stereoskopischer Bilder

Da nur wenige 3D Anwendungen nativ eine stereoskopische Darstellung auf bestimmten AS Displays erlauben, müssen die 3D Information in den meisten Fällen ebenfalls entsprechend angepasst werden. Zu diesem Zweck haben wir zwei verschiedene Verfahren implementiert. Im ersten Ansatz werden alle OpenGL Funktionsaufrufe für eine virtuelle Szene abgefangen, gespeichert und danach zweimal aufgerufen, d.h. für jedes Auge einmal. Alternativ lassen sich *Image Warping* Techniken zur Rekonstruktion von stereoskopischen Effekten durch Reprojektion der monoskopischen Bilder anhand ihrer Tiefenbilder (falls diese im Tiefenbuffer vorliegen) verwenden [Mar99]. Problematisch wirken sich dabei Szenen aus, bei denen Ebenen nahezu orthogonal zur Bildelebene verlaufen, da hier-

4 Konzepte für Interskopische Interaktion

Desktop-basierte Systeme haben sich in vielen Anwendungsgebieten für sowohl 2D als auch 3D Interaktion durchgesetzt. VR Systeme haben verdeutlicht, dass sie in bestimmten Bereichen die Analyse von und Interaktion mit komplexen Daten deutlich verbessern können. In diesem Abschnitt präsentieren wir Techniken, die den Benutzer während der Interaktion unterstützen. Diese Konzepte sind auf Basis des Software Frameworks (Kapitel 3) umgesetzt.

Um intuitive und natürliche Interaktionen als Kombination aus Desktop- und VR-basierter Interaktion bereitzustellen, haben wir verschiedene Paradigmen für das Design der interskopischen Benutzerschnittstelle formuliert. Zunächst sollen 2D Aufgaben auch in 2D dargestellt und umgesetzt werden. Tiefeninformationen und deren Darstellung werden nur dann verwendet, wenn sie notwendig sind oder wenn sie den Benutzer bei der Interaktion unterstützen. Insbesondere bedeutet dies, dass 2D Fenster zur Bildebene ausgerichtet bleiben. Interaktionselemente der grafischen Oberfläche, beispielsweise Buttons und Sliders, sollten zur Benutzerführung hervorgehoben werden. Darüber hinaus soll die Aufmerksamkeit des Benutzers auf relevante Aufgaben und auf wichtige Systeminformationen fokussiert werden.

4.1 Visuelle Erweiterungen

4.1.1 Tiefenanordnung mehrerer Fenster

Bei der Interaktion mit einer aus mehreren Fenstern bestehenden Anwendung oder bei mehreren Anwendungen gleichzeitig, werden auf dem Desktop zahlreiche Fenster dargestellt, die sich teilweise oder vollständig überlappen. *3D Desktops-Replacements* [RvDR⁺00, AB06] ordnen diese Fenster dreidimensional auf dem Desktop an, um mehr Platz zur Verfügung bereitzustellen zu können. Die Fenster werden dabei z.B. frei ausgerichtet, auf einer Kugel oder hintereinander angeordnet.

Im Gegensatz dazu richten wir die Fenster immer parallel zur Bildebene aus um eine hinreichend gute Lesbarkeit der Fensterinhalte zu gewährleisten. Die Fenster besitzen eine vom System oder der Anwendung zugewiesene Priorität hinsichtlich der Reihenfolge, in der sie dargestellt werden. Der Benutzer kann diese Priorität implizit festlegen; je länger ein Fenster nicht im Fokus war, desto geringer wird seine Priorität. In unserem Framework wird diese Priorität verwendet um jedem Fenster eine Tiefe für die stereoskopische Darstellung zuzuweisen, wobei das Fenster aktive Fenster dem Benutzer immer am nächsten erscheint. Darüber hinaus haben wir den Fenstern Schatten hinzugefügt, die einen weiteren Tiefenhinweis geben.

Abbildung 3 zeigt eine interskopische grafische Oberfläche in Anaglyphendarstellung mit mehreren mono- und stereoskopischen Fenstern, die je nach Priorität in verschiedenen Tiefen angeordnet sind.

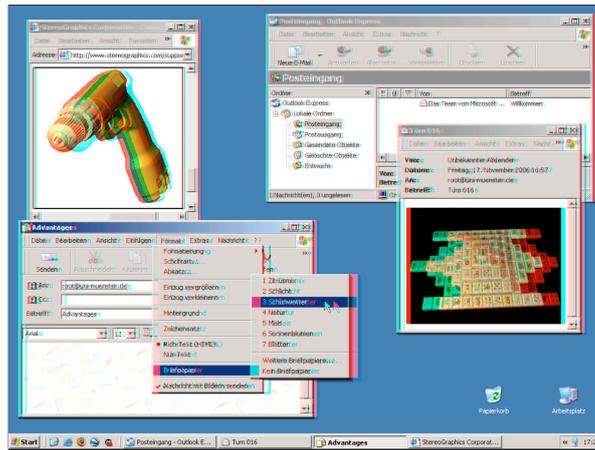


Abbildung 3: Interskopisches User Interface mit mehreren mono- und stereoskopischen Fenstern verschiedener Tiefen. Das Bild ist für Rot-Cyan Anaglyphen dargestellt.

Neben der automatischen Tiefenzuweisung der Fenster hat der Benutzer die Möglichkeit, die Tiefe jedes Fensters manuell beispielsweise unter Verwendung des Mausekursors zu verändern. Dies kann z.B. genutzt werden, um den Inhalt eines auf dem Bildschirm dargestellten Fensters zu untersuchen. In gewöhnlichen 2D Desktopumgebungen könnte der Benutzer den Kopf näher zum Bildschirm bewegen, um den Inhalt eines Fensters genauer betrachten. Wie bereits in Kapitel 1 erwähnt, ist dies bei AS Displays allerdings nur eingeschränkt möglich, da der Benutzer im *sweet spot* bleiben muss, um ein korrektes stereoskopisches Bild ohne Interferenzen sehen zu können.

Alternativ können auch alle Fenster derselben Anwendung mit der gleichen Tiefe dargestellt werden. Eine derartige Darstellung unterstützt den Benutzer, insbesondere wenn mehrere Anwendungen bestehend aus mehreren Fenstern simultan verwendet werden.

4.1.2 3D GUI Elemente

Für eine intuitive grafische Oberfläche ist die Verwendung von *Affordances*, z.B. Button oder Slider, essenziell, die dem Benutzer zeigen, wie mit diesen Objekten zu interagieren ist [Shn97]. Wir erweitern diese bereits existierenden Konzepte der Benutzerführung durch interskopische Strategien. Diverse GUI Objekte haben bereits in 2D eine dreidimensionale Erscheinung, z.B. Buttons aufgrund von Rändern und Schatten. Diese Objekte haben wir analog wie in Abschnitt 4.1.1 beschrieben durch die Verwendung stereoskopischer Darstellungen zusätzlich hervor. Buttons erscheinen dann als 3D Objekte, die aus der Bildschirmfläche herausragen und dem Benutzer visualisieren, dass sie angeklickt werden können. Wenn der Benutzer den Mauscursor über die Region eines solchen Interaktionselements bewegt, wird der Mauscursor ebenfalls stereoskopisch mit der Tiefe des darunterliegenden GUI Objekts dargestellt (vgl. Kapitel 4.2.1).

4.1.3 Fensterübergreifende Stereoskopische Objekte

Derzeitige Stereo-im-Fenster Lösungen (engl. *stereo-in-a-window*), die auf zeit-sequentieller Stereographie basieren, haben den Nachteil, dass stereoskopische Inhalte, die über die Fensterausmaße hinausragen, an den Fensterrändern abgeschnitten werden und somit den Stereoeffekt erheblich stören. Mit unserem Framework können wir dreidimensionale Inhalte anhand von OpenGL Display-Listen isolieren und die Information überall auf dem GUI monoskopisch oder stereoskopisch darstellen. Dies ist möglich, da wir jedes Pixel der grafischen Oberfläche einzeln kontrollieren können. Damit sind wir in der Lage stereoskopische Fenster zu visualisieren, deren 3D Inhalte die vorgegebenen Fensterränder überragen. Um diesen Effekt noch zu verstärken visualisieren wir Schatten auf den monoskopischen Bereichen, die unter den stereoskopischen Objekten liegen.

4.2 Interskopische Interaktionen

In diesem Abschnitt führen wir interskopische Interaktionstechniken ein, die den Benutzer bei der Interaktion mit mono- und stereoskopischen Inhalten unterstützen. Verschiedene Arbeiten haben gezeigt, dass die Verwendung von 3D Interaktionsparadigmen für inhärent zweidimensionale Interaktionsaufgaben nachteilig ist [CSH⁺92, HW97]. Je mehr Freiheitsgrade der Benutzer gleichzeitig kontrollieren kann oder muss, desto höher ist der kognitive Aufwand. Deshalb schränken wir die Interaktionen mit stereoskopisch dargestellten Objekten derart ein, dass sie zweidimensionalen Abläufen ähneln.

4.2.1 3D Stereo-Cursor

Ein oft genannter Nachteil bei der Interaktion mit stereoskopischen Objekten unter Verwendung Desktop-basierter Interaktionsparadigmen ist die monoskopische Darstellung des Mausursors, die die Wahrnehmung der stereoskopischen Szene erheblich stört. Daher stellen wir einen *3D Stereo-Cursor* bereit, der sowohl über 3D Objekte in stereoskopischen Fenstern als auch über dreidimensionale GUI Elemente erscheint. Durch die Bewegung des Cursors über die Oberfläche dreidimensionaler Objekte erhält der Benutzer einen zusätzlichen Hinweis über die Tiefe der Objekte. Alternativ können wir den Cursor immer auf der Bildebene visualisieren. Im Unterschied zu gewöhnlichen Desktopumgebungen wird der Mauscursor unsichtbar, wenn er von einem stereoskopischen Objekt verdeckt wird, welches aus der Bildebene herausragt (siehe Abbildung 5 (b)). Die Wahrnehmung stereoskopischer Objekte wird somit nicht durch den Mauscursor gestört.

4.2.2 Monoskopische Interaktionslinse

Viele Anwendungen stellen 2D Interaktionskonzepte zur Verfügung, die speziell für die Verwendung von 2D Interaktionsparadigmen entwickelt wurden. Ein Beispiel dafür sind 3D Widgets [CSH⁺92], die bei 3D-Interaktionen die Anzahl der simultan manipulierten

Freiheitsgrade reduzieren. Da diese Strategien für 2D Manipulationen und monoskopische Darstellungen optimiert sind, haben wir eine *monoskopische Interaktionslinse* entwickelt, durch die 2D Interaktionen durchgeführt werden können, ohne dass der stereoskopische Gesamteindruck verloren geht. Dazu fügen wir an der Position des Mausursors eine spezielle Linse ein. Der Inhalt dieser beliebig geformten Linse wird auf die zweidimensionale Ebene projiziert. Durch die monoskopische Linse können 2D Interaktionen in der gleichen Weise durchgeführt werden wie in gewöhnlichen Desktop Umgebungen. Dies kann genutzt werden, um Text auf einem stereoskopischen Objekt zu lesen oder um mit 3D Widgets zu interagieren.

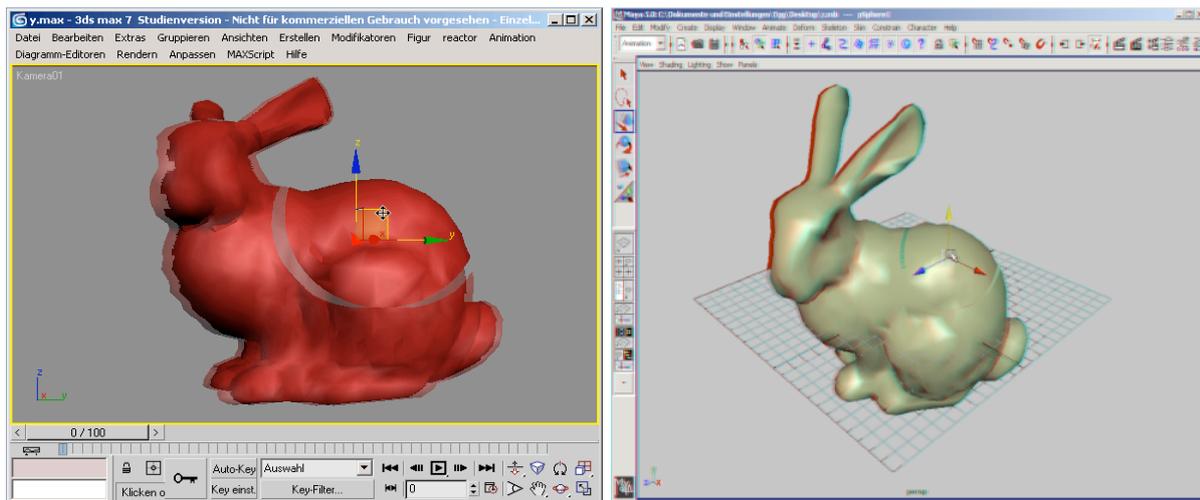


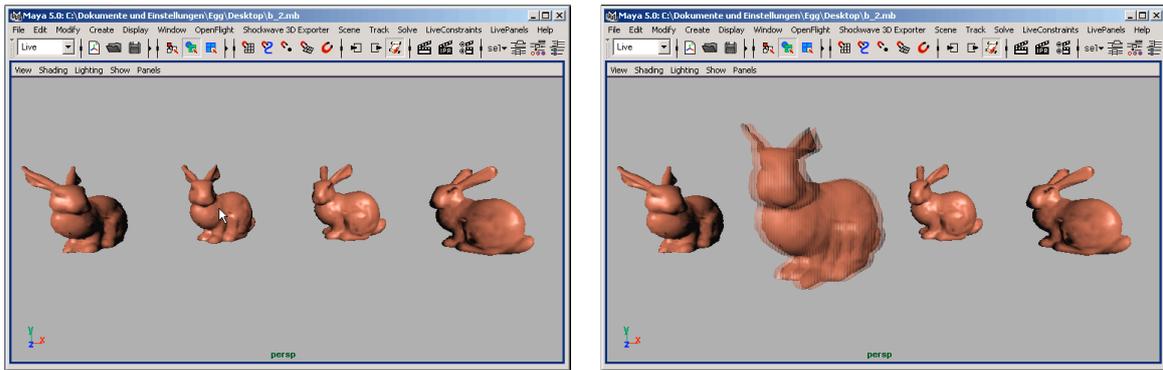
Abbildung 4: Monoskopische Interaktionslinse in (links) 3D Studio Max und (rechts) Cinema 4D.

Abbildung 4 zeigt eine monoskopische Interaktionslinse zur Bedienung eines 3D Translationswidgets in (links) 3D Studio Max und (rechts) Cinema 4D. Der Inhalt der scheibenförmigen Linse um den Mauscursor wird monoskopisch dargestellt, wohingegen das übrige 3D Modell stereoskopisch angezeigt wird.

4.2.3 Stereoskopische Interaktionslinse

Der inverse Ansatz zur monoskopischen Interaktionslinse aus dem vorigen Abschnitt ist der, lediglich einzelne Objekte innerhalb einer virtuellen Szene stereoskopisch darzustellen. Wir haben eine stereoskopische Interaktionslinse entworfen, bei der der Benutzer durch Mausklick ein beliebiges 3D Objekt stereoskopisch rendern kann, während die anderen Objekte im selben Fenster weiterhin monoskopisch bleiben.

Abbildung 5 (a) zeigt eine Maya Szene mit vier 3D Objekten, die alle monoskopisch dargestellt sind. Nachdem der Benutzer das zweite Objekt von links ausgewählt hat, wird dies stereoskopisch gerendert.



(a)

(b)

Abbildung 5: 3D Maya Szene mit (a) vier monoskopisch dargestellten Objekten und (b) einem ausgewählten stereoskopisch angezeigten Objekt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit haben wir interskopische Interaktionskonzepte für Desktop-VR Systeme auf Basis von AS Displays vorgestellt und technische Aspekte des implementierten Frameworks beschrieben. Die vorgeschlagenen Strategien besitzen das Potential von Benutzern als neue Paradigmen für Benutzerschnittstellen sowohl für spezielle Aufgaben als auch für gewöhnliche Desktop-basierte Interaktionen akzeptiert zu werden, insbesondere wenn gleichzeitige mit mono- und stereoskopischen Inhalten interagiert werden soll.

Obwohl wir keine statistisch ausgewertete Benutzerstudie für die interskopischen Interaktionskonzepte durchgeführt haben, ist unseren Prototyp an verschiedenen Testpersonen evaluiert worden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Testpersonen motiviert sind, das beschriebene System zu verwenden, vor allem weil es ohne Instrumentierung intuitiv und angenehm zu bedienen ist. Im Besonderen wird die Fensteranordnung mit unterschiedlicher Tiefe als sehr hilfreich empfunden. Die monoskopische Interaktionsline hat sich als sehr nützlich erwiesen, da die Testpersonen vertraute 2D Interaktionen via 3D Widgets in stereoskopisch dargestellten Szenen einsetzen konnten.

Derzeit werden die Konzepte von einem Hersteller von autostereoskopischen Displays vertrieben. Zukünftig werden wir eine Benutzerstudie durchführen bei der die Effizienz der beschriebenen Konzepte mit derer gewöhnlicher Systeme verglichen wird, z.B. im Bereich der 3D Modellierung. Wir werden weitere Funktionalitäten und visuelle Erweiterungen integrieren, die zusätzliche stereoskopische und optional physikalisch basierte Bewegungseffekte verwenden.

Literatur

- [AB06] AGARAWALA, A. und R. BALAKRISHNAN: *Keepin' It Real: Pushing the Desktop Metaphor with Physics, Piles and the Pen*. In: *Proceedings of the SIGCHI confe-*

rence on *Human Factors in computing systems*, Seiten 1283–1292, 2006.

- [BIF05] BENKO, H., E. W. ISHAK und S. FEINER: *Cross-Dimensional Gestural Interaction Techniques for Hybrid Immersive Environments*. In: *Proceedings of the Virtual Reality*, Seiten 209–216. IEEE, 2005.
- [BKLP04] BOWMAN, D., E. KRUIJFF, J. LAVIOLA und I. POUPYREV: *3D User Interfaces: Theory and Practice*. Addison-Wesley, 2004.
- [Bou99] BOURKE, P.: *Calculating Stereo Pairs* (<http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/stereographics/stereorender/>), 1999.
- [CSH⁺92] CONNER, D. B., S. C. SNIBBE, K. P. HERNDON, D. C. ROBBINS, R. C ZELEZNIK und A. VAN DAM: *Three-Dimensional Widgets*. In: *Symposium on Interactive 3D Graphics*, 1992.
- [Dod05] DODGSON, N. A.: *Autostereoscopic 3D Displays*. In: *Computer*, Band 38, Seiten 31–36, 2005.
- [HW97] HANSON, A. J. und E. WERNERT: *Constrained 3D Navigation with 2D Controllers*. In: *Proceedings of Visualization '97*, Seiten 175–182. IEEE Computer Society Press, 1997.
- [LPSH00] LIU, J., S. PASTOOR, K. SEIFERT und J. HURTIENNE: *Three Dimensional PC toward novel Forms of Human-Computer Interaction*. In: *Three-Dimensional Video and Display Devices and Systems SPIE*, 2000.
- [Mar99] MARK, W. R.: *Post-Rendering 3D Image Warping: Visibility, Reconstruction, and Performance for Depth-Image Warping*. Doktorarbeit, University of North Carolina at Chapel Hill, 1999.
- [RvDR⁺00] ROBERTSON, G., M. VAN DANTZICH, D. ROBBINS, M. CZERWINSKI, K. HINCKLEY, K. RISDEN, D. THIEL und V. GOROKHOVSKY: *The Task Gallery: A 3D Window Manager*. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Seiten 494–501, 2000.
- [Shn97] SHNEIDERMAN, B.: *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Addison-Wesley, 1997.
- [SRBH07] STEINICKE, F., T. ROPINSKI, G. BRUDER und K. HINRICHS: *Interscopic User Interface Concepts for Fish Tank Virtual Reality Systems*. In: *Proceedings of the Virtual Reality*, Seiten 27–34. IEEE, 2007.
- [vB02] BERKEL, C. VAN: *Touchless Display Interaction*. In: *SID 02 DIGEST*, 2002.