

Benutzerindividuelle, tragbare Geruchsausgabe in Virtuellen Umgebungen

Sonja Haselhoff, Steffi Beckhaus

Vogt-Kölln-Str. 30

Universität Hamburg

22527 Hamburg

Tel.: +49 (0)40 42883 2427

E-Mail: imve@informatik.uni-hamburg.de

Zusammenfassung: In dieser Arbeit wurde ein tragbares, funkgesteuertes olfaktorisches Ausgabegeräte, der Sniffman, für den mobilen Einsatz in VR Umgebungen adaptiert, um den Einsatz von Gerüchen in virtuellen Umgebungen zu ermöglichen und zu testen. Gleichzeitig wurden zur Einbindung beliebiger olfaktorischer Ausgabegeräte die Systemvoraussetzungen zur Integration von Geruch in klassische VR-Welt Beschreibungen untersucht und in einem geräteunabhängigen Softwaresystem beschrieben. Analog zu den Head-Mounted *Visual Displays* (HMDs), ist es nun möglich, auf Basis einer Beschreibung der VR-Welt, mehrere Benutzer, die sich frei im Raum bewegen können, personenbezogen mit unterschiedlichen Gerüchen zu versorgen. Das System hängt um den Hals und kann alleine, in Kombination mit HMDs oder in projektionsbasierten Systemen eingesetzt werden. Erste Ergebnisse zur Funktionalität des Systems und der Wirkungen von Olfaktorik wurden in zwei Benutzerstudien untersucht.

Stichworte: Olfaktorisches Display, Virtual Environments

1 Einleitung

Mit virtueller Realität (VR) wird versucht, realitätsnahe computergesteuerte Welten zu erschaffen, die der Benutzer möglicherweise als Substitut zur der realen Welt akzeptieren kann. Bisher liegt der Schwerpunkt dabei auf der visuellen, in geringerem Maße auch auf der auditiven und haptischen Wahrnehmung. Jedoch nutzen wir für die Wahrnehmung unserer Umgebung zu jeder Zeit alle Sinne gleichzeitig. Besonders der Geruchssinn hat einen großen Einfluss auf Emotionen, Aufmerksamkeit und das Gedächtnis. So bietet es sich an, auch virtuelle Welten durch Geruchsinformationen zu erweitern.

Der Geruchssinn ist in der VR bisher stark vernachlässigt worden. Dafür gibt es verschiedene Gründe. Zum Beispiel gibt es keine Möglichkeit, Gerüche aus einzelnen Komponenten zusammen-

zustellen. Komplexe Gerüche haben bis zu 1000 Komponenten mit teilweise sehr geringem Mengenanteil [Ohl90]. Rosenduft ist beispielsweise aus weit über 100 Komponenten zusammengesetzt. Dabei hat erst die Entdeckung eines Bestandteils mit nur 0,14% Anteil an der Gesamtzusammensetzung dazu geführt, dass Rosenöl synthetisch herstellbar wurde. Solche Gemische können nicht in Echtzeit generiert werden. Deshalb werden vorgefertigte Gerüche für ein olfaktorisches Display eingesetzt.

Ein weiterer Grund für die Vernachlässigung olfaktorischer Ausgaben in VR Welten ist das Fehlen von geeigneten Ausgabegeräten für Gerüche. Viele Ausgabegeräte, beispielsweise Gel Dispenser und Raumssprays, geben Gerüche nur unkontrolliert an die Raumluft ab. Bei anderen, in der Forschung eingesetzten Geräten erfolgt die Geruchsausgabe über ein Röhrchen, das sich in der Nase des Benutzers befindet. So wird der Geruch zwar gezielt in die Nase des Benutzers ausgegeben, aber die Handhabung eines solchen Gerätes ist für den Benutzer sehr unkomfortabel.

Wünschenswert für Anwendungen der virtuellen und augmentierten Realität wäre ein Gerät, das größtmögliche Bewegungsfreiheit des Benutzers zulässt, viele verschiedene der vorgefertigten Gerüche aufnehmen kann und verschiedene Benutzer gleichzeitig mit gezieltem Geruch versorgen kann. Mit der Existenz eines solchen Gerätes müssen dann auch die Systemvoraussetzungen zur Integration von Geruch in klassische VR-Welt Beschreibungen geschaffen werden. Ebenso wie auch bei 3D Audio müssen dazu die perzeptuellen Wirkungen und Möglichkeiten der Olfaktorik berücksichtigt und teilweise noch erforscht werden.

In diesem Artikel wird ein System beschrieben, das ein tragbares olfaktorisches Ausgabegerät in virtuelle Welten integriert. Verschiedene sich mit Olfaktorik beschäftigende Arbeiten aus unterschiedlichen Anwendungsgebieten werden in Abschnitt 2 beschrieben. Abschnitt 3 führt dann ein Gerät ein, den sogenannten "Sniffman" der Firma Ruetz Technologies [Rue], das in dieser Arbeit für den mobilen Einsatz in VR Umgebungen adaptiert wurde. Der "Sniffman" wird um den Hals getragen, ist funkgesteuert und ermöglicht somit freie Bewegung im Raum und individuelle Geruchsausgabe für verschiedene Benutzer. Das zur Anbindung allgemeiner olfaktorischer Ausgabegeräte entwickelte Softwaresystem, beschrieben in Abschnitt 4, verwaltet Geruchsinformationen in virtuellen Welten und bietet eine sinnvolle Umwandlung dieser Informationen zu Ausgabegerüchen. Das System wird dann in zwei Benutzerstudien in Abschnitt 5 überprüft. Der Artikel endet mit einer Diskussion in Abschnitt 6 und einem Fazit in Abschnitt 7.

2 Bisherige Arbeiten

Ein erster Versuch, Gerüche gezielt zu verwenden, ist Morton Heilig's "Sensorama" (1962). Er verfolgte damit die Idee, ein neues "experience theater" zu schaffen [Hei62]. Dabei wurden multimodale Filme durch Gerüche untermalt. Ein anderes Beispiel aus dem Entertainmentbereich ist

McCarthy's "Smellitzer" als Teil der Spaceship Earth Installation in Disney's EPCOT Center. Zu Forschungszwecken wurden Anwendungen sowohl zur Reproduktion als auch zur Erkennung von Gerüchen entwickelt. Mit dem Ziel, Geruch zu erkennen und dann zu reproduzieren, haben Davide et al. [DHL01] "elektronische Nasen" diskutiert und Nakamoto und Hiramatsu [TN02] Geruchssensoren entwickelt. Kaye [Kay04] baute verschiedene computergesteuerte, olfaktorische Schnittstellen, mit denen jeweils ein einzelner Geruch ausgegeben werden kann. Die Geräte sind stationär und geben ungezielt Raumduft ab. Cater [Cat94] entwickelte ein mobiles olfaktorisches Display für Trainingssimulationen der Feuerwehr. Dieses Gerät gibt Gerüche über eine Gesichtsmaske ab und stellt mit seiner Größe eine Behinderung für den normalen Benutzer in einer VR-Welt dar. Brewster [BMM06] entwarf eine olfaktorische Unterstützung für die Suche in elektronischen Fotoalben, die die Verknüpfung von Gerüchen mit dem Erinnerungsvermögen ausnutzt. Dieses Gerät kann jedoch nur für den stationären Einsatz verwendet werden.

Als für VR geeignetes Ausgabegerät, haben Yanagida et al. [YKN⁺04] die "air cannon" entwickelt, ein olfaktorisches Display mit "nose tracking". Dafür benutzen sie eine stationäre "Geruchskanone", mit der ein Geruch gezielt in Richtung der Nase des Benutzers ausgegeben wird. Der Kopf des Benutzers kann sich frei bewegen, allerdings muss das Gesicht immer der Kanone zugewandt sein und im Ausgaberradius der Kanone bleiben. Dem Benutzer kann keinen Geruch präsentiert werden, wenn er seitlich oder mit dem Rücken zur Geruchskanone steht.

Die hier beschriebenen existierenden Geräte sind als olfaktorische Ausgabegeräte für die räumliche Erkundung von virtuellen Welten, für Head-Mounted Displays (HMDs) und projektionsbasierte Displays nur bedingt geeignet. Sie erlauben entweder nur eine stationäre Ausgabe, können nur einzelne Gerüche ausgeben, benutzen Masken oder beschränken den Benutzer stark in der Bewegungsfreiheit.

3 Der Sniffman

Für die Integration eines frei bewegbaren, individuellen olfaktorischen Ausgabegerätes in virtuelle Welten wird der Sniffman der Firma Ruetz Technology als Ausgabegerät adaptiert [Rue]. Der Sniffman wurde ursprünglich für den Einsatz im Duftkino entwickelt. Das in Abbildung 1 gezeigte Gerät wird um den Hals getragen, ist klein, leicht und behindert den Benutzer nicht. Im bedufteten Kino hat jeder Benutzer ein eigenes Gerät umhängen, sitzt aber selber fest an einer Position. Durch die Funksteuerung kann sich der Benutzer jedoch theoretisch ohne Einschränkung frei im Raum bewegen. Ebenso lassen sich mittels verschiedener Funkkreise mehrere Benutzer unterschiedlich ansprechen.

Dieses Potential wird in dieser Arbeit genutzt, um den Sniffman als olfaktorisches Ausgabegerät für VR einzusetzen. Die Funksignale des Sniffman werden von einer Servicestation generiert,



Abbildung 1: Sniffman

die über die serielle Schnittstelle an den Computer angeschlossen wird. Die Reichweite der Funkübertragung beträgt etwa 30 m. So kann der Sniffman auch in größeren VR-Installationen als Geruchsausgabegerät verwendet werden. Über die Servicestation können bis zu sechs verschiedene Sniffman individuell angesteuert werden, so dass auch mehrere Benutzer gleichzeitig in einer virtuellen Welt die für ihre Position relevanten Gerüche wahrnehmen können.

Mit dem Sniffman ist es möglich, bis zu 32 verschiedene Gerüche in unterschiedlichen Konzentrationen und Zeitintervallen auszugeben. Die verschiedenen Gerüche befinden sich in den Düsen eines Duftchips (siehe Abbildung 2), der nach Bedarf individuell befüllt werden kann. Der Vorrat einer Duftkammer reicht für eine Geruchsausgabe von etwa 1000 Sekunden aus. Es können die meisten flüssigen Parfümöle verwendet werden, die aus IFRA gelisteten Grundsubstanzen hergestellt wurden.

Die Geruchsabgabe des Sniffmans erfolgt über einen elektronischen Hitzeverdunster. Der Duftstoff wird aus der Düse mit Hilfe eines Piezoelementes tropfenweise ausgestossen und auf einem Heizer verdampft. Mittels der Wärme des Heizers und der Körpertemperatur steigt der Geruch durch den Ausgabekanal nach oben und wird in Richtung der Nase befördert.

Die Ansteuerung der Düsen geschieht über 15-Byte-Telegramme. Diese enthalten unter anderem Informationen über die Konzentration des Geruchs und die Ausgabezeit. Die Telegramme müssen speziell für den Sniffman auf Basis aktueller geforderter Geruchsinformationen generiert und an den Sniffman übertragen werden. Die Erstellung einer Liste von Geruchsinformationen und die Zuordnung von Geruch in einer VR Welt wird im nächsten Abschnitt beschrieben. Die Sniffman-spezifischen Ausgabediagramme und ihre Generierung sind in Haselhoff [Has06] näher erläutert.

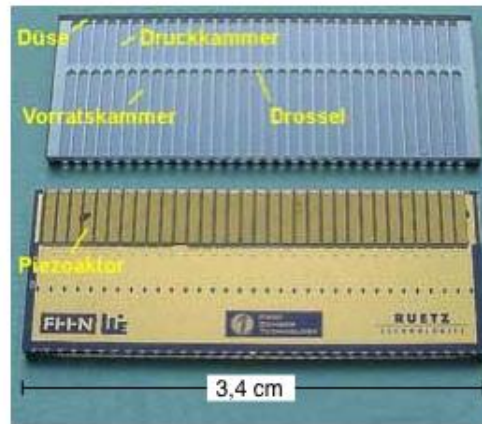


Abbildung 2: Duftchip

4 Systemdesign

Um Gerüche in virtuellen Welten zu nutzen, müssen Geruchsinformationen in die Beschreibung der Welt integriert werden. In dem hier beschriebenen System übernimmt die *3D-Geruchsverwaltung* diese Aufgabe. Dort werden alle in der Welt vorhandenen Gerüche in eine Geruchsliste eingetragen und gegebenenfalls bei Veränderungen während der Laufzeit angepasst. Die *3D-Geruchsverwaltung* wird für verschiedene virtuelle Welten angepasst und übergibt die in der Welt existierenden Geruchsinformationen an die *Ausgabegeruchsberechnung*. Dort werden die Geruchsinformationen in Abhängigkeit von der Position des Benutzers in der Welt und gemäß den physiologischen Voraussetzungen des Geruchssinnes zu aktuellen relevanten Ausgabegerüchen umgewandelt und in die Ausgabeliste eingetragen. Aus dieser Liste werden in der geräteabhängigen *Ausgabesteuerung* die Steuerdaten nach den Vorgaben des Ausgabegerätes berechnet und an das Gerät übertragen.

4.1 3D-Geruchsverwaltung

Die Gerüche in einer VR-Welt werden zum Aufbau eines Geruchsfeldes an bestimmten Stellen in einer normalerweise dreidimensionalen Welt positioniert. Dazu muss der Name des Geruchs, die Position der Quelle und die Konzentration an der Quelle angegeben sein. Es gibt zwei Möglichkeiten, diese Information zuzuordnen. Erstens kann jedem Objekt in der Welt Geruch als Eigenschaft hinzugefügt werden, wobei die Quelle des Geruchs dabei automatisch der Position des Objektes entsprechen würde. Jedoch könnten so keine Umgebungsgerüche ohne zugehöriges Objekt in die Welt integriert werden. Außerdem können bei großen Objekten keine Teile mit Geruch versehen werden, sondern nur das ganze Objekt.

Die zweite Möglichkeit ist, Geruch als eigenständiges Objekt zu definieren. Dazu muß man

zwar zusätzliche Objekte definieren, erhält aber auch eine größere Flexibilität in der Gestaltung der Geruchswelt. Dieser Ansatz wird in dieser Arbeit verwendet. Eigenständige Geruchsobjekte werden mit den Eigenschaften *Geruchsqualität*, *Konzentration* und *Position der Quelle* integriert. Diese Geruchsobjekte können frei positioniert oder an ein Objekt in der Welt beispielsweise über den Szenegraphen angehängt werden.

4.2 Ausgabegeruchsberechnung und -Steuerung

Zur Berechnung der tatsächlich ausgegebenen Gerüche wird neben den Geruchsinformationen auch die aktuelle Position des Benutzers benötigt. Diese wird bei jeder Bewegung des Benutzers an die *Ausgabegeruchsberechnung* übergeben. Aus diesen Informationen wird dann auf Basis von zusätzlichen Geräte-, Verteilungs- und Wahrnehmungsspezifischen Parametern die finale Geruchsmischung an diesem Punkt berechnet.

Um in Abhängigkeit von der aktuellen Position eines Benutzers die Konzentration eines in der Nähe liegenden Geruchs zu ermitteln, wird eine Verteilfunktion benötigt, in der angegeben ist, wie stark die Geruchskonzentration mit der Entfernung von der Quelle abnimmt. Um eine realistische Darstellung von Gerüchen zu erreichen, können sehr unterschiedliche Verteilfunktionen verwendet werden, in denen z.B. auch Luftbewegungen oder Hindernisse berücksichtigt werden können (siehe Beispiele in Abbildung 3).

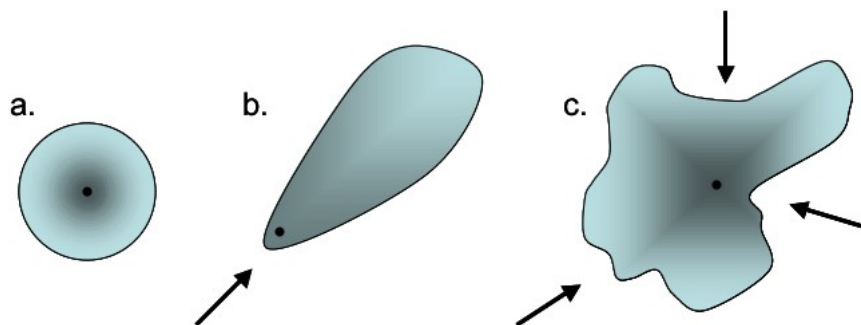


Abbildung 3: Verschiedene Ausbreitungsfunktionen a. linear, b. konstante Windrichtung, c. Luftverwirbelungen

Zur Vereinfachung wird zunächst für alle Gerüche eine lineare Ausbreitungsfunktion mit einheitlichen Faktor verwendet (Abbildung 4). Nachdem der Benutzer eine festgelegte Distanz zurückgelegt hat, wird anhand der Funktion die neue Geruchsausgabe berechnet. Die Distanz ist dabei so zu wählen, dass keine großen Konzentrations sprünge entstehen. Bei einer zu kleinen Distanz werden die Konzentrationsunterschiede vom Benutzer jedoch nicht wahrgenommen, so dass Ressourcen verschenkt würden.

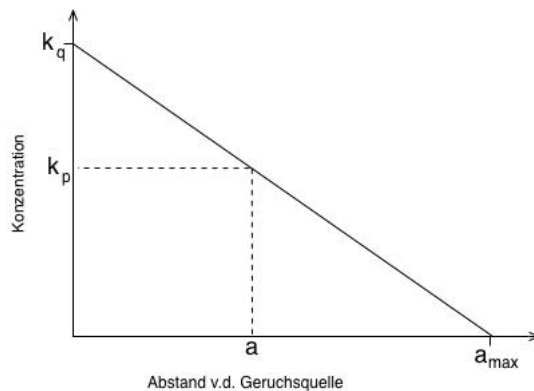


Abbildung 4: Abnahme der Konzentration mit der Entfernung von der Geruchsquelle

Alle Gerüche, die nach dieser Berechnung an der entsprechenden Position vorhanden sind, werden mit ihrer Konzentration an dieser Stelle in die Ausgabeliste eingetragen. Dieser Eintrag erfolgt jedoch nur, wenn ein festgelegter *Schwellwert* überschritten ist, damit wiederum Geruchsausgaben eingespart werden, die keine Wirkung haben. Da komplexe Geruchsgemische nicht mehr unterschieden werden können, wird die Liste bei mehr als drei Einträgen gekürzt.

Die bearbeitete Ausgabeliste wird dann an die gerätespezifische *Ausgabesteuerung* übergeben, welche die 15-Byte-Telegramme für den Sniffman erzeugt und an die Servicestation überträgt.

5 Evaluation

In ersten Benutzerstudien wurden das System und die Systemeinstellungen überprüft und die Wirkung von Gerüchen in VR-Welten getestet. Für das vorliegende System und die Anwendung auf VR Welten gibt es keine bekannten Vorstudien. Die ersten Einstellungen basierten auf Annahmen, die aus den theoretischen Grundlagen abgeleitet wurden. Sie wurden hier getestet. Verschiedene Faktoren zur Einstellungen des Systems wurden überprüft:

- *Schwellwert*: Konzentration ab welcher der Geruch wahrnehmbar ist und ausgegeben werden soll;
- *Abstand*: Abstand zwischen zwei Benutzerpositionen, bei denen eine angepasste Geruchsausgabe bei verschiedener Geruchskonzentration ausgegeben werden soll - Auflösung des Geruchsfelds;
- *Komplexität Geruchsgemisch*: maximale Anzahl der wahrnehmbaren (unterscheidbaren) Gerüche pro Gemisch.

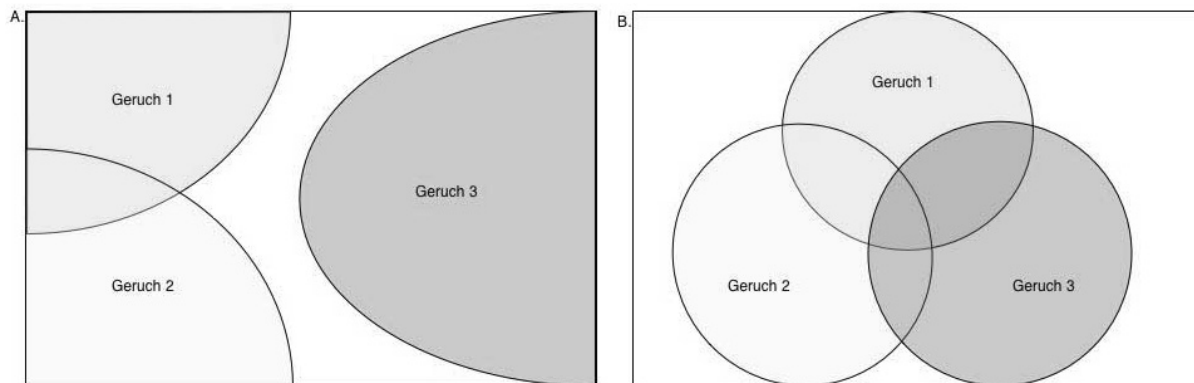


Abbildung 5: Testfelder

Dazu wurde die Softwareanbindung für den Sniffman in eine bestehende 3D Welt, 3Dali [DA04], integriert. Diese Anwendung ist die begehbare 3D Repräsentation eines Bildes von Salvador Dali, die modifizierbar und erweiterbar ist.

5.1 Versuch A: Test zur Überprüfung der Systemeinstellungen und Parameter

Um die eingestellten Werte für den Schwellwert, den Abstand zwischen den Geruchsausgaben und die Anzahl der Gerüche im Gemisch zu überprüfen, wurde Testpersonen ein reines Geruchsfeld mit verschiedenen Gerüchen ohne zusätzliche optische Unterstützung präsentiert. Dies soll die Konzentration der Benutzer auf die Geruchswahrnehmung fokussieren. Die Aufgabe der Testperson war, das Geruchsfeld zu explorieren und eine Karte der wahrgenommenen Gerüche zu zeichnen. Der Versuch wurde in zwei verschiedenen Testfeldern mit unterschiedlichen Kombinationen für den Schwellwert und den Abstand zwischen den Geruchsausgaben durchgeführt. Auch die Anzahl der sich überschneidenden Gerüche wurde variiert (Abbildung 5).

Für eine Kombination aus sehr kleinem Schwellwert und kleinem Abstand zwischen den Geruchsberechnungen wurde erwartet, dass die Testperson die Grenzen der Gerüche zwar gut erkennen kann, aber die Zentren nicht gut finden kann und viel Zeit für die Exploration benötigt. Bei höheren Werten dürften die Testpersonen weniger Zeit benötigen, dafür aber ungenauere Grenzen finden. Bei der Überschneidung von Gerüchen dürften sehr unterschiedliche Gerüche wie Schoko und Minze leichter als Gemisch erkannt werden, als ähnliche Gerüche wie Schoko und Vanille.

Bei der Durchführung der Versuche stellte sich heraus, dass es keiner der zehn Testpersonen gelang, Geruchsgemische zu identifizieren. Ähnlichen Gerüche, beispielsweise Schokolade und Vanille, wurden als ein gesamter Geruch wahrgenommen und nicht mehr als einzelne, parallele Gerüche identifiziert. Bezüglich der Kombination aus Schwellwert und Abstand zwischen den Geruchsberechnungen konnte keine Tendenz zur Unterstützung einer optimalen Wahrnehmung

gefunden werden. Lediglich bei der Kombination von sehr kleinen Werten brauchten die Testpersonen wie erwartet mit 9-13 Minuten sehr viel mehr Zeit als bei anderen Kombinationen (etwa 4 Minuten), um das Feld zu explorieren und die Aufgabe als abgeschlossen anzugeben.

5.2 Versuch B: Anwendungstest zur Wahrnehmung

Im Anwendungstest zur Wahrnehmung wurde untersucht, wie sich der Einsatz von Gerüchen in virtuellen Welten auf die Aufmerksamkeit und das Erinnerungsvermögen auswirkt. Dazu wurden zwei verschiedene 3D Welten in 3Dali mit jeweils 12 unterschiedlichen Objekten verwendet, die auf einer monoskopisch eingesetzten Projektionswand des IPTs angezeigt wurden. Die Benutzer konnten mittels Eingaben an einer Tastatursäule durch die Welt navigieren. In einer der Welten wurden sechs Objekte zusätzlich mit Gerüchen versehen. Die den Testpersonen vermittelte Aufgabe war, in der jeweiligen Welt und in einem bestimmten Zeitrahmen nach versteckten Münzen zu suchen. Damit sollte das Explorieren der Szene motiviert und dem Test ein spielerischer Sinn gegeben werden. Gleichzeitig wird so vom intensiven Betrachten und aktiven Merken der Objekte abgelenkt. Im Test wurde bei den verschiedenen Testpersonen abwechselnd entweder zuerst die Welt ohne Gerüche oder zuerst die Welt mit Gerüchen verwendet, damit die Kenntnisse der Testperson über den eigentlichen Versuchsablauf und die wirklichen nachher gestellten Fragen keinen Einfluss auf die Gesamtversuchsergebnisse haben.

Im Anschluss an die Versuche wurden die Testpersonen nach den vorhandenen Objekten in der Welt gefragt. Bei der Welt mit Gerüchen wurden zusätzlich Fragen zu den wahrgenommenen Gerüchen gestellt. Nach Beendigung beider Tests wurden die Testpersonen nach ihren allgemeinen Eindrücken zu der Welt mit Gerüchen im Vergleich zu der ohne Gerüche befragt. Insgesamt wurde erwartet, dass bei der Befragung Objekte, die mit einem Geruch versehen waren, häufiger genannt werden, als Objekte ohne Geruch. Außerdem wurde erwartet, dass im Versuch mit Gerüchen möglicherweise mehr Objekte genannt werden, als in dem ohne Gerüche.

Durch die Versuche hat sich bestätigt, dass Objekte, die mit einem Geruch versehen sind, in der Befragung häufiger genannt wurden, als Objekte ohne Geruch. In der Welt ohne Gerüche wurde ein Objekt mit einer Wahrscheinlichkeit von 65,9% genannt. In der Welt mit Gerüchen wurden Objekte ohne Geruch mit einer Wahrscheinlichkeit von 59,1% und Objekte mit Geruch mit einer Wahrscheinlichkeit von 72,7% erkannt. Einige Objekte mit sehr markanten Gerüchen, wie ein Schwein mit dem Geruch "Wildsau" oder eine Frau mit dem Geruch "Cologne Aqua" - wurden sogar mit 100% genannt. Hinsichtlich der Leistung des Kurzzeitgedächtnisses konnte hier keine Verbesserung durch den Einsatz von Gerüchen festgestellt werden. In beiden Versuchen mit und ohne Gerüche wurden durchschnittlich 7,9 Objekte bei der Befragung genannt.

Beim Vergleich der beiden Welten bezeichneten die Testpersonen die Welt mit Gerüchen als interessanter und reichhaltiger. Außerdem beschrieben sie, dass sie den Objekten durch die Gerü-

che mehr Aufmerksamkeit geschenkt hätten. Dieses äußerte sich sehr unterschiedlich von "es ist spannend zu erfahren, wie es da riecht" bis hin zu "ich wollte nicht da hin, weil ich Angst hatte, dass es da stinkt". In allen Fällen lag die Aufmerksamkeit jedoch voll auf dem entsprechenden Objekt.

Bezüglich der Auswahl und Stärke der Gerüche gab es sehr unterschiedliche Ansichten. Einige empfanden die Gerüche als zu schwach, andere als viel zu intensiv. Jedoch empfanden alle Testpersonen die Gerüche als zu ähnlich und hätten sich extremere Unterschiede in der Geruchsqualität gewünscht.

6 Diskussion

Auf Grund der Ergebnisse aus den Versuchen kann man feststellen, dass mit dem hier verwendeten tragbaren olfaktorischen Gerät die Erfahrungsmöglichkeiten in VR Welten erfolgreich bereichert werden können und dass Gerüche zur Steigerung der Aufmerksamkeit in virtuellen Welten geeignet sind. Jedoch sind dabei einige Punkte zu beachten.

Gerüche sollten immer in Verbindung mit z.B. optischen Hinweisen auf die Geruchsqualität kombiniert werden, damit sie vom Benutzer bewußt und qualitativ identifiziert werden können. Außerdem sollten beim Geruchs-Design einer VR-Welt sehr unterschiedliche Gerüche berücksichtigt werden, damit der Benutzer eindeutige Grenzen zwischen Gerüchen erkennen kann. Bezüglich der Stärke der Gerüche sind variable Einstellungen notwendig. Je nach Geschlecht, kultureller Herkunft oder persönlichen Vorlieben kann die Empfindung von Geruchsstärken sehr unterschiedlich ausgeprägt sein. Daher ist es ratsam, die Konzentration der Gerüche für jeden Benutzer individuell einzustellen oder direkt vom Benutzer regeln zu lassen. Auch die Verbindung von Gerüchen mit Emotionen muss immer beachtet werden, da sich beim Benutzer unerwartete Reaktionen auf Gerüche einstellen können. Diese lassen sich nicht vermeiden, man sollte sich aber immer bewusst sein, dass es zu solchen Reaktionen kommen kann.

In den Versuchen zu den Einstellungswerten hat sich gezeigt, dass man bei der Verwendung des Sniffmans als Ausgabegerät keine Werte aus Laborversuchen anwenden kann. Durch die technischen Gegebenheiten des Sniffman und die mobile Verwendung sind Konzentrationen, die unter Laborbedingungen für eine Wahrnehmung ausreichen, zu gering bemessen. Hier müssen Einstellungswerte allein durch Versuche ermittelt werden. Der Schwellwert und der Abstand zwischen den Geruchsausgaben wurden auf Grund der hier beschriebenen ersten Versuche auf die höchsten getesteten Werte eingestellt, da so eine sehr sparsame Geruchsausgabe möglich ist, ohne die Wahrnehmung des Benutzers einzuschränken. In Geruchsgemischen wird nur der höchste Anteil des Gemisches ausgegeben, da eine Überschneidung von Gerüchen - anders als im Labor - nicht erkannt wurde.

7 Fazit

In diesem Artikel haben wir ein neues System zur Anreicherung von VR-Welten mit Geruch beschrieben. Mit Hilfe des tragbaren und leichten Hardwaregerätes Sniffman kann Geruch nun, wie bei einem visuellen Head-Mounted Display, benutzergerecht, gezielt und persönlich angepasst eingesetzt werden. Der Sniffman wird um den Hals getragen, ist funkgesteuert und ermöglicht somit freie Bewegung im Raum und individuelle Ausgabe für verschiedene Benutzer. Er erlaubt die Ausgabe von bis zu 32 verschiedenen Düften in unterschiedlichen Konzentrationen

Mit dem dazu entwickelten Softwaresystems können Geruchsinformationen in VR-Welten integriert und verwaltet werden. Gerüche werden als eigenständige Objekte behandelt, die gegebenenfalls an visuelle oder haptische Objekte gekoppelt sein können. Bei der Ausgabe erfolgt eine an die physiologischen Voraussetzungen des Geruchssinnes angepasste Umwandlung der Geruchsinformationen unter Berücksichtigung der Benutzerposition zu aktuellen Ausgabegerüchen. Durch den Sniffman können diese Ausgabegerüche gezielt in unterschiedlichen Konzentrationen und Zeitintervallen ausgegeben werden. In der Evaluation wurde dabei herausgefunden, dass man auf Geruchsgemische verzichten kann und einfache, deutliche Gerüche verwenden sollte. Mit Hilfe des vorgestellten Geräts und Softwaresystems erhält man nun in klassischen VR-Welten eine zusätzliche Sinneswahrnehmung, durch die bei geeignetem Anwendungsdesign Motivation und Aufmerksamkeit gesteigert werden können. Es wurde gezeigt, dass das System mit sich bewegenden Benutzern in einem größeren Raum funktioniert und eingesetzt werden kann.

Die hier verwendeten Anwendungen mit Fokus auf Designtest und ersten Erkenntnissen zur olfaktorischen Anreicherung von immersiven, benutzerbegehbaren VR-Welten, beispielsweise in IPTs, beschränken sich in der Interaktivität auf Navigationsmöglichkeiten des Benutzers. Es wurde gezeigt, dass das System sowohl bei Navigation durch Eingabegeräte, als auch bei freier Bewegung des Benutzers durch den Raum erfolgreich funktioniert. Weitere Arbeiten werden sich nun damit befassen, voll interaktive und komplexere VR-Welten anzubinden und mehrere Benutzer gleichzeitig mit Geräten gemeinsam die Welt erkunden zu lassen. Das System wird in Kombination mit HMDs und stereoskopischen Projektionssystemen und Anwendungen eingesetzt werden. Gleichzeitig muss die Wirkung von Olfaktorik im multimodalen Zusammenspiel mit visuellem, auditivem und haptischem System einzeln und in Kombination erforscht werden.

Literatur

- [BMM06] BREWSTER, STEPHEN, DAVID MCGOOKIN und CHRISTOPHER MILLER: *Olfoto: designing a smell-based interaction*. In: *CHI '06: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, Seiten 653–662, New York, NY, USA, 2006. ACM Press.

- [Cat94] CATER, J.P.: *Smell/Taste: Odors in Virtual Reality*. In: *1994 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Seite 1781, 1994.
- [DA04] DENNIS ALTJOHANN, TANJA DÖRING, SONJA HASELHOFF THORSTEN JUCKEL ANNE SCHICK ROLAND SCHRÖDER-KROLL: *3Dali*. <http://imve.informatik.uni-hamburg.de/teaching/ProjektSS04/3Dali/index.htm> - (last accessed 7. Juli 2006), 2004.
- [DHL01] DAVIDE, F., M. HOLMBERG und I. LUNDSTRÖM: *Communications through Virtual Technology*, Kapitel Identity, Community and Technology in the Internet Age, Seiten 193–220. IOS Press, Amsterdam, 2001.
- [Has06] HASELHOFF, SONJA: *Olfaktorisches Display: Einbindung von Gerüchen in interaktive 3D-Welten*. Diplomarbeit, Universität Hamburg, 2006.
- [Hei62] HEILIG, MORTON L.: *Sensorama Simulator*, 1962. U.S. Patent 3050870.
- [Kay04] KAYE, JOSEPH: *Making Scents: aromatic output for HCI*. *interactions*, 11(1):48–61, 2004.
- [Oh190] OHLOFF, GÜNTHER: *Riechstoffe und Geruchssinn*. Springer, Berlin, u.a., 1990.
- [Rue] RUETZ TECHNOLOGY: *Sniffman - website*. <http://www.ruetz.de/rss/sniffman.html> - (last accessed 7. Juli 2006).
- [TN02] T. NAKAMOTO, H. HIRAMATSU: *Study of odor recorder for dynamical change of odor using QCM sensors and neural network*. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 85(3):263–269, 2002.
- [YKN⁺04] YANAGIDA, YASUYUKI, SHINJIRO KAWATO, HARUO NOMA, AKIRA TOMONO und NOBUJI TETSUTANI: *Projection-Based Olfactory Display with Nose Tracking*. In: *VR '04: Proceedings of the IEEE Virtual Reality*, Seiten 43–50, Chicago, USA, 2004. IEEE Computer Society.