

# Interaktion Blinden mit virtuellen Welten auf der Basis von zweidimensionalen taktilen Darstellungen

Martin Kurze

Institut für Informatik, Freie Universität Berlin

## Zusammenfassung

Dieser Beitrag betrachtet zunächst das Verhältnis von grafischer Darstellung und Dargestelltem mit dem Schwerpunkt auf computergenerierten Bildern räumlicher Szenen. Für die tastende Wahrnehmung solcher Bilder müssen diese schon im Entwurfsprozeß auf die nicht-visuelle Rezeptionsmodalität abgestimmt werden. Das heißt, daß nicht Licht(-reflexion) das Aussehen des Bildes bestimmt, sondern Kraft (Reibung, Deformation). Den Kern dieses Beitrags bildet die Beschreibung eines haptischen Renderers, der Bilder räumlicher Gegenstände für die tastende Wahrnehmung - insbesondere durch Blinde - erstellt. Da Bilder tastend anders als sehend wahrgenommen werden, müssen Interaktionsmechanismen und -Geräte entwickelt werden, die anschließend dargestellt werden. Schließlich werden die gefundenen Resultate bewertet und ihr Nutzen auch für die Mensch-Computer-Interaktion Nicht-Blinder gezeigt.

## 1 Einleitung

Unsere Welt (einschließlich unserer Mensch-Computer-Interaktion) scheint immer stärker visuell geprägt zu sein. Bei genauerer Betrachtung ist nicht die Welt selbst visuell, sondern unsere Wahrnehmung der Welt basiert nur immer mehr auf dem visuellen Sinn. Dies mag auch daran liegen, daß unsere Wahrnehmung der Welt sich mehr und mehr indirekt über das visuelle Medium "Bildschirm" abspielt (in Form von Fernseh- oder Computerbildschirmen).

Die physische Welt ist nach wie vor so aufgebaut wie bisher. Sie kann auch nach wie vor wahrgenommen werden wie bisher, nämlich visuell, akustisch, über den Tastsinn und über Geruchs- und Geschmackssinn. Mit den Händen, dem Langstock, dem Gehör und einer guten Ausbildung sind auch Blinde durchaus in der Lage, sich in der physischen Welt zu bewegen.

Anders verhält es sich mit der abgebildeten Welt. Ist die physische Welt erst einmal unter Verwendung einer Kamera (oder eines Kameraersatzes) auf ihre optischen Eigenschaften reduziert und diese wiederum auf die zwei Dimensionen der Abbildungsfläche, so haben diese Informationen für Blinde keinen Wert. Bisher blieben hör- und tastbare Eigenschaften in den Medien bisher weitgehend unberücksichtigt. Während der akustische Kanal und akustische Eigenschaften der abgebildeten Welt in modernen "Multimedia"-Anwendungen immer häufiger genutzt werden, führt der Tastsinn nach wie vor ein Schattendasein.

Daß dies so ist, liegt nicht nur an den noch recht wenigen und teuren Ausgabegeräten für diesen Sinn, sondern auch daran, daß es noch kein Konzept für die Abbildung tastbarer Eigenschaften realer Gegenstände auf die vorhandenen oder möglichen tastbaren Medien gibt. Dabei spielt der Tastsinn nicht nur für Blinde eine besondere Rolle. Wie schon gezeigt wurde [8], heißt Tasten auch immer Handeln und hat damit neben der wahrnehmenden auch immer eine aktive Komponente. Nicht nur in virtuellen Welten vermittelt das Fehlen von Tasteindrücken das Gefühl, sich in einer Geisterwelt zu befinden, in der Objekte (wie Gespenster) zwar gesehen (und evtl. gehört), aber nicht ertastet werden können.

Mein Beitrag versucht, einen Weg zum Verständnis der Rolle des Tastens in der MCK aufzuzeigen und gleichzeitig mit den heute zur Verfügung stehenden Techniken Möglichkeiten des Tastsinns zu nutzen.

Nach einigen Begriffsbestimmungen am Ende dieser Einleitung wird eine Methode vorgestellt, Abbildungen speziell für die tastende Wahrnehmung zu entwerfen. Eine Beschreibung der entsprechenden Implementierung rundet diesen Teil ab. Schließlich werden Interaktionsmechanismen eingeführt, die den Tastsinn nicht nur nutzen, um Bilder zu erkennen. Eine Diskussion der gefundenen Ergebnisse schließt den Beitrag ab.

## 1.1 Begriffsbestimmungen

In diesem Text werden Begriffe verwendet, die in der Mensch-Computer-Interaktion bisher wenig benutzt wurden. Andere, wie der Begriff des "Renderns", sind im Bereich der visuellen Computergrafik wohl definiert, werden hier jedoch in nicht-visuellem Zusammenhang verwendet und bedürfen einer kurzen Erläuterung.

In der visuellen Computergrafik wird unter *Rendering* der Prozeß verstanden, "mit dem Beleuchtung, Textur und Lichteffekte an 3D-Computermodellen angebracht werden, um klare, scharfe Bilder mit fotorealistischen Details zu generieren" [1]. Allgemeiner wird der Begriff hier für den Prozeß, mit dem aus 3D-Computermodellen 2D-Bilder generiert werden, verwendet. Hierbei kann es sich bei dem 2D-Bild durchaus um ein tastbares Bild handeln.

Als *taktil* wird ein Reiz bezeichnet, der die Mechanorezeptoren der Haut, insbesondere der Finger, stimuliert. Man kann verschiedene Rezeptoren und Stimuli unterscheiden [3].

*Kinästhetisch* ist ein Reiz, der von den Mechanorezeptoren in Muskeln und Gelenken wahrgenommen wird. Über kinästhetische Reize wird auch die Position der Körperteile und die Widerstandskraft von Hindernissen eingeschätzt.

Als *haptische* Wahrnehmung wird hier die Summe der taktilen und kinästhetischen Reize verstanden. Da beide Reiztypen praktisch bei jeder Berührung zusammenwirken, ist eine Beschränkung auf die Betrachtung des taktilen Reizes allein wenig sinnvoll.

*Erfassen* wird hier als Überbegriff für visuelle und haptische Bildwahrnehmung benutzt. Für Sehende ist Erfassen gleichbedeutend mit Ansehen, Blinde ertasten (haptische) Zeichnungen. Der Wahrnehmungskanal ist verschieden, die Art der Informationsrepräsentation (als Zeichnung) jedoch identisch.

## 2 Das Problem

Dreidimensionale Computergrafiken verbreiten sich immer mehr. Im Küchenstudio erhält der Kunde heute ein fotorealistisches Bild seiner geplanten Küche; Häuser, Fahrzeuge und Gebrauchsgegenstände werden mit 3D-Modellen geplant, gebaut, beworben und in Büchern (Lexika, Gebrauchsanweisungen) dargestellt. In der Welt der Kommunikation (auch zwischen Menschen) spielen virtuelle Welten nicht nur zur Unterhaltung sondern auch als Benutzungsschnittstelle für Anwendungen (Tele-Shopping, Tele-Lernen, ...) eine immer bedeutendere Rolle.

Für Sehende ergeben sich hieraus keine Probleme, weil für sie entsprechende Visualisierungssysteme bestehen. Blinde können diese jedoch nicht nutzen. Um auch ihnen einen vergleichbaren Zugang zu ermöglichen, ist es wichtig, nicht die Grafik (das Abbild) zu beschreiben

oder tastbar zu machen, sondern das *Modell* hinter der Grafik (das Abgebildete). Ähnliches wird von Begleitpersonen Blinder schon getan, wenn sie Bilder beschreiben: sie beschreiben nicht das flächige Bild ("Wanderer *unter* Bergen"), sondern das räumliche Abgebildete ("Wanderer *vor* Bergen"). Da eine verbale Beschreibung nicht leicht zu generieren ist und vor allem ein anderes Medium darstellt als eine Zeichnung, muß ein Weg gefunden werden, das gleiche Modell mit dem gleichen Medium (Zeichnung) darzustellen. Dabei müssen die unterschiedlichen Modalitäten der Erfassung berücksichtigt werden. Haptische Zeichnungen sind anders aufgebaut als visuelle [2]. Das Problem läßt sich also wie folgt darstellen:

*Gesucht ist eine Methode, aus den gleichen Modellen, die auch für visuelle Zeichnungen realer Gegenstände verwendet werden, angemessene haptische Zeichnungen und für diese geeignete Zugangsmechanismen zu entwerfen.*

Da es für den Zugang zu existierenden haptischen Grafiken schon gewisse Methoden gibt (siehe hierzu auch Abschnitt 4), konzentriert sich dieser Beitrag auf den Entwurfsprozeß.

### 2.1 Andere nichtvisuelle Zugangsformen zu Grafiken für Blinde

In diesem Beitrag wird nicht vertieft auf das allgemeinere Problem des Zugangs Blinder zu Grafiken bzw. graphisch repräsentierter Information eingegangen. Eine ausführlichere Auseinandersetzung mit diesem Thema findet sich beispielsweise in [6]. Wie dort wird auch hier vor allem auf zwei Aspekte der nichtvisuellen Präsentation solcher Information Wert gelegt:

- Nicht die Grafik selbst, sondern die ihr zugrunde liegende Information (das *Modell*) muß präsentiert werden.
- Den *Zweck*, den die visuelle Grafik für Sehende erfüllen soll, muß auch die nichtvisuelle Darreichungsform erfüllen.

Das wichtigste Medium für die nichtvisuelle Mensch-Computer-Interaktion ist *Text*, der entweder per Sprachsynthese präsentiert oder auf einem Braille-Display ausgegeben werden kann. Die Umsetzung gegenständlicher Bilder (bzw. der auf ihnen dargestellten Informationen) in eine textuelle Form würde einen Wechsel des Mediums (linearer Text statt flächiger Grafik) bedeuten und ist zudem zur Zeit noch nicht automatisch durchführbar. Auf die Rolle der Sprache bei der Interaktion mit haptischen Grafiken wird im Abschnitt 4.2 eingegangen. *Nichtverbale* akustische Informationspräsentation bietet sich nur bei wenigen (aber bedeutenden) Formen von Grafiken an (Geschäftsgrafiken, numerische Diagramme, siehe [5]).

### 3 Haptisches Abbilden von 3D nach 2D

Methoden zum Herstellen von Abbildungen orientieren sich seit der Renaissance am menschlichen Sehsinn. Mit der Erfindung der fotografischen Kamera schien die Frage nach der optimalen Abbildungsmethode endgültig geklärt zu sein. Informierende Bilder [14] werden seit dem nach den Gesetzen der Optik erstellt, ob nun eine Kamera verwendet, ob gemäß ihrer Methode gezeichnet, oder ob "fotorealistisch" gerendert wird, immer spielt das Kameramodell die entscheidende Rolle.

Da sich gezeigt hat, daß herkömmliche Bilder, auch wenn sie tastbar gemacht wurden, Blinden, insbesondere Geburtsblinden, keine

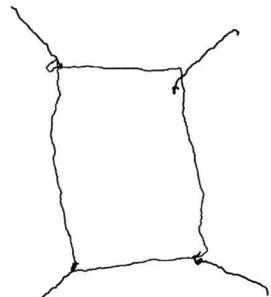


Abb 1: Von einer Blinden gezeichneter Tisch

Vorstellung des Abgebildeten vermitteln, wurden vereinzelt Versuche unternommen, Blinde selbst räumliche Gegenstände zeichnen zu lassen [4, 7]. Die so erhaltenen Zeichnungen sehen, wie z.B. Abb 1, wesentlich anders aus als solche, die von Sehenden oder von herkömmlichen Renderern erzeugt wurden. Aus diesen Zeichnungen und den beim Zeichnen erhobenen Daten lassen sich nun Methoden für das Rendern zur haptischen Wahrnehmung entwickeln, die im Abschnitt 3.2 beschrieben werden sollen.

### 3.1 Kognitionspsychologische Überlegungen

Bevor auf Implementierungsdetails eingegangen wird, seien hier noch einige grundlegende Überlegungen eingefügt, die bei der Implementierung berücksichtigt wurden.

Der Tastsinn unterscheidet sich in verschiedener Hinsicht vom Sehsinn:

- Der Tastsinn ist ein Nahsinn. Er ist prinzipiell auf die Reichweite der Arme begrenzt. Seine Reichweite kann z.B. durch einen Langstock erhöht werden; durch die Möglichkeit, sich fortzubewegen, kann die effektive Reichweite weiter vergrößert werden. Die Beschränkung auf die unmittelbare Umgebung bleibt allerdings erhalten.
- Der Tastsinn ist "objektiver" als der Sehsinn. Rechte Winkel realer Objekte werden auch als solche ertastet, parallele Linien und unterschiedlich große Gegenstände werden auch so wahrgenommen.
- Tasten erfolgt meist sequentiell. Das heißt, eine Linie muß mit dem Finger nachgezogen werden, bevor sie ganz wahrgenommen wird. Flächige Wahrnehmungen (auf der Handfläche oder auch der Rückenhaut [15]) sind erheblich ungenauer.
- Die haptische Auflösung ist wesentlich geringer als die visuelle. Linien, die dichter als ca. 1 mm beieinander liegen, werden oft nicht als separate Linien erkannt. Andererseits können feine Oberflächenstrukturen besser ertastet als gesehen werden.

Neben den Besonderheiten des Tastsinns müssen auch allgemeine Eigenschaften der Abbildungen und des Abgebildeten betrachtet werden:

- Man kann einen Gegenstand entsprechender Größe von allen Seiten ertasten, ihn eventuell sogar anheben und sein Gewicht abschätzen. Dadurch gewinnt man ein vollständigeres Bild seiner Struktur als durch die bloße Erfassung aus einer Richtung.
- Tastend werden immer Kräfte wahrgenommen (vor allem Reibungs- und Deformationskräfte), nicht reflektierte Wellen wie beim Sehen oder Hören. Eine Kraft, die dabei immer wirkt, ist die *Schwerkraft*, die den Dingen eine natürliche Richtung gibt (die nach unten), auch wenn sie ansonsten nicht ausgerichtet sind.
- Beim Ertasten eines Gegenstands und auch eines haptischen Bildes hat der Tastende immer einen *eigenen Standpunkt*, der den Dingen für ihn eine weitere Richtung gibt.

Gerade die letzten zwei Aspekte widersprechen sich in ihren Auswirkungen: Die natürliche Richtung in Abbildungen "nach unten", die vielen Blinden schon von taktilen Karten her bekannt ist, ist meist nicht identisch mit der "Erfassungsrichtung". Insbesondere bei der Kodierung dreidimensionaler Eigenschaften muß hierauf Rücksicht genommen werden.

Effekte, wie das Erkennen "auf einen Blick" treten bei haptischen Abbildungen nur auf, wenn der Erwartungsvorrat an Bildern beschränkt ist (Wiedererkennen eines bekannten Bildes). Im allgemeinen ist das Ertasten und Identifizieren von Bildern ein recht zeitaufwendiger Prozeß,

der eine hohe kognitive Belastung mit sich bringt. Um diese Belastung gering zu halten, kann man einerseits den kognitiven Leseaufwand schon bei der Gestaltung simulieren und entsprechend berücksichtigen, andererseits kann man weitere Sinne, z.B. das Gehör (Sprache), einsetzen.

Schließlich muß beim Entwurf haptischer Bilder berücksichtigt werden, ob der Erfassende geburtsblind ist oder späterblindet. Späterblindete haben oft noch eine Vorstellung von visuellen Bildern. Sie sind bisweilen in der Lage, einfache Bilder mit perspektivischen Effekten zunächst zu ertasten, sie sich anschließend visuell vorzustellen und dann das Dargestellte zu identifizieren. Allerdings gilt das nur für sehr einfache geometrische Formen (Würfel u.ä.).

### 3.2 Implementation des haptischen Renderers

Unter Berücksichtigung dieser kognitionspsychologischen Überlegungen und der Analyse der vorkommenden Zeichnungen und Modelle wurde ein haptischer Renderer entwickelt, der nach dem in Abb 2 dargestellten Schema arbeitet:

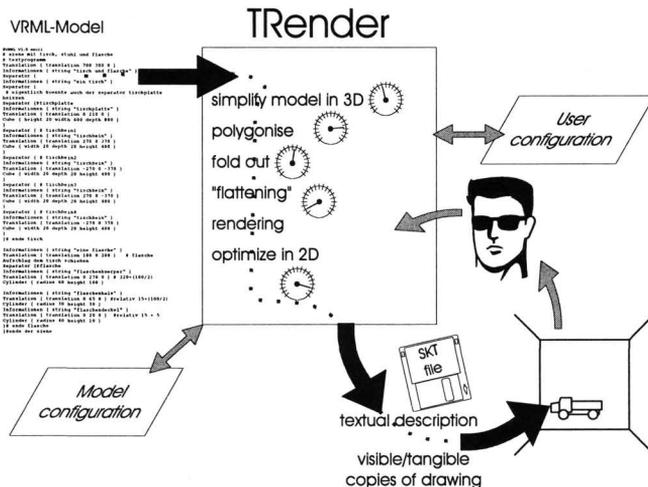


Abb 2: Schematische Darstellung der haptischen Rendering-Pipeline

Ausgangspunkt ist eine formale Beschreibung der darzustellenden Szene im gängigen VRML-Format (Virtual Reality Modelling Language, [13]). Dieses Format bietet sowohl den Vorteil einer weiten und wachsenden Verbreitung als auch den der semantischen Anreicherung der Modelle. Insbesondere die zweite Eigenschaft wird vom Renderer ausgenutzt.

Beim Rendern werden folgende Schritte durchgeführt:

- Vereinfachung des 3D-Modells: Die gesamte Szene wird untersucht, dabei werden zwei Manipulationen vorgenommen:
  - Sehr kleine Objekte werden ggf. entfernt
  - Objekte werden ggf. den ihnen nächsten 2D-Formen angenähert: Flache Quader werden zu Rechtecken, lange schmale zu Linien (Abb 3). Dabei stellt die Erhaltung der Objekttopologie ein besonderes Problem dar.

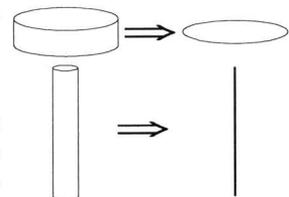


Abb 3: Vereinfachungen in 3D

- *Polygonalisierung*: Für die anschließende Manipulation der Einzelteile eignen sich Polygone besonders gut, daher werden alle Objekte in Polygone zerlegt. Hierbei wird die hierarchische Struktur des Modells beibehalten, ebenso bleibt die Information, aus welcher 3D-Form jedes Polygon entstand, erhalten.

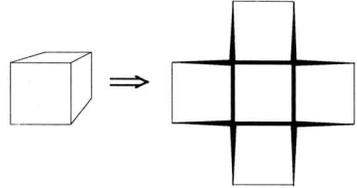


Abb 4: Auffalten eines Würfels

- *Auffalten komplexer Objekte*: Gemäß den gefundenen Methoden [7] werden nun Polygone um eine ihrer Kanten so rotiert, daß sie in einer Ebene mit anderen Polygonen des gleichen Objekts liegen. Die ursprüngliche Lage des Polygons wird gespeichert (Abb 4).
- *"Plätten" komplexer Objekte*: Im Gegensatz zum Auffalten werden hier Objektteile nicht um Polygonkanten rotiert, sondern um einen ihrer Endpunkte. Die Rotationsachse wird gemäß einer Energie-Minimierungsfunktion gewählt (Abb 5). Das Ergebnis sieht so aus, als hätte sich das Objekt unter großem Druck in eine Richtung verformt, bis es flach (platt) war.

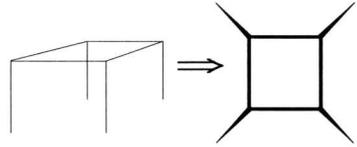


Abb 5: Ein "geplätteter" Tisch

- *Generierung der 2D-Rohzeichnung*: Nachdem nun alle relevanten Polygone und Linien parallel zur geplanten Zeichenebene liegen, werden diese unter Verwendung des "painters"-Algorithmus gezeichnet: zunächst die hinten liegenden und dann die davor befindlichen, so daß ggf. Überlappungen entstehen.
- *Optimierung der 2D-Zeichnung*: Die so erhaltene Zeichnung enthält eventuell noch Linien, die zu eng beieinander liegen, oder verwirrende Überschneidungen. Bevor die Zeichnung wirklich zu Papier gebracht wird, werden die zu dichten Linien entflochten, und bei Überschneidungen wird die vordere deutlich von der hinteren Linie abgehoben (Abb 6).
- *Ausgabe der Zeichnung und der Beschreibung*: Das Endergebnis des Rendering-Prozesses ist eine Vektorgrafik-Datei mit den zu zeichnenden Linien und eine Beschreibungsdatei im SKT-Format [9], die den Namen des Objekts jeder gezeichneten Linie enthält. Über den Namen kann dann auch auf weitere Hintergrundinformation zugegriffen werden.

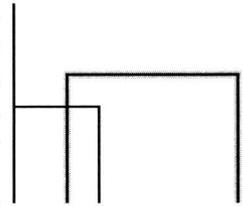


Abb 6: Das Tischbein steht vor dem Stuhl

Der hier skizzierte haptische Renderer liefert nicht unmittelbar ein tastbares Bild. Er stellt eine Vektorgrafik zur Verfügung, die dann auf dem für den jeweiligen Zweck angemessenen haptischen Medium ausgegeben werden kann. Im einfachsten Fall wird die Grafik zunächst auf normales Papier gedruckt und anschließend auf Schwelppapier kopiert. Genauso gut wäre auch eine Ausgabe auf Tiefzieh-Folie möglich. Auch ein Online-Medium wie die Stiftplatte [12] kann verwendet werden, wenn auch mit den Nachteilen, die der relativ hohe Stiftabstand mit sich bringt. Schließlich könnte auch ein Ausdruck mittels Braille-Drucker in Frage kommen. Die hier erzielbaren Auflösungen sind jedoch in vielen Fällen unbefriedigend.

Beim Entwurf und der Implementierung des Renderers konnte (und mußte) auf die Modellierung einer Kamera verzichtet werden. Die Notation eines Blickwinkels existiert nicht. Auch Schatten und Texturen, die auf Oberflächen projiziert wurden und nicht tastbar sind, werden

ignoriert. Dadurch wird die zu bearbeitende Datenmenge zunächst verkleinert. Da jedoch alle tastbaren Kanten und Flächen berücksichtigt werden müssen, müssen auch nicht sichtbare Flächen, wie Seiten- und Rückwände von Quadern und Innenseiten von Hohlkörpern (z.B. einer Tasse) berücksichtigt werden. Daher können Vorverarbeitungsalgorithmen der Computergrafik, die nicht sichtbare Flächen einfach aus dem Modell entfernen, hier nicht eingesetzt werden.

Tiefeninformation, die beim visuellen Rendern durch optische Verzerrungen repräsentiert wird, kann für die haptische Wahrnehmung mit mehreren Methoden dargestellt werden: Kanten und Flächen, die parallel zur Papieroberfläche liegen, werden durch einfache Linien gezeichnet. Dabei können weiter hinten liegende Objekte mit dünneren Linien gezeichnet werden. Konventionen folgend, die auch Sehende verstehen, können Linien, die "ins Bild hinein" laufen als schmale Keile gezeichnet werden (vorn dick, hinten dünn). Diese Methode wird auch von Blinden intuitiv verwendet und verstanden. Unter den weiteren Verfahren sei hier besonders die aus der Kartographie stammende Höhenlinien-Notation genannt.

Neben diesen in der Zeichnung selbst verwendeten Methoden kann auch erst beim Abtasten mit speziellen Hilfsmitteln wie dem Pantograph [11] die Tiefeninformation geliefert werden.

In beiden Fällen muß die grundsätzliche Entscheidung getroffen werden, welche Flächenrichtung parallel zur Papierfläche dargestellt werden soll, und welche senkrecht dazu: Einerseits können horizontale Flächen, andererseits solche, die senkrecht zur (im allgemeinen horizontalen) Erfassungsrichtung liegen (vertikal sind), verwendet werden. Beim Erfassen "von oben" fallen diese beiden Flächen zusammen, so daß sich hier eine elegante Lösung ergibt.

Eine wichtige Eigenschaft des Renderers ist seine Adaptierbarkeit. Weil sich die genannten Schritte teilweise widersprechen oder (alle gemeinsam angewendet) das Modell bis zur Unkenntlichkeit entstellen würden, sind Regler in das System integriert, die das Ausmaß für jede Manipulationsart einstellbar machen. Einerseits trägt diese Adaptierbarkeit der Tatsache Rechnung, daß es noch keine allgemeingültigen Regeln für das haptische Rendern gibt. Andererseits haben Versuche gezeigt, daß es große Unterschiede innerhalb der Gruppe der blinden Benutzer gibt. Manche bevorzugen die Ausfalt-Methode, während andere das "Plätten" bevorzugen. Auch Höhenlinien oder Schnittbilder werden beim Zeichnen und Ertasten verwendet.

Um den individuellen Präferenzen gerecht zu werden, kann der Renderer Benutzerprofile für jeden Benutzer anlegen und beim Rendern eines neuen Bildes auf diese zurückgreifen. Zusätzlich wird für jedes gerenderte Modell die Menge der Einstellungen gesichert; dadurch können unterschiedlich komplexe und verschiedenartige Modelle unterschiedlich behandelt werden.

#### **4 Interaktionsmechanismen**

Die Hardcopies der Grafiken können nun für sich allein oder mit Hilfe eines Tasttablets und der zugehörigen SKT-Datei erkundet werden. Für die Erkundung existieren verschiedene Ansätze, die alle auf einer Korrespondenz von Position auf der Zeichnung und entsprechender Textinformation beruhen (siehe auch Nomad, [10]): Der blinde Benutzer tastet die Zeichnung ab und drückt an Stellen, die ihn interessieren oder die er nicht zuordnen kann, auf die Zeichnung, die auf dem Tasttablett liegt. Aus der Position auf dem Tablett und der hinterlegten Datenbasis (SKT-Datei) wird ein Text ermittelt, der durch Sprachsynthese ausgegeben wird.

In der Regel ertasten Blinde zunächst grob die ganze Zeichnung, um sich einen Überblick zu verschaffen, wo auf der Fläche Linien zu finden sind. Anschließend verfolgen sie mit wenigen Fingern einzelne Linien und erarbeiten sich so eine Vorstellung des Dargestellten, ein mentales Modell. Beim Ertasten der Zeichnung haben sie grundsätzlich die gleichen Freiheiten wie ein Sehender beim Anschauen. In welcher Reihenfolge Linien verfolgt werden, bleibt dem Erfassenden überlassen.

#### **4.1 Das Bild im Kontext - der Kontext im Bild**

Bei der Untersuchung der Interaktion wirklicher Benutzer mit der Zeichnung spielt die Situation, in der die Zeichnung auftaucht, eine entscheidende Rolle. Jede Zeichnung steht in einem Kontext. Falls die Zeichnung Teil eines Buches oder eines Online-Texts ist, bildet der Text den Kontext. Im Rahmen von VR-Anwendungen ist auch jeweils klar, in welchem Zusammenhang das Bild steht. Dieses Hintergrundwissen macht die Erkennung wesentlich einfacher. Ein Bild aus einem Küchenprospekt wird eher einen Herd mit vier Herdplatten enthalten als einen Spielwürfel mit vier Punkten auf der Oberseite ... Dies vorausgesetzt, kann die Darstellung einzelner Objekte unter Umständen etwas weniger genau sein, ohne daß die Erkennbarkeit des Gesamtbildes leidet.

Ebenso ist die Bedeutung eines Kreises am oberen Ende des Flaschenhalses klar, weil sich dort in der Regel deren (kreisrunde) Öffnung antreffen läßt. Die Zeichnung kann sich also auf Aspekte konzentrieren, die aus dem Zusammenhang nicht abzuleiten sind, jedoch graphisch gut darstellbar sind. Die grundlegenden Informationen über den räumlichen Aufbau der Szene und der einzelnen Objekte werden aus der Zeichnung selbst gezogen.

An dieser Stelle taucht die Frage auf, wie "ikonisch", d.h. symbolisch, haptische Grafiken sind und welche Rolle die Sprache bei der Interaktion mit haptischen Grafiken spielt. Natürlich sind Zeichnungen (auch haptische) vereinfachte Abbildungen. Da die hier behandelten Zeichnungen jedoch auf Modellen beruhen, können sie alle Informationen aus dem Modell enthalten, also maximale Genauigkeit haben. Alle dargestellten Eigenschaften (Winkel, Größenverhältnisse, Entfernungen, ...) entsprechen den Daten des Modells. Die Ikonizität taktiler Zeichnungen ist vergleichbar mit derjenigen visueller Zeichnungen. Die vereinfachte Darstellung eines Tisches (siehe Abb 5) hat zunächst auch einen gewissen ikonischen Charakter, d.h. die Grundinformation "Hier steht ein Tisch" könnte auch symbolisch, d.h. über Sprache zur Verfügung gestellt werden (siehe Abschnitt 4.2). Jede Zeichnung enthält aber auch zusätzliche Informationen wie Art und Größe des Tisches, Anzahl der Tischbeine, Gegenstände auf dem Tisch, usw. Diese sind nicht ikonisch repräsentiert, sondern abgebildet.

#### **4.2 Rolle der Sprache**

Da Zeichnungen immer auch in einem Zusammenhang erfaßt werden und da dieser Zusammenhang oft in Form eines Texts vorliegt, kann man davon ausgehen, daß ein System zur Sprachverarbeitung in vielen Fällen zur Verfügung steht. Wie auch bei visuellen Bildern ergänzen sich Bild und Sprache im Idealfall gegenseitig. Falls die Information im Bild redundant zur Textinformation ist, kann eine Umsetzung des Bildes in taktile Form ggf. entfallen. Dies gilt dann nicht, wenn die Information zwar doppelt dargestellt, aber grafisch leichter als sprachlich zu erfassen ist.

Im einzelnen kommt der Sprache, hier vor allem der gesprochenen Sprache, in folgenden Fällen Bedeutung zu:

- Ausgabe des Kontexts: Der Text, in dem Bezug auf ein Bild genommen wird, wird oft per Sprachsynthese oder Braille-Display ausgegeben.
- Ausgabe von Objektnamen: Um den Erkennensprozeß beim Erfassen von Bildern zu beschleunigen und zu vereinfachen, können Objektnamen auf Verlangen gesprochen werden [9, 10].
- Ausgabe von nicht tastbaren Informationen: Nicht tastbare (und ggf. nicht sichtbare) Informationen können sprachlich zur Verfügung gestellt werden; dazu gehören Farbe und Material von Objekten, deren Eigentümer oder Geschichte.
- Ausgabe von Navigationshinweisen: Benutzer können durch sprachliche Hinweise zu einem gegebenen Ziel hingeführt werden.
- Eingabe von Kommandos: Beim Ertasten eines Bildes ist es sehr hinderlich, die Finger von der Zeichnung weg und hin zur Tastatur (und wieder zurück) zu bewegen. Dabei kann der fließende Vorgang ins Stocken geraten. Daher bietet Spracheingabe über ein Spracherkennungssystem eine ideale Ergänzung.
- Suchbefehle bilden einen Sonderfall der möglichen Kommandos: Sie erfordern ggf. eine rudimentäre natürlich-sprachliche Schnittstelle und einen entsprechend großen Wortschatz.
- Eingabe von Objektnamen beim Zeichnen: Wie Objektnamen beim Ertasten ausgegeben werden und so die menschliche Erkennung erleichtern, kann automatische Spracherkennung das Kommentieren beim Erstellen von Zeichnungen sehr erleichtern [7].

## 5 Diskussion und Ausblick

Das vorgestellte Verfahren zur Herstellung von und zur Interaktion mit haptischen Bildern räumlicher Szenen stellt einen ersten Schritt in Richtung eines vollständigeren Zugangs Blinder zu Informationsquellen dar. Ein den Bedürfnissen Blinder angemessener Entwurf dieser Bilder ohne die Verkomplizierung durch die Gewohnheiten Sehender (perspektivische Verzerrungen usw.) bildet eine Grundlage dieses Vorgehens. Weitere Grundlagen sind die verfügbaren Medien, die bisher für diesen Zweck zwar ausreichen, aber kein komfortables Arbeiten ermöglichen. Ein Tasttablett mit einer in "Echtzeit" änderbaren Oberfläche in der Art von Schwellpapier wäre wünschenswert. Entsprechende Geräte befinden sich aber noch im Entwicklungsstadium.

Schon heute stehen allerdings Geräte zur haptischen Ein-/Ausgabe zur Verfügung, die eine echte Krafrückkopplung ermöglichen [11]. Kombiniert mit Schwellpapierzeichnungen ließen sich insbesondere Eigenschaften wie die Schwerkraft o.ä. gut darstellen, ohne die Komplexität des Bildes zu erhöhen. Auch eine Navigationsunterstützung, die den suchenden Finger in die richtige Richtung "zieht", kann so realisiert werden.

Schließlich bietet das hier vorgestellte Verfahren Ansatzpunkte für die Forschung auf dem Gebiet der haptischen MCK insgesamt. Auch Sehende werden durch die immer mehr zur Verfügung stehenden Ausgabegeräte in die Lage versetzt, den haptischen Kanal zusätzlich zu den schon stark belasteten visuellen und akustischen Kanälen zu nutzen, so daß eine Beschäftigung mit meiner Thematik auch hier an Bedeutung gewinnt.

## Danksagungen

Der Dank des Autors gebührt vor allem Immo Eitel, der im Rahmen seiner Studienarbeit erfolgreich an der Implementierung des haptischen Renderers arbeitete. Den blinden Versuchspersonen, die mit frühen Prototypen des Systems arbeiteten und wertvolle Hinweise zu dessen Optimierung gaben, sei ebenfalls gedankt. Schließlich sollte auch erwähnt werden, daß viele Anregungen zu dieser Arbeit auf Konferenz-Reisen an den Autor herangetragen wurden, die aus Mitteln des EU-Projekts HCM-IRS bezahlt wurden.

## Literaturangaben

- [1] Computer Zeitung 1 (11.01.1996), S. 14.
- [2] P.K. Edman: Tactile Graphics. New York:American Foundation for the Blind 1992.
- [3] G. Gordon (Ed.): Active Touch. (The Mechanism of Reception of Objects by Manipulation) Oxford, New York:Pergamon Press 1978.
- [4] J.M. Kennedy: Drawing & the Blind. (pictures by touch) New Haven, London:Yale University Press 1993.
- [5] M. Kurze: Giving Blind People Access to Graphics. (Example: Business Graphics) In: Proc. Software-Ergonomie '95 Workshop "Nicht-visuelle graphische Benutzungsoberflächen", Darmstadt, 22.02.1995.
- [6] M. Kurze: Zugang zu Grafiken für Blinde. (Notwendigkeit - Probleme - Perspektiven). In: Ergonomie & Informatik 26, Stuttgart, 1995, 5-12.
- [7] M. Kurze: TDraw - A computer-based tactile drawing tool for blind people. In: Proc. Assets '96. Vancouver, British Columbia, Canada, 1996: ACM, 131-138.
- [8] M. Kurze; E. Holmes: 3D Concepts by the Sighted, the Blind and from the Computer. In: Proc. of the ICCHP '96 ; Linz 17-19 July 1996; München:Oldenbourg 1996, 551-556.
- [9] J. Löttsch: Computer-Aided Access to Tactile Graphics for the Blind. In: Proc. 4th International Conference on Computers for Handicapped Persons (ICCHP) ; Vienna 1994; Berlin, Heidelberg:Springer-Verlag (Lecture Notes in Computer Science 860) 1994, 575-581.
- [10] D. Parkes: Nomad, an audio-tactile tool for the aquisition, use and management of spatially distributed information by visually impaired people. In: Proc. of the Second International Symposium on Maps and Graphics for Visually Handicapped People. London:A.F. & Dodds 1988
- [11] C. Ramstein: MUIS: Multimodal User Interface System with Force Feedback and Physical Models. In: Proc. of the IFIP International Conference on Human-Computer Interaction Interact '95, Lillehammer, Norway 1995.
- [12] W. Schweikhardt: Interaktives Erkunden tastbarer Grafiken durch Blinde. In: Software-Ergonomie '85; Stuttgart:Teubner 1985, 366-375.
- [13] VRML: The Virtual Reality Modeling Language; Version 1.0 Specification; Jan '96, URL: <http://vag.vrml.org/vrml10c.html>
- [14] B. Weidenmann (Hrsg.): Wissenserwerb mit Bildern. Bern:Verlag Hans Huber 1994.
- [15] W. Zagler; P. Mayer: Technical Possibilities for the Improvement of Orientation and Mobility for Disabled Persons. In: Proc. of the 1st TIDE Conference ; Brussels April 1993; Amsterdam:IOS Press 1993, 35-40

## Adresse des Autors

Martin Kurze  
 Freie Universität Berlin  
 Institut für Informatik; Arbeitsgruppe Interaktive Systeme  
 Takustr. 9  
 14195 Berlin  
 E-Mail: [kurze@inf.fu-berlin.de](mailto:kurze@inf.fu-berlin.de);  
 URL: <http://www.inf.fu-berlin.de/~kurze>