

Ausarbeitung

Seminar Haptics as a Multimedia Datastream

Prof. Dr. Wolfgang Effelsberg

Dr. Stephan Kopf

Hendrik Lemelson

Universität Mannheim

Lehrstuhl für Praktische Informatik IV

A5,6, D-68159 Mannheim, Germany

Internet: www.informatik.uni-mannheim.de/pi4

Thema 5: Haptics for Visually Impaired

Bernd Kästel, Studiengang SIT

Inhalt

1.	Einleitung	1
2.	Objekterkennung	2
2.1.	Haptische Features	2
2.2.	Auditive Displays	4
2.3.	Soziale Interaktion	5
3.	Zeichnen	6
3.1.	Audio-haptisches Malen	6
3.2.	Virtuelle Graphen	8
4.	TactoBook	9
5.	Zusammenfassung	10
6.	Literaturverzeichnis	12
7.	Weitere grundlegende Informationen	13

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lerndatenbank, die mit Trainingsbildern (Abb.2) ausgestattet wird und haptische Eigenschaften speichert [1]	2
Abb. 2:	Trainingsbilder für haptische Eigenschaften [3]	2
Abb. 3:	Virtuelle 3D-Umgebung mit Objekten (Würfel) und Cursor (Kugel) [5]	4
Abb. 4:	Gesichtserkennung und Aufteilen des Sichtfeldes auf die Elemente des Gürtels [6]	5
Abb. 5:	Prototyp des haptischen Gürtels [6]	6
Abb. 6:	Gemalte Häuser zweier Testpersonen [7]	7
Abb. 7:	Karte des Schulhofs eines Teilnehmers, Objekte und Hindernisse wurden nachgebildet [8]	7
Abb. 8:	Logitech WingMan Force Feedback Maus [9]	8
Abb. 9:	Graph mit Pinnadeln und Gummibändern [9]	8
Abb. 10:	Graph Builder Software [9]	9
Abb. 11:	Funktionsweise des TactoBooks [10]	9
Abb. 12:	Herkömmliche Braillezellen mit Relais	10
Abb. 13:	TULA-35 Motor für das TactoBook, rechts Größenvergleich	10
Abb. 14:	Prototyp des TactoBooks	11

1. Einleitung

Für blinde Menschen sind Tastsinn und Gehör eine wichtige Hilfe zur Wahrnehmung. Die Tastschärfe junger Menschen und insbesondere blinder Menschen ist mit 1,5 mm besser und ausgeprägter als die älterer Menschen, bei ihnen liegt sie bei bis zu 4 mm. Bekannt sind Langstock zur Unterstützung der Mobilität und Brailleschrift beim Lesen und Schreiben. Bei der Nutzung von Computern sind Screenreader (Sprachausgabe) und Braillezeile als Ausgabegeräte verbreitet, zur Eingabe wird die herkömmliche Tastatur mit Zehnfingersystem benutzt.

In der Forschung neuer haptischer Hilfsmittel werden sehr unterschiedliche Aspekte betrachtet.

- Als **Kinesphäre** bezeichnet man den Raum, der unmittelbar über die Hände erreichbar ist. Beim **Erkennen bzw. Auffinden entfernterer Objekte** kann ein sehbehinderter Mensch nicht auf das visuelle Blickfeld zurückgreifen. Um diese Barriere zu überwinden wird an Algorithmen der Objekterkennung geforscht. Haptisch hervorstechende Eigenschaften werden dazu in einer Datenbank katalogisiert.
- Zum **Aufspüren von Objekten** in einer virtuellen 3D-Umgebung können haptischen Werkzeuge wie der PHANToM der Firma SensAble Technologies verwendet werden. Geforscht wird auf dem Gebiet der **auditiven Unterstützung** ohne Spracheinsatz.
- **Soziale Interaktion** geschieht zu 65% über nonverbale Kommunikation. Gesten, Gesichtsausdruck oder Abstand zueinander ist für blinde Menschen nicht oder schwer erkennbar. Ein haptischer Gürtel kombiniert mit einer Sonnenbrille mit Kamera und Gesichtserkennung soll Anzahl, Richtung und Distanz anderer Personen erkennbar machen.
- Der PHANToM ist ebenfalls im Einsatz bei **haptischem Malen**. Ein Bild wird als positives oder negatives Relief am Computer dargestellt und kann über Force Feedback gespürt und bearbeitet werden. Interessant sind hier das Setzen von Markierungen (sogenannter Beacons) sowie die objektorientierte Sichtweise.
- **Mathematische Graphen** erstellen blinde Menschen über Pinbrett, Pinnadeln und Gummibänder. Da dies sehr aufwendig ist, beschäftigen sie sich später oft nicht mehr mit dieser Tätigkeit. Mit einer Force Feedback Maus soll die Erstellung von Graphen, bspw. Balkendiagramme, am Computer getestet werden.
- Die eBook-Industrie wächst rasch und es gibt auch mobile Geräte zum Lesen unterwegs. Das TactoBook ist ein mobiles **Anzeigegerät für eBooks**, die in Braille übersetzt wurden. Dabei werden spezielle piezoelektrische Elemente verwendet, um das Gerät mobiler und leichter zu machen.

Im Folgenden wird die Forschung auf diesen Gebieten näher beleuchtet, so wird in Kapitel 2 die Objekterkennung untersucht, Kapitel 3 beschäftigt sich mit haptischem Zeichnen und Kapitel 4 beschreibt das TactoBook, ein mobiles Anzeigegerät für Braille.

2. Objekterkennung

2.1. Haptische Features

Forscher an der Universität von Arizona arbeiten an einer Datenbank, die haptische Eigenschaften speichert. Diese soll besser bei der Objekterkennung unterstützen als Geräte, die Hinweise lediglich über Audiosignale geben. Über multidimensionale Skalierung, ein Verfahren aus der Statistik zur Ähnlichkeitsstrukturanalyse, werden Gemeinsamkeiten abgebildet und Objekte klassifiziert. Der Abstand bestimmt dabei die Unähnlichkeit. Eine Lerndatenbank [1], die mit RFID-Chips an Objekten im Raum arbeitet, leitet von visuellem Input haptische Konzepte ab.

Das System soll interaktiv arbeiten, da in unkontrollierter Umgebung Störgrößen wie schlechte Beleuchtung die Entscheidung über haptische Eigenschaften erschweren kann. Das System gibt eine Meldung aus und der Benutzer könnte die Situation verbessern, bspw. indem das Licht eingeschaltet wird.

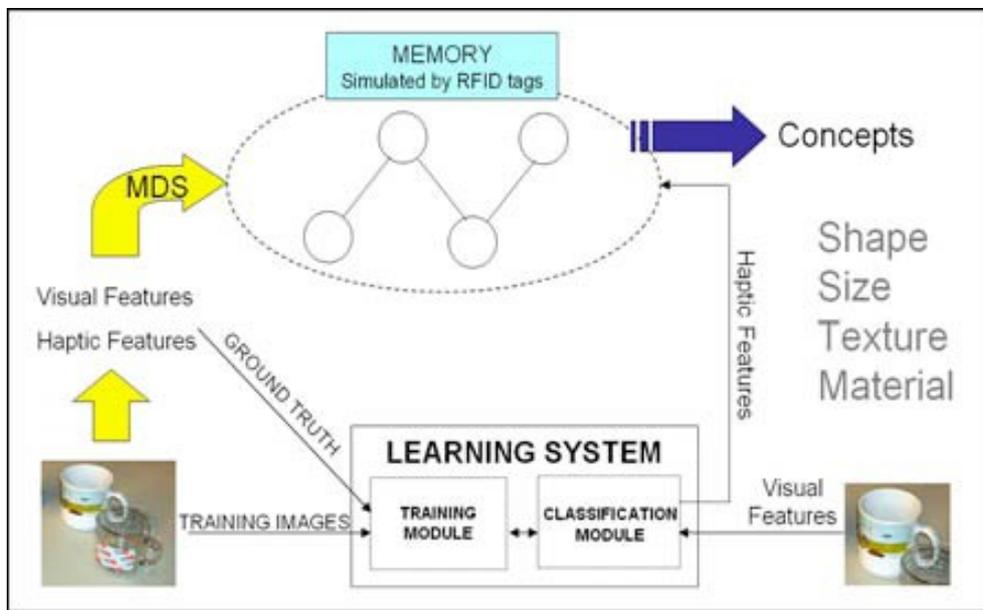


Abb. 1: Lerndatenbank, die mit Trainingsbildern (Abb.2) ausgestattet wird und haptische Eigenschaften speichert [1]

Um haptische Eigenschaften zu erhalten werden 3 Problemgebiete nach Kahol [2] betrachtet.

Das erste Problemgebiet beschäftigt sich mit der Frage, was der Mensch wahrnimmt. Wahrnehmungspsychologische Untersuchungen [3,4] zeigten, dass Form, Größe, Material und Oberflächenbeschaffenheit (Textur) wichtige Eigenschaften sind. Diese wurden mithilfe von 48 Objekten, darunter je 12 Legosteine, Schüsseln, Becher/Tassen und Trinkgläser unter kontrolliertem Versuchsaufbau bei gleich bleibendem Abstand und Beleuchtung klassifiziert.



Abb. 2: Trainingsbilder für haptische Eigenschaften [3]

Das zweite Problemgebiet stellt die Frage, wie etwas wahrgenommen wird. RFID oder Infrarot-Sensoren sind möglich, visuelle Sensoren sind aber günstiger und effizienter. Um eine große Zahl an Objekten und Objektklassen zu verarbeiten, müssen die Eigenschaften sehr einfach bleiben, um das Suchfeld einzuschränken. Es soll aufgrund von realen Handbewegungen eine Vorhersage getroffen werden, welche Eigenschaft der Benutzer zu erkennen versucht. Erkennung von Textur findet bspw. über seitliche Bewegung des Zeigefingers statt. Es soll ein Algorithmus entwickelt werden, der haptisch wahrnehmbare Parameter aus visuellen Daten extrahiert. Dabei soll nicht erkannt werden, um welche Klasse von Objekt es sich handelt, sondern lediglich wie es sich anfühlt. Das Gerät erhöht somit die Genauigkeit und Performance der Vorhersage.

Der Mensch erkennt Objekte am Besten im egozentrischen Bezugsfeld, indem beide Hände zum Einsatz kommen. Dies ist wesentlich genauer als mit einem einzelnen Finger, ohne den Gegenstand zu halten.

Im dritten Problemgebiet wird betrachtet, wie die Umgebung dargestellt wird. Die Interaktion des Benutzers soll wahrheitsgemäß simuliert werden, die Rezeptoren des menschlichen Tastsinns können heutige haptische Geräte aber nicht auslasten, was den Nutzen von haptischen Schnittstellen stark einschränkt.

Haptische Handschuhe bieten haptische Wahrnehmung an mehreren Punkten, aber kein Realtime-Feedback. Zudem liegt kein egozentrischer Bezug vor. In Kombination mit dem PHANToM Joystick zur Interaktion wird dieses Bezugsfeld geschaffen.

Ein Forschungsprojekt von McDaniel [1] erkennt visuelle Inhalte und ermöglicht die haptische Darstellung. Dabei wird die Beleuchtung als mittlerer Pixelwert eines Graustufenbildes interpretiert und mithilfe eines Bayes-Klassifikators (geringste Kosten) in schlechte, gute und hervorragende Beleuchtung kategorisiert. Bewegungsunschärfen werden aufgrund mittlerer Linienbreite berechnet, die Schwellwerte wurden experimentell ermittelt. Ein genauer Algorithmus wurde nicht genannt.

Durch eine Videokamera in einer Sonnenbrille wird die Umgebung erfasst, ein RFID-Lesegerät mit Schultergürtel kommuniziert per WLAN mit einem tragbaren Computer, der haptische Eigenschaften erkennt und mit der Datenbank abgleicht. Der Benutzer wird über Audioausgabe oder haptischen Handschuh über das Ergebnis informiert.

Es wird weiterhin an einem robusten Algorithmus für unkontrollierte Umgebung geforscht. In kontrollierter Umgebung lässt sich leicht ein Hintergrund festlegen, sodass Objekte einfach erkannt werden. Diese könnten dann auf ihre Beleuchtung hin untersucht werden.

Folgendes zeigt einen möglichen Algorithmus, da keine Angabe gemacht wurde in Pseudocode.

```
{wandle gesamtes Bild in Graustufen mit Pixelwert  
0 (schwarz) bis 255 (weiss) in 8-bit Dezimaldarstellung}  
  
{summiere einzelne Pixelwerte und teile durch Anzahl  
der Pixel}  
  
{je niedriger der resultierende Durchschnittswert,  
desto dunkler ist das Bild}
```

Die Unterscheidung in schlecht, gut und hervorragend ist dabei eher dürftig. Die Frage ist, ob ein Bild nicht auch als überbelichtet gelten kann. Einzelne Objekte zu untersuchen kann zu falschen Ergebnissen führen, wenn das Objekt an sich eine dunkle Farbe besitzt. Aber Teile des Bildes könnten gut, andere weniger gut beleuchtet sein, sodass der Algorithmus hier genauer und differenzierter arbeiten muss, möglicherweise immer im Vergleich zum Hintergrund.

2.2. Auditive Displays

Das Scannen einer 3D-Umgebung ist zeitintensiv, bei dynamischer Veränderung können viele Ereignisse unbemerkt bleiben. Es gibt einige Vorschläge für haptische Werkzeuge zum Aufspüren von Gegenständen, Crommentuijn [5] untersucht Methoden zur Audiounterstützung, da diese bisher weniger Verwendung finden.

Verschiedene Techniken in einer virtuellen 3D-Umgebung wurden mit dem PHANToM experimentell getestet.

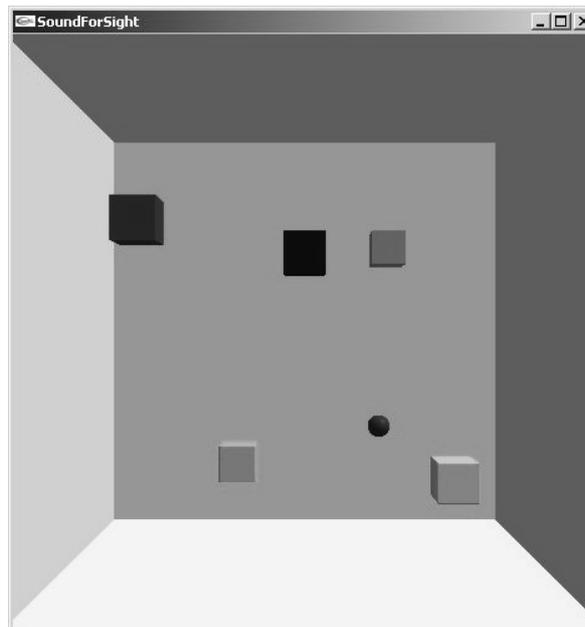


Abb. 3: Virtuelle 3D-Umgebung mit Objekten (Würfel) und Cursor (Kugel) [5]

- Aus Raumkoordinaten (x|y|z) Geräusche zu erzeugen bietet keine Hilfe für blinde Menschen. Die Auflösung ist zu schlecht, sodass nach einer Lernphase nur ein Überblick geschaffen werden konnte und der Suchraum zu groß blieb.
- Eine hilfreiche Methode ist es, Geräusche aus Abstand und Richtung des PHANToM Cursors zu erzeugen, wobei sich zusätzlich der Rhythmus beim Annähern erhöht. Die Hinweise führen in eine eindeutige Richtung, bei mehreren Objekten kann diese Methode aber zu Verwirrung führen.
- Für blinde Menschen weniger ersichtlich ist es, die Zeigerichtung des Stifts mit Audiofeedback zu versehen, da Zeigen eher visueller Natur ist, sodass Erklärung und Eingewöhnung vonnöten ist. Auch hier wird der Rhythmus mit dem Abstand verändert. Nachdem die Richtung bekannt ist, gibt es keine Probleme mit dem Finden der Objekte.
- Die intuitivsten Methoden bedienen sich 3D Surround Sound. Eine Methode benutzt Surround Sound zur Anzeige der Richtung mit erhöhtem Rhythmus.
- Die schnellste Zeit um Objekte zu finden wurde erzielt, indem die Objekte als Geräuschquellen und der Cursor als Mikrophon von Surround Sound betrachtet wurde. Bei geringer Nähe wurde diese Methode aber ungenau, ein zusätzlicher Hinweis für den letzten Schritt ist hilfreich.

- Zum Vergleich wurde haptischer Magnetismus betrachtet. Die Objekte erzeugen anziehende Kräfte auf den Cursor. Dies wurde als eher passiv empfunden. In weiterer Entfernung war nichts zu spüren, sobald die Kräfte erkannt wurden, ließ sich der Benutzer zum Objekt hinziehen. Ein zusätzliches Hilfsmittel, um sich Überblick zu verschaffen, ist hier vonnöten.

2.3. Soziale Interaktion

Social Skills sind für alle Menschen sehr wichtig, im privaten wie beruflichen Alltag. 65% macht die nonverbale Kommunikation (Körpersprache) aus, physikalisches Umfeld wie Ort und Abstand, Erscheinungsbild, Kleidung, und Bewegungen wie Gesten, Stand, Gesichtsausdruck und Augenbewegung. In Gruppen wird über Augenkontakt angesprochen, selten über Nennung von Namen.

Für blinde Menschen sind diese kommunikativen Elemente nicht wahrnehmbar.

Der Social Interaction Assistant wurde entwickelt, eine Sonnenbrille mit integrierter Kamera und Lautsprecher. Ein bestehender Gesichtserkennungsalgorithmus erkennt Personen in einer Datenbank und gibt den Namen aus. Die Audioausgabe wird aber als störend empfunden, da Umgebungsgeräusche verloren gehen können.

Ein Gürtel auf Nabelhöhe soll Anzahl, Richtung und Abstand von Personen an den Träger übermitteln. Forschungen haben ergeben, dass die Position genauer erkannt wurde, wenn weniger vibrierende Elemente am Gürtel angebracht werden. Zudem wurde die Position am Nabel und am Rücken leichter erkannt.

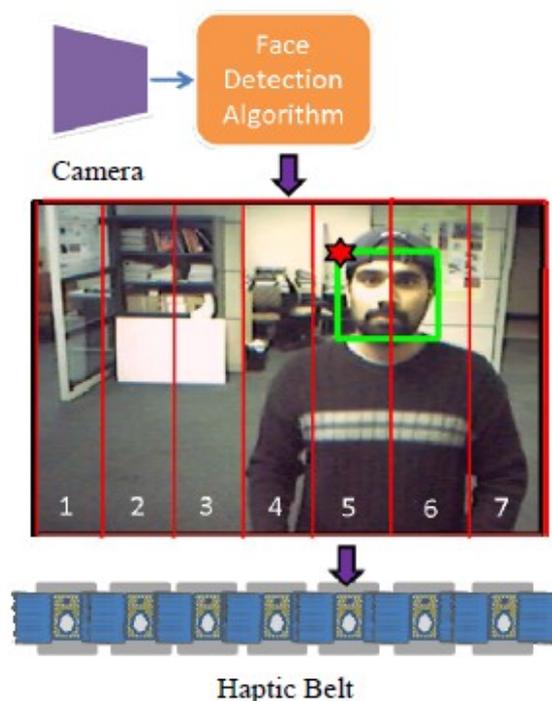


Abb. 4: Gesichtserkennung und Aufteilen des Sichtfeldes auf die Elemente des Gürtels [6]

7 Elemente werden halbkreisförmig in gleichem Abstand angeordnet, der Rücken bleibt frei. Der Prototyp benutzt noch eine Kontrollbox und Kabel, später soll kabellos kommuniziert werden.

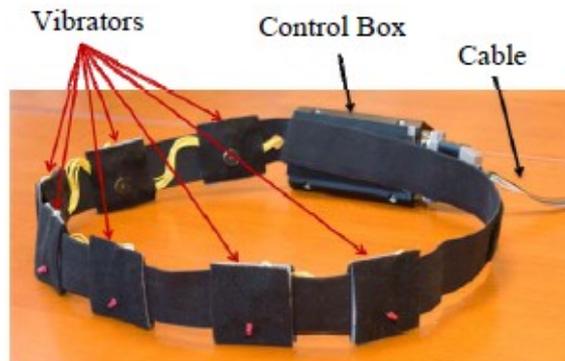


Abb. 5: Prototyp des haptischen Gürtels [6]

Die Distanz wird über die Dauer der Vibration dargestellt, allerdings in Stufen von 200 bis 1000 Millisekunden. Dies ließ sich nur schwer erkennen, lediglich ob die Dauer eher länger oder eher kürzer war. Die Position dagegen war gut zu erkennen, bei Fehleinschätzung lag der Fehler nur bei einem Element, sodass die grobe Richtung bekannt war.

Ein zukünftiges Ziel der Forscher ist es, Blickrichtung und Bewegung der erkannten Person zu betrachten und in das System zu integrieren. Das System soll auch ausgiebig mit blinden Personen getestet werden, um das System täglicher Interaktionen auszusetzen sowie Nützlichkeit und Handhabbarkeit zu testen.

3. Zeichnen

Es gibt einige Gebiete, in denen sich blinde Menschen schwer tun. Kunst (Photographie, Malen, Zeichnen), Mathematik (Graphen, Statistik, Tabellen), Geographie (Karten), Physik (Magnetismus, Wellen) und mehr.

Haptische Geräte können beim Verständnis und der Arbeit mit diesen Themen unterstützen.

3.1. Audio-haptisches Malen

Über einen PHANTOM Stift als haptisches Gerät wurde mit blinden Kindern und Jugendlichen am Computer gearbeitet[7][8]. Im Einsatz waren dabei die Reachin 4.1 API für Haptik sowie Software für Sprachsynthese und Soundeffekte.

Mit dem Stift werden Formen als positives oder negatives Relief gezeichnet. Die Leinwand sowie gezeichnete Linien bietet dabei Widerstand.

Es können Objekte wie Kreise und Rechtecke eingefügt werden, selektierte Objekte werden farbig markiert. Linien als Objekte waren bei Abb. 6 nicht möglich, wurden dann aber implementiert.

Objekte können bewegt, in der Größe verändert sowie kopiert, eingefügt und gelöscht werden. Dies wird auditiv unterstützt indem über Sprachausgabe die Objekt Nummer genannt wird. Für Bearbeitungsvorgänge werden Effektsounds wie z.B. Kameraklicken ausgegeben.

Auffällig bei der rechten Abbildung ist, dass das Dach von rechts nach links gezeichnet wurde und die Verbindung zum Haus nicht gefunden wurde. Markierungen, sogenannte Beacons, können gesetzt und bei Bedarf wiedergefunden werden. So kann im Beispiel des Hauses die linke Ecke markiert und mit einer Linie von der Dachspitze aus verbunden werden.

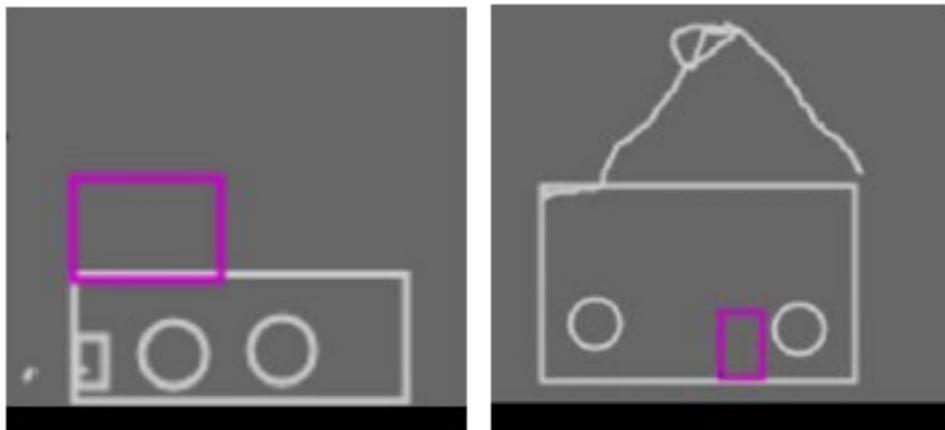


Abb. 6: Gemalte Häuser zweier Testpersonen [7]

In einem zweiten Experiment wurde gemeinsam mit einem sehenden Partner gearbeitet. Dieser setzt mit der Maus Markierungen, die über Ziehkräfte am PHANToM wiedergefunden werden sollen. So musste ein Bild mit dem PHANToM nachgezeichnet werden, das die sehende Person zeitgleich mit der Maus vormalt oder es mussten Markierungen auf Karten gesetzt und von der blinden Person gefunden werden.



Abb. 7: Karte des Schulhofs eines Teilnehmers, Objekte und Hindernisse wurden nachgebildet [8]

Die Ergebnisse des zweiten Experiments sind laut [8] noch nicht ausgewertet, sodass hier keine weitere Aussage über die Akzeptanz des Systems getroffen werden kann.

3.2. Virtuelle Graphen

An der Universität von Glasgow [9] wurde der Einsatz der Logitech WingMan Force Feedback Maus für virtuelle mathematische Graphen getestet.



Abb. 8: Logitech WingMan Force Feedback Maus [9]

Blinde Menschen müssen für die Erstellung von Graphen ein dreidimensionales System benutzen. Üblich ist hierbei ein Pinbrett mit Pinnadeln und Gummibändern. Diese Methode ist ungenau, schwer veränderbar und birgt Verletzungsgefahr mit den Reißnägeln.

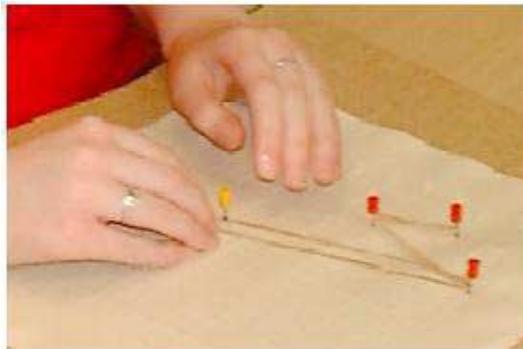


Abb. 9: Graph mit Pinnadeln und Gummibändern [9]

Die Maus ist an sich ein sehr eingeschränktes haptisches Gerät mit 2 Freiheitsgraden, geringem Force Feedback und einem kleinen Arbeitsbereich. Beim Umsetzen der Maus verliert man leicht die gedankliche Verbindung zur Cursorposition. Da Graphen in der Regel zweidimensional dargestellt werden, reicht die Maus als haptisches Gerät möglicherweise aus.

Über die Maus können Bereiche in Tabellen selektiert werden, die als Graph dargestellt werden sollen. Audiofeedback hilft bei der Selektion.

Die Applikationen sollen Online als Java Applet mit Immersion TouchSense Plug-in verfügbar sein, das ebenfalls kostenlos erhältlich ist. Bei der Recherche konnte dies nicht bestätigt werden.

Um selbst einen Graphen zu zeichnen, kann man sich an einem Raster orientieren. Man kann zudem Punkte setzen, die automatisch verbunden werden. Audioausgabe hilft beim Überprüfen der korrekten Eingabe.

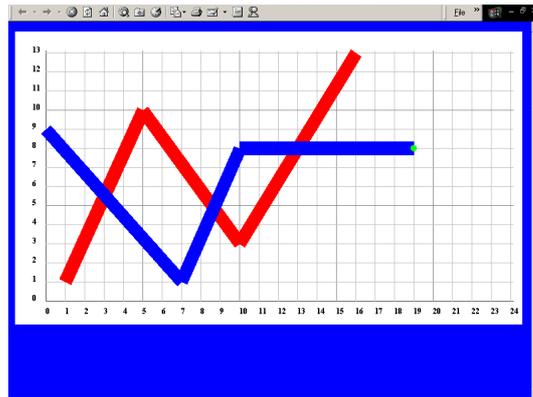


Abb. 10: Graph Builder Software [9]

Probleme entstehen beim Drehen der Maus, da sich die Cursorposition dabei nicht verändert, aber die Bewegungsrichtung nun falsch verläuft. Ebenso treten Fehler beim Versetzen der Maus aufgrund eingeschränktem Arbeitsbereich auf. Die Weiterentwicklung dieser Maus wurde von Logitech gestoppt, sodass die Entwicklung nicht weiter betrachtet wurde.

Bei der Recherche auf der Seite von Multivis.org fielen Videos auf, bei der statt der Maus ein PHANTOM benutzt wurde. Sie zeigen die Graphensoftware und Manipulation von Diagrammen. Klaviertöne dienen als Audiofeedback zur Positionsbestimmung, die Höhe des Tons gab dabei Auskunft über die Höhe des Balkens. Zusätzlich gab es, identisch zu dem in Abschnitt 3.1. vorgestellten Verfahren, die Möglichkeit, Beacons zu setzen.

4. TactoBook

Braille-Bücher sind unhandlich, schwer herzustellen und teuer. Teilweise werden Plastikpunkte ausgestanzt und aufgeklebt.

Die eBook-Industrie dagegen wächst rasch und es gibt auch mobile Geräte zum Lesen unterwegs. Das TactoBook[10,11] vereint beide Techniken. Ein herkömmliches Textdokument wird in Braille übersetzt, die entstandene Datei auf einem USB-Stick gespeichert. Dieser wird an ein tragbares fühlbares Display angeschlossen, das die Datei verarbeitet und zehn mechanische Braille-Zellen aktualisiert.

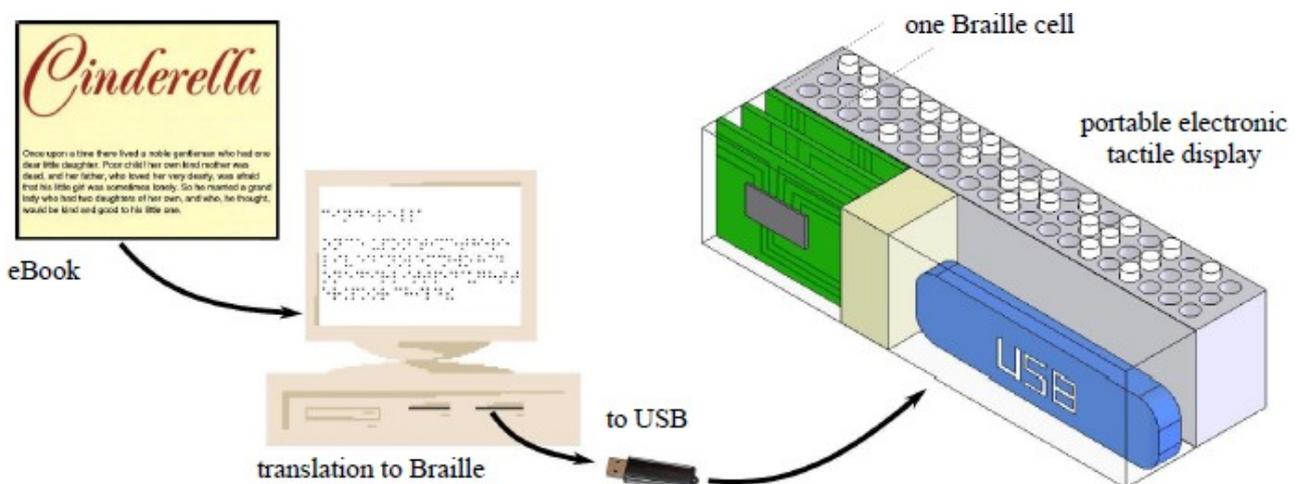


Abb. 11: Funktionsweise des TactoBooks [10]

Es gibt Braille in Grad 1 und Grad 2. Letzteres verwendet Kurzformen für häufige Tupel (sch, au, ie) und ist sprachabhängig. Da dieses nicht immer fehlerfrei automatisiert übersetzt werden, wird beim TactoBook Grad 1 Braille verwendet. Jeder Buchstabe wird durch seine Brailledarstellung ersetzt.

Der Algorithmus zur Übersetzung eines 300 Seiten starken eBooks benötigt etwa 4 Minuten, ein gedrucktes Braillebuch dagegen hätte 1800 Seiten.

Bücher bieten Navigationsmöglichkeiten mit Kapitel, Seiten, Paragraphen und Zeilen um sich im Dokument zu bewegen. Für Hörbücher gibt es den DAISY-Standard, der eine Datei in dieses hierarchisches Modell aufteilt. Für Braille ist DAISY bislang ungenutzt. Die Navigationsinformation mit in die Datei zu kodieren würde aber die Kompatibilität zu anderer Hardware verschlechtern.

Herkömmliche taktile Displays benutzen piezoelektrische Braillezellen-Stößel. Diese arbeiten nach dem inversen Piezoeffekt: Kristalle oder Keramiken verformen sich beim Anlegen einer Spannung, ein Hebelmechanismus schiebt einen Pin nach oben. Wird die Spannung abgezogen, drückt das Eigengewicht den Pin in die Ausgangsstellung zurück. Dieser Mechanismus macht das Gerät unhandlich.

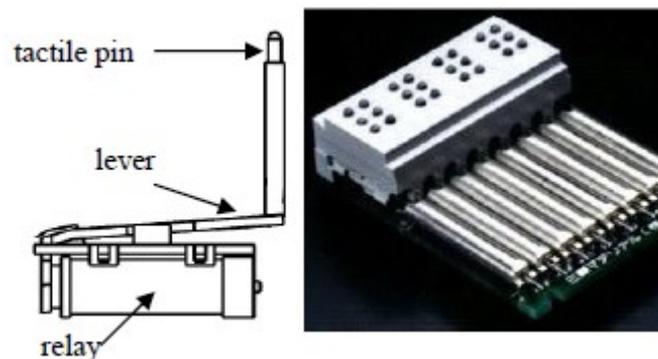


Abb. 12: Herkömmliche Braillezellen mit Relais

Für das TactoBook wurden TULA-35 Motoren verwendet. Sie zeigen ähnliche Kraftauswirkung, sind aber bei 2,4 mm Durchmesser und 11,6 mm Länge deutlich kleiner und verzichten auf den Hebeleffekt. Ein Keramik-Schallgeber produziert bei angelegter Spannung Ultraschall-Schwingung im Stäbchen, das ein eng anliegendes Schiebeelement in lineare Bewegung versetzt. Die Spannung muss nicht gehalten werden um die Position des Pins zu erhalten, was bessere Energieeffizienz bietet und keine Überhitzung oder Abnutzung zur Folge hat.

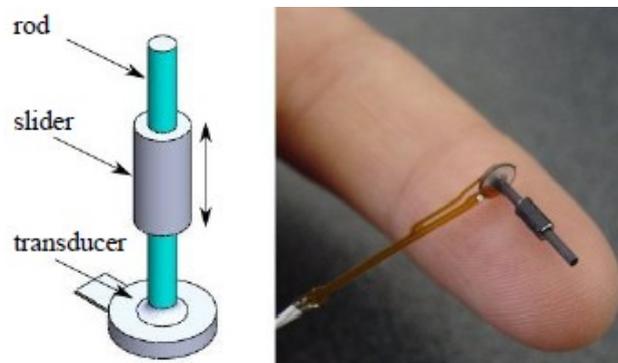


Abb. 13: TULA-35 Motor für das TactoBook, rechts Größenvergleich

Die Motoren haben eine hohe Kapazität, sodass das angelegte Spannungssignal bei mehreren Motoren stark reduziert wird. Über Leistungstreiber kann die benötigte Spannung bei Bedarf abgegriffen werden.

Zukünftige geplante Arbeiten der Autoren beinhalten Performancetests, die Entwicklung einer leichten Energiequelle, Navigationsknöpfe für den DAISY-Standard sowie akustisches Feedback der aktuellen Position und eine Fehlerausgabe.



Abb. 14: Prototyp des TactoBooks

5. Zusammenfassung

Bei haptischen Geräten zur Unterstützung von blinden oder sehbehinderten Personen besteht noch großer Forschungsbedarf.

Algorithmen zur effizienteren Verarbeitung von haptischen Informationen müssen gefunden werden, bspw. indem Suchräume eingeschränkt werden.

Einige Erkenntnisse lassen darauf schließen, dass sich die Methoden gut kombinieren lassen, wie z.B. die visuelle Erkennung von Objekten, eine akustische Hilfestellung und die taktile Darstellung. Auch die Kombination aus Braillezellen und eBook ist eine gelungene Erleichterung des Alltags blinder Menschen.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Troy L. McDaniel, Sethuraman Panchanathan, *A Visio-Haptic Wearable System for Assisting Individuals Who Are Blind, Accessibility and Computing, Number 86, 2006, Seiten 12-15*, Arizona State University, Tempe, AZ
- [2] Kanav Kahol, Sethuraman Panchanathan, *Distal object perception through haptic user interfaces for individuals who are blind, Issue 84, 2006, Seiten 30-33*, Arizona State University, Tempe, AZ
- [3] Troy L. McDaniel, Kanav Kahol, Priyamvada Tripathi, David P. Smith, Laura Bratton, Ravi Atreya, Sethuraman Panchanathan, *A Methodology to Establish Ground Truth for Computer Vision Algorithms to Estimate Haptic Features from Visual Images, IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and their Applications, Ottawa, Ontario, Canada, HAVE 2005, Seiten 95-100*, Arizona State University, Tempe
- [4] Kanav Kahol, Priyamvada Tripathi, Sethuraman Panchanathan, Morris Goldberg, *Formalizing Cognitive and Motor Strategy of Haptic Exploratory Movements of Individuals who are Blind, HAVE 2004, Seiten 25-30*, Arizona State University, Tempe
- [5] Koen Crommentuijn, Fredrik Winberg, *Designing Auditory Displays to Faciliate Object Localization in Virtual Haptic 3D Environments, ASSETS'06, Seiten 255-256*, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden
- [6] Troy McDaniel, Sreekar Krishna, Vineeth Balasubramanian, Dirk Colbry, Sethuraman Panchanathan, *Using a Haptic Belt to Convey Non-Verbal Communication Cues during Social Interactions to Individuals who are Blind, IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and their Applications, Ottawa, Canada, HAVE 2008*, Arizona State University, Tempe, AZ
- [7] Kirsten Rasmus-Gröhn, Charlotte Magnusson, Håkan Efring, *Iterative Design of an Audio-haptic Drawing Application, CHI 2007, Seiten 2627-2632*, Lund University, Lund, Sweden
- [8] Kirsten Rasmus-Gröhn, Charlotte Magnusson, Håkan Efring, *AHEAD - Audio-Haptic Drawing Editor And Explorer for Education, IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and their Applications, Ottawa, Canada, HAVE 2007, Seiten 62-66*, Lund University, Lund, Sweden
- [9] Wai Yu, Katri Kangas, Stephen Brewster, *Web-based Haptic Applications for Blind People to Create Virtual Graphs, Proceedings of the 11th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, HAPTICS'03*, Queen's University of Belfast, Northern Ireland, University of Glasgow, UK
- [10] Ramiro Velázquez, Enrique Preza, Hermes Hernández, *Making eBooks Accessible to Blind Braille Readers, IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and their Applications, Ottawa, Canada, HAVE 2008*, Universidad Panamericana, Aguascalientes, Mexico
- [11] Ramiro Velázquez, Edwige E. Pissaloux, *Tactile Displays in Human-Machine Interaction - Four Case Studies, The International Journal of Virtual Reality, 2008, 7(2) Seiten 51-58*, Universidad Panamericana, Aguascalientes, Mexico, Université Paris, Fontenay aux Roses, France

7. Weitere grundlegende Informationen

<http://www.sensable.com> - PHANToM haptic devices

<http://www.multivis.org> - Graph-Applikation als Java Applet sowie Videos zu PHANToM und Manipulation von Diagrammen

<http://www.daisy.org> - DAISY Standard für Navigation in Hörbüchern

Wikipedia

<http://de.wikipedia.org/wiki/Blindheit>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Tastschärfe>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Braillezeile>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Brailleschrift>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrizität>

YouTube

<http://www.youtube.com/watch?v=CZrc2WWFGQQ> - Verwendung von PHANToM Omni

<http://www.youtube.com/watch?v=wTJKOWqk0ek> - Erstellung eines Braille-Buchs