

# EIN TAKTIL-AKUSTISCHER PLAN EINES LINIENNETZES FÜR BLINDE PERSONEN

*Peggy Nachtigall, Klaus Fellbaum*

*Lehrstuhl Kommunikationstechnik  
Brandenburgische Technische Universität Cottbus  
peggynachtigall@web.de*

**Abstract:** Heutige technische Hilfsmittel für blinde Benutzer basieren meist ausschließlich auf haptischen oder akustischen Verfahren (Braillezeilen, Schwellpapier bzw. Text-to-Speech-Systemen). In der hier vorgestellten Lösung geht es um eine Kombination beider Verfahren. Es wird ein taktil-akustisches System vorgestellt, mit dem eine blinde Person eine taktile Grafik berühren kann und auf Wunsch eine akustische Rückmeldung bekommt. Eine solche Rückmeldung kann dann dazu verwendet werden, zusätzliche Informationen über die gerade berührte Position in der Grafik wiederzugeben. In herkömmlichen taktilen Grafiken wird hingegen meist Brailleschrift als Informationsquelle verwendet, um z.B. Bezeichnungen oder Kurzinformationen zu integrieren, die sich grafisch nicht darstellen lassen. Anwendungen für ein taktil-akustisches System sind beispielsweise Verkehrspläne, Gebäudepläne oder Stadtpläne. Es sind zwar schon einige Systeme auf dem Markt, die eine taktil-akustische Darstellung erlauben, es fehlen aber systematische Untersuchungen darüber, wie die taktile und die akustische Information in optimaler Weise aufzuteilen ist, um eine möglichst große Synergie und damit für den Benutzer einen besonders effizienten Informationszugang zu bekommen. Im vorliegenden Beitrag wird über Einzelheiten zu dem taktil-akustischen System sowie über Untersuchungen berichtet, die blinde Testpersonen mit diesem System durchgeführt haben. Als konkretes Anwendungsbeispiel wurde ein taktil-akustischer Straßenbahnplan für die Stadt Cottbus gewählt. Der vorliegende Beitrag basiert auf einer an der BTU Cottbus durchgeführten Masterarbeit [1].

## 1 Einführung

Laut Weltgesundheitsorganisation (WHO - World Health Organization) gibt es weltweit 161 Millionen Menschen mit Sehbehinderungen, von denen 37 Millionen blind sind und 124 Millionen Menschen noch einen Sehrest besitzen. In Deutschland gibt es derzeit 155.000 blinde Menschen und eine halbe Million Sehbehinderte [2].

Der Grad der Sehfähigkeit wird in Prozenten oder in Form eines arithmetischen Bruchs ausgedrückt. Wenn man von *Blindheit* spricht, meint man eine Sehfähigkeit von zwei Prozent oder 1/50 mit Korrekturgläsern. *Hochgradige Sehbehinderung* liegt vor, wenn jemand trotz Brille nur fünf Prozent oder 1/20 Sehschärfe besitzt. [2,3]

Blinde Anwender haben bestimmte Anforderung und Bedürfnisse. Aus diesem Grund wurden bereits viele Systeme speziell für blinde Anwender konzipiert. Diese Geräte tragen dazu bei, dass blinde Rechnerbenutzer selbständig arbeiten können und ihre Privatsphäre bewahrt wird.

Blinde Menschen möchten - so wie jeder nichtbehinderte Mensch - einer beruflichen Tätigkeit nachgehen; jedoch werden sie oft mit großen Barrieren konfrontiert. Gerade in der heutigen Zeit, in der viele Grafiken eingesetzt werden, um beispielsweise Webseiten oder Benutzungsoberflächen für Sehende attraktiver zu gestalten, kommt es oft vor, dass blinden

Personengruppen der uneingeschränkte Zugang zu Informations- und Kommunikationstechnologien verwehrt bleibt. Aus diesem Grund wird die Forderung nach Integration von behinderten Menschen in Informationstechnologien immer stärker, und sie findet ihren Niederschlag in der gesetzlichen Regelung über den *barrierefreien* Zugang zu elektronischen Medien.

E-Mail, Internet, CD ROM, Scanner sowie Zugriffsmöglichkeiten zu Spezialdateien über das Internet gehören heute vor allem bei jungen blinden und sehbehinderten Menschen zur Selbstverständlichkeit. Sie haben erkannt, dass für sie die Nutzung eines Computers neue Chancen zur Teilhabe an Gesellschaft und Beruf eröffnet.

## **2 Aspekte der haptischen Wahrnehmung einer blinden Person**

Blinde Personen sind in erster Linie auf ihren Tast- und Hörsinn, d.h. ihre haptische und akustische Wahrnehmung angewiesen.

Der *Tastsinn* ist weniger sensibel als der visuelle Sinn. Die wahrnehmbare Fläche, die eine sehende Person mit beiden Augen erfassen kann, ist um einiges größer als die eines blinden Menschen. Dies bedeutet, dass mit dem Auge gleichzeitig mehr Punkte wahrgenommen werden können als mit dem obersten Glied der Fingerspitze, der so genannten *Fingerbeere*.

Die Informationsrate des Tastsinns eines Menschen beträgt ungefähr 10 bis 100 bit/s. Das Verhältnis zur visuellen Wahrnehmung beträgt damit 1:10.000 bis 1:100.000 [4]. Hinzu kommt, dass eine blinde Person, die ein Objekt mit den Händen abtastet, Information *sequentiell* aufnimmt. Ein solcher Erkundungsvorgang erhöht zusätzlich den Zeitaufwand.

*Tiefenkriterien* spielen bei der visuellen Betrachtung ebenfalls eine große Rolle. Durch sie lernt der Mensch erst die räumliche Anordnung einzelner Teilobjekte kennen und erlangt dadurch einen dreidimensionalen Eindruck. Wenn ein sehender Mensch seine Umwelt mit beiden Augen gleichzeitig wahrnimmt, entsteht auf den Netzhäuten beider Augen jeweils ein unterschiedliches Bild. Diese Bilder werden im Gehirn zu einem dreidimensionalen Bild zusammengesetzt. Zu den Tiefenwahrnehmungen zählen unter anderem Verdeckung, relative Größe und Höhe, Schatten sowie atmosphärische Effekte wie Dunst oder Parallaxen-Effekte. Die relative Größe führt beispielsweise dazu, dass sehende Personen entfernter liegende Gegenstände optisch kleiner und etwas unscharf wahrnehmen. Verdeckt ein Objekt ein anderes, so kann ein sehender Mensch davon ausgehen, dass sich ein Objekt vor dem anderen befindet.

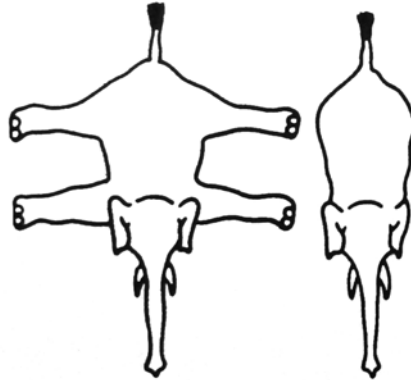
Ein sehender Mensch kann mit seinen beiden Augen Szenen visuell erfassen, die mit dem Tastsinn nicht erkennbar sind. Für den Sehsinn als *Fernsinn* ist das Erfassen auch entfernter Objekte kein Problem; gleiches gilt für das Erkennen von Farben. Solche Effekte lassen sich jedoch nicht auf die haptische Wahrnehmung übertragen [5].

Für blinde Personen ist die räumliche Vorstellung schwierig. Tiefenkriterien haben für diese Personen nur sehr wenig Bedeutung; sie müssen sich auf ihren Hör- und Tastsinn verlassen. Hinzu kommt, dass der Tastsinn im Gegensatz zum Sehsinn ein *Nahsinn* ist. Er ist begrenzt durch die Reichweite der Arme zum jeweiligen Objekt; er kann allerdings durch Vorbeugen oder mit Hilfe eines Langstocks verlängert werden [5].

Eine blinde Person kann keine taktile Grafik ohne Schwierigkeiten verstehen, da sie - genau wie ein sehendes kleines Kind - optisch unerfahren ist und kaum räumliche Vorstellungskraft besitzt. Geht man davon aus, dass die Blindheit von Geburt an vorliegt und daher noch nie visuelle Wahrnehmungen stattfinden konnten, sind in Zeichnungen von Blinden genau wie in Zeichnungen von Kindern keine oder nur ansatzweise Perspektiven zu erkennen [6]. Aus diesem Grund ist es in den meisten Fällen nicht sinnvoll, eine visuelle Grafik direkt in eine

taktile Grafik für blinde Anwender zu konvertieren; die Grafik sollte zuvor in geeigneter Weise modifiziert werden. Näheres hierzu wird nachfolgend noch beschrieben.

Blinde zeichnen das, was sie verstehen. So werden, um Zeichenebenen abbilden zu können, Flächen oft herausgeklappt dargestellt. Die Zeichnungen der blinden Personen lassen vermuten, dass ihre Zeichenmethoden, die für einen sehenden Erwachsenen zunächst ungewöhnlich erscheinen, auf den Vorgang der *Erkundung* eines Objektes zurückzuführen sind.

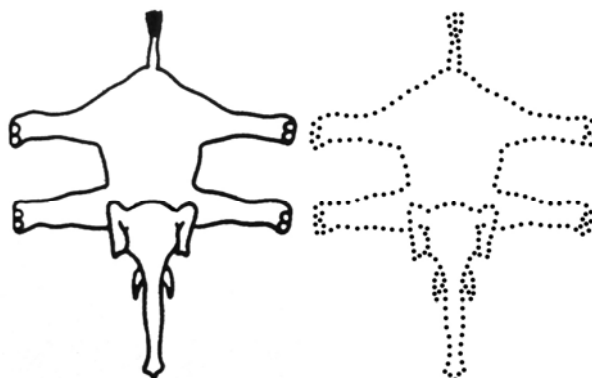


**Abbildung 1** - Vergleich einer nicht-visuellen und einer visuellen Wahrnehmung

Bei der Vereinfachung visueller Grafiken sollte darauf geachtet werden, dass feine Details und Ansichten vermieden werden, die für den Inhalt des Bildes nicht unbedingt wichtig sind.

Abbildung 1 (links) zeigt einen „aufgeklappten“ Elefanten, wie er von einer blinden Person aus der Vogelperspektive verstanden wird, jedoch in der Realität so nicht existiert. Rechts in der Abbildung sieht man einen Elefanten aus der Vogelperspektive, so wie er von einem Sehenden mit visueller Erfahrung verstanden und auch gezeichnet wird.

Bei darstellenden Linien unterscheidet man kontinuierliche (Abb. 2 links) und diskrete Linien (rechts).



**Abbildung 2** - Vergleich einer kontinuierlichen und diskreten Linienführung

Kontinuierliche, taktile Linien werden meist mittels Schwellpapier (Mikrokapsel-Papier) oder durch das so genannte *Tiefzieh-Verfahren* auf thermo-geformtem Material erstellt. Bei einer diskreten Linienführung handelt es sich hingegen um eine regelmäßige Anordnung von Punkten, so wie sie z.B. bei Stiftanordnungen (vgl. folgend) erzeugt werden. Erst durch einen sehr geringen Abstand der benachbarten Punkte ist es möglich, dass diskrete, punktierte Linien als kontinuierliche erkannt werden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass das Erkennen der diskreten –anstelle einer kontinuierlichen - Linienführung eine höhere

kognitive Leistung erfordert, da kontinuierliche Linien eher denen der realen Welt (Kanten) entsprechen [5].

### 3 Möglichkeiten der Informationsbereitstellung

Möchte man blinden Personen Informationen vermitteln, so stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung.

Zum einen können Grafiken in taktile Form benutzt werden. Sie lassen sich vor allem dann gut einsetzen, wenn bestimmte Sachverhalte nur schwer in Worte zu fassen sind. Gerade bei Erläuterungen ist es oft wichtig, wenn man Form, Umriss oder Muster kennt, um sich vom Beschriebenen einen besseren Eindruck zu verschaffen. Aus diesem Grund sind taktile Grafiken für die Darstellung von Vergleichen oder Beziehungen in der naturwissenschaftlichen Schulausbildung, bei Land- und Stadtkarten oder bei technischen Beschreibungen unerlässlich.

Taktile Grafiken eignen sich vor allem dann, wenn das reale Objekt nicht zur Verfügung steht und/oder wenn die Gestalt oder die Oberflächenstruktur wichtig ist. Durch taktile Grafiken können außerdem bestimmte Beziehungen und Maßstäbe verdeutlicht werden.

Grafiken sind jedoch in ihrer Größe begrenzt. Werden große Grafiken in kleinere skaliert, muss darauf geachtet werden, dass Details nicht zu klein werden, damit sie für den blinden Anwender noch ertastbar bleiben. Taktile Grafiken sind somit auch durch die haptische Wahrnehmung des Menschen begrenzt; grundsätzlich gilt, dass derartige Grafiken möglichst wenige Details und auch nur grobe Strukturen enthalten sollten.

Im Gegensatz zu Grafiken kann *Text* problemlos in Braille-Schrift oder auch mittels Sprachsynthese in gesprochene Sprache umgesetzt werden. Die Buchstaben der Braille-Schrift bestehen bekanntlich aus einzelnen Punkten (üblicherweise 8 Punkten), die einzeln ertastbar sein müssen. Dadurch ergibt sich eine beträchtliche Schriftgröße und ein entsprechender Platzbedarf. Wenn dann eine Vorlage außerdem auch noch Grafiken enthält, so ist verständlich, dass nur Platz für sehr wenige Braille-Wörter und damit für textliche Erläuterungen verbleibt.

Da nicht alle Blinden Braille-Schrift beherrschen, besteht auch die Möglichkeit, normalen orthografischen Text (sogenannte „Schwarzschrift“) mittels Schwellpapier ertastbar zu machen. Natürlich gilt auch hier, dass wegen des begrenzten haptischen Auflösungsvermögens eine Mindest-Schriftgröße erforderlich ist.

Bei der Kommunikationsform *Sprache* kommt es vor allem auf die Verständlichkeit und die Eignung der Stimme für das Sprechen bestimmter Sachverhalte an. Außerdem sind die Wortwahl und der Satzbau bei der akustischen Wiedergabe von Bedeutung. Beim Verfassen von Texten, die später einem blinden Nutzer akustisch präsentiert werden, ist zu berücksichtigen, dass ihm möglicherweise manche Wörter unbekannt sind; dazu zählen Fachbegriffe, Fremdwörter, Abkürzungen und zusammengesetzte Begriffe. Eine optimale Textverständlichkeit wird bei einer durchschnittlichen Satzlänge von ungefähr 10 Wörtern erreicht; bei Satzlängen von mehr als 20 Wörtern kann bereits eine Überforderung des Zuhörers eintreten.

Weiterhin können bei der Informationsbereitstellung neben Sprache auch Töne oder Geräusche verwendet werden. Durch solche nonverbalen Hintergrundgeräusche kann beispielsweise der Erkennungswert eines dargestellten Objektes erheblich erhöht werden. Bestimmte taktile Objekte oder Regionen können durch akustische Signale schneller gefunden werden. Akustische Signale können als Statusinformation eingesetzt werden und Aufschluss darüber geben, wo der Anwender sich gerade befindet und somit die Orientierung im Bild unterstützen.

## 4 Bisherige technische Hilfsmittel und ihre Defizite

Um den Bedürfnissen visuell beeinträchtigter Menschen gerecht zu werden und die Nutzung eines Computers zu vereinfachen, hat die Industrie verschiedene unterstützende Technologien auf den Markt gebracht.

Ein Bildschirm-Vorleseprogramm, ein so genannter *Screenreader*, ist ein sehr verbreitetes Hilfsmittel bei der Nutzung eines PCs. Ein Screenreader liest Text vor, der auf einem Bildschirm angezeigt wird. Der Vorteil ist zwar, dass eine blinde Person ohne Hilfe einer anderen Person Zugriff auf Textinformationen hat, bei Grafiken wird die Zugänglichkeit jedoch nur teilweise gewährleistet. Der Inhalt einer Grafik erschließt sich einem Blinden aber nur dann, wenn ein Alternativtext bereitgestellt wird. Weiterhin beschränkt sich der Screenreader allein auf die akustische Ausgabe.

Die bereits erwähnte Braillezeile, die mit Hilfe von Stiften Text dynamisch in Punktschrift codiert und taktil wiedergibt, ist wie ein Screenreader nur in der Lage, Textinformation darzustellen. In beiden Fällen ist die Informationsdarstellung gewissermaßen *eindimensional*.

Es liegt nun die Idee nahe, einzeln steuerbare Stifte auf einer Fläche anzuordnen und dadurch eine gerasterte Darstellung von Grafiken zu ermöglichen (*zweidimensionale* Darstellung). Entsprechende so genannte *Stiftplatten* sind auch bereits mehrfach als Prototypen realisiert worden.

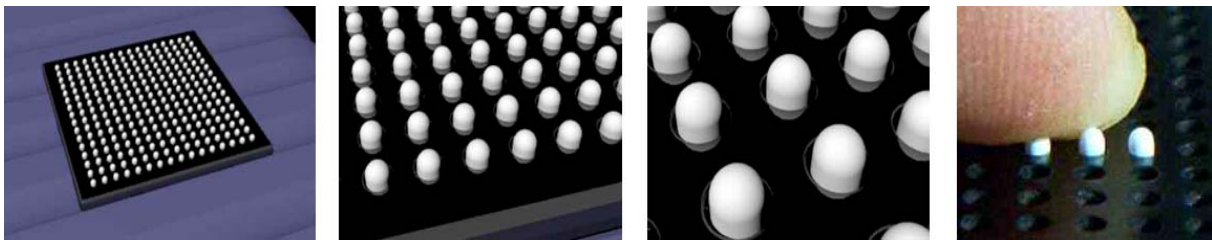


Abbildung 3 - Stiftplatte des TIM-Displays

Mit dem *Graphic Window Professional (GWP)* [8] oder dem *taktilen Interaktions-Monitor (TIM)* [9], siehe Abbildung 3) ist im Prinzip neben Text auch die Darstellung von Grafiken mit Hilfe von kleinen Stiften möglich; allerdings ist die Auflösung aufgrund der kleinen Fläche nur sehr gering.

Ein sehr bekanntes System zur taktilen Erfassung von Vorlagen ist das OPTACON [10]. Das System verwendet eine kleine, handgeführte Kamera, die die Vorlage elektrooptisch abtastet und das Ergebnis in vibrierende Stifte umsetzt, die mit dem Finger ertastet werden können.

Die von der Firma *Metec* [11] hergestellte Stiftplatte ist mit ihrem DIN-A4-Format hingegen so groß, dass der Nutzer die taktile Darstellung mit beiden Händen abtasten kann. Sowohl textuelle Informationen als auch grafische Darstellungen können auf der Matrix, bestehend aus 120x60 Stiften, angezeigt werden. Die elektromagnetisch angesteuerten Stifte bilden eine Fläche von 32x18 cm. Aufgrund der hohen Produktionskosten stieß die Stiftplatte bei der potentiellen Anwendergemeinschaft bislang nur auf ein verhaltenes Interesse.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch das System *The vOICe* [12] erwähnt, das visuelle in akustische Informationen konvertiert, um auf diese Weise ein mentales Bild im Kopf des blinden Nutzers zu erzeugen (Abbildung 4). Dazu zeichnet eine kleine Kamera visuelle Information auf, die anschließend in einem Rechner in akustische Information transformiert wird. Diese wird dann dem Nutzer über Kopfhörer vorgespielt. Der Nachteil dieses Systems ist jedoch, dass es einen langen Lernprozess erfordert und auch nicht endgültig geklärt ist, ob diese Methode wirklich funktioniert.



Abbildung 4 – Das akustische System *The vOICe*

Eine weitere, sehr wichtige Möglichkeit, Blinden den Informationszugang zu erleichtern, besteht darin, taktile *und* akustische Informationen darzubieten (*multimodale* Darstellung). Beispiele hierfür sind das *IVEO Touchpad* [13] und das weiterentwickelte *Talking Tactile Tablet (T3)* [14]. Bei beiden handelt es sich um ein berührungsempfindliches *Touchpad*, auf dem eine taktile Grafik platziert wird. Durch eine dazugehörige Software können ausgewählte Bereiche der Grafiken, die zuvor adressiert worden sind, per Sprache synthetisch wiedergegeben werden. Auf diese Weise lassen sich aufbereitete Grafiken durch Berührung leichter erkennen.

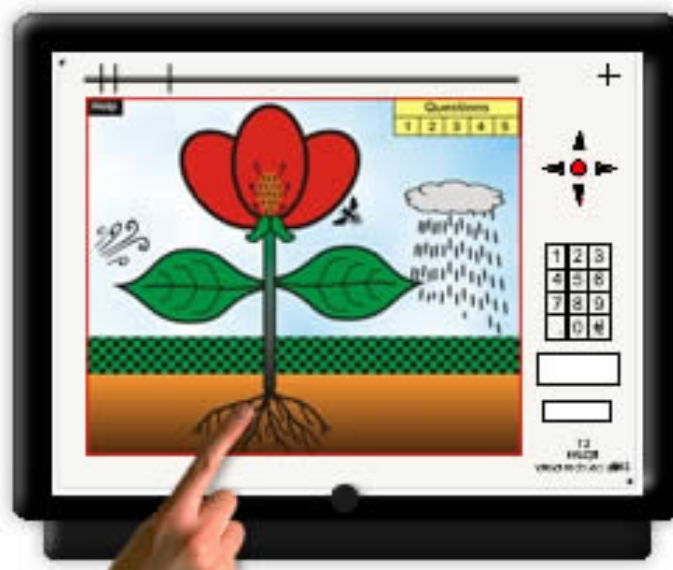


Abbildung 5- Das Talking Tactile Tablet (T3) mit aufgelegter taktilem Grafik

Das *T3* dient vorrangig blinden Schülern als eine Art Enzyklopädie und findet weniger Gebrauch bei erwachsenen blinden Menschen im täglichen Leben. Ein Grund dafür ist, dass der *T3*, aber auch das *IVEO Touchpad*, nur vorher produzierte Vorlagen und Sprachausgaben verwenden kann.

## 5. Implementierung und Ergebnisse

Mit dem *T3* und dem *IVEO Touchpad* sind zwar schon Systeme auf dem Markt, die eine taktil-akustische Darstellung erlauben, es fehlen aber systematische Untersuchungen darüber, wie derartige Informationen in optimaler Weise aufzuteilen sind, um eine möglichst große Synergie und damit für den Benutzer einen besonders effizienten Informationszugang zu

erreichen. Bei der Implementierung sollte berücksichtigt werden, dass ein möglichst breites Spektrum an blinden Nutzern adressiert wird. Besonders für Erwachsene gibt es kaum taktile Grafiken, die sie im Alltag einsetzen können. Derartige Grafiken finden meist Anwendung in der Schulbildung; dort bieten sie eine angenehme Abwechslung zu der reinen Texterfassung.

Wie bereits erwähnt, beherrscht nur ein Teil der Blinden die Braille-Schrift (in Deutschland nur etwa 29.000 Blinde [2]). Auch der Nachteil des hohen Platzbedarfs lässt die Verwendung auf Zeichnungen als ungeeignet erscheinen.

Als eine in vielen Fällen optimale Lösung stellte sich bei unseren Untersuchungen [1] die taktile Grafik mit akustischer Feedbackfunktion heraus, die daher im Zusammenhang mit einem taktilen Fahrplan weiter verfolgt wurde.

Die Idee zum Versuch entstand im Zusammenhang mit der Überlegung, wie sich ein blinder Nutzer verhält, wenn er eine Fahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln plant und welche Möglichkeiten ihm dabei geboten werden. Zurzeit gibt es nur in sehr wenigen Städten, wie New York oder Leipzig, taktile Pläne von Liniennetzen. Diese stehen jedoch ausschließlich in taktiler Form zur Verfügung. Meist handelt es sich dabei um Pläne mit taktilen Linien, deren Beschreibungen (in Brailleschrift) sich auf nachfolgenden Seiten befinden, so dass der Nutzer bei der Erkundung stets zwischen mehreren Seiten wechseln muss.

Für einen taktil-akustischen Plan eines Liniennetzes für blinde Personen war zunächst ein taktiler Bild nötig, auf dem beide Hände des Nutzers Platz haben. Dazu wurde der visuelle Plan in einen taktilen konvertiert. Linien, die durch eine unterschiedliche Farbgebung von Sehenden problemlos unterscheidbar waren, wurden in der taktilen Form mit unterschiedlichen Strukturen dargestellt. Die Textbezeichnungen jeder Station im Plan wurden weggelassen. Diese sollten später vorgelesen werden.

Um taktile Grafik und Audio miteinander zu kombinieren, wurde das T3 ausgewählt. Da dieses auf dem deutschen Markt noch recht neu ist und keine ausreichend gute und deutsch sprechende synthetische Stimme besitzt, wurde das System durch die relativ natürlich klingende synthetische Stimme *Reiner* von *AT&T Natural Voices TTS* ergänzt.

Einzelnen Regionen auf dem Touchpad (d.h. auf der taktilen Grafik) konnten nun bestimmten Texten zugeordnet werden, die vom Synthesizer vorgelesen wurden.

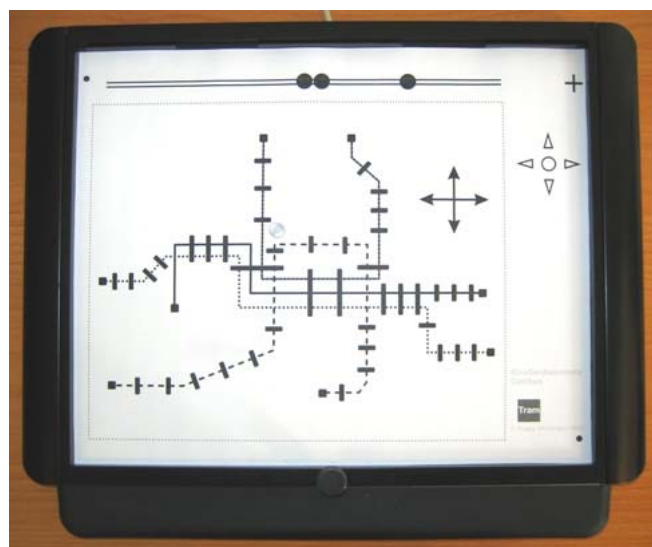


Abbildung 6 -Taktile-akustischer Plan eines Liniennetzes auf dem T3 [1]

Abbildung 6 zeigt den taktil-akustischen Plan des Straßenbahn-Liniennetzes Cottbus. Die vier Bahnlinien wurden mit verschiedenen Strukturen dargestellt, um sie haptisch voneinander

unterscheiden zu können. Die einzelnen Stationen sind als kleine Rechtecke ausgeführt, die als Schaltflächen dienen. Der Hauptbahnhof wurde als Ausgangs- und Orientierungspunkt besonders hervorgehoben. Folgt der Nutzer nun den Linien, so bekommt er auf Fingerdruck ein akustisches Feedback, wie beispielsweise den Namen der Station.

Erste Tests zeigten, dass blinde Versuchspersonen mit dem taktil-akustischen Plan sehr gut zurechtkamen und einen effizienten und selbständigen Zugriff auf die Informationen des Planes in Form einer Sprachausgabe für sehr nützlich hielten. Sie gaben dieser Lösung auch eindeutig den Vorzug gegenüber Konzepten, bei denen die Grafiken durch Braille-Text erläutert wurden.

Weitere Ideen von Nutzern waren taktil-akustische Straßenpläne, Stadtkarten oder der Grundrissplan eines Supermarktes.

## 6. Schlussbemerkung

Mit den bisherigen Tests lassen sich noch keine statistisch gesicherten Aussagen treffen; es ging in diesem Experiment aber ohnehin darum, die generelle Umsetzbarkeit eines taktil-akustischen Systems zu demonstrieren und Trends in Bezug auf die Brauchbarkeit aufzuzeigen.

Das derzeit verwendete System T3 kann sicherlich auch nur als Funktionsmuster dienen und lässt sich auch nur stationär verwenden. Ziel muss es sein, eine tragbare Lösung zu entwickeln, die auch unterwegs problemlos benutzbar ist. Denkbar wäre, dass sich PDAs mit taktile Oberfläche realisieren lassen; dabei wäre die Integration einer Sprachausgabe auch heute schon möglich. Ob aber das kleine (teilweise winzige) PDA-Display als taktile Oberfläche dienen kann, müsste sich erst erweisen. Vielleicht liegt die Lösung aber auch darin, ein DIN-A-4-großes Blatt mit taktile Struktur zu entwickeln, das man auch rollen oder falten kann; erste Ansätze dazu befinden sich bereits unter den Stichworten *E-Ink* oder *E-Paper* in der technischen Entwicklung.

## Literatur

- [1] Nachtigall, P.: Akustische und taktile Kommunikations-Hilfsmittel und deren Einsatzmöglichkeiten für blinde Rechnerbenutzer. Masterarbeit am Lehrstuhl Kommunikationstechnik, BTU Cottbus, 2007
- [2] Anonym: Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband e.V. <http://www.dbsv.org/infothek/Statistik.html>, 2006, angesehen Dezember 2006.
- [3] Anonym: Brockhaus Enzyklopädie online. <http://www.brockhaus-encyklopaedie.de/>, 2007, angesehen März 2007.
- [4] Kap. Mensch-Maschine-Schnittstelle In: Zagler, W. L.: Elektronische Hilfen für behinderte und alte Menschen. Technische Universität Wien, 2004
- [5] Kurze, M.: Methoden zur computergenerierten Darstellung räumlicher Gegenstände für Blinde auf taktilen Medien. Düsseldorf : VDI Verlag GmbH, 1999 (Reihe 10 Nr. 613). – ISBN 3-18-361310-7
- [6] Kennedy, J. M.: Drawing and the Blind. Pictures to Touch. New Haven und London: Yale University Press, 1993
- [7] Incobs, Anonym: Informationspool Computerhilfsmittel für Blinde und Sehbehinderte. <http://www.incobs.de/produktinfos/>. 2007, angesehen Februar 2007
- [8] Handy Tech Elektronik GmbH, Anonym: Datenblatt zum Graphic Window Professional (GWP). <http://www.handytech.de/de/normal/produkte/fuer-blinde/gwp/index.html>. 2007, angesehen Februar 2007



- [9] Universität Wuppertal, Anonym: Forschungsprojekt zum Taktilen Interaktions-Monitor. <http://www.tim.uni-wuppertal.de/>. 2007, angesehen Januar 2007
- [10] Spens, K.E.: The Optacon. KTH Stockholm. <http://www.speech.kth.se/qpsr>, angesehen Juli 2007
- [11] Schweikhardt, W.: Teaching the Blind to Read Tactile Graphics by Computers. In: Proceedings of the 4th World Conference on Computers in Education (WCCE 85). Norfolk, Virginia, North-Holland, 1985
- [12] Meijer, P. B. L.: Visual Sounds from The vOICe Seeing with your Ears!. <http://www.seeingwithsound.com/>. 2007, angesehen Januar 2007
- [13] ViewPlus, Anonym: ViewPlus - IVEO Technology. <http://www.ViewPlus.com>. 2007. – angesehen März 2007
- [14] RNC, Anonym: The Royal National College for the Blind. <http://www.rncb.ac.uk/t3/>. 2006, angesehen Dezember 2006