

EINE GRAFIKFÄHIGE RECHNERSCHNITTSTELLE FÜR BLINDE

F.-P. Schmidt-Lademann

1. Einleitung

Erst in jüngster Zeit wird die Bedeutung des Einsatzes von Mikrorechnern als Hilfe für Behinderte bei der Bewältigung ihrer Probleme im täglichen Leben erkannt. Insbesondere für Blinde stellt der Mikrorechner ein ideales Hilfsmittel dar, um seine Kommunikationsprobleme zu überwinden /Fo82/. An unserem Lehrstuhl wurden in den letzten Jahren Dialogtechniken für die Rechner-Blinden-Kommunikation entwickelt /DSL83/. Auf dieser Grundlage wurden inzwischen ein Dialog-Paket und verschiedene Anwendungspakete entwickelt /DSL84/, /SLD84/.

Schwerpunkt unserer Forschungstätigkeit ist es, Dialogtechniken zu entwickeln, die es dem Blinden erlauben, am Rechner interaktiv tätig zu sein und zwar sowohl mit alphanumerischen als auch mit graphischen Applikationen.

2. Dialog-Konzepte

Die Interaktion des blinden Rechnerbenutzers unterscheidet sich nicht grundsätzlich von der des sehenden Benutzers, sondern mehr in gradueller Hinsicht. Das Fenster, durch das der Zugang zum Rechner erfolgt, ist gegenüber dem Sichtschirm des Sehenden Benutzers, der auch meist zu klein ist, nochmals erheblich reduziert. Großflächige taktile Displays sind nur in Einzelstücken vorhanden und auch in nächster Zukunft nicht allgemein verfügbar (Preise zur Zeit etwa DM 100 000). Die Großflächige Darstellung ist auch nur dann von Bedeutung, wenn

es darum geht, räumliche Zusammenhänge zu erfassen. Dagegen ist die Information, die taktil auf einmal aufgenommen werden kann nur sehr begrenzt, etwa das, was mit zwei Fingern auf einmal ertastet werden kann. Verbreitet sind inzwischen Displays, die es erlauben, bis zu 80 Zeichen in ertastbarer Blindenschrift darzustellen. Eine Alternative stellt die Sprachausgabe dar, ist jedoch für interaktionsintensive Tätigkeiten nur begrenzt einsetzbar. Die geringe Fenstergröße erschwert vor allem die Übersichtsgewinnung, Suchvorgänge und die Erfassung zweidimensionaler Darstellungen etwa von Tabellen oder sogar schon mathematischer Formeln.

Entscheidend für die Ergonomie der Benutzerschnittstelle sind daher die Funktionen, die den Blinden beim Lesen der vom Rechner ausgegebenen Informationen unterstützen wie auch, so weit dies möglich ist, die sinnvolle Aufbereitung der Information.

Ausgangspunkt unserer Überlegungen ist die standardmäßige Bildschirmausgabe. Diese Festlegung erfolgt aus mehreren Gründen. Die entwickelte Schnittstelle soll dem Benutzer die Benutzung des Rechners mit der Standardsoftware (Betriebssystem, Dienstprogramme und Anwendungspakete) ermöglichen. Dabei soll der Blinde bei der Erkennung des Bildschirminhalts unterstützt werden. Blinde und Sehende sollen über die Tätigkeit am Rechner kommunizieren können und zu jedem Zeitpunkt die Tätigkeit des anderen übernehmen können oder in dessen Tätigkeit eingreifen können. Diese Forderung ist Voraussetzung für die Integration des Blinden an der Arbeitsstelle, in der Schule oder im privaten Bereich. Ein entsprechendes System erlaubt es zur Zeit einer blinden Schülerin am Unterricht in einem Regelgymnasium teilzunehmen. Dasselbe System wird auch gerade wegen dieses integrativen Aspekts zunehmend an Arbeitsplätzen für Blinde eingesetzt. Das feste Bildschirmformat stellt auch eine Orientierungshilfe dar im Gegensatz etwa zur Realisierung einer Endloszeile, die bei den vorhandenen Ausgabegeräten denkbar wäre.

Die Erfassung des auf dem Bildschirm dargestellten Inhalts kann durch vielerlei Funktionen unterstützt werden. Das Abtastfenster muß zunächst möglichst flexibel über die Bildschirmoberfläche bewegt werden können. Dazu gehört die Steuermöglichkeit in jede gewünschte Richtung und zwar so trägheitslos wie möglich. Die Steuerung des Fensters soll den Benutzer auf der einen Seite so wenig wie möglich belasten. Bei eindimensionalen Lesevorgängen kann das Fenster für ihn weitgehend geführt werden, der Benutzer braucht dann nur noch die Bewegungsgeschwindigkeit zu steuern. Hierbei entfällt für ihn die Steuerung in der Vertikalen, der Zeilenwechsel erfolgt automatisch, größere freie Stellen auf dem Bildschirm werden übersprungen. Andererseits sollte die Steuerung für die Erfassung von zweidimensionalen Strukturen so direkt wie möglich sein, um den räumlichen Eindruck besser vermitteln zu können. In diesem Modus muß die Zeilenstruktur erhalten bleiben sowie die Anordnung auf dem Bildschirm. Das Abtastfenster muß Steuerbefehlen in jeder Richtung sofort folgen. Funktionen zur Unterdrückung von Zwischenräumen, geschicktes etwa an den Wortgrenzen orientiertes Scrolling des Fensters erhöhen die Lesegeschwindigkeit. Der Orientierung dienen Funktionen wie Anzeige der Zeilen- bzw Spaltenposition, Setzen von Marken auf dem Bildschirm (z.B. Positionen von Maskenfeldern), Zooming des Bildschirms, Anzeige der relativen Position des Cursors, Suchfunktionen. Spezialapplikationen können zur Unterstützung des Benutzers das Tastfeld auf dem Bildschirm gezielt positionieren und den Abtastbereich, im dem das Tastfeld vom Benutzer bewegt werden kann, auf die aktuell relevante Information einschränken.

Da die Hände des blinden Benutzers durch die Leseoperation weitgehend ausgelastet sind, muß es das Ziel einer ergonomischen Gestaltung der Interaktion sein, die Hände möglichst zu entlasten. Unter Entlastung verstehen wir dabei, den Wechsel zwischen dem Tastfeld, den verschiedenen Steuergeräten wie Joystick, Maus und Tablett und der Eingabetastatur zu minimieren. Das wesentlichste Konzept, das es dem Benutzer erlaubt, möglichst selten das Tastfeld

verlassen zu müssen, ist der Einsatz der Zeigefunktion wo immer dies möglich und sinnvoll erscheint. Wie mächtig dieser Ansatz ist, zeigt das Xerox Star Projekt /Sm82/ oder auch Entwicklungen wie Lillith oder der Apple Macintosh. Die Zeigefunktion erlaubt Menüauswahl, Listenauswahl (etwa Dateikatalog), Bestimmung der Arbeitsposition bei Text oder Graphik. Die Tastatur wird nur noch für die eigentliche Dateneingabe benötigt.

Einen weiteren Beitrag zum Benutzerkomfort bietet die flexible Ausgestaltung der Benutzerschnittstelle. Für die Steuerung des Abtastfensters stehen je nach Ausstattung ein Teil oder alle der üblichen Eingabegeräte wie Joystick, Maus, Tablett und Cursertasten zur Verfügung. In jedem Dialogzustand kann dabei irgendeines der angeschlossenen Eingabegeräte benutzt werden, das dann automatisch aktiv wird und die Steuerung des Abtastfensters und damit bei manchen Programmen auch des Cursors übernimmt. Feine Bewegungen etwa im Editor können mit den Cursortasten ausgeführt werden, in Formularen oder zur besseren Erfassung von Grafiken kann mit dem Tablett absolut positioniert werden, schnelles lineares Lesen kann mit dem Joystick erfolgen, das Abtasten zweidimensional arrangierter Texte wie Formeln oder Tabellen kann mit der Maus erfolgen. Diese Zuordnung ist sicherlich Geschmackssache und der Benutzer kann jederzeit seine eigene Wahl treffen. In vielen Dialogzuständen, bei denen es um die Auswahl von Objekten wie Kommandos oder Listenelementen geht kann der Benutzer auch beliebig wechseln zwischen der Auswahl durch Zeigen oder Eingabe an der Tastatur. In einer eingabeintensiven Phase wird der Benutzer Kommandos vorzugsweise an der Tastatur eingeben, in einer Arbeitsphase, die mehr durch Inspektion geprägt ist, wird die Eingabe durch Zeigen bevorzugt werden.

3. Display System

Die entwickelten Dialogkonzepte sind inzwischen eingegangen in die Implementierung einer Dialogschnittstelle für blinde Rechnerbenutzer sowie ein Textsystem, ein Terminalemulator und

ein Geometriesystem.

Grundlage für den Benutzerdialog ist ein asynchroner Prozess, der in das Betriebssystem des Mikrorechners eingebunden wird und dem Benutzer das Abtasten des Bildschirms erlaubt. Unsere erste Implementierung erfolgte auf einem Apple IIe unter dem UCSD-Pascal-System. Eine Implementierung auf den IBM PC/XT ist in Vorbereitung. Als Ausgabemedium wird dabei das hochauflösende Tastfeld eines verbreiteten Lesegeräts (Optacon) für Blinde gewählt. Das Tastfeld besteht aus 24 Reihen zu je 6 Stiften. Gesetzte Stifte vibrieren die übrigen sind in Ruhe. Das Lesegerät wurde bisher in Verbindung mit einer kleinen Kamera eingesetzt, um Schwarzschrift taktil wiedergeben zu können. Das Muster wird dabei so wie es von der Kamera gesehen wird auf dem Tastfeld wiedergegeben. Beim Lesen legt der Blinde seinen linken Zeigefinger auf das Tastfeld und führt mit der rechten Hand die Kamera über das Dokument. Durch die Bewegung der Kamera wird eine Bewegung des Tastfingers über die Oberfläche des zu lesenden Dokuments simuliert. Durch eine von uns entwickelte Schnittstelle ist es nun möglich, die Muster auf dem Tastfeld durch den Rechner generieren zu lassen. Da die Muster auf dem Tastfeld in wenigen Mikrosekunden vom Rechner neu geschrieben werden können, kann eine fließende Bewegung der Muster erreicht werden wie bei der Benutzung mit der Kamera. Dieses taktile Ausgabefeld bietet vielseitige Möglichkeiten, allerdings nur in Verbindung mit intensiver Softwareunterstützung.

Der neue Ansatz basiert zum einen auf der nun schon 15 jährigen Erfahrung mit dem Optacon als Lesegerät für gedruckte Texte und Grafiken wie auch auf umfangreichen Forschungsergebnissen auf dem Gebiet der taktilen Perzeption, zusammengefaßt in den Übersichtsbüchern /SchF82,WB80/. Eine wesentliche Arbeitsgrundlage ist die aus den Forschungen zur taktilen Perzeption hervorgegangene Erkenntnis, daß die Erkennung eines Musters durch die Bewegung dieses Muster erheblich verbessert wird /ShC82,CSH82/. Dies gilt einerseits für das aktive Abtasten eines Gegenstands /Gi62/, jedoch andererseits auch,

wenn die Stimulation einer Hautpartie durch die statisches Feld vibrierender Stifte erfolgt, das den Inhalt eines über das Muster hinweggeführten Fensters überträgt / BKRS70, Lo74/. Hier ist auch der wesentliche Unterschied zu sehen zu dem Ansatz von Anbery und Mardiks, die ein einzelliges Brailledisplay einsetzen /AM82/.

Der Abtastprozess ist ab dem Einschalten des Rechners und Laden des Betriebssystems aktiv und erlaubt damit dem Benutzer die Bedienung des Systems und beliebiger Applikationen, ohne eine weitere Änderung an der Software vornehmen zu müssen. Der Abtastprozess befindet sich dabei in der Applikationsunabhängigen Betriebsart, in der das Anwendungsprogramm von dem Abtastprozess nichts weiß und der Abtastprozess völlig autonom von der Anwendung betrieben wird.

In dieser Betriebsart wird das Abtastfenster, das auf dem Tastfeld dargestellt wird, mittels Joystick oder Maus über den Bildschirminhalt geführt. Das Abtastfenster überdeckt etwa einen Buchstaben. Die Zeichen auf dem Bildschirm erscheinen dabei auf dem Tastfeld in der Brailleschrift, die von dem Blinden besser zu erkennen ist, als das schwarzschrift Muster. Die Buchstabenmuster wandern während der Bewegung des Tastfeldes über den Text fließend über das Tastfeld in jeder Richtung, in der das Tasfeld bewegt wird. Damit soll das Lesen einer in Brailleschrift gedruckten Vorlage annähernd nachgebildet werden. Die Position des Abtastfensters wird auf dem Bildschirm angezeigt, um eine Kommunikation zwischen dem Blinden und Sehenden zu ermöglichen. (Der Blinde kann dem Sehenden etwas auf dem Bildschirm zeigen, der Sehende kann das Abtastfenster für den Blinden auf dem Bildschirm positionieren)

Der Benutzer kann verschiedene Parameter des Systems seinen individuellen Bedürfnissen anpassen. Das Braillemuster auf dem Tastfeld kann vom Benutzer individuell eingestellt werden. (Das Braillegrundmuster besteht aus zwei Spalten zu je vier Punkten, damit können 256 verschiedene Zeichen codiert werden). Eingestellt werden kann der horizontale und vertikale Abstand

zwischen zwei Punkten, der Abstand zwischen zwei Buchstaben und der Abstand zwischen zwei Zeilen. Muster zur Darstellung des Bildschirmrandes können gewählt werden. Falls erwünscht übernimmt das System die Führung des Fensters in der Zeile oder Spalte, überspringt automatisch größere Zwischenräume, zeigt das Zeilenende an oder konkateniert die Zeilen zu einer Endloszeile.

Weitere Funktionen unterstützen die Orientierung auf dem Bildschirm. So kann die Spalte und Zeile angezeigt werden, in der sich das Fenster befindet, das Abtastfenster kann auf den Systemcursor positioniert werden oder im Abtastfenster die Richtung zum Systemcursor eingeblendet werden. Auf dem Bildschirm können individuelle Markierungen gesetzt werden und angesteuert werden. Größere Bereiche des Bildschirms können verkleinert werden, um Übersicht über die Verteilung von Objekten auf dem Bildschirm zu gewinnen. Von dem Abtastprozess werden für den Benutzer Eingaben an das System erzeugt ausgelöst durch Zeigefunktionen des Benutzers. So werden die nötigen Cursorbefehle erzeugt, um den Cursor an die Position des Abtastfensters zu bringen oder der Buchstabe, auf den das Abtastfenster zeigt an das System als Tastatureingabe weitergegeben.

Dieser asynchrone Abtastprozess erlaubt dem Blinden, das System und beliebige Anwendungsprogramme zu bedienen. Die eingebauten allgemeinen Hilfen bieten schon eine gute Unterstützung, jedoch durch gezielte Gestaltung des Dialogs kann die Interaktion noch wesentlich ergonomischer gestaltet werden. Dieses gilt insbesondere für interaktionsintensive Applikationen wie z.B. Editoren. Der Abtastprozess bietet für Applikationsprogramme eine Programmierschnittstelle an, die es erlaubt, den Benutzer gezielt bei der Interaktion zu unterstützen.

Get_Scan_Position

erfragt die Position des Abtastfensters und erlaubt so eine Zeigefunktion.

Set_Scan_Position

setzt das Abtastfenster an eine bestimmte Position auf den Bildschirm.

Define Viewport

erlaubt die Einschränkung des Abtastbereichs auf die momentan relevante Information (z.B. ein Menu oder eine Meldung).

Browse_On, Browse_Off, Align_On, Align_Off, Concat_On, Concat_Off usw

beeinflussen die oben beschriebenen Abtastmodi.

Zur Implementierung graphischer Dialoge stehen folgende Prozeduren zur Verfügung:

Get_Pos

Position des Abtastfensters in Pixelkoordinaten. Die genaue Position ergibt sich durch einen im Abtastfenster mitgeführten Orientierungspunkt, der ständig dargestellt wird.

Set_Pos

setzt das Abtastfenster an eine bestimmte Koordinate.

Compression

definiert einen Verkleinerungsfaktor für die Abbildung von Bildschirmhalten auf das Abtastfenster. Damit können auch größere Bereiche des Bildschirms überblickt werden.

Disp_Mode

definiert einen Spreizungsfaktor, um eine größere Auflösung beim Abtasten zu erreichen.

Grid Def

definiert das Raster für ein Orientierungsgitter.

Lgrid On, Lgrid Off

blendet ein Liniengitter ein und aus.

Dgrid On, Dgrid Off

blendet ein Punktgitter ein und aus.

4. Ein Editor für Blinde

Da das Editieren einer der wichtigsten und auch interaktionsintensivsten Tätigkeiten am Rechner ist wurde die Entwicklung eines speziellen Editors für Blinde als erstes in Angriff genommen. Allerdings wurde das Prinzip aufrechterhalten, daß auch ein sehender Benutzer mit demselben System komfortable arbeiten sollte.

Als Grundkonzept für die Interaktion wurde das Zeigen gewählt, da die geringen Ausmaße des Tastfeldes gerade auch dem blinden Benutzer diese Möglichkeit in die Hand gibt. Arbeitsposition und Leseposition stimmen dabei überein. Dies ermöglicht nicht nur dem Benutzer das Zeigen auf bestimmte Stellen, sondern umgekehrt das schnelle Hinführen des Blinden auf die aktuelle Position, ohne daß dieser selbst langwierige Suchvorgänge durchführen muß. In der Grundstellung befindet sich der Editor im Ersetzungsmodus auf einem zunächst leeren Endlospapier. Die Leseposition ist auch die Ersetzungsposition und bei der Eingabe von Zeichen wird das Abtastfenster automatisch mitgeführt und steht damit immer auf der Position nach dem zuletzt eingegebenen Zeichen. Das Zeigeprinzip wurde konsequent bei der Realisierung der Kommandoschnittstelle fortgesetzt. Die

verfügbaren Funktionen sind auf die Knoten einer Baumhierarchie aufgeteilt. Die einzelnen Funktionen eines Knotens werden jeweils in einem Popup-Menü zur Auswahl angeboten. Als spezielle Hilfe wird bei der Einblendung eines Menüs der Abtastbereich (Viewport) auf dieses Menü eingeschränkt, bei Ausblendung die alte Position im Text sofort wieder eingenommen. Die Kommandowahl kann sowohl durch Zeigen als auch durch Eingabe über die Tastatur erfolgen, so daß der für Blind besonders umständliche Wechsel zwischen den Geräten entfällt.

Die Gestaltung der Menüs trägt sowohl den Bedürfnissen blinder als auch sehender Benutzer Rechnung: In der Grundform wird jedes Kommando durch seinen Anfangsbuchstaben dargestellt; dies erspart bei der nur zeichenweise möglichen taktilen Perzeption das Überstreichen redundanter Zeichen. Für untrainierte Benutzer wird wahlweise eine Langform des Menüs angeboten. Der sehende trainierte Benutzer wird in der Regel von der Möglichkeit Gebrauch machen, den Kommando-Anfangsbuchstaben über die Tastatur einzugeben; auch für den blinden Benutzer ist diese Möglichkeit sehr nützlich, wenn er überwiegend an der Tastatur arbeitet wie etwa bei der Texteingabe.

Der Kommandovorrat enthält alle Funktionen zur Daten-Ein- und Ausgabe, zur Diskettenverwaltung, zum Verändern der Arbeitsposition, zur Textmanipulation, Textformatierung, zur Inspektion von Umgebungsparametern und mächtige Orientierungsfunktionen neben den Orientierungshilfen der Grundschnittstelle.

Im Editor können neben der Arbeitsdatei mehrere Dateien gleichzeitig geöffnet und inspiziert werden. Aus diesen Dateien können Teile in die Arbeitsdatei einkopiert werden. Diese Möglichkeiten sind insbesondere auch für den blinden Benutzer interessant, für den es während der Arbeit am Rechner sehr umständlich ist, gedruckte Unterlagen zu konsultieren. Ein Schüler kann etwa während der Anfertigung einer Übersetzung die Vokabeldatei inspizieren.

5. Terminalemulator

Dem Terminalemulator wurde die Funktionalität des sehr verbreiteten VT100 von DEC zu Grunde gelegt. Mit dieser Wahl ist eine breite Einsetzbarkeit des Terminalemulators möglich, da der Funktionsumfang des VT100 für die meisten Anwendungen ausreichend ist und viele Betriebssystem VT100 unterstützen bzw. entsprechend konfigurierbar sind. Ergänzt wurde der Emulator noch um Funktionen zur Steuerung des Abtastfensters, um Anwendungsprogrammen auf dem Host zu ermöglichen, die Interaktion mit dem blinden Benutzer zu optimieren. Weitere Erweiterungen gegenüber dem VT100 erlauben den Betrieb im Blockmodus (etwa für BS2000) und Filetransfer.

6. Geometriesystem

Der Umgang mit Grafiken stellt die höchsten Anforderungen an das taktile Erfassungsvermögen des Blinden. Den Zugang zur Grafik erhält der Blinde zunächst durch das eigene Anfertigen und Wiedererkennen von Zeichnungen. Das von uns entwickelte Geometriesystem erlaubt diesen Zugang. Es ist vor allem dazu gedacht, mit Grafik zu spielen und als Hilfsmittel im Geometrieunterricht eingesetzt zu werden. Das System zeichnet sich daher aus durch Operatoren, die die Instrumente Lineal, Zirkel und Winkelmesser nachbilden und durch eine umfangreiche Palette an Inspektionskommandos.

Gezeichnet werden können die Objekte Punkt, Kreis, Gerade, Halbgerade, Strecke, Bogen und Beschriftung. Diese Objekte können entweder durch Zeigefunktionen gezeichnet werden (Zeigen auf Anfangs und Endpunkt einer Strecke, auf Mittelpunkt und Kreisbogen beim Kreis usw) oder durch Spezifikation (Länge und Winkel für eine Strecke bezogen auf einen Bezugspunkt und eine Bezugsrichtung, Radius eines Kreises um einen Bezugspunkt). Bezugspunkt und Bezugsrichtung können jederzeit undefiniert werden.

Die Grafik kann durch Abtasten inspiziert werden, wobei acht Verkleinerungsstufen eingestellt werden können. Bei der Stufe acht reicht das Abtastfenster vom unteren bis zum oberen Rand des Bildschirms. Auf Wunsch wird eine Liste aller Objekte ausgegeben, die aktuell unter dem Abtastfenster sichtbar sind. Ferner können Winkel ausgemessen werden, Abstände gemessen werden und die aktuellen Umgebungsparameter (aktueller Bezugspunkt und Bezugsrichtung, Position des Abtastfensters sowie sein Abstand zum Bezugspunkt und Winkel der Geraden durch Bezugspunkt und Abtastfenster zur Bezugsrichtung) ausgegeben werden. Die Koordinate des Abtastfensters ist durch einen im Abtastfenster mitgeführten punktförmigen Cursor definiert.

Weitere Kommandos ermöglichen das Löschen von Objekten, Speichern und Laden von Grafiken, Ein- und Ausblenden von Orientierungsgittern, Verändern der Umgebungsparameter, Inspizieren von abgespeicherten Grafiken, ohne die aktuelle Arbeit zu zerstören, Undo und andere Operationen.

Literatur

- /AM82/ Anbary, Y., Mardiks, E.: A Computer Terminal With A Single-Cell Braille Display. In Uses of Computers in Aiding the Disabled (J. Raviv, ed.), North Holland Publ. Co., 1982, 367-377.

- /BKRS70/ Bliss, J.C., Katcher, M.H., Rogers, C.H., Shephard, R.P.: Optical-to-tactile image conversion for the blind. IEEE Transactions on Man-Machine-Systems, 11, 1, 1970, 58-64.
- /CSh82/ Craig, J.C., Sherrick, C.E.: Dynamic tactile displays. In /SchF82/, 209-233.
- /DSL83/ Dürre, K., Schmidt-Lademann, F.-P.: Interactive Computer Interfaces for the Blind. Proc. IEEE Computer Soc. Workshop on Computers in the Employment and Education of the Handicapped, IEEE Computer Society Press, 505, 1983, 89-96.
- /DSL84/ Dürre, K., Schmidt-Lademann, F.-P., Friehoff, T.: Braille Butler - A successful microcomputer-based aid for mainstreaming blind children. In Proc. IEEE Computer Society Workshop on Computing and the Handicapped. November 1984.
- /Fo82/ Foulke, E.: Microcomputers, VIPs, and the Communication Network. In Uses of Computers in Aiding the Disabled (J. Raviv, ed.), North Holland Publ. Co., 1982, 393-403.
- /Gi62/ Gibson, J.J.: Observations on active touch. Psychological Review, 1962, 69, 477-491.
- /Lo74/ Loomis, J.M.: Tactile letter recognition under different mode of stimulus presentation. Perception & Psychophysics, 1976, 20, 221-226.
- /SchF82/ Schiff, W., Foulke, E.: Tactual perception: a sourcebook. Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
- /SchC82/ Sherrick, C.E., Craig, J.C.: Psychophysics of Touch. In /SchF82/, 1982, 55-81.
- /SLD84/ Schmidt-Lademann, F.-P., Dürre, K.: Rechnerarbeitsplätze für Blinde. Erscheint in: Proc. Offene Multifunktionale Büroarbeitsplätze und Bildschirmtext, Berlin.
- /Sm82/ Smith, D.C.: Designing the Star User Interface. BYTE 7, 4, 1982.
- /WB80/ Welsh, R.L., Blasch, B.B.: Foundations of orientation and Mobility. American Foundation for the Blind, New York, 1980.

F.-P Schmidt-Lademann
 Universität Karlsruhe
 Institut für Informatik I
 Postfach 6380
 7500 Karlsruhe 1