

Mathematik am Computer für Blinde

Waltraud Schweikhardt, Nicole Weicker
Universität Stuttgart, Institut für Informatik

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird das Thema Mathematik für Blinde unter dem Aspekt einer geeigneten blindenspezifischen tastbaren Wiedergabe mathematischer Sachverhalte betrachtet. Es werden Gestaltungsrichtlinien vorgestellt und diskutiert, die den Einsatz einer Mathematikschrift im integrierten Unterricht für Blinde an Regelschulen ermöglicht. Bestehende Mathematikschriften werden unter diesen Kriterien betrachtet. Einen anderen Ansatz zeigt die Stuttgarter Mathematikschrift für Blinde (SMSB), von der gezeigt wird, dass sie die inhaltlichen Forderungen erfüllt. Bisher noch bestehende technische Probleme werden angesprochen und Wege zu deren Beseitigung aufgezeigt.

1 Einleitung

Blinde Menschen möchten frei sein, sich in verschiedenen Bereichen des menschlichen Lebens zu integrieren. Insbesondere in der Mathematik, die jeden von der Schule in den Beruf und darüber hinaus begleitet, ist dies von entscheidender Bedeutung. Da jedoch die Mathematik neben einer ihr eigenen Sprache auch eine eigene, oft graphische Darstellung verwendet, ist die Einbeziehung Blinder in eine schriftliche Kommunikation über Mathematik durch die herkömmliche Blindenschrift nicht zu erreichen. Vielmehr ist es notwendig, ein geeignetes Gegenstück für die Bedürfnisse Blinder zu entwickeln. Dies ist insbesondere für blinde Kinder notwendig, die integriert in Regelschulen gemeinsam mit Sehenden Mathematik erlernen sollen. Gerade für diese Zielgruppe ergeben sich besondere inhaltliche Forderungen an eine Mathematikschrift für Blinde, die über rein technische Möglichkeiten und standardisierte Norm-Erfüllungen hinausgehen.

In dieser Arbeit werden in Kapitel 2 die Anforderungen an die Gestaltung einer Mathematikschrift, die für ihren Einsatz an integrierten Schulen erfüllt sein sollten, zusammengestellt und diskutiert. In Kapitel 3 werden bestehende Mathematikschriften auf diese Anforderungen hin kritisch betrachtet. Sie erfüllen die hohen gestalterischen Ansprüche, die notwendigerweise an eine solche Notation für blinde Kinder zu stellen sind, nicht oder nur unzureichend. Der Grund hierfür ist, dass sie sich vorrangig an den bestehenden technischen Gegebenheiten orientieren. In Kapitel 4 wird aufgezeigt, dass die Stuttgarter Mathematikschrift für Blinde (SMSB) im Gegensatz zu den vorher behandelten Darstellungsformen der Mathematik für Blinde den inhaltlichen Forderungen genügt. Die heute noch bestehenden Vorbehalte gegen diese Schrift liegen in erster Linie in technischen Problemen, die in Kapitel 5 erörtert werden. Auch werden hier mögliche Lösungen zu deren Beseitigung aufgezeigt. Kapitel 6 schließt die Arbeit mit einer Diskussion.

2 Anforderungen an eine Mathematikschrift für Blinde

Es gibt im Bereich der Mathematik eine eigene Schreibweise, die sich aus der Sprache der Mathematik entwickelt hat. Um blinden Menschen den Zugang zu der mathematischen Sprache und ihrer schriftlichen Wiedergabe zu öffnen, sind eine Reihe von speziellen gestalterischen Anforderungen zu beachten, die sich durch den Umstand ergeben, dass es einer geeigneten tastbaren Darstellung des Aufgeschriebenen bedarf. Geeignet heißt, dass für Blinde das intuitive Verstehen Sehender beim Lesen in ein intuitives Verstehen beim Ertasten umgeformt wird. Daraus er-

geben sich die Anforderungen an eine Mathematikschrift, die insbesondere zu erfüllen sind, wenn sie für sehende und blinde Kinder, die integriert in Regelschulen unterrichtet werden, eingesetzt werden soll.

Seit Louis Braille Ende des letzten Jahrhunderts die Blindenschrift entwickelt hat, lesen Blinde mit der Kuppe des Zeigefingers eine 6-Punktschrift. Die 6 Punkte sind angeordnet wie die aufrechte 6 auf einem Würfel. Seit den 70er Jahren gibt es Blindenschrift-Ausgabegeräte am Rechner, auf denen eine 8-Punktschrift verwendet wird. Die Punkte sieben und acht sind unter den sechs Punkten eines 6-Punktschrift-Zeichens angeordnet.

1 0 0 4
2 0 0 5
3 0 0 6
7 0 0 8

Jeder einzelne Punkt kann erhaben und damit fühlbar sein. Solche Punkte werden üblicherweise schwarz ausgefüllt  dargestellt.

A1: Eine Mathematikschrift für Blinde muss mit dem Finger lesbar sein.

Diese Forderung der Lesbarkeit mit dem Finger geht über die rein tastbare Form der Schrift hinaus. Vielmehr soll eine Mathematikschrift das Verstehen von komplexen mathematischen Termen unterstützen. Sehende können durch die graphische Darstellung eines Terms sehr viel Information auf einen Blick wahrnehmen und erkennen, während sich Blinde den Inhalt Zeichen für Zeichen zu erarbeiten haben. Die Form, in der mathematische Terme gesprochen werden, ist eine gute Orientierung für einen sinnvollen Entwurf für eine Mathematikschrift für Blinde. Insbesondere ist für komplexe Terme wie z.B. Brüche eine Schreibweise zu bevorzugen, bei der mit dem ersten Zeichen eindeutig die Art des folgenden Terms erkennbar wird. Für einfache Terme wie $5x+12y$, $6-15x$ oder x^2 ist eine solche Schreibweise nicht notwendig, da diese Terme kurz genug sind, um ihre Bedeutung beim „Zeichen für Zeichen“ lesen zu verstehen.

A2: Die Anzahl der Zeichen in einem mathematischen Ausdruck sollte so niedrig wie möglich sein.

Das Verständnis von komplexen Termen wächst mit der Kompaktheit und Klarheit der Notation [4]. Dies ist der Grund, warum es so viele mathematische Symbole wie + für PLUS, - für MINUS oder $\sqrt{}$ für WURZEL gibt. Einer Mathematikschrift für Blinde sollte denselben Prinzipien folgen und einen vergleichbaren Grad der Abstraktion ermöglichen. Zu diesem Zweck ist eine Eins-zu-Eins-Übersetzung von gesprochenen mathematischen Symbolen in tastbare Zeichen sinnvoll.

A3: Tastbare Symbole sollten intuitiv verständlich sein.

Viele mathematische Symbole enthalten eine visuelle Komponente, die ihr Verstehen erleichtert. Ein Beispiel hierfür sind die Pfeile, die im Zusammenhang mit Vektoren oder einem Grenzwert verwendet werden. Solche visuellen Symbole erleichtern das Verstehen der durch Symbole dargestellten Objekte und ihrer Bedeutung. Dieselben Forderungen sind an eine Mathematikschrift für Blinde zu stellen. Insbesondere sollten syntaktische Symmetrien, die semantische Symmetrien widerspiegeln wie z.B. bei $()$, $<>$ oder $\{ \}$ auch in der Mathematikschrift für Blinde erkennbar sein.

A4: Das gemeinsame Unterrichten von Blinden und Sehenden soll unterstützt werden.

Für den gemeinsamen Unterricht von Blinden und Sehenden ist es ausgesprochen hilfreich, wenn die Mathematikschrift für Blinde leicht in eine Form umgewandelt werden kann, mit der Sehende vertraut sind. Zu diesem Zweck sind zwei Arten der Wiedergabe mathematischer Ter-

me notwendig. Die Darstellung für die Blinden sollte ebenso Zeichen für Zeichen in eine Notation für Sehende umgewandelt werden können, wie es umgekehrt möglich sein sollte. Zusätzlich sollte ein geschriebener Term per Rechnerprogramm in eine graphische Repräsentation für Sehende verwandelt werden können. Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, muss ein Lehrer nur noch ein Exemplar eines Arbeitsblattes erstellen, um die Version in tastbarer Form für die Blinden und diejenige in graphischer Form für die Sehenden zu erhalten.

Einige dieser Anforderungen hängen stark von der Zielgruppe ab. Für blinde Wissenschaftler ist es möglich, auf die strenge Forderung einer Eins-zu-Eins-Übersetzung jedes Buchstabens wie jedes Symbols zu verzichten. Es sollte jedoch klar sein, dass es von blinden Kindern, die in ihren ersten Schuljahren an der Regelschule die Kunst der Mathematik erlernen, sehr viel verlangt ist, neben der gesprochenen, mathematischen Ausdrucksweise noch eine zusätzliche geschriebene Darstellung zum Lesen und Schreiben von mathematischen Ausdrücken zu erlernen. Von blinden Wissenschaftlern kann vorausgesetzt werden, dass sie mit der Sprache der Mathematik bereits vertraut sind und ohne größere Schwierigkeiten verschiedene schriftliche Darstellungen lernen können.

3 Kritik an existierenden Mathematiksschriften

Es gibt bereit eine Reihe von mathematischen Darstellungen für Blinde. Die längste Tradition hat die Mathematiksschrift aus Marburg a.d. Lahn in Deutschland und dies nicht nur in Deutschland. Das erste Mal wurde sie 1930 [5] veröffentlicht. Ihre neueste Ausgabe stammt aus dem Jahr 1992 [3]. Durch den zunehmenden Einsatz von Computern sind eine Reihe von neuen Möglichkeiten und Anforderungen entstanden, aus denen andere, modernere Notationen, wie die ASCII-Notation der Universität Karlsruhe [10] oder eine Vereinfachung von LaTeX an der Blindenstudienanstalt in Marburg entstanden sind. Außerdem gibt es inzwischen einen europäischen Standard, das Eurobraille, wie den Punktzeichen Bedeutungen zugewiesen werden. Auch diese Zuordnung wird z.T. für die Darstellung von Mathematik verwendet. Die meisten dieser Mathematiksschriften erfüllen jedoch nur einen Teil der speziellen inhaltlichen Anforderungen, die in Kapitel 2 vorgestellt wurden. Hier werden die wesentlichen Mängel der aufgezählten Mathematiksschriften aufgezeigt.

3.1 Die Marburger Mathematiksschrift

Die Marburger Mathematiksschrift ist eine 6-Punkt-Schrift, die 64 verschiedene Zeichen umfassen kann. Diese reichen nicht aus, um die kleinen und die großen Buchstaben des Alphabets, die zehn Ziffern, Satzzeichen und einige spezielle Buchstaben des jeweiligen Landes eindeutig zu repräsentieren. Daraus folgt sofort, dass in dieser Notation eine eindeutige Darstellung von mathematischen Symbolen in einer Eins-zu-Eins-Übersetzung von Symbolen und tastbaren Zeichen unmöglich ist. Die Marburger Schreibweise war zur damaligen Zeit zur Kommunikation Blinder über Mathematik entwickelt worden. Man erzeugte die fühlbaren Zeichen entweder unter Verwendung einer Schablone, um die Punkte mit einem Stichel in Spiegelschrift in dickes Papier zu drücken, oder verwendete eine mechanische „Bogenmaschine“. Beide Methoden werden auch heute noch zum Teil verwendet. In beiden Fällen ließen sich nur 6-Punkt-Zeichen schreiben. Die durch diese Beschränkung auf eine 6-Punktschrift eingegangenen Kompromisse verstoßen gegen eine Reihe von Anforderungen aus Kapitel 2.

So wird beispielsweise eine Zahl i durch ein Zahlzeichen (#) angekündigt, dem der i -te Buchstabe des Alphabets folgt. Die Ziffer 7 wird dargestellt durch ein #g und 4987 durch #dihg. Soll innerhalb einer Formel ein Buchstabe stehen, so ist ein spezielles Symbol notwendig, das ankündigt, dass das nächste Zeichen als Buchstabe und nicht als Zahl zu lesen ist. Die sich dadurch ergebende Darstellung von mathematischen Formeln verstößt gegen die Anforderung A2.

4 Die „Stuttgarter Mathematischrift für Blinde“ (SMSB)

Eine mathematische Notation für Blinde, die speziell für Blinde entworfen wurde, stellt die Stuttgarter Mathematischrift für Blinde (SMSB) dar [6]. Anders als die übrigen vorgestellten Notationen werden hier nicht bestehende, im Rechner verfügbare Zeichensätze den Bedürfnissen von Blinden angepasst, sondern spezielle Zeichensätze auf den Bedarf und die Anforderungen von Blinden zugeschnitten und passende True Type Fonts selbst kreiert. Es handelt sich dabei um zwei TRUE TYPE Zeichensätze aus zueinander korrespondierenden Zeichen, den SZ Schwarzschrift und SZ Braille (Stuttgarter Zeichensatz). Beide sind in dieser Veröffentlichung verwendet und können auch auf dem Bildschirm dargestellt werden. Auf der tastbaren Punktschrift-Ausgabe erscheint SZ Braille. Durch diese Zeichensätze sind keine Kompromisse notwendig wie in den oben vorgestellten Mathematischriften. Durch die 8-Punkt Darstellung ist es möglich 256 Zeichen darzustellen.

Seit der Entstehung der SMSB 1980 [6] wurden fortwährend Verbesserungen bzw. Anpassungen an technische Weiterentwicklungen vorgenommen, um den Einsatz am Rechner praktikabel und allen Bedürfnissen angepasst zu gestalten. Die jüngste Erweiterung in dieser Beziehung ist die automatische Umwandlung von mathematischen SMSB-Ausdrücken in eine entsprechende graphische Darstellung für Sehende [2].

Im weiteren wird erörtert, inwieweit SMSB den Anforderungen aus Kapitel 2 genügt.

A1: Lesbarkeit mit dem Finger

SMSB ist in ihrer tastbaren Form mit dem Finger zu erfühlen. Wegen der größeren Anzahl an Punkten (8 statt 6) kann jedes Zeichen eindeutig wahrgenommen werden. Ein zusätzlicher Vorteil hierbei ist, dass die herkömmliche 6-Punkt Schrift erhalten bleibt und die beiden zusätzlichen, unten angeordneten Punkten nur für spezielle Zwecke eingesetzt werden. Insbesondere wurde bei ihrem Entwurf darauf geachtet, dass für „einfache“ Zeichen, die schon in den ersten Klassen vorkommen, die beiden zusätzlichen Punkte so gut wie nicht zum Einsatz kommen, damit den kleineren Fingern der Kinder das Ertasten der Zeichen erleichtert wird. So sind die mathematischen Symbole für die Grundrechenarten +, **B**, **E** und **F** in den oberen sechs Punkten kodiert. Lediglich um zusätzliche Zeichen zur Ankündigung von Großbuchstaben zu vermeiden, wird der siebte Punkt verwendet. Zusätzlich erfüllt SMSB die Anforderung eine Präfix-Notation zu sein.

A2: Minimale Anzahl an Zeichen

Mathematische Ausdrücke in SMSB sind kurz, da für mathematische Symbole einzelne tastbare Zeichen vorhanden sind. Einige Beispiel hierfür sind:

$<$	$>$	$\subset$	$\supset$	$\in$	$\rightarrow$	$\leftarrow$	$\sqrt{\quad}$	$\int$

Zusätzlich gibt es spezielle Zeichen für Buchstaben aus fremden Alphabeten wie griechische oder altdeutsche Buchstaben, die im mathematischen Zusammenhang für Winkel oder Vektoren verwendet werden. Trigonometrische Funktionen werden wie für die Sehenden als sin, cos oder tanh, etc. geschrieben.

A3: Intuitive Darstellung von Zeichen

SMSB Zeichen folgen denselben Richtlinien der intuitiven Darstellung von Symbolen wie für Sehende. Symmetrien in der tastbaren Form rühren von semantischen Symmetrien her. Dies gilt

Ein anderes Beispiel ist die Darstellung des Integrals von a bis b über die Funktion $3x^2$:

$$\int_a^b 3x^2 dx$$

Zusätzlich zu der automatischen Umwandlung eines der beiden Zeichensätze in den jeweils anderen ist es seit 1999 [2] möglich, einen SMSB-Term in eine graphische Darstellung zu überführen, wie sie für Sehende nicht nur verstehbar ist wie im SZ Zeichensatz sondern sogar vertraut ist. Aus der oben gezeigten Summe bzw. dem Integral werden durch die Übersetzung die folgenden dem Sehenden vertrauten Terme:

$$\frac{x+1}{-} + \frac{x+1}{-} \quad \text{bzw.} \quad \int_a^b 3x^2 dx$$

Diese Übersetzung von SMSB-Termen in eine graphische Darstellung eröffnet Lehrern von Klassen mit blinden und sehenden Kindern die Möglichkeit, ein Arbeitsblatt für die Klasse in SZ Schwarzschrift zu schreiben, es für die blinden Kinder in eine SZ Braille Version zu übersetzen und tastbar auszudrucken. Dieselbe SZ Schwarzschrift Vorlage kann dann weiter verwendet werden, um durch die Übersetzung in eine zweidimensionale graphische Darstellung eine Version des Arbeitsblattes für die sehenden Kinder zu liefern.

5 Gründe für die bisher fehlende Akzeptanz der SMSB

Es gibt auch noch heute, nach dem bei der Arbeit am Computer inzwischen 20 Jahre lang eine 8-Punktschrift verwendet wird, Vorbehalte gegen eine 8-Punktschrift, insbesondere für Kinder sei sie schwierig zu lesen. SMSB ist auf die Bedürfnisse der kleineren Kinderfinger eingegangen, in dem die für die ersten Schuljahre notwendigen Rechensymbole plus, minus, mal und geteilt ebenso wie die Zahlen und kleinen Buchstaben in den oberen 6 Punkten codiert. Erfahrungen im Einsatz der SMSB an integrierenden Schulen wie z.B. dem Adolf-Weber-Gymnasium in München, wo die SMSB seit 15 Jahren erfolgreich verwendet wird, haben bisher mit diesem Punkt keine Probleme gezeigt.

Es wird auch bemängelt, dass Spezialsoftware benötigt wird, um SMSB verwenden zu können. Es ist heute aber üblich, dass man für verschiedene Anwendungen verschiedene Software-Pakete benutzt. Um SMSB zu verwenden, sind zwei true-type-fonts aufzunehmen und mit der Dokumentenvorlage SMSB.DOT wird die Tastatur des Rechners so belegt, dass die SMSB-Zeichen per Tastendruck eingegeben werden können. Die Codierung der Zeichen auf der Punktschrift-Zeile ist abhängig von der vom Geräteherstellern verwendeten Software. Seit kurzem gibt es das Programm Jaws, mit dem die Codierung einfach selbst vorgenommen werden kann und einzelnen Anwendungen verschiedene Zeichensätze zugeordnet werden können.

Ein entscheidender Vorteil der SMSB in der heutigen Form stellt die Möglichkeit einer graphischen Umsetzung von Termen dar. So können blinde Kinder in der Schule mit ihren sehenden Mitschülern sich leichter über Mathematik austauschen, als in der zwar verstehbaren jedoch Sehenden ungewohnten SZ Schwarzschrift.

Geplant ist ein Programm zur Umsetzung von SMSB-„Texten“ in LaTeX, um sie auch in die bei Verlagen eingesetzten Formate zu übertragen und dadurch weitere Tore zu öffnen. So ließen sich sogar „Rückübersetzungen“ in Marburger Mathematikschrift durchführen. Dazu gibt es das System LABRADOOR an der Universität Linz [1]. Damit gäbe es dann eine Brücke zwischen Marburger Mathematikschrift und SMSB.

6 Diskussion und Ausblick

Arithmetik, Geometrie und Algebra sind in unserer Kultur Grundfertigkeiten wie das Lesen und Schreiben. Dank Louis Braille hat sich Blinden die Möglichkeit der schriftlichen Kommunikation in der Welt der Blinden erschlossen. Moderne Techniken verringern die Kluft zwischen Sehenden und Blinden. Dennoch scheint der Zugang zur Mathematik nur für blinde Spezialisten möglich zu sein, während Sehende vom ersten Schuljahr an in diese Welt eingeführt werden. Durch den Computer können vergleichbare Voraussetzungen für Blinde geschaffen werden, indem die Mathematik in einem angemessenen Rahmen gemeinsam für Blinde und Sehende unterrichtet werden kann. Die aufgezeigten Anforderungen sind jedoch für einen wirklichen Zugang für alle Blinden zur Mathematik und einen mathematischen Austausch mit Sehenden unabdingbar.

In dieser Arbeit wurden die wesentlichen Kritikpunkte an den bestehenden mathematischen Darstellungen für Blinde zusammengetragen und an Beispielen verdeutlicht. Für die SMSB wurde gezeigt, dass sie die gestellten Anforderungen erfüllt. Dennoch verbleiben noch eine Reihe von notwendigen Weiterentwicklungen, um SMSB an allen Rechner zur Verfügung stellen zu können. So beschränkt sich die bisherige Version auf Windows. Mit der Entwicklung einer entsprechenden Version für Linux bzw. Unix wurde im Rahmen einer Diplomarbeit begonnen. Weiter soll die graphische Darstellung von SMSB-Termen durch eine Übersetzung in LaTeX ergänzt werden. Wünschenswert ist auch eine Rückübersetzung von LaTeX in SMSB.

7 Literatur

- [1] BATUSIC, M., MIESENBERGER, K., STÖGER, B., „LABRADOOR – a contribution to make mathematics accessible for blind“, in: Edwards, A.D.N., Arato, A., Zagler, W.L. (ed), Computers and Assistive Technology ICCHP'98, Proceedings of the XV. IFIP World Computer Congress, 1998.
- [2] CHRISTIAN, U., „Entwurf und Implementierung eines Dialogprogramms zur Umsetzung von SMSB-Termen in eine grafische Darstellung“, Diplomarbeit Nr. 1719, Universität Stuttgart, 1999.
- [3] EPHESER, H., POGRANICZNA, D., BRITZ, K., „Internationale Mathematikschrift für Blinde“, in: J. Hertlein, R.F.V. Witwe, (ed.), Marburger Systematiken der Blindenschrift (Teil 6), Deutsche Blindenstudienanstalt, Marburg, 1992.
- [4] IVERSON, K.E., „Notation as a Tool of Thoughts“, in Communications of the ACM, Volume 23, No. 8, S.444-449, 1980.
- [5] SCHEID, F.M., WINDAU, W., ZEHME; G., „System der Mathematik- und Chemieschrift für Blinde“, Marburg/Lahn 1930.
- [6] SCHWEIKHARDT, W., „A Computer Based Education System for the Blind“, in: Lavington, S. H. (ed.), Information Processing 80, pp 951-954, North Holland Publishing Company, 1980.
- [7] SCHWEIKHARDT, W., „Stuttgarter Mathematikschrift für Blinde, Vorschlag für eine 8-Punkt-Mathematikschrift für Blinde“, technischer Bericht an der Universität Stuttgart, Institut für Informatik, 1983 und 1989.
- [8] SCHWEIKHARDT, W., „Stuttgarter Mathematikschrift für Blinde“, technischer Bericht an der Universität Stuttgart, Institut für Informatik, 1998.
- [9] SCHWEIKHARDT, W., „8-Dot-Braille for Writing, Reading and Printing Texts which Include Mathematical Characters“ in Alistair D.N. Edwards, András Arato, Wolfgang L. Zagler (Eds.), Proceedings of the XV. IFIP World Computer Congress, 31.8.98 - 4.9.98, Wien/Budapest, p. 324-333, 1998.
- [10] Studienzentrum für Sehgeschädigte, Karlsruhe: „ASCII-Mathematikschrift“, 5. Auflage, 1999.

Adressen der Autoren

Dr. Waltraud Schweikhardt / Nicole Weicker
Universität Stuttgart
Institut für Informatik
Breitwiesenstr. 20-22
70565 Stuttgart
schweikh@informatik.uni-stuttgart.de
weicker@informatik.uni-stuttgart.de