Computer Based Communication on and about Mathematics
by Blind and Sighted People

Waltraud Schweikhardt

Universität Stuttgart, Institut für Informatik
Breitwiesenstr. 20-22, D-70565 Stuttgart
e-mail: schweikh@informatik.unistuttgart.de

Abstract
In this paper, we .....

End of abstract.

1. Introduction

Mathematics accompanies a child from the first year at school at the latest. Mathematics is present for students at all levels of education. Many adults are confronted with mathematical affairs during their professional time. At least kinds of arithmetic appear also in the daily life. However, mathematics uses a specific language to express terms, facts and theorems. In equivalence, there exist symbols to write down expressions. The conventional notation of the sighted comprises symbols, which are just abbreviations as for instance “+” for “plus” or “ -“ for “minus”. There are others which introduce a complex expression like the sign dor root or integral. There are conventions which use a two dimensional representation to express a mathematical fact. These are for instance the representation of matrices and determinants, powers or binomial coefficients. There exists a convention of a notation, and sighted people with an adequate education are familiar with it.

The notation is international, there exist very few national particularities. The special symbols can be written down with paper and pencil, but it took long until typewriters provided for mathematical characters and nevertheless, it was time-consuming to use them. Therefore, sighted mathematicians have preferred for a long time to communicate written materials by using paper and pencil.

Since modern computer based tools have become accessible and usable by more and more people, electronic communication about mathematics has become realistic. Formulas can for instance be written with LaTeX or the formula editor, which is embedded in WinWord.

Blind scientists have also become used to LaTex. LaTex uses only characters of the ASCII-character-set, and in most countries there exists a convention to encode them in Braille [ ]. It is encoded in 8-dot-Braille and allows one braille-character for each visible character on the screen.

It has been shown that 6-dotbraille provides far too less characters to represent formulas in an adequate way to work in a computer based learning and working environment in an integrated situation [ ].

2. **Mainstream Education for Blind Children**

Blind children in a class together with sighted boys and girls are taught facts which are new for them as well as for the sighted. The subject-matter is the same for all. New contents, but especially the related notation causes difficulties if blind pupils can only follow the explanations by listening. They urgently need a possibility to grasp also the new symbols and the notation by touch.

Examples for SMSB (**S**tuttgarter **M**athematik**s**chrift für **B**linde) - characters in their representation on the screen in „black print“ and in the corresponding braille characters in visual form are:

$+ \quad - \qquad (\quad) \quad [\quad] \quad \{ \quad \} \quad < \; > \qquad \in \qquad \rightarrow \; \leftarrow \qquad \surd \; \int$

It is necessary that there are equivalent tactile symbols to show the writing and the written representation as well as to the sighted as to the blind. Moreover, each tactile character must have one and only one visual correspondent in order to make it possible for the (most) sighted teacher and the sighted classmates to understand the written product of the blind easily. As a consequence, the parents who want to help the child, really have the chance to do so.

This again calls for a notation which can be translated one character or symbol by the other from the visual notation of the sighted to the tactile notation of the blind

2.1 Agreement on an International Mathematical Notation Based on 8 Dots.

2.2 A Computer-based Learning and Working Environment for Mathematics

There is obviously the need for an dialog-manager that provides the possibility to enter the signs, hands them over to an interpreter who performs the transformation into the correct representation on the wished output-device and who returns the reaction in the adequate representation.

Braille-output-device

Interpretation

Distribution screen

Representation

keyboard

Fig. 1 *Basic Learning and working environment for the blind (basic LWEB)*

2.1 Agreement on an International mathematical Notation for the Blind

There exist mathematical notations in 6-dot-braille as well as in 8-dot-braille. In Europe the notation with the longest tradition is the “Internationale Mathematikschrift für Blinde” of the “Deutsche Blindenstudienanstalt” in Marburg/Lahn in Germany. Another 6-Dotbraille code for mathematics is the Nemeth-Braille-Code for Mathematics and science in the United States [ ]. Both notations are based on 6 dots. These fit well for the fingertip which has to read them but blind computer users have been used to 8-dot braille since more than ten years in the meantime. It has been claimed already in the eighties, that 8-dot braille will be the notation or the future, and the future is now [ ].
In Europe
The first standalone braill-devices like versabraille of telesensory systems, the Braillex-device of Papenmmeier or the brailocord of AIB – rlectronic which were built in the seventies used 6-dot braille-lines for the output. They were based on and on electro-mechanical techniques respectively.

Schönherr-divices were the first to use 8-dot-lines (1980) today it is the normal “size “.

In Europe

Teaching the blind mathematics in a mainstream environment demands for a suitable mathematics notation.

Mathematics uses an own notation which has been developed out of the mathematical language. To open the door to it for the blind, the language and the written representation, general requirement concerning the design of the notation are necessary. TheIt tavtile notation must render the intuitive understanding which the optical characters allow.

Since Louis Braille invented the notation at the end of the last century, braille has been base on 6 dots per character. The mechanical machines which were developed and have been used to write and to communicate were consequently 6-dot-machines. Also the first electronic stand alone machines were based on 6 dots. Only the late K.P. Schönherr built a braille-line to be used in a braille terminal with an 8-dot-line.

	1 o o 4
The arrangement and numbers of dots	2 o o 5
looks like	3 o o 6
	7 o o 8

Each dot may be tactile or flat. This results in a s et of 2 power 8, that means 256 characters.

Our requirements to a suited notation consist out of 4 theorems.

Th1: A mathematical notation for the blind must be readable by the finger.

This demand means more than the demand that each mathematical symbol has a tactile correspondent. The notation must assist the reader in comprehending complex terms. The sighted are able to grasp the type of many mathematical objects at a glance. Examples may be a fraction, a root or an integral. A blind reader, however, has to touch one character after the other to fill a puzzle which finally makes clear what the content of the expression is.

A reasonable approach for the design of a mathematical notation for the blind is to model it on the way how expressions are spoken. It should especially be aspired to a writing which allows to conclude the type of the object already from the first character. It is however not necessarry gor simple terns like 10+4 or 23x+10y or even x^4 . These expressions are short enough to understand them while they are touched.

Th2: The number of characters in a mathematical expression should be as low as possible.

The comprehension of complex terms increases with the compactness and clearness of the notation [4]. That's the reason for the variety of mathematical symbols as + for plus, - for minus or $\sqrt{}$ for root. A mathematical notation for the blind should follow the same principles and allow the same degree of abstraction as the notation of the sighted.

Th3: Tactile symbols should be understandabl e intuitively.

Many mathematical symbols include a visual component, which helps to understand ual

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.

Th4: Integrated learning and working of blind an sighted students and colleagus should be supported.

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 Terme 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 geschriebenen 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.

Character-set used by computer programs

7-
bit-ASCII

6-bit ASCII

ANSI

Unicode?

Character-set used on the screen

Various character-sets

True Type Sets

Unicode

Character-set used by the braille-output device

History and actual situation of SMSB

Didactic Demands on a Notation

1.1

3. Kritik an existierenden Mathematikschriften

Es gibt bereit eine Reihe von mathematischen Darstellungen für Blinde. Die längste Tradition hat die Mathematikschrift 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 Mathematikschriften erfüllen jedoch nur einen Teil der speziellen inhaltlichen Anforderungen, die in Kapitel 2 vorgestellt wurden. Hier werden die wesentlichen Mängel der aufgezählten Mathematikschriften aufgezeigt.

3.1 Die Marburger Mathematikschrift

Die Marburger Mathematikschrift 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.

Ein weiterer Nachteil der Marburger Mathematikschrift zeigt sich im folgenden Beispiel: ein einfacher Bruch wie $\frac{4}{7}$ wird durch ein Zahlzeichen eingeleitet, gefolgt von Zähler und Nenner, wobei für den Nenner die Punkte des tastbaren Zeichens um eine Punktzeile nach unten gerückt werden. Für $\frac{4}{7}$ ergibt sich damit in direkter Übersetzung #d=, also Zahlzeichen #, gefolgt vom vierten Buchstabe des Alphabets also d, gefolgt vom Zeichen =, das sich durch die Verschiebung des siebten Buchstaben ergibt. In gedruckter Punktschrift liest sich der Bruch als ⠼⠙⠶ . Die Darstellung ist kurz, hat jedoch den Nachteil, dass die Doppelbedeutung von tastbaren Zeichen für Kinder das Verstehen von Mathematik erschwert.

Darüberhinaus ist leicht zu sehen, dass durch diese Regeln eine schriftliche Kommunikation zwischen Blinden und Sehenden nahezu ausgeschlossen ist. Weitere Übersetzungroutinen im Computer wären notwendig, die aus der Punktschriftzeile einen für Sehende vertrauten Text liefern. Die Übersetzung der Marburger Notation für Blinde ist so wenig intuitiv, dass ein

Sehender eine völlig neue Sprache zu erlernen hätte. Die Marburger Mathematikschrift widerspricht damit auch der Anforderung A4.

3.2 Die ASCII-Notation der Universität Karlsruhe

Die ASCII-Notation der Universität Karlsruhe [10] stellt eine Mathematikschrift für Blinde dar, deren wesentlicher Vorteil darin besteht, dass sie mit dem Rechner geschrieben werden kann und dabei ausschließlich die 128 Zeichen des 7-Bit ASCII so verwendet, wie sie 1986 als DIN 32980 standardisiert wurden. Auf diese Weise konnte eine weitreichende Plattformunabhängigkeit erreicht werden. Unglücklicherweise ist die Mathematikschrift nicht als Präfix-Notation entworfen worden und Blinde haben viele Zeichen mit dem Finger zu erfühlen, ehe sie den mathematischen Term eindeutig erkennen können. Dies wird an den drei folgenden Beispielen verdeutlicht. Die linke Seite der folgenden Beispiele zeigt jeweils die für Sehende gewohnte Form des Terms. Die mittlere Spalte zeigt die Form, in der der Term eingegeben und auf dem Bildschirm dargestellt wird, rechts steht die jeweilige tastbare Repräsentation in sichtbarer Form.

$\frac{x+y}{x-y}$. □□□□□ .

x^{n+1} . □□1

$A \cup B$ □□□□□ . .

Diese Beispiele zeigen, wie die eingegebenen Terme linearisiert werden und dann Zeichen für Zeichen in Punktschrift umgewandelt werden. Durch die derartige Linearisierung von Brüchen wird erst nach einer Reihe von gelesenen Punktschrift-Zeichen deutlich, um welche Art von Term es sich handelt. Dies verstößt gegen die Anforderung A1. Das zweite und das dritte Beispiel verdeutlichen, wie sich die Anzahl der zu lesenden Zeichen durch fehlende spezielle Zeichen, die für die mathematischen Symbole stehen, vergrößert. Es werden Klammern notwendig und das Vereinigungzeichen wird durch drei Punktschrift-Zeichen umgesetzt. Dies widerspricht der Forderung A2, dass die Anzahl der Zeichen in einem mathematischen Term minimal sein sollte. Auch der Anforderung A3 der intuitiven Einsichtigkeit von Symbolen wird in der gegebenen Umsetzung nicht entsprochen.

3.3 Eurobraille

Es gibt eine Codierung der Zeichen der ASCII (American Standard Code for Information Interchange), die heute in vielen Punktschrift-Ausgabegeräten enthalten ist, und Eurobraille genannt wird. Dabei handelt es sich um eine 8-Punkt Schrift, die der DIN-Norm für die ersten 128 Zeichen gemäß den Vorschriften des deutschen DIN-Standards für den 7-Bit-ASCII dem ISO-Standard ISO/CD 11548-1.2,1998 genügt. Beim Entwurf dieser Codierung stand im Vordergrund, das alle Zeichen der Deutschen Blindenkurzschrift enthalten sind, um die damals verwendeten Übersetzungsprogramme verwenden zu können, mit denen Auszüge von großen Zeitungen und Zeitschriften in Blindenkurzschrift übertragen und in Punktschrift gedruckt wurden. Spezielle Belange einer Mathematikschrift wurden nicht explizit berücksichtigt.

Die sich ergebenden Schwierigkeiten für ihren Einsatz innerhalb der Mathematik zeigen sich zum einen bereits im Abschnitt über die ASCII-Notation der Universität Karlsruhe an den dort aufgeführten Beispielen. Darüberhinaus fehlen in Eurobraille so wichtige mathematische Symbole wie Pfeile und das Integral gänzlich. Ein weiterer Kritikpunkt ist die der Intuition widersprechende Darstellung von beispielsweise die Übersetzung eines senkrechten Strichs □ durch die Punkte 3 und 4: und eines Unterstrichs □ durch die Punkte 4, 5, 6, und 7: . Damit ergibt sich für eine Folge von senkrechten Strichen |||||||||| eine Folge von fühlbaren Schrägstrichen und für eine waagerechte Linie _____ erscheint das Muster .

Beides widerspricht dem Bild für Sehende. Auch die Kleiner- bzw. Gößer-als-Zeichen haben für Sehende eine symbolische Bedeutung. Durch die folgende Umsetzung in Eurobraille wird dieser nicht entsprochen:

3<4 ⠩⠰⠹   4>3 ⠹⠘⠩.

3.4 LaTeX

Eine weitverbreitete mathematische Repräsentation im wissenschaftlichen Bereich ist LaTeX. Es ermöglicht Autoren Publikationen selbst in eine druckreife Form zu bringen. Ein in LaTeX geschriebenes Dokument enthält dabei neben dem eigentlichen Text eine Anzahl von Steuerbefehlen. Um sich das Dokument am Bildschirm anschauen oder es ausdrucken zu können, wird es von einem dazugehörigen Programm übersetzt. LaTeX wird erfolgreich im wissenschaftlichen Bereich, insbesondere an Universitäten eingesetzt, wo viele Wissenschaftler ihre eigenen Publikationen selbst zu schreiben haben.

Ein Vorteil, der im Einsatz von LaTeX für Blinde zum Tragen kommt, ist die Möglichkeit, die Notation durch eigene Makros und selbstdefinierte Befehle zu vereinfachen und an die persönlichen Bedürfnisse anzupassen. Ein weiterer Vorteil von LaTeX ist seine Präfix-Notation. Doch ein wesentlicher Nachteil für Blinde ist, dass Symbole als Wörter dargestellt werden. So besteht eine einfache Anweisung aus vielen verschiedenen Zeichen, die alle zu erfühlen sind. Dies widerspricht den Anforderung A2 und A3. Das folgende Beispiel zeigt deutlich, wie lang die Darstellung der Summe aus den beiden Brüchen $\frac{x+1}{x-1}+\frac{x+1}{x-1}$ in LaTeX-Notation wird und wie viele Zeichen Blinde zu ertasten haben, um den Bruch zu erkennen.

```
\begin{eqnarray*} \frac{x+1}{x-1} + \frac{x-1}{x+1} \end{eqnarray*}
```

⢁⠃⠑⠛⠊⠝⢎⠑⠟⠝⠁⠗⠗⠁⠽⠔⡱ ⢁⠋⠗⠁⠉⢎⠭⠖⠡⡱⢎⠭⠤⠡⡱

⠖ ⢁⠋⠗⠁⠉⢎⠭⠤⠡⡱⢎⠭⠖⠡⡱ ⢁⠑⠝⠙⢎⠑⠟⠝⠁⠗⠗⠁⠽⠔⡱

4. Die "Stuttgarter Mathematikschrift für Blinde" (SMSB)

Eine mathematische Notation für Blinde, die speziell für Blinde entworfen wurde, stellt die Stuttgarter Mathematikschrift 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 Mathematikschriften. 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 +, ⠇⠂ ⠕ und ⠏ in den oberen sechs Punkten kodiert. Lediglich zur Vermeidung von zusätzlichen Zeichen, um Groß- von Kleinschreibung zu unterscheiden, wird der siebte Punkt verwendet, um Großbuchstaben zu markieren. 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:

<	>	⊂	⊃	∈	→	←	√	∫
⢔	⡢	⡣	⢜	⢣	⡔	⢢	⢲	⢮

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 für jegliche Form von Klammerungen und darüberhinaus auch für Pfeile, die hoch- oder tiefgestellte Teile einer Formel verdeutlichen.

/ \

⠦ ⠴ ⠷ ⠾ ⢎ ⡱ ⢧ ⡼ ⡈ ⢁ ⢡ ⡘ ⢱ ⡸

Die Pfeile deuten auf tief- bzw. hochgestellte Formelteile an. Die gerade Pfeile bedeuten dabei, dass nur ein einzelnes Zeichen tief- bzw. hochgestellt folgt, während der schräge Pfeil auf eine Zeichenfolge hinweist, die durch ein spezielles Ende-Symbol des Herzchen geendet wird, durch das Klammerungen gespart werden. Es folgen Beispiele für a_i, x^5 und x^{2n+5}.

a ↓ i	x ↑ 5	x ↗ 2 n + 5 ♥
⠁⢡⠊	⠭⡘⠱	⠭⡸⠣⠝⠖⠱⣹

A4: Unterstützung von gemeinsamen Lehren und Lernen von Blinden und Sehenden

Durch die eindeutige Übersetzung von mathematischen Symbolen in die beiden Zeichensätze SZ Schwarzschrift und SZ Braille ist eine Kommunikation zwischen Blinden und Sehenden über mathematische Inhalte möglich geworden. Beispiele für die Darstellung von Symbolen in beiden Zeichensätzen sind:

▌▂▐ 〈 〉 = ≠ | + − ± √ ∈ ¬ → ← ∫ π ≈ ∑ ∅ ≥ ≤ <

⢆⣒⡰⢧⡼⠶⢶⢸⠖⠤⣶⢲⢣⢤ ⡔⢢⢾⢏⢦⣎⡾⣦⣴⢔

Die ersten drei Zeichen deuten den Beginn, den Bruchstrich und das Ende eines Bruchs an. Ein ausführliches Beispiel für den Einsatz dieser Zeichen zeigt die Darstellung des Bruchs mit dem Zähler x + 1 und dem Nenner x̃ ı addiert mit dem Bruch mit dem Zähler x̃ ıund dem Nenner x + 1 in SZ Schwarzschrift und darunter in SZ Punktschrift in schriftlicher Wiedergabe.

▌x+1▂x-1▐ + ▌x-1▂x+1▐

⢆⠭⠖⠡⣒⠭⠤⠡⡰⠖⢆⠭⠤⠡⣒⠭⠖⠡⡰

Ein anderes Beispiel ist die Darstellung des Integrals von a bis b über die Funktion 3x²:

□□□□□̣□□□□̣□□

⢮⢡⠁⡘⠃ ⠩⠭⡘⠣ ⠙⠭

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 dem oben gezeigten Bruch bzw. dem Integral werden durch die Übersetzung die folgenden dem Sehenden vertrauten Terme:

Fehler!□□□̣̃Fehler!

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, das für die blinden Kinder in eine SZ Braille Version übersetzt wird und als tastbarer Ausdruck lesbar ist. Dieselbe SZ Schwarzschrift Vorlage kann dann weiter verwendet werden, um durch die Übersetzung in eine zwei-dimensionale 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.

Desweiteren wird 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 dem Geräteherstellern verwendeten Software. Seit kurzem gibt es das Programm Jaws, mit dem die Codierung selbst vorgenommen werden kann und einzelnen Anwendungen verschiedene Zeichensätze zugeordnet werden können. Darüberhinaus ist geplant, den Anschluss an die Punktschrift-Ausgabe zu automatisieren und damit zu vereinfachen.

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.

6. Diskussion und Ausblick

2. Suggestions on Keyboard Layouts to write the characters by typing them. It is necessary to write each visible character by typing a key.

3. Requirements on an Interface-Program for Braille-Output-Devices

Development of software for braille-output-devices like braille-lines or braille-printers to exchange character- sets or the Zuordnung of single characters and their pattern of tactile dots.

4. Telecommunication on mathematics

SMSB – texts can be sent from one participant to another, since each character has its ASCII-number or its ANSI-number which is the information ahich is sent to the addressee. The receiver on the other side needs to relate the received numbers to the characters, which should be shown on the screen, and to the pattern of dots, which belongs to them. These must be represented on the braille line of the braille-output-device of the used computer based learning- and working-place of the receiving person.

5. Mathematics in the Internet

New ways to communicate mathematics in the internet have arised with the markup language Mathml. It does, however not releaes from the task in the first section, the agreement on a tactile notation is necessary.

6. Concluding Remarks

Arithmetrik, 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. References

[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, Nr 8, 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.