



Integration von Schülerinnen und Schülern mit einer Sehschädigung an Regelschulen

Didaktikpool

Christina Waldhoff

Einsatz vom Computer im Mathematikunterricht mit Jugendlichen mit
einer Sehschädigung im gemeinsamen Unterricht.

Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das
Lehramt für Sonderpädagogik,

Dortmund: 2001

Universität Dortmund

Fakultät Rehabilitationswissenschaften

Rehabilitation und Pädagogik bei Blindheit und Sehbehinderung

Projekt ISaR

44221 Dortmund

Tel.: 0231 / 755 5874

Fax: 0231 / 755 4558

E-mail: isar@uni-dortmund.de

Internet: <http://isar.reha.uni-dortmund.de>



**Einsatz vom Computer im Mathematikunterricht mit
Jugendlichen mit einer Sehschädigung im
gemeinsamen Unterricht**

Schriftliche Hausarbeit
im Rahmen der Ersten Staatsprüfung
für das Lehramt für Sonderpädagogik

dem Staatlichen Prüfungsamt Dortmund
vorgelegt von

Christina Waldhoff

Dortmund, im Mai 2001

Themenstellerin: Prof. Dr. Csocsán
Fachbereich: Sondererziehung und
Rehabilitation der Sehbehinderten

Einleitung	6
1 Unterrichtliche Rahmenbedingungen und Problembeschreibung	11
1.1 Sehschädigung – Begriffsbestimmung	11
1.1.1 Störungen von Sehfunktionen und Auswirkungen auf das Sehvermögen	12
1.1.2 Pädagogische Begriffsbestimmung.....	15
1.2 Integration.....	18
1.2.1 Integrationsvoraussetzungen.....	18
1.2.2 Verringerung des Sehvermögens - Folgen für den integrativen Unterricht	19
1.2.3 Weitere Bedingungen, die den Integrationsunterricht beeinflussen	21
1.3 Der Computer – ein elementares Medium unserer Gesellschaft.....	25
1.4 Der Computer – ein Medium im mathematischen Integrationsunterricht.....	29
1.4.1 Der Computer als Hilfsmittel.....	30
1.4.2 Der Computer als Arbeitsmittel.....	34
1.4.3 Der Computer als Lehr- und Lernmedium	34
1.4.4 Der Computer als Kommunikationsmittel im Integrationsunterricht	34
2 Computertechnische Voraussetzungen.....	37
2.1 Hardware	40
2.1.1 Rechner.....	40
2.1.2 Eingabemedien.....	41
2.1.3 Ausgabemedien.....	42
2.1.4 Spracheingabe- und Ausgabemedien	44
2.1.5 Medien, die die Arbeit mit dem Computer erleichtern	46
2.2 Software.....	48
2.2.1 Betriebssysteme	48
2.2.2 Brückensoftware	52
2.2.3 Beratung	55
3 Computerunterstützte Datendarstellung.....	59
3.1 Blindengerechte Datendarstellung	59
3.1.1 Computerinterne Vorgänge bei der Datenverarbeitung	60
3.1.1.1 Grundlagen.....	60
3.1.1.2 Zeichensätze.....	60
3.1.1.3 Transformation in Braille	61
3.2 Sehbehindertengerechte Datendarstellung	64
3.2.1 Vergrößerte Datendarstellung.....	64
3.2.1.1 Verwendung eines Großmonitors	65
3.2.1.2 Windowsinterne Vergrößerungsmöglichkeiten	66
3.2.1.3 Vergrößerungssysteme – Software	68
3.2.1.4 Vergrößerungssysteme – Hardware	69
3.2.2 Weitere Modifikationen der Standardeinstellungen	72

3.3	Akustische Signale	75
4	Der Computer als Unterrichtsmedium	77
4.1	ITG als Aufgabe (sonder-) pädagogischer Förderung.....	77
4.1.1	Didaktisch-methodische Konzepte	78
4.1.1.1	Entwicklung einer Medienkompetenz.....	80
4.1.1.2	Unterrichtsorganisatorische Form und Zeitpunkt der Computerschulung...	83
4.1.2	Vorteile des Computers als Unterrichtsmedium.....	84
4.2	Fachspezifische Einsatzmöglichkeiten im Mathematikunterricht	88
4.3	Faktoren, die Einsatz des Computers im integrativen Mathematikunterricht beeinflussen.....	90
4.3.1	Integration des Computers in didaktisch-methodische Konzepte.....	90
4.3.2	Digitalisierung von Daten.....	91
4.3.3	Computerausstattung der Schulen.....	91
4.4	Anforderungen an die Lehrerbildung und veränderte Lehrerrolle	93
4.5	Kritische Betrachtung – Computereinsatz im Unterricht.....	95
5	Mathematikschriften für Blinde	98
5.1	Geschichtliche Entwicklung der Mathematikschrift	98
5.2	Merkmale und Kennzeichen einer Mathematikschrift für Blinde.....	102
5.2.1	Voraussetzungen und Bedingungen.....	102
5.2.2	Einsatz in der Blindenpädagogik	107
5.2.3	Einsatz in der Integrationspädagogik	108
5.3	Die Marburger Mathematikschrift (MSB)	109
5.3.1	Ziele und Kennzeichen	109
5.3.2	Einsatz in der Blindenpädagogik	110
5.3.3	Einsatz in der Integrationspädagogik	111
5.4	Stuttgarter Mathematikschrift für Blinde (SMSB)	112
5.4.1	Ziele und Kennzeichen	112
5.4.2	Einsatz in der Blindenpädagogik	113
5.4.3	Einsatz in der Integrationspädagogik	115
5.5	Karlsruher Mathematikschrift (AMS).....	117
5.5.1	Ziele und Kennzeichen.....	117
5.5.2	Einsatz in der Blindenpädagogik	119
5.5.3	Einsatz in der Integrationspädagogik	121
5.6	LaTeX-Notation	122
5.6.1	Ziele und Kennzeichen.....	122
5.6.2	Einsatz in der Blindenpädagogik	123
5.6.3	Einsatz in der Integrationspädagogik	125
5.7	Auswahl einer Mathematikschrift für den Integrationsunterricht.....	127
5.7.1	Die Marburger Initiative.....	128
5.7.2	Entscheidungskriterien	129
5.7.3	Persönliches Resumé.....	131

6	Computerunterstützte Erstellung von Unterrichtsmaterialien	133
6.1	Möglichkeiten und Grenzen der computerunterstützten Arbeitsblatterstellung für Sehbehinderte	135
6.1.1	Sehbehindertengerechte Arbeitsblatterstellung	137
6.1.2	Kriterienkatalog zur sehbehindertengerechten Textvorbereitung	138
6.1.2.1	Textelemente	138
6.1.2.2	Grafiken und Bilder	141
6.2	Möglichkeiten und Grenzen der computerunterstützten Erstellung von Arbeitsblättern in Punkschrift	143
6.2.1	Kriterienkatalog zur blindengerechten Textvorbereitung	145
6.2.1.1	Textelemente	145
6.2.1.2	Mathematische grafische Zeichen	147
6.2.1.3	Grafiken und Bilder	148
6.3	Computerunterstützte Erstellung mathematischer Arbeitsblätter in Punkt- und Schwarzschrift	149
6.4	Auditive Datenwiedergabe	151
6.5	Diskettenaufbereitungskriterien	151
6.6	Computergestützte Buchproduktion	152
7	Lernsoftware – ein Unterrichtsmedium im integrativen Mathematikunterricht?	156
7.1	Definition und Klassifizierung von Software	157
7.2	Möglichkeiten und Grenzen von Lernsoftware als Unterrichtsmedium	160
7.3	Mathematische Lernsoftware	165
7.4	Beurteilungskriterien für Lernsoftware	167
7.4.1	Kriterienkataloge zur Beurteilung von Lernsoftware	168
7.5	Blindengerechte mathematische Lernsoftware	171
7.5.1	Zugangsbarrieren	171
7.5.2	Lösungsansätze	173
7.6	Sehbehindertengerechte mathematische Lernsoftware	176
7.6.1	Zugangsbarrieren	176
7.6.2	Notwendigkeit der Erstellung eines spezifischen Kriterienkataloges	177
7.6.3	Anforderungen an ein sehbehindertengerechtes Lernprogramm	179
7.6.3.1	Modifikationen der Standardeinstellungen	180
7.6.3.2	Datenpräsentation	181
7.6.3.3	Bewertung von Lernprogrammen	186
7.6.4	Lösungsansätze	186
7.7	Fazit – Lernprogramme als Medium im Integrationsunterricht	188

8	Das Internet – ein Unterrichtsmedium im integrativen Mathematikunterricht?	190
8.1	Das Internet als Unterrichtsmedium.....	192
8.1.1	Möglichkeiten und Grenzen des Internets als Unterrichtsmedium.....	193
8.1.1.1	Didaktische Konzepte.....	195
8.2	Das Internet als Medium im Mathematikunterricht.....	198
8.3	Sehbehindertengerechte Web-Seiten.....	201
8.3.1	Zugangsbarrieren	201
8.3.2	Lösungsansätze	202
8.4	Blindengerechte Web-Seiten.....	205
8.4.1	Zugangsbarrieren	205
8.4.2	Lösungsansätze	206
8.5	Fazit – Das Internet als Medium im Integrationsunterricht.....	210
8.5.1	Vorschlag für eine weborientierte mathematische Unterrichtsreihe.....	212
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	217
	Literaturverzeichnis.....	222
	Anhang	232

Einleitung

Computer nehmen in unserer Gesellschaft einen immer größeren Stellenwert ein. Das gilt sowohl für private als auch für wirtschaftliche Bereiche. Die Schule als berufsvorbereitende Institution kann sich dieser Entwicklung nicht verschließen.

Blinde und sehbehinderte Menschen profitieren in ganz besonderer Weise von der computertechnischen Entwicklung. Mittels des Einsatzes des PCs können sie Tätigkeiten ausführen, die ihnen zuvor versagt waren, bzw. die sie nur mit Hilfe von Sehenden bewerkstelligen werden konnten.

Unter Einbeziehung der beiden Aspekte ist es Ziel der Arbeit, Einsatzmöglichkeiten des Computers im integrativen Mathematikunterricht der Sekundarstufe aufzuzeigen und kritisch zu analysieren.

Im Zentrum der Betrachtungen steht dabei die sehgeschädigte Schülerin/der sehgeschädigte Schüler. An ihren/seinen Bedürfnissen, die sich (unmittelbar) aus der Beeinträchtigung des Sehvermögens ergeben, ist der potentielle Einsatz des Mediums zu messen. Unter dieser Prämisse ergeben sich neben den allgemeingültigen didaktischen Kriterien, die mit der Nutzung des PCs verbunden sind, spezifische Zusatzbedingungen, die bei der Unterrichtsplanung in besonderem Maße zu berücksichtigen sind.

Die Arbeit gliedert sich in 9 Kapitel.

Kapitel 1 beschreibt die unterrichtlichen Rahmenbedingungen, die sich aus der spezifischen Situation ergeben und von grundlegender Bedeutung für den Einsatz des PCs sind. Insbesondere erfolgt eine Fokussierung und Abgrenzung des genannten Personenkreises im Hinblick auf unterrichtsrelevante Aspekte. Des weiteren werden Bedingungen, die sich aus der integrativen Beschulung ergeben und für die spezifische Thematik bedeutsam sind, aufgezeigt und analysiert. Das Kapitel schließt mit einer Problembeschreibung und der Darlegung zentraler Fragestellungen im Hinblick auf die Arbeitsthematik.

Da betroffene Pädagoginnen und Pädagogen, sowohl im Integrationsschulen als auch in Sonderschulen, im Umgang mit computertechnischen Voraussetzungen vertraut sein müssen, werden computertechnische Voraussetzungen innerhalb des zweiten Kapitels aufgeführt. Im Speziellen werden dabei Hilfsmittel (Hard- und Software), die blinden und sehbehinderten Menschen den Umgang mit dem PC überhaupt erst ermöglichen bzw. erleichtern, vorgestellt und im Hinblick auf ihre Praxisrelevanz analysiert. Die enge Wechselbeziehung zwischen Hard- und Software wird herausgestellt.

Computertechnische Voraussetzungen bedingen zudem die Art und Weise der Datendarstellung und –präsentation, die sich im Hinblick auf die Zielgruppe unmittelbar ergibt. Möglichkeiten der computerunterstützten Datenpräsentation für blinde und sehbehinderte Schüler/innen werden in Kapitel 3 auf potentielle Einsatzmöglichkeiten im mathematischen Integrationsunterricht untersucht.

Demgemäss sind die beiden Kapitel für das Verständnis der nachfolgenden Kapitelausführungen unentbehrlich.

Somit werden in den ersten drei Kapiteln Grundlagen aufgeführt, die für das Verständnis der nachfolgenden Kapitel unentbehrlich sind.

Mit der didaktischen Bedeutung des Computereinsatzes im Unterricht setzt sich Kapitel 4 auseinander. Mittels der Abgrenzung zu traditionellen Medien erfolgt eine kritische Analyse im Hinblick auf den Computer als Unterrichtsmedium. Die Notwendigkeit eines speziellen didaktischen Konzeptes, sowie die damit verbundene Zielsetzung wird erläutert und analysiert. Gemäss der Themenstellung der Arbeit werden zunächst allgemeingültige Möglichkeiten und Grenzen des schulischen Computereinsatzes aufgeführt, um dann auf spezifische Besonderheiten und Bedingungen innerhalb der Blinden- und Sehbehindertenpädagogik einzugehen.

Von elementarer Bedeutung ist der Computer bei der Übertragung mathematischer Zeichen in eine Punktschrift, welche in Kapitel 5 ergründet wird. Dementsprechend liegt der Schwerpunkt der Arbeit auf der Darstellung der bekanntesten Mathematikschriften für Blinde. Nach einer kurzen Beschreibung der Problemsituation werden die unterschiedlichen Ansätze anhand elementarer Kennzeichen und Merkmale beschrieben und anschließend im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten innerhalb der Blinden- und Integrationspädagogik kritisch durchleuchtet. Dieses Kapitel ist um so bedeutsamer, da blinde Schüler/innen grafische mathematische Terme über die Braillezeile nur erfassen können, wenn diese gemäß einer Mathematiknotation übertragen werden. Dies gilt insbesondere für die Präsentation mathematischer Inhalte innerhalb von Lernprogrammen und Webseiten, die in den beiden letzten Kapiteln aufgeführt werden. Aber auch bei der Gestaltung von mathematischen Arbeitsblättern mittels des Computers müssen die Notationsregeln beachtet werden.

Kapitel 6 zeigt Grenzen und Möglichkeiten einer computerunterstützten Arbeitsblattgestaltung für normalsichtige, sehbehinderte und blinde Schüler/innen auf. Infolge der grundlegend differierenden Ausgangssituation erfolgt eine getrennte Darstellung notwendiger zu beachtender Kriterien. In einem Exkurs werden computertechnische Möglichkeiten bei der Produktion von Schulbüchern aufgeführt.

Einsatzmöglichkeiten von mathematischen Lernprogrammen werden im Kapitel 7 untersucht. Nach der Begriffsbestimmung erfolgt die Analyse allgemeiner Möglichkeiten und Grenzen des neuen Mediums. Behinderungsspezifische Belange, Voraussetzungen und Anforderungen werden im Anschluss in den Blickwinkel der Betrachtungen gerückt. Mathematische Lernprogramme, die innerhalb der Blinden- und Sehbehindertenpädagogik eingesetzt werden sollen, müssen ganz spezifische Voraussetzungen erfüllen. Das Kapitel nennt Zugangsbarrieren, die blinden Schüler/innen die Nutzung einer mathematischen Software erschweren bzw. unmöglich machen. Notwendige Voraussetzungen für eine sehbehindertengerechte Programmierung mathematischer Lernsoftware werden innerhalb eines Kriterienkataloges aufgeführt und begründet. Anhand dieses Kataloges erfolgt die exemplarische Beschreibung und Bewertung eines mathematischen Lernprogramms im Hinblick auf die Problemstellung. Die Ergebnisse sind im Anhang aufgeführt. Das Kapitel schließt mit Vorschlägen zur Verbesserung der festgestellten Defizite.

Der Stellenwert des Internets nimmt gesellschaftlich zu. Besonders blinde und sehbehinderte Menschen können in einer ganz spezifischen Art und Weise von diesem Kommunikations- und Informationsmedium profitieren. Kapitel 8 beschreibt diese Ausgangsbasis und hinterfragt einen potentiellen Unterrichtseinsatz. Ergänzend werden Möglichkeiten der Nutzung des Internets für die Unterrichtsvorbereitung aufgezeigt. Zugangsbarrieren einzelner Web-Seiten können die Nutzung des Mediums erschweren bzw. ganz in Frage stellen. Innerhalb des Kapitels werden diese aufgegriffen und beschrieben. Sie dienen gleichzeitig als Grundlage für die nachfolgende Nennung und Beschreibung von Alternativen, die auf verschiedenen Ebenen zur Verbesserung der Situation beitragen können. Das Kapitel schließt mit der Aufzeigung von Möglichkeiten zum Einsatz des Mediums bei der Unterrichtsvorbereitung.

Kapitel 9 fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen und zeigt einen Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen der aufgeführten Thematik.

Innerhalb der Arbeit erfolgt eine Verknüpfung technischer Entwicklungen und sonderpädagogischer Belange. Aus den spezifischen Einschränkungen des Sehvermögens ergeben sich spezielle Anforderungen bezüglich der Datendarstellung/-präsentation auf den jeweiligen Ausgabemedien (Braillezeile, Bildschirm, Drucker, Sprachausgabe). Computertechnische Gegebenheiten wiederum bedingen die Art und Weise dieser Datenpräsentation.

Um diese enge Wechselbeziehung der beiden Komponenten zu verstehen, müssen neben sonderpädagogischen Bedingungen auch computertechnische Voraussetzungen,

Möglichkeiten und Grenzen in den Blickwinkel der Betrachtungen gerückt werden. Aufgrund der technischen Kompliziertheit dieser Materie, ist es dabei erforderlich auf grundlegende Aspekte der Thematik detailliert einzugehen.

Die Verknüpfung von computertechnischen und sonderpädagogischen Belangen kann nur auf eine relativ kurze Geschichte zurückblicken. Literatur, die sich mit dieser Thematik beschäftigt, ist dementsprechend nur in relativ begrenzter Anzahl vorhanden. Dieser Mangel trifft in besonderer Form für Einsatzmöglichkeiten des Computer im Mathematikunterricht mit blinden und sehbehinderten Schüler/innen zu. Einzelne wenige Veröffentlichungen zum Thema „Mathematikschriften für Blinde“ existieren zwar, diese beziehen sich jedoch hauptsächlich auf die Erläuterung der einzelnen Notationskennzeichen und Regeln. Erfahrungsberichte bezüglich ihrer Unterrichtsrelevanz liegen kaum vor.¹

Diesbezügliche Informationen konnte ich erst auf Anfrage von Fachleuten (Entwickler und Befürworter der jeweiligen Notation und betroffene Integrationslehrer/innen) erhalten.

Ein Mangel an adäquater Fachliteratur ist ebenfalls für die Nutzung von Lernprogrammen und Web-Seiten bezüglich der geschilderten Ausgangssituation zu verzeichnen. Während Publikationen, die sich mit Einsatzmöglichkeiten mathematischer Lernsoftware für normalsichtige Schüler/innen auseinandersetzen vorhanden sind, ist für äquivalente Veröffentlichungen im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten mathematischer Lernsoftware im Unterricht mit blinden und sehbehinderten Schüler/innen ein Defizit festzustellen. In verschärfter Form trifft dieses Manko auf das Unterrichtsmedium „Internet“ zu. Diesbezügliche Literatur ist sogar für den Regelschulbereich kaum vorhanden.

Um überhaupt Informationen bezüglich der Computernutzung im Unterricht mit der genannten Zielgruppe zu erhalten, habe ich 18 betroffene Sonderpädagoginnen/Sonderpädagogen und Integrationslehrer/innen angeschrieben und befragt.² Diese Befragung berücksichtigt natürlich nur einen Ausschnitt aller in der Praxis tatsächlich betroffenen Pädagoginnen und Pädagogen wieder. Sie erhebt demgemäß keinen Anspruch auf eine statistisch relevante Aussagekraft. Ich glaube aber, dass sie dennoch eine Tendenz im Hinblick auf die allgemeine Unterrichtssituation innerhalb der Praxis wiedergibt. Dies ist um so wahrscheinlicher, da viele der befragten Sonderpädagoginnen und Sonderpädagogen innerhalb ihrer beratenden Tätigkeit Einblick in die Unterrichtssituation an Regelschulen

¹ Eine Ausnahme bilden Veröffentlichungen zur Praxisrelevanz der LaTeX-Notation des Sonderpädagogen Ulrich Kalinas (vgl. Kalina 1997, 1998).

² Da ich den jeweiligen Fachleuten die Gewahrung der Anonymität zugesichert habe, möchte ich die Adressen der betroffenen Schulen nicht angeben. Ausnahmen bilden die Aussagen von Personen, die mir ausdrücklich ihr Einverständnis zur Veröffentlichung gegeben haben.

haben. Die einzelnen Befragungsergebnisse werden jeweils an entsprechender Stelle innerhalb der Arbeit beschrieben.

1 Unterrichtliche Rahmenbedingungen und Problembeschreibung

Das vorliegende Kapitel analysiert einige Grundlagen, auf die in den folgenden Teilen dieser Arbeit aufgebaut wird.

Zunächst wird der Personenkreis der Sehgeschädigten näher charakterisiert. Danach werden einige allgemeine Aspekte der integrativen Beschulung vorgestellt. Eine Bestandsaufnahme schließt sich an, die den Stellenwert des Computers in unserer Gesellschaft, respektive für blinde und sehbehinderte Menschen, beschreibt. Schließlich werden – im Lichte dieser Grundlagen – die zentralen Fragestellungen des Themas „Einsatz vom Computer im Mathematikunterricht mit Jugendlichen mit einer Sehschädigung im gemeinsamen Unterricht“ herausgearbeitet.

1.1 Sehschädigung - Begriffsbestimmung

Gemäß der gängigen Fachliteratur³ wird der Begriff der „Sehschädigung“ als Oberbegriff für die Begriffe „Blindheit“, „hochgradige Sehbehinderung“ und „Sehbehinderung“ bzw. als Sammelbegriff für vielfältige Erscheinungsformen des Nicht- oder Anders-Sehens⁴ verwendet.

Angeborene oder erworbene Schädigungen des Sehapparates sind für die Verminderung oder den Ausfall der Sehleistung verantwortlich.

Gemäß der ophthalmologisch zu messenden Sehschärfe (Visus)⁵ sind die Unterkategorien Blindheit, hochgradige Sehbehinderung und Sehbehinderung definiert. Diese Festlegung variiert jedoch international.

3 vgl. z. B. Hudelmayer 1985, S. 8-15, Mersi 1985, S. 3-7 in Hudelmayer, Rath (Hrsg.), Appelhaus 1992 u. a, S. 18, 19

4 vgl. Walthes 1999, S. 165

5 Die Herabsetzung der Sehschärfe (Visus) ist als Folge einer Minderung des zentralen Auflösungsvermögens zu sehen. Zwei nahe beieinanderliegende Punkte können von den Betroffenen separat nicht erkannt werden. Als Minimum separabile wird der kleinste Abstand zwischen zwei Punkten außerhalb des Auges bezeichnet, der eine getrennte Wahrnehmung derselben erlaubt. Als Maß für das Auflösungsvermögen wird die Bogenminute (1 Bogenminute=1/60 Winkelgrad) benutzt. Physiologisch bedeutet das, dass zwischen zwei aktivierten Zapfen der Netzhaut mindestens ein ungereizter Zapfen liegen muss. Aufgrund einer Funktionsuntüchtigkeit einzelner

Nach deutschem Recht ist eine Person als blind zu bezeichnen, wenn die Sehschärfe des besseren Auges weniger als 1/50 der Bezugsgröße beträgt.⁶ Dabei bedeutet die Bruchzahl 1/50, dass die betreffende Person ein Sehzeichen, das normalerweise in einer Entfernung von 50 Meter zu sehen ist, erst in einen Abstand von 1 Meter erkennt.

Als hochgradig sehbehindert gilt eine Person, deren Sehschärfe zwischen 1/20 und 1/50 liegt. Eine Sehschärfenminderung auf Werte zwischen 1/3 und 1/20 der normalen Sehschärfe wird im deutschen Rechtswesen als Sehbehinderung bezeichnet.⁷

Bei dieser Betrachtungsweise wird die „Dimension Sehschädigung als eine Art Kontinuum, als stufenlose Abfolge von Schweregraden herabgesetzten Sehvermögens“,⁸ verstanden, dessen eines Extrem den Ausfall sämtlicher optischer Funktionen und der Aufhebung jeglicher Lichtempfindung (vollständige Blindheit oder Amaurose)⁹ bedeuten kann.

„Neuerdings wird einmütig herausgestellt, dass jeder Fall von Sehbeeinträchtigung spezifische Charakteristika zeigt, zum Beispiel in bezug auf den Grad der Sehfunktionseinbuße, die Pathologie des Sehorgans oder die individuelle Anpassung an das subnormale Sehen. Hinzu kommt, dass in den meisten Fällen das Sehvermögen instabil ist.“¹⁰

1.1.1 Störungen von Sehfunktionen und Auswirkungen auf das Sehvermögen

Neben der eingeschränkten Sehschärfe sind für die Bestimmung des Sehvermögens als Gesamtleistung des Sehorgans weitere Teilfunktionen des Sehens zu berücksichtigen. Auch sie lassen sich ophthalmologisch bestimmen.

Zapfen bei den Betroffenen ist das Minimum separabile größer als bei Normalsichtigen. Dies führt zu einer Minderung des zentralen Auflösungsvermögens. (vgl. 1997 Walter de Gruyter Pschyrembel 258. Auflage)

Die Werte des Nah- und Fernvisus können zudem bei ein und derselben Person erheblich variieren.

6 vgl. Brockhaus-Gesundheit; www.xipolis.de, Rath 1994, S. 658

7 vgl. Brockhaus-Gesundheit; www.xipolis.de

8 vgl. Appelhans u.a. 1992, S. 18, 19

9 vgl. Walter de Gruyter Pschyrembel 258. Auflage

10 Rath 1994, S. 661

Gesichtsfeld

Der mit unbewegten Augen wahrnehmbare Teil des Raumes wird als Gesichtsfeld bezeichnet. Mittels eines Perimeters wird seine Größe ermittelt. In der Regel gelten folgende Werte: Oben bis 60°, unten bis 70°, nasal bis 60°, temporal bis 90°¹¹.

Lokale Ausfälle des Gesichtsfeldes beeinträchtigen u. U. das Sehvermögen erheblich. Diese können z. B. zentral (Zentralskotom) oder in der Peripherie (peripheres Skotom) vorkommen. Menschen, deren Gesichtsfeld erheblich eingeschränkt ist (Röhrengesichtsfeld), können nach Aussagen von Fachleuten¹² z. B. gedruckte Wörter gut erkennen, obwohl sie im Straßenverkehr Hilfen wie Blinde benutzen. Genau die gegenteiligen Verhaltensweisen lassen sich bei Menschen mit einem Zentralskotom aber erhaltener Peripherie zu beobachten.

Farbsinn

Das normale Erkennen von Farben kann vielfach gestört sein. Bei der angeborenen Farbenfehlsichtigkeit sind beide Augen betroffen. Das Krankheitsbild erstreckt sich über die (partielle) Farbschwäche bis hin zur totalen Farbenblindheit. Des weiteren fallen unter diesen Begriff erworbene, sekundäre Störungen des Farbsehens, die in der Regel auf Erkrankungen der zentralen Netzhaut, des Nervus opticus oder der Hirnrinde zurückzuführen sind.¹³

Fritsch¹⁴ beschreibt wesentliche Merkmale der Farbsinnstörung: Bei der Farbenfehlsichtigkeit ist die Farbwahrnehmung der betroffenen Person durch die Funktionsunfähigkeit eines Zapfentyps zwar eingeschränkt, weitere Verminderungen des Sehvermögens liegen aber in der Regel nicht vor. Bei der rezessiv vererbten Farbenblindheit fallen hingegen die Zapfen komplett oder zumindest zu einem Großteil aus. „Weil in der Netzhautmitte vor allem Zapfen vorherrschen ... und diese bei der Farbenblindheit nicht oder nur zu einem kleinen Teil funktionieren, besteht ein Zentralskotom und ein vor allem am Tage sehr eingeschränktes Sehvermögen. Der Farbenblinde ist auch am hellen Tag auf das Sehen mit Stäbchen angewiesen.“¹⁵ Demzufolge kann seine Sehleistung am Tage erheblich eingeschränkt und mit einer vergleichsweise langsamen Hell-Dunkel-Anpassung verbunden sein.

¹¹ 1997 Walter de Gruyter Pschyrembel 258. Auflage

¹² vgl. Appelhans 1992, S. 25

¹³ 1997 Walter de Gruyter Pschyrembel 258. Auflage

¹⁴ vgl. Fritsch 2000, S. 93, 94

¹⁵ Fritsch 2000, S. 93

„Je nach Ausmaß der Farbsinnstörung, Helligkeit, dem farblichen Hintergrund, usw. sehen die Betroffenen sehr unterschiedlich. Jeder Einzelne muss daher unter unterschiedlichsten Lichtbedingungen getestet werden.“¹⁶

In Abhängigkeit zur Degeneration der Zapfen werden im Extremfall sämtliche Farben als Grauschattierungen wahrgenommen.

Lichtsinn und Blendungsempfindlichkeit

Eine Änderung der Lichtverhältnisse kann sich abrupt auf das Sehvermögen von blendungsempfindlichen Menschen auswirken.¹⁷ Optimale Sehleistungen werden von einzelnen Personen in der Dämmerung erzielt, andere erreichen sie dagegen im hellen Sonnenlicht. Personen, die sich im Dunkeln wie Vollblinde verhalten, können aber in der Lage sein, bei bestimmter Beleuchtung auch Kleingedrucktes zu lesen.¹⁸

Irritationen und Störungen sind in der Regel von der Quelle des Lichteinfalls abhängig. Während Normalsichtige ihren optimalen Visus bei einer Leuchtdichte von 1000 Lux haben, sind diese Werte für einzelne Sehbehinderte, z. B. bei Personen mit Hornhautdeformationen (Astigmatismus)¹⁹ mit einer extremen Blendung verbunden. Blendungen können zu Irritationen führen, ohne dass den Betroffenen die Ursache derselben bekannt ist.²⁰

Kontrastwahrnehmung

Den Unterschied zweier Flächen mit verschiedenen Leuchtdichten bezeichnet man als (Helligkeits-)Kontrast. Um zwei Flächen als solche unterscheiden zu können, müssen diese eine ausreichende Leuchtdichtedifferenz aufweisen. Diese ist abhängig von der individuellen Kontrastsensitivität.

Die Kontrastempfindlichkeit eines Menschen ist unabhängig von seinem Visus. Personen mit gleichen Visuswerten können demzufolge unterschiedlich kontrastempfindlich sein. Weil unsere visuelle Welt aus Informationen geringer Kontraste besteht, können auch Personen mit ausreichenden Visuswerten durch eine geringe Kontrastsensitivität erheblich in ihrem Sehvermögen eingeschränkt sein.²¹

¹⁶ Fritsch 2000, S. 94

¹⁷ vgl. Rath 1994, S. 661

¹⁸ vgl. Rath 1994, S. 661

¹⁹ vgl. Fritsch 2000, S. 50

²⁰ vgl. Appelhans 1992, S. 24

²¹ vgl. Buser 1998, S. 78

Die Kontrastempfindlichkeit ist zudem abhängig von der Beleuchtung. Bei sehr hellem oder sehr dunklem Licht können Kontraste schlechter erkannt werden.

Räumliches Sehen

Bei Normalsichtigen korrespondieren beide Augen, dem Gehirn werden annähernd deckungsgleiche Bilder gemeldet. Das Gehirn errechnet aus diesen Informationen ein räumliches Bild mit Tiefenwahrnehmung.²² Bei der fehlender Stereoopsis ist dieser Vorgang gestört, so dass es zu einem Ausfall des stereoskopischen (räumlichen) Sehens kommt. Menschen, deren Sehleistung in dieser Funktion beeinträchtigt ist, haben Schwierigkeiten beim Einschätzen von Entfernungen, Größen und Geschwindigkeiten.²³

Einschränkungen des räumlichen Sehens sind häufig mit geringen Visuswerten verbunden.²⁴

1.1.2 Pädagogische Begriffsbestimmung

Aus pädagogischer Sicht reicht es nicht aus, eine Sehbehinderung nur unter dem Aspekt von medizinisch messbaren Werten abhängig zu machen.

„Individuelle Faktoren wie Erziehung, Erfahrung, Intelligenz, Leistungsbereitschaft oder Motivation beeinflussen die Qualität des Sehens. Die Sehschädigung wird dadurch mehr oder weniger gut ausgeglichen (kompensiert).²⁵

Somit können nach Rath²⁶ die ophthalmologisch ermittelten Werte lediglich als abgrenzende Orientierungsdaten dienen. Die subjektive Einschätzung des jeweiligen Behinderungsempfindens ist nicht immer mit den definierten Sehschärfewerten identisch. So berichtet die Autorin von Personen, deren Visuswerte im positiven Sinne außerhalb der definierten Skala liegen, die sich aber stark behindert fühlen, während andere Personen, deren Sehschärfe innerhalb des Grenzbereichs liegt, sich selbst jedoch, aufgrund ihres minimalen Restsehvermögens, nicht als behindert einstufen.

Ein eingeschränktes Sehvermögen muss demzufolge nicht in jedem Fall als Behinderung gesehen werden. Das individuelle Empfinden bezüglich des Einschätzen der Sehbehinderung ist stark von den eigenen Erwartungen und der Reaktion der Umwelt geprägt. Des Weiteren ist

²² vgl. Fritsch 2000, S. 31

²³ vgl. Rath 1994, S. 661

²⁴ vgl. Fritsch 2000, S. 140

²⁵ Appelhans; Krebs 1995, S. 14

²⁶ vgl. Rath 1994, S. 660

die Kultur, in der der Betroffene aufwächst, sowie die eigene physische und psychische Konstitution maßgeblich an der Selbsteinschätzung beteiligt.²⁷

Zur Kategorisierung haben sich innerhalb der Blinden- und Sehbehindertenpädagogik unter dem Oberbegriff der Sehschädigung verschiedene Definitionen herauskristallisiert die Walthes²⁸ aufführt.

„Blindheit bedeutet für die betroffene Person Aneignung von Wirklichkeit und Wirklichkeitsgestaltung ohne oder weitgehend ohne visuelle Wahrnehmung.“ Die Aneignung der Wirklichkeit erfolgt unter Nutzung der verbliebenen Sinne. Die Ausbildung entsprechender Strategien zwecks Kommunikation mit der Umwelt ist ein Kennzeichen blinder Kinder. Pädagogische Handeln muss sich nach Ansicht der Autorin dahingehend orientieren, diese Strategien zu unterstützen, zu erweitern und gegebenenfalls zu modifizieren.

„Sehbehinderung bedeutet für die betroffene Person Aneignung und Gestaltung von Wirklichkeit unter spezifischen Sehbedingungen (different vision).“ Dies Gruppe nutzt zur Orientierung in Lern- und Handlungssituationen neben optischen Hilfen ebenfalls andere Sinnessysteme. Die pädagogische Handlung orientiert sich auch hier an den oben genannten Zielen.

„Hochgradige Sehbehinderung bezeichnet den Grenzbereich zwischen Sehen und Nicht-Sehen. Die betroffenen Personen benötigen, individuell abgestimmt sowohl blinden- als auch sehbehindertenpädagogische Unterstützung.“

Innerhalb der Pädagogik wird auch der Begriff „Low Vision“ benutzt. Wörtlich muss er mit geringen oder herabgesetzten Sehvermögen übersetzt werden. Seine Bedeutung kann jedoch variieren. Während im angloamerikanischen Raum dieser häufig synonym für den Begriff „Sehbehinderung“ benutzt wird, wird er auch für den für den gesamten Diagnostik- und Förderungsprozess im Hinblick auf das Sehvermögen verwendet. Mit der Sichtweise von Rath, die den Ausdruck als „Erziehung zum Sehen sowie Förderung auch des geringsten

²⁷ Die Mehrdimensionalität der Sehschädigung wird besonders prägnant in einem Mitte der 80er Jahre von der amerikanischen Akademie für Ophthalmologie und Otolaryngologie (Augenheilkunde und Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde) entwickelten Klassifizierungsschemata herausgestellt. Faktoren, die eine Sehschädigung beeinflussen, werden fünf verschiedenen Kategorien zugeordnet und in ihrem kausalen und interventianalen Zusammenhang aufgezeigt: Ätiologie (medizinische Angaben über Vererbung, Krankheit, Verletzung und psychische Ursachen der jeweiligen Sehschädigung), strukturelle Anomalie (pathologische Veränderungen am Sehapparat), funktionelle Anomalien (Ophthalmologische Messdaten zum Auflösungsvermögen, Nah- und Fernvisus), zum Gesichtsfeld, Raum-, Bewegungs-, Kontrast-, Farben-, Formen- und Dämmerungssehen), funktionale Anomalien (visuelles Funktionieren einer Person im Hinblick auf sozial-kulturell definierte Leistungsstandards) und attributionale Anomalien (visuelles Funktionieren der Person als Folge der Fremdzuschreibung bzw. der eigenen Erfolgzuschreibung) (vgl. Mersi 1985, S. 4, Appelhans 1992, S. 27).

²⁸ Walthes 1999, S. 166

verbliebenen Sehvermögens²⁹ definiert, wird das Ziel für sonderpädagogische Fördermaßnahmen, unabhängig von medizinischen oder juristischen Einteilungen, vorgegeben.

Arbeitsdefinition

Unter der Voraussetzung, dass jeweils individuell zu überprüfen sei, ob die Brailleschrift oder die Schwarzschrift oder eine Kombination beider Systeme für den jeweiligen Nutzer und seinen Lernprozess sinnvoll ist³⁰, unterscheide ich zwei Gruppen sehgeschädigter Computernutzer/innen.

Der ersten Gruppe möchte ich dabei Schüler/innen zuordnen, die gemäß ihrer Sehschädigung, trotz optischer Hilfsmittel, zu einer visuellen Wahrnehmung und Auswertung von Monitorinhalten nicht in der Lage sind und deshalb auf die Nutzung der Brailleschrift angewiesen sind. Unerheblich ist für diese Einteilung, ob es sich per Definition um blinde oder um hochgradig sehbehinderte Schüler/innen handelt. Aus Gründen der Vereinfachung wird diese Gruppe in den folgenden Kapiteln als „blinde Schüler/innen“ bezeichnet, wobei immer zu beachten bleibt, dass es sich hierbei sowohl um blinde, als auch um hochgradig sehbehinderte Menschen handeln kann.

Der zweiten Gruppe möchte ich Schüler/innen zuordnen, die aufgrund ihrer Sehleistung in der Lage sind, Bildschirmdaten visuell zu erfassen. Die Ausnutzung sämtlicher computertechnischer Möglichkeiten und/oder die zusätzliche Verwendung optischer Sehhilfen ist dabei impliziert. Sie werden nachfolgend unter der Bezeichnung „sehbehinderte Schüler/innen“ zusammengefasst.

²⁹ Rath 1986, S. 189

³⁰ vgl. Walthes 1999, S. 168

1.2 Integration

1.2.1 Integrationsvoraussetzungen

Gemäß der Themenstellung der Arbeit sind Einsatzmöglichkeiten des Computers³¹ im gemeinsamen Unterricht zu analysieren. Potentielle didaktisch-methodische Maßnahmen sind demzufolge unter diesem speziellen Blickwinkel zu betrachten.

Bevor die einzelnen Möglichkeiten in den folgenden Kapiteln jedoch aufgeführt und im Hinblick auf ihren Einsatz im Integrationsunterricht analysiert und beurteilt werden, sollen zunächst einige Rahmenbedingungen, die sich aus der speziellen Situation ergeben, aufgezeigt werden.

Die folgenden Ausführungen zur geschichtlichen Entwicklung der Integration basieren auf Veröffentlichungen Degenhardts.³²

Der Gedanke der Integration sehgeschädigter Schüler/innen ist kein Produkt unserer Zeit. Die Idee reicht bis in die Gründungszeit der ersten Blindenschulen vor ca. 200 Jahren zurück. Besonderen Aufwind bekam diese Beschulungsform zu Beginn der 70er Jahre. Modellhafte Schulversuche und die Gründung der ersten „Blindenschule ohne Schüler“ 1983 in Schleswig sind als Folgen dieser Entwicklung zu sehen.

Die Zahl der sehgeschädigten Schülerinnen und Schüler in Deutschland, die in Regelschulen integrativ beschult und von Sonderpädagogen betreut werden, stieg in den letzten Jahren kontinuierlich an. Allerdings trifft diese Aussage nicht für alle sehgeschädigten Schüler/innen, sondern nur für durchschnittlich bzw. überdurchschnittlich begabte Kinder und Jugendliche zu.

Bis heute ist die Diskussion zwischen Befürwortern und Gegnern der segregativen bzw. integrativen Beschulung sehgeschädigter Schüler/innen nicht abgebrochen. Viele Argumente lassen sich für beide Positionen finden. Diese sollen im Rahmen der Arbeit jedoch nicht diskutiert werden. Hier sei auf die entsprechende Fachliteratur mit ihren ausführlichen Diskussionen verwiesen.

³¹ Wenn in innerhalb der Arbeit vom Computer gesprochen wird, so ist dabei impliziert, dass damit sowohl Hardware- als auch Softwarekomponente gemeint sind. Beide stehen in einer engen wechselseitigen Beziehung. Die Nutzung der Hardware ist ohne Software nicht möglich und umgekehrt.

³² vgl. Degenhardt 1999 (b), S. 126

Die konträren Positionen machen sich jedoch auch in den Schulgesetzen der einzelnen Bundesländer³³ bemerkbar. So ist z. B. in Brandenburg und Bremen die gemeinsame Erziehung vorrangig gegenüber der Beschulung auf Sonderschulen. Baden-Württemberg sieht, im Gegensatz zu Mecklenburg-Vorpommern, die gemeinsame Erziehung im Schulgesetz vor. Nordrhein-Westfalen ermöglicht die gemeinsame Erziehung in der Grundschule, sofern die erforderliche Ausstattung vorhanden ist, sieht für den Sekundarbereich aber nur eine zielgleiche Integration vor. Einzelheiten sind im nordrhein-westfälischen Schulpflichtgesetz vom 24.4.1995 unter § 7, Punkt 3 „Sonderpädagogische Förderung Schulpflichtiger“ aufgeführt: „In der Sekundarstufe I und II kann mit Zustimmung des Schulträgers die sonderpädagogische Förderung auch in weiterführenden allgemeinen Schulen erfolgen, wenn die Schulaufsichtsbehörde in dem Verfahren nach Abs.5 feststellt, dass das Bildungsziel der jeweiligen weiterführenden Schule erreicht werden kann und die erforderlichen personellen und sächlichen Voraussetzungen vorliegen. Im übrigen wird die Unterrichtung Schulpflichtiger mit sonderpädagogischem Förderbedarf, die voraussichtlich das Bildungsziel der allgemeinen Schulen nicht erreichen können, in weiterführenden allgemeinen Schulen in Schulversuchen erprobt.“ Die letztendliche Entscheidung über den Beschulungsort behält sich die Schulaufsichtsbehörde vor.

Im Rahmen der Sekundarstufen erfolgt eine Betreuung der blinden und sehbehinderten Schüler/innen durch einen ausgebildeten Sonderpädagogen. Der Umfang der Betreuungsstunden kann sich in den einzelnen Bundesländern unterscheiden, hängt aber auch vom Alter der Schüler/innen ab. Der jeweilige Sonderpädagoge sucht Betroffene regelmäßig in der Regelschule auf. Insbesondere kümmert er sich um Belange die mit dem eingeschränkten Sehvermögen in Beziehung stehen. So berät er zum Beispiel Eltern und Schüler/innen beim Kauf von Hilfsmitteln, berät Regelschullehrer über Notwendigkeiten bei der Beschaffung und Präsentation von Lehr- und Lernmitteln, vermittelt bei auftretenden Problemfällen zwischen Lehrer und Schüler/innen usw.

1.2.2 Verringerung des Sehvermögens - Folgen für den integrativen Unterricht

Da viele Bundesländer, u. a. NRW nur zielgleich integrativ beschulen (vgl. Kapitel 1.2.1), ist davon auszugehen, dass blinde und sehbehinderte Schüler/innen, die Regelklassen besuchen

³³ Schulpflichtgesetz NRW 1995; www.behinderung.org/gesetze/intgestz.htm

von ihrem Leistungsvermögen her in der Lage sind, den jeweiligen Schulabschluss zu erreichen. In der Regel sind sie zudem sehr motiviert.

Aufgrund der eingeschränkten Sehleistungen sind jedoch Unterschiede auf verschiedenen Ebenen zwischen normalsichtigen, sehbehinderten und blinden Schüler/innen festzustellen,

die bei der Planung und Gestaltung eines integrativen Unterrichts in jedem Fall berücksichtigt werden müssen.

Die folgenden Ausführungen zu den Lernvoraussetzungen im Unterricht mit sehgeschädigten Schüler/innen basieren auf Aussagen der Richtlinien für Sonderschulen.³⁴

Eine Orientierung des Unterricht über die visuelle Wahrnehmung ist für den betroffenen Schüler/die betroffene Schülerin häufig mit einer erhöhten Anstrengung verbunden, was rasch zur Ermüdung führen kann.

Die psychische Belastbarkeit ist vergleichsweise niedriger als bei Normalsichtigen. Aufgrund der Sehschädigung ist in der Regel von einem Defizit an Seherfahrungen auszugehen. Die visuelle Wahrnehmung und das Erkennen von Geschehnissen und Materialien ist häufig wenig ausgeprägt.

Sozial-emotionale Anpassungen können beeinträchtigt sein. In der Regel nehmen diesbezügliche Schwierigkeiten in der Pubertät zu.

Des weiteren ergeben sich spezielle Beeinträchtigungen im kognitiven, psychomotorischen und affektiven Bereich. So fallen im kognitiven Bereich qualitative und quantitative Beeinträchtigung der optischen Wahrnehmung auf. Folgen des verlangsamten Wahrnehmungsprozesses sind Probleme in Situationen, in denen ein Überblick gewonnen werden muss und Fehlvorstellungen, die ihrerseits wieder die Entwicklung der kognitiven Fähigkeiten beeinflussen. Dabei ist eine unmittelbare Korrelation zwischen dem Alter beim Eintritt der Schädigung, der Dauer und der verbliebenen Sehfähigkeit zu erkennen.

Da die visuelle Umwelterfassung, je nach Stärke der Sehschädigung, stark eingeschränkt ist, muss der Betroffene seine Umwelt „weitgehend in unmittelbarem Dingkontakt erfahren“.³⁵ Derartig strukturierte Wahrnehmungsprozesse nehmen in der Regel mehr Zeit in Anspruch, als dies bei der visuellen Wahrnehmung der Fall ist. Des weiteren ist gerade bei Blinden die Einschränkung der Wahrnehmungsmöglichkeiten für das Begriffslernen von negativer Bedeutung.

³⁴ vgl. Richtlinien für Sehbehinderte NRW, S. 8, 9; Richtlinien Für Blinde NRW, S. 9 - 12

³⁵ Richtlinien für Sehbehinderte NRW, S. 9

Aus eigener Erfahrung mit sehbehinderten und blinden Schüler/innen kann ich berichten, dass Benachteiligungen häufig in Phasen der Informationsbeschaffung oder bei der Erstellung eigener Texte zu registrieren sind.

Der Computer kann, wie innerhalb der Arbeit aufgeführt wird, diese zwar erleichtern, allerdings ist bei der Nutzung von Hilfsmittel in der Regel wesentlich mehr Zeit erforderlich um dieselben Ergebnisse wie Normalsichtige zu erzielen. So erfordert z. B. die Nutzung von Vergrößerungssoftware infolge des fehlenden Überblicks zeitintensive und oft mühsame Orientierungsmaßnahmen. Zudem sind zusätzliche Kenntnisse, z. B. über den Umgang und die Bedienung von Hilfsmitteln erforderlich. Häufig sind höhere Gedächtnisleistungen erforderlich usw. Weitere Notwendigkeiten werden in Kapitel 4 aufgeführt.

Bei der Planung und Durchführung von Unterrichtseinheiten sind diesbezüglichen Merkmale zu berücksichtigen.

1.2.3 Weitere Bedingungen, die den Integrationsunterricht beeinflussen

Die Vorteile des Integrationsunterrichtes sind bekannt: Sehgeschädigte Schüler/innen können Regelschulen am Wohnort/in Wohnortnähe besuchen, werden nicht aus ihrem gewohnten Umfeld gerissen und erwerben im Umgang mit sehenden Mitschülerinnen und Mitschülern soziale Kompetenzen. Dies gilt natürlich ebenso für die normalsichtigen Schüler/innen.

Im Alltag treten jedoch immer wieder Probleme auf, die auch den Mathematikunterricht beeinflussen. Die diesbezüglichen Gründe sind vielfältiger Natur. Die folgenden Ausführungen geben einen kurzen Einblick in die Problematik und erheben demgemäß keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Vorbildung der Lehrer/innen

Im Rahmen der Lehrerausbildung für allgemeine Schulen erfolgt bis dato keinerlei spezifische Ausbildung, die die Studentinnen/Studenten auf eine mögliche Unterrichtung integrativ zu beschulender behinderter Schüler/innen vorbereitet.³⁶

So sind viele Regelschullehrer/innen, die mit der Situation konfrontiert werden vielfach unvorbereitet und haben von den speziellen behinderungsbedingten Bedürfnissen der betroffenen Schüler/innen kaum Kenntnis.

³⁶ Der Besuch von entsprechenden Veranstaltungen zu dieser Thematik ist möglich, sofern sie angeboten werden, jedoch nicht obligatorisch.

Fort- und Weiterbildungen werden zwar durchgeführt, in der Literatur³⁷ wird z. B. von Schulungen im Umgang mit Braillezeilen oder von fachspezifischen Schulungen im Umgang mit Materialien berichtet, bei diesen Möglichkeiten handelt es sich m. E. aber um den sprichwörtlichen „Tropfen auf dem heißen Stein“. Natürlich sind diese Angebote sinnvoll und sollten genutzt werden, sie reichen jedoch noch lange nicht aus, um optimale Unterrichtsverhältnisse, die sowohl den behinderten als auch den nicht behinderten Schülerinnen und Schülern gerecht werden, zu schaffen.

In der Realität ist davon auszugehen, dass (Mathematik-)lehrer, die mit der Unterrichtung sehgeschädigter Schüler/innen betraut werden, weder die Brailleschrift noch eine Mathematikschrift beherrschen oder in einem ausreichenden Maß Kenntnisse bezüglich notwendiger technischer Hilfsmittel besitzen. Die Folgen für die Betroffenen liegen auf der Hand. So können beispielsweise blinden Schüler/innen Rückmeldungen, die den korrekten Gebrauch der Punktschrift betreffen, nur vom beratenden Sonderpädagogen gegeben werden. In der Regel ist es nur dem Engagement der beteiligten Fachkräfte zu verdanken, versuchen, die oben beschriebenen Defizite abzubauen, indem sie sich in ihrer Freizeit weiterbilden.³⁸

Medien für den Integrationsunterricht

Regelschulen sind sicherlich in den allermeisten Fällen nicht mit behindertengerechten Medien ausgestattet. Soll eine sehgeschädigte Schülerin/ein sehgeschädigter Schüler integrativ beschult werden, so sind adäquate Lehr- und Lernmittel anzuschaffen. Bereits hier können jedoch schon große Probleme auftreten. So sind z. B. (mathematische) Unterrichtsmedien in Brailleschrift nur sehr begrenzt vorhanden,³⁹ nicht immer genügen die vorhandenen Materialien den sonderpädagogischen Erfordernissen.

So bemängeln Pädagogen⁴⁰ z. B. unter anderem die fehlende Sorgfalt bei der Übertragung von Büchern in die Punktschrift. Beispielsweise werden Hinweise für Sehende die diesen das Lernen erleichterten, z.B. verschiedenfarbig unterstrichene Inhalte und Beispiele, bei der Übersetzung häufig nicht beachtet.

³⁷ vgl. Schulz in Drave, Wißmann (Hrsg.) 1997, S. 154

³⁸ Schulz (in Drave, Wißmann (Hrsg.) 1997, S. 154) berichtet z. B. von einem speziellen Problem, mit dem vor einigen Jahren ein Mathematiklehrer konfrontiert wurde und das m. E. einen guten Einblick in die Schwierigkeiten gibt, die von den betroffenen Fachlehrern zu lösen sind. Da seinerzeit noch keine Einigung über die Nutzung der 8-Punkt bzw. 6-Punkt-Brailleschrift im Fach Mathematik gefallen war, musste der betroffene Mathematiklehrer der Integrationsschule, allein auf sich gestellt, eine mathematische Darstellungsweise finden, die von dem behinderten Schüler einerseits schnell zu erlernen war, andererseits aber auch die fachlichen Anforderungen (z. B. komplexe Darstellung von Zahlen und Formeln) erfüllen musste.

³⁹ vgl. Denninghaus 1998, S. 5

⁴⁰ vgl. Gschaidner-Kramer in Drave, Wißmann 1997

Dieser Missstand veranlasst betroffene Lehrkräfte Unterrichtsmaterialien selbst herzustellen. Eine ausführliche Beschreibung der dabei auftretenden Bedingungen, Möglichkeiten und Grenzen speziell für das Fach Mathematik erfolgt in Kapitel 5 und Kapitel 6.

Personelle Ausstattung

Nach Aussagen betroffener Integrationslehrer/innen reicht die Zeit, die ihnen zur Verfügung steht um sehbehinderte und blinde Schüler/innen zu betreuen häufig nicht aus um alle pädagogisch notwendigen Bedürfnisse zu befriedigen.

Immer wieder wird von einem erhöhten Bedarf an persönlicher Zuwendung und konkreter Hilfestellung bei blinden Schüler/innen berichtet, der ein zusätzliches Engagement der betroffenen Fachkraft notwendig mache.⁴¹ In der Praxis versuchen betroffene Lehrkräfte dieses Defizit zu überbrücken, indem sie sich z. B. während Gruppenarbeitsphasen verstärkt der Schülerin/dem Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf zuwenden. Verständlicherweise erfordert die Einführung neuer Unterrichtsinhalte eine stärkere Betreuung als dies bei Übungs- und Wiederholungsphasen der Fall ist.

Jedoch ist gerade im Fach Mathematik, wie viele Praktiker bestätigen, häufig die Notwendigkeit einer verstärkten Hilfe und Unterstützung der blinden bzw. sehbehinderten Schüler/innen durch die Lehrkraft gegeben.⁴²

Schriftsystem

Bei der Diskussion um eine Entscheidung, ob blinde Schüler/innen die traditionelle Blindenschrift oder eine „computertaugliche“ 8-Punkt-Schrift lernen sollen, werden durch die Situation der gemeinsamen Beschulung Vorgaben gemacht, die nach Heimann⁴³ nicht unbedingt als Ergebnis pädagogischer Überlegungen gewertet werden können. Statt von der Frage auszugehen, wie sich spezielle Lernbedürfnisse der blinden Schüler/innen methodisch und didaktisch am besten umsetzen lassen, wird die Entscheidung für das Schriftsystem durch die sehende Umgebung bestimmt. Als Begründung für diese These nennt der Autor die folgenden situativen Bedingungen:

Blinde Schüler/innen werden in Regelschulen häufig von Lehrkräften unterrichtet, die nicht speziell für diese Aufgabe vorbereitet wurden und demnach die Brailleschrift nicht beherrschen. Notwendige Konsequenz dieses Defizits sei also der Einsatz eines Computers, der mittels entsprechender Software Brailleschrift in Schwarzschrift übertragen kann (vgl.

⁴¹ vgl. z.B. Gschaidler-Kraner in Drave, Wißmann 1997; Eichhorn und Henß in Drave, Wißmann 1997

⁴² vgl. z.B. Henß, Weiß-Gschwendtner in Drave, Wißmann 1997

⁴³ vgl. Heimann, König; www.hh.schule.de/blindenschule/studsem/027_9.htm

Kapitel 1.4.1) und damit den Bedürfnissen der sehenden Lehrkraft entgegenkommt, andererseits aber vom blinden Schüler die Beherrschung des Eurobraille (Computerbraille) voraussetzt.

Ebenso findet in der Realität der gemeinsamen Beschulung eine schriftliche Kommunikation zwischen allen Schülerinnen und Schülern seiner Ansicht nach nur statt, wenn die blinde Schülerin/der blinde Schüler ein Schriftsystem benutzt, das von seinen Mitschülerinnen und Mitschülern problemlos gelesen werden kann. Auch hier ist der Einsatz des Computers als Hilfsmittel sinnvoll und notwendig, setzt aber auch die Beherrschung des Eurobrailles voraus.

1.3 Der Computer – ein elementares Medium unserer Gesellschaft

Die rasante Entwicklung auf dem Computermarkt hat diesen weltweit zu einem Arbeits- und Hilfsmittel gemacht, ohne den unsere Wirtschaft augenblicklich zusammenbrechen würde. Die weltweit steigende Anzahl der PCs bestätigt diese Einschätzung. „1982 waren weltweit 5,5 Millionen im Einsatz, 1992 65,5, 1996 450 Millionen. Ende 2000 sollen es mehr als eine Milliarde gewesen sein.“⁴⁴

Seine Einsatzmöglichkeiten sind bereits heute kaum mehr zu überblicken und die Potentiale sind längst noch nicht ausgeschöpft. Man kann getrost sagen, dass kein Berufsfeld – wirklich keines! – nicht durch den Computereinsatz tiefgreifend verändert, wenn nicht sogar völlig neu definiert wird.

Mit der Verbreitung des Computers im Berufsleben steigen auch die Anforderungen an die Erwerbstätigen. Diese gehen häufig über den Erwerb von Randqualifikationen (Kenntnisse im Umgang und Bedienen der Computertechnik) hinaus. Lebenslanges Lernen, Fort- und Weiterbildungen sind so notwendig wie nie zuvor.

Und neben dem beruflichen Gebiet steigt auch die Nutzung des Computers im privaten Bereich. Die folgenden Beispiele geben nur einen relativ begrenzten Einblick in die Nutzungsmöglichkeiten des PCs. Die häufigste Nutzung des Computers dürfte wohl die Textverarbeitung sein. Neben der Verarbeitung von Texten ermöglicht der Computer aber die Bearbeitung von Daten jeglicher Art, seien es Tabellen, Datenbanken, Bild- und Tondateien.

Durch die Nutzung des CD-ROM- Laufwerks können Daten, die digital auf einer CD gespeichert sind, schnell und einfach abgerufen werden. Mittlerweile werden ganze Zeitungen, Zeitschriften, Bücher, Lexika, Wörterbücher, Versandhauskataloge, Fahrpläne, Routenplaner usw. usw. auf dem Markt angeboten und millionenfach genutzt.

Mit dem Aufkommen des Internets haben sich die Einsatzmöglichkeiten des Computers noch um ein Vielfaches erhöht. Hier sei als Beispiel nur auf die Möglichkeit der E-Mails hingewiesen, mittels deren Menschen weltweit miteinander in Kommunikation treten können. Das gesamte WorldWideWeb stellt eine riesige, jedem zugängliche Datenbank da, mit immensen Möglichkeit zur Datenrecherche.

⁴⁴ vgl. Freyermuth 2001, S. 255

Möglich ist ein auditiver Zugang zur Schrift durch die Nutzung von Spracheingabe- und Ausgabemedien. Computer könne Texte vorlesen oder vorgelesene Texte mitschreiben.

Sie können Gesichter erkennen, beherrschen die Rechtschreibung verschiedener Sprachen, lassen die Großeltern schon am ersten Lebenstag des Enkels dessen Bild im Netz anschauen, steuern meine Waschmaschine und ein Montagewerk von VW.

Und dieser Prozess ist noch lange nicht abgeschlossen...

Der Computer – ein spezielles Medium für blinde und sehbehinderte Schüler/innen

Gerade für blinde und sehbehinderte Menschen hat der PC infolge der computertechnischen Entwicklung einen Stellwert erreicht hat, der mit kaum einem anderen Utensil vergleichbar wäre.⁴⁵ Mit seiner Nutzung kann, wie die folgenden Ausführungen belegen, eine spürbare Steigerung der Lebensqualität erzielt werden. Die Vorteile liegen auf Seiten der Selbstständigkeit, Effektivität und Kommunikation.

Selbstständigkeit

Einer der wichtigsten Vorteile, die der Einsatz des PCs für sehgeschädigte Menschen mit sich bringt, ist die zunehmende Möglichkeit zur selbstständigen Lebensgestaltung.

Diese Selbstständigkeit, die gemäß der Richtlinien als eines der wichtigsten Erziehungsziele für sehgeschädigte aber auch für normalsichtige Schüler/innen in den entsprechenden Richtlinien⁴⁶ genannt wird, ist auf verschiedenen Ebenen anzustreben. So ermöglicht der Computer unter Einbeziehung adäquater Hard- und Software (vgl. Kapitel 2) insbesondere das selbstständige Lesen, Schreiben und Gestalten von Punkt- und Schwarzschrifttexten. Konnten Inhalte von Schwarzschrifttexte blinden Menschen früher nur durch das Vorlesen zugänglich gemacht werden, so bietet hier der Einsatz des Computers einen Vorteil, der wahrscheinlich nur von den Betroffenen selbst in seinem gesamten Umfang nachzuvollziehen ist. Analog ist die Möglichkeit der Korrektur eigener mit dem Computer erstellter Schwarzschrifttexte zu sehen.

Die computertechnischen Möglichkeiten zur sehbehindertengerechten Datendarstellung (vgl. Kapitel 1.4.1) erlauben Menschen mit einer verringerten Sehleistung das eigenständige Lesen und Gestalten von Texten. Mittels der digitalen Entwicklungen auf dem Hilfsmittelmarkt (vgl.

⁴⁵ vgl. Degenhardt 1999, S. 170

⁴⁶ vgl. z. B. Richtlinien für Sehbehinderte NRW, S. 7 Richtlinien für Blinde NRW, S.8

Kapitel 2) können blinde und sehgeschädigte Menschen das Internet mit all seinen Möglichkeiten und Chancen nutzen.

Vor allem für blinde Menschen bedeutet die gleichberechtigte Teilnahme am weltweiten Kommunikationssystem einen weiteren Schritt in Richtung Eigenständigkeit. Viele Aktionen, bei denen sie zuvor auf die Hilfe von sehenden Mitmenschen angewiesen waren (z. B. Informationsbeschaffung, Homebanking, Warenbestellungen usw.) können mit Hilfe des Computers jetzt eigenständig ausgeführt werden.

Effektivität

Die digitale Datenerfassung –verarbeitung und -speicherung bietet einen hohen Komfort und ein hohes Maß an Effektivität. Dies ist für die Speicherung von adäquaten Texten, sei es in der Form von Großschrifttexten oder als Punktschrifttexte von besonderer Bedeutung.

So können z. B. auf einer einzigen CD 600 000 Seiten Brailletext, das entspricht über 100 Meter eines Regals mit einseitig bedruckten Brailletexten im DIN-A4-Format, gespeichert werden.⁴⁷

Welche Vorteile diese Möglichkeit speziell für den Datentransport, die Datenarchivierung oder den Austausch von Daten der Braille-Form bzw. von Großschrifttexten hat, kann man sich leicht vorstellen. Ähnliche Beispiele können für die akustische Wiedergabe von Daten mittels des Computers angegeben werden.

Sinnvoll und effektiv ist der Einsatz bei der Texterfassung. Durch die Nutzung synthetischer Sprachausgaben mit individuell wählbarer Geschwindigkeit ist dabei eine im Vergleich zu vielen anderen traditionellen Hilfsmitteln vergleichsweise schnellere Lesegeschwindigkeit zu erreichen.⁴⁸

Ebenso bietet der Computer als Medium die Möglichkeit einer unkomfortablen und zeitsparenden Bearbeitung von Texten. Mittels geeigneter Standardtextverarbeitungsprogramme können sehgeschädigte Nutzer/innen auf sinnvolle zeitsparende Arbeitstechniken zurückgreifen, die ihnen die Textbearbeitung in vielfacher Hinsicht erleichtern. Als Beispiel sei das Kopieren, Verschieben oder Einfügen von Textpassagen genannt. Speziell die Möglichkeit der Nachbearbeitung von Punktschrifttexten, die in der traditionellen Herstellungsmethode nicht gegeben ist, kann als wesentlicher Vorteil der Computernutzung angegeben werden.

⁴⁷ vgl. Rytlewski 1996, S. 37

⁴⁸ vgl. Drolshagen S. 224

Drolshagen⁴⁹ als unmittelbar Betroffene sieht den elektronischen Textverarbeitungsgeräten ein Medium, welches sehgeschädigten Menschen im Vergleich zu Sehenden ein qualitativ gleichwertiges Arbeiten ermöglicht. Benachteiligungen die zwangsläufig mit der Nutzung herkömmlicher Hilfsmittel einhergehen, können so weitgehend aufgehoben werden. Sie schränkt jedoch ein, dass sehgeschädigte Nutzer aufgrund der eingeschränkten Lesegeschwindigkeit, die mit Nutzung von Braillezeile und Vergrößerungssoftware einhergeht, vergleichsweise mehr Zeit für die Erstellung von Texten benötigen.

Schriftliche Kommunikation mit sehenden Menschen

Kommunikation gehört zu den elementaren Grundbedürfnissen des Menschen.⁵⁰ Die Verwendung unterschiedlicher schriftlicher Kommunikationssysteme war einer der Gründe, die zur segregativen Beschulung blinder Kinder und Jugendlicher beigetragen haben. Die wenigsten normalsichtigen Menschen beherrschen die Brailleschrift, blinde Menschen können naturgemäß mit Schwarzschriftdarstellungen nichts anfangen. Mit den Entwicklungen in computertechnischen Bereich ist es nun erstmals möglich Braille- und Schwarzschrifttexte parallel auf der Braillezeile und auf dem Bildschirm darzustellen. Analog ist die Ausgabe als Braille- bzw. Schwarzschriftdruck möglich.

Mittels entsprechender technischer Ausrüstung (vgl. Kapitel 2.1.2) können Schwarzschrifttexte eingescannt werden. Eine einzige Vorlage reicht demzufolge für die Erstellung einer (modifizierten) Schwarzschrift- und Punktschrifttextdarstellung aus. Als gemeinsame Grundlage zur Informationsbeschaffung kann sie zusätzlich kommunikationsfördernd wirken. Ein Vorteil, der sich insbesondere im Integrationsunterricht auszahlt.

Berufsvorbereitung

Der computertechnische Fortschritt ist für die berufliche Tätigkeit von sehbehinderten und blinden Menschen unter zweierlei Blickwinkeln zu betrachten.

Der Einsatz von Textverarbeitungsprogrammen und anderen Hilfsprogrammen erleichtert die Datenverarbeitung. Für blinde Menschen war diese Entwicklung jedoch auch mit Nachteilen verbunden, die Warnke⁵¹ aufführt. Mit dem Einzug der Computer in Büros war ein Organisationswandel verbunden. Schreibarbeiten, die blinde Menschen häufig in externen Schreibbüros verrichteten, wurden mit der Verbreitung des PCs verstärkt von den

⁴⁹ vgl. Drolshagen S. 229

⁵⁰ vgl. Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden-Württemberg 1998, S. 95

⁵¹ vgl. Warnke 2000, S. 60

Sachbearbeiterinnen und Sachbearbeitern selber erledigt. Blinde Maschinenschreiber/innen verloren ihre Arbeitsplätze.

Auf der anderen Seite wurden durch den Computer auch neue Erwerbsmöglichkeiten für Blinde und Sehbehinderten geschaffen. Mittels des Einsatzes technischer Hilfsmittel können sie in Berufe vordringen, die ihnen zuvor aufgrund ihrer Behinderung vorenthalten geblieben sind. Bereits heute gibt es blinde und sehbehinderte Programmierer/innen, Informatiker/innen und Sachbearbeiter/innen.⁵²

1.4 Der Computer – ein Medium im mathematischen Integrationsunterricht

Eine Schule, die den Anspruch erhebt ihre Schülerschaft auf das (Berufs-)leben vorbereiten zu wollen, darf die gesellschaftliche Stellung, die der Computer mittlerweile eingenommen hat, nicht ignorieren. Die Nutzung der computertechnischen Möglichkeiten in den oben beschriebenen Bereichen, respektive sein Einsatz als Hilfsmittel setzt fundamentale Kenntnisse und Fähigkeiten im Umgang mit ihm voraus.

Die Schule hat diesbezügliche gesellschaftlichen Anforderungen aufgegriffen. Im Rahmen der informationstechnischen Grundbildung (ITG) als Rahmenkonzept der Bund-Länder-Kommission soll die Computerschulung in verschiedenen Fächern in unterschiedlichen Unterrichtssituationen durch den handelnden Umgang mit dem Medium realisiert werden.⁵³

Im Hinblick auf die beschriebene Ausgangslage (mathematischer Integrationsunterricht mit blinden oder sehbehinderten Jugendlichen) beschreibt die vorliegende Arbeit multifunktionale Einsatzmöglichkeiten des Computers als Hilfsmittel, Arbeitsmittel, Lehr- und Lernmittel und als Kommunikationsmittel. Dabei werden jeweils notwendige Voraussetzungen, Möglichkeiten und Grenzen des Mediums angegeben und analysiert.

⁵² Zu bedenken ist jedoch, dass ein blinder bzw. sehbehinderter Arbeitnehmer einen adäquaten Arbeitsplatz mit spezifischen Arbeits- und Hilfsmittel benötigt. Leider scheitert an dieser Voraussetzung häufig die Einstellung der Betroffenen. Nicht alle Arbeitgeber sind bereit, die notwendige Arbeitsplatzausstattung bereitzustellen. Nach Warnke werden Behinderte häufig nur aufgrund von stattlichen Zuschüssen (Kostenstellen) eingestellt (vgl. Warnke 2000, S. 60)

⁵³ vgl. z. B. Degenhard, Kalina, Rytlewski 1996, S. 21

1.4.1 Der Computer als Hilfsmittel

Einsatzmöglichkeiten des Computers bei der sehbehindertengerechten Datendarstellung

„Eine vordringliche rehabilitative Aufgabe in bezug auf Sehbehinderte ist es, dafür zu sorgen, dass es dem Sehbehinderten möglich wird, den behinderungsbedingten Mehraufwand an Kräften so gering wie möglich zu halten, sich zu entlassen.“⁵⁴ Als eine Möglichkeit zur Realisierung der Forderung nennt Rath die optimale Aktivierung der noch vorhandenen entsprechenden Funktionsreserven (Kompensation). Eine wertpositive Kompensation einer Sehschädigung⁵⁵ ist mit einem Gewinn an Lebensperspektiven verbunden.⁵⁶

„Der Zugang zu Normaldruck ist Sehbehinderten erschwert. Untersuchungen von W. Fromm und anderen belegen diese Feststellung statistisch.“⁵⁷ Zu kleine Buchstaben, kontrastarme Bildelemente usw. erschweren die visuelle Erfassung derselben. In Abhängigkeit zum individuellen Sehvermögen ist die Informationsbeschaffung demzufolge häufig mit signifikanten Problemen verbunden.

Die visuelle Erfassung von Inhalten setzt eine adäquate, den jeweiligen Sehleistungseinschränkungen angepasste Art und Weise der Präsentation voraus.

Nur wenn die Bedürfnisse sehbehinderter Schüler/innen, die sich unmittelbar aus ihrem eingeschränkten Sehvermögen ergeben, einen der oben genannten Faktoren betreffen, kann der Forderung nachgekommen werden.

Die folgenden Beispiele geben einen Einblick in die Problemstellung: Personen, deren Sehleistung z. B. infolge eines Nystagmus, Zentralskotoms oder einer Makulaerkrankung stark verringert ist, benötigen vergrößerte Text- und Bildvorlagen,⁵⁸ während für Menschen mit einem Röhrengesichtsfeld kleinere Buchstabengrößen vorteilhafter sind.⁵⁹ Je nach individueller Störung des Farbempfindens können einzelne Farben von Betroffenen nicht

⁵⁴ Rath 1994, S. 662

⁵⁵ Dabei ist nach Nater (vgl. 1998, S. 219) „Ausgleichen-Müssen ist weder etwas Exzentionelles noch etwas ausschließlich Behinderten-Spezifisches. Der Umstand, dass Menschen einer Schädigung häufig und in intensiver Form kompensieren müssen, kann kein Kriterium zu ihrer Ausgrenzung sein.“ „Mit der Aufgabe, ihr physisches und psychisches Gleichgewicht zu erhalten, sind auch Nicht-Geschädigte permanent konfrontiert.“

⁵⁶ vgl. Nater 1998, S. 217

⁵⁷ Tanner 1985, S. 146

⁵⁸ vgl. Appelhans; Krebs 1995, S. 19, 22, 29

⁵⁹ vgl. Appelhans; Krebs 1995, S. 22, 23

erkannt werden. Menschen mit einer geringen Kontrastsensivität (tritt häufig bei einer Farbsinnstörung auf)⁶⁰ können kontrastarme Abbildungen häufig nicht erkennen.

Die Nutzung des Computers für die Informationsbeschaffung und Bearbeitung von Texten kann die oben beschriebene Mangelsituation in vielen Fällen verbessern. Dies gilt für die Präsentation von digitalisierten Daten auf dem Computerbildschirm oder auch für Texte, die mittels des Computers erstellt werden.

Innerhalb der Arbeit werden demgemäss Datendarstellungen jeglicher Art (sei es als Druckvorlage, als Bildschirmdarstellung oder als Sprachausgabe), die sehbehinderten Menschen die Wahrnehmung und das Erkennen von Daten erleichtern, unter der Bezeichnung „sehbehindertengerechte Datendarstellung“ zusammengefasst.

Dabei ist impliziert, dass nicht alle Sehbehinderten gleichermaßen von der computerunterstützten Datenpräsentation profitieren. Modifikationen von Daten sind im Hinblick auf die Faktoren Größe, Farbe und Kontrast durchzuführen. Bei Textelementen kann zusätzlich die Buchstabengestalt variiert werden. Die visuelle Datenerfassung kann somit für Personen, deren Sehvermögen innerhalb einer Teilfunktion eingeschränkt ist, die unmittelbar mit einer der genannten Faktoren in Beziehung steht, erleichtert werden.

Einschränkungen des Sehvermögens, auf die diese Voraussetzung nicht zutrifft, können durch die beschriebene variable Datenpräsentation nicht ausgeglichen werden. So kann beispielsweise bei einer Störung des räumlichen Sehens die visuelle Wahrnehmung auch durch die Nutzung des Computers nicht kompensiert werden.

In welchem Ausmaß die visuelle Erfassung von Daten tatsächlich erleichtert wird, ist somit individuell verschieden und letztendlich nur vom Betroffenen selbst zu beurteilen.

Im Gegensatz dazu ist die Nutzung der auditiven Datenwiedergabe nicht auf bestimmte Einschränkungen des Sehvermögens begrenzt, sondern lässt sich unabhängig von der individuellen Sehleistung als alternative Datenpräsentation nutzen.

Die aufgeführten Möglichkeiten der Modifikation von Texten und Bildelementen ist abhängig von spezifischer Software, wie z. B. Vergrößerungsprogrammen und spezifischer Hardware, wie z. B. Großbildschirme.

Sämtliche Software- und Hardwarekomponenten, die genutzt werden können um sehbehinderten Menschen die visuelle und auditive Erfassung von digitalisierten Daten erleichtern können, werden innerhalb der Arbeit unter der Bezeichnung „Hilfsmittel“ zusammengefasst.

⁶⁰ vgl. Appelhans; Krebs 1995, S. 21

Unter diesen Begriff fallen auch entsprechende unten aufgeführte Komponenten, die blinden Menschen die taktile und auditive Wahrnehmung von digitalisierten Daten ermöglichen.

Die vorliegende Arbeit stellt verschiedene Hilfsmittel vor. Zudem analysiert sie Möglichkeiten und Grenzen derselben im Hinblick auf die Aktivierung vorhandener Funktionsreserven zur visuellen Erfassung. Impliziert ist damit ein potentieller Einsatz in der Unterrichtspraxis.

Einsatzmöglichkeiten des Computers bei der blindengerechten Datendarstellung

Unter dem Begriff „Schwarzschrift“ versteht man im traditionellen Sinne ein System graphischer Zeichen, die sprachliche Mitteilungen „aus der Hörbarkeit in die Sichtbarkeit“⁶¹ umsetzen, damit dauerhaft sind und zum Zwecke menschlicher Kommunikation verwendet werden. Neben der Sprache ist die Schrift das wichtigste Kommunikationsinstrument des Menschen.⁶²

Naturgemäß ist blinden Menschen die herkömmliche Darstellungsart der Schwarzschrift nicht zugänglich. Aus diesem Grunde wurde für sie die Blindenschrift erfunden. Im Hinblick auf ihren Erfinder, den französischen Blindenlehrer Louis Braille (*4.1.1809, +6.1.1862)⁶³ wird sie international auch als Brailleschrift bezeichnet.⁶⁴ Infolge der Möglichkeit ihrer taktilen Erfassung mit den Fingerkuppen können Menschen Punktschrifttexte lesen.⁶⁵ Mittels

⁶¹ Brockhaus 1989; S. 190

⁶² vgl. Fischer 1994, S. 51

⁶³ vgl. LexiROM

⁶⁴ Die Grundform der 1825 entwickelten Blindenschrift besteht aus sechs Punkten. Sie sind wie die entsprechenden Augen eines Würfels angeordnet: Zwei nebeneinander liegende Spalten bestehen jeweils aus drei Punkten. Links von oben nach unten befinden sich die Punkte 1, 2, 3 und rechts von oben nach unten werden die Punkte 4, 5, 6 angeordnet. Die Punkte können entweder erhöht sein. Je nach Stellung der einzelnen Punkte können so insgesamt 64 verschiedene Braillezeichen, einschließlich des Leerzeichens, gebildet werden. Sämtlichen Buchstaben, Satzzeichen und weitere Zeichen, die auf der Schreibmaschinentastatur zu finden sind, wird ein Braillezeichen oder eine Braillezeichenkombination zugeordnet. So wird z. B. das „a“ durch den Punkt 1 dargestellt, das „w“ durch die Punkte 2,4,5,6 usw.. Im Gegensatz zur Vollschrift in der häufig genutzten Lautgruppen (au, eu, ei, ch usw.) einem einzelnen Braillezeichen zugeordnet wird, wird in der Vollschrift (Basisschrift) jedem Zeichen ein Braillesymbol zugeordnet.

Die Möglichkeit der kontextabhängigen Interpretation der Braillezeichen wurde u. a. für die Entwicklung der Mathematiknotation ausgenutzt.

Die Lese- und Schreibgeschwindigkeit kann durch die Nutzung der Blindenkurzschrift, in der einzelne Braillesymbole für die Darstellung ganzer Wörter oder Silben eingesetzt werden, wesentlich erhöht werden.

⁶⁵ Walthes (vgl. 1999, S. 168) äußert sich zur Wahrnehmung der Schrift. Ebenso wie bei anderen Punktschriftsystemen handelt es sich bei der Brailleschrift um eine Darlegung, die nicht nur taktil wahrgenommen wird, sondern auch andere Aneignungsebenen ausnutzt. Obwohl detaillierte und aussagekräftige Forschungsergebnisse noch ausstehen kann bereits jetzt festgehalten werden, „dass die Bildung von Bedeutungseinheiten nicht überwiegend additiv (im zeitlichen Nacheinander des Tastens) verläuft, sondern andere Synthetisierungen stattfinden.“

spezieller Hilfsmittel (z.B. Bogenmaschinen) werden Schwarzschrifttexte in die Punktschrift übertragen oder eigene Texte erstellt. Damit dient die Blindenschrift, als integraler Bestandteil des Bildungswesens, vielen blinden und hochgradig sehbehinderten Menschen als vollwertiges Schriftsystem, geeignet für den Druck, die individuelle schriftliche Kommunikation, sowie zum selbstständigen Schreiben, Lesen, Rechnen usw..

Datendarstellungen jeglicher Art, die blinden Menschen die Wahrnehmung von Daten (als Punktschrifttext, als Tastvorlage, als Sprachausgabe) ermöglichen, sollen nachfolgend unter der Bezeichnung „blindengerechte Datendarstellung“ zusammengefasst werden.

Die blindengerechte Datenpräsentation setzt das Vorhandensein spezifischer Software, wie z. B. Transformierungsprogramme und spezifischer Hardware, wie z. B. die Braillezeile voraus.

Wie oben bereits erwähnt, werden Software- und Hardwarekomponenten, die die taktile und auditive Erfassung digitalisierter Daten ermöglichen, innerhalb der Arbeit unter der Bezeichnung „Hilfsmittel“ zusammengefasst.

Analog zu den obigen Ausführungen, werden auch hier verschiedene Hilfsmittel vorgestellt und in Bezug auf ihre Praxisrelevanz analysiert. Dies gilt ebenso für die Analyse von Bedingungen, die der Einsatz von Hilfsmitteln bei der Digitalisierung von Daten voraussetzt.

Dies gilt insbesondere für die Digitalisierung mathematischer Terme.

Blindengerechte Darstellung mathematischer Terme

Während die Übertragung von Buchstaben und Ziffern in die Punktschrift unproblematisch ist, treten bei Bildelementen erhebliche Schwierigkeiten auf. Dieses Problem trifft in verschärfter Art und Weise auf viele mathematische Terme zu, die sich infolge ihrer grafischen Anordnung über eine lineare Schreibweise hinwegsetzen. Dies trifft für einen Großteil der innerhalb der Sekundarstufe benötigten Terme zu. So ist z. B. der mathematische Term $x_{1/2} = \sqrt[3]{7a + b - \frac{3a}{4}}$ nicht in die Punktschrift übertragbar. Um blinden Menschen die Erfassung mathematischer Inhalte zu ermöglichen, wurde die Marburger Mathematikschrift konzipiert. Mittels ihrer Zeichen und Regeln können mathematische Terme in die Punktschrift übertragen werden. Allerdings sind dieser Notation, vor allem bei der computerunterstützten Erstellung mathematischer Punktschrifttexte, Grenzen gesetzt. Diese werden innerhalb der Arbeit ergründet.

Mehrere Institutionen und Privatpersonen haben sich innerhalb der letzten Jahre intensiv mit Möglichkeiten zur computerunterstützten Darstellung mathematischer Sachverhalte für Blinde auseinandergesetzt. Dabei wurden verschiedene Lösungsansätze und Strategien gefunden. Drei entwickelte Mathematikschriften werden vorgestellt, charakterisiert und im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten innerhalb des integrativen Unterrichts beleuchtet.

1.4.2 Der Computer als Arbeitsmittel

Computer werden im Arbeitsalltag universell eingesetzt. Als einfachstes und weitverbreitetstes Beispiel ist die Textverarbeitung zu nennen. In diesem Sinne kann der Computer im Mathematikunterricht von blinden, sehbehinderten und normalsichtigen Schülerinnen und Schülern zur Erstellung mathematischer Texte genutzt werden. Mit Hilfe dieser Programme können Texte erfasst, gespeichert und weiterverarbeitet werden. Die Weitergabe der gespeicherten Daten kann traditionell über Diskette oder, bei weitem bequemer und zeitsparender, über das Versenden von E-Mails erfolgen.

Die Möglichkeit der Nutzung des Computers als Arbeitsmittel wird exemplarisch anhand der Erstellung mathematischer Arbeitsblätter darlegt.

1.4.3 Der Computer als Lehr- und Lernmedium

In dieser Funktion kann der Computer zur Vermittlung, Übung, Festigung, Anwendung und Kontrolle fachspezifischer Lerninhalten herangezogen werden kann. Insbesondere setzt diese Nutzung den Einsatz von Lernprogrammen voraus.

Möglichkeiten und Grenzen im Hinblick auf einen pädagogisch untermauerten Einsatz mathematischer Lernprogramme werden aufgezeigt und analysiert. Gemäss der Arbeitsthematik soll die Frage beantwortet werden, unter welchen Voraussetzungen sich die Nutzung mathematischer Software für den Integrationsunterricht mit blinden und sehbehinderten Schülerinnen und Schülern anbietet.

1.4.4 Der Computer als Kommunikationsmittel im Integrationsunterricht

Soll im Unterricht über mathematische Inhalte diskutiert werden, so ist vorauszusetzen, dass den Teilnehmerinnen und Teilnehmern dieselben fachlichen Informationen zur Verfügung stehen. Im integrativen Unterricht ist die Informationsbeschaffung damit verbunden, dass Inhalte in einer der jeweiligen Nutzergruppe angepassten Art und Weise präsentiert werden. Die Bedingungen einer blinden- und sehbehinderten Datenpräsentation wurden oben beschrieben. Die Arbeit zeigt auf, in welchem Maße der Computer tatsächlich diese

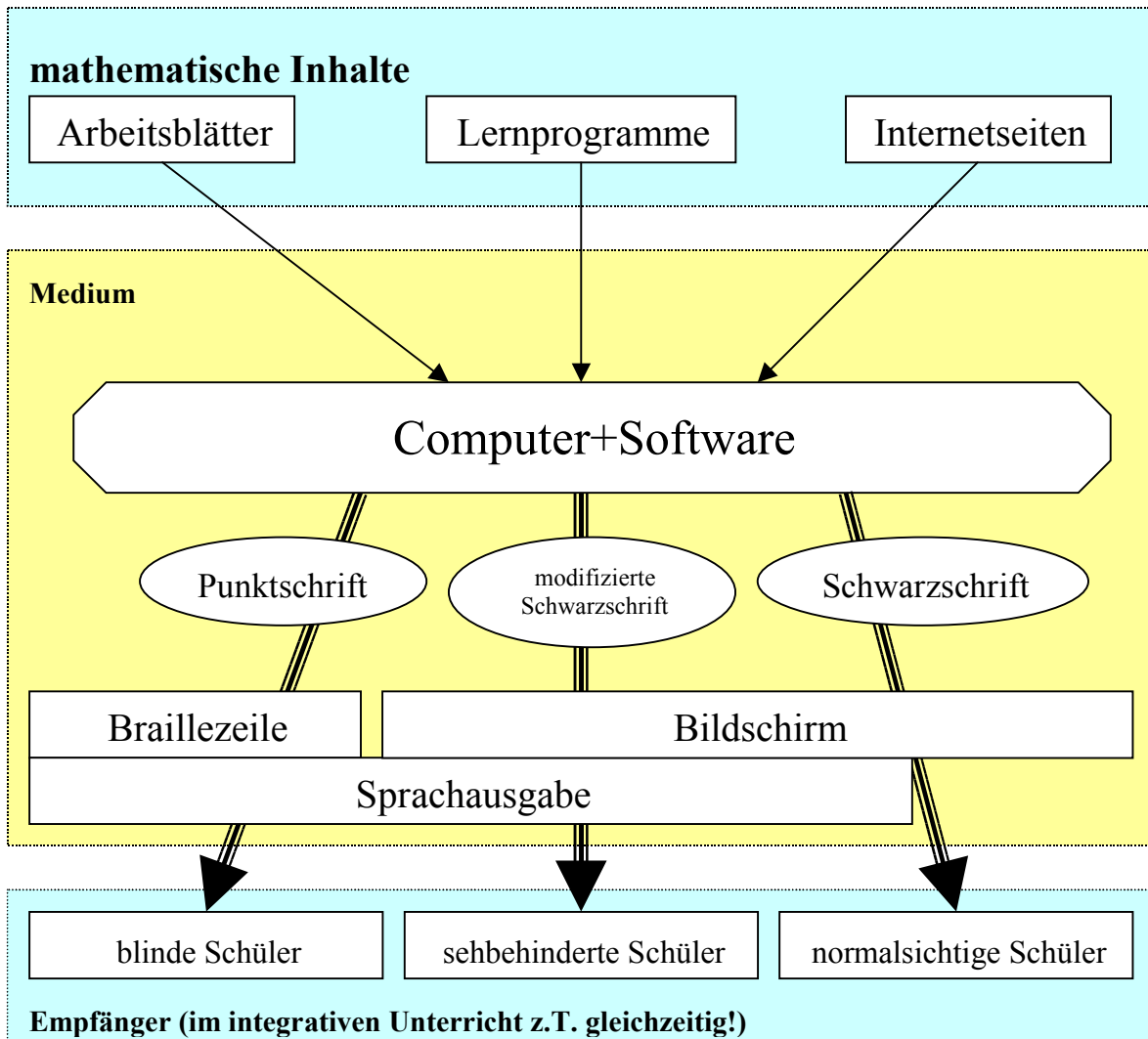
Forderungen erfüllen kann und damit im Integrationsunterricht zur Förderung der Kommunikation zwischen den Schülerinnen und Schülern beitragen kann.

Festzuhalten bleibt, dass der Einsatz des Computers in der Unterrichtspraxis multifunktional ist, dass sich die einzelnen Nutzungsbereiche aber nicht immer trennen lassen. Besonders ist innerhalb der Sonderpädagogik auf die enge Verzahnung zwischen der Hilfsmittelfunktion und den anderen Dimensionen hinzuweisen. Diese ist bei blinden Schülerinnen und Schülern obligatorisch, die Nutzung des Computer als Arbeits-, Lern- und Kommunikationsmittel setzt seine Hilfsmittelfunktion voraus. Inwieweit der Computer von sehbehinderten Jugendlichen als Hilfsmittel eingesetzt wird, hängt, wie oben bereits erläutert, vom individuellen Sehvermögen ab.

Die enge Verzahnung zwischen den einzelnen Funktionalitäten des PCs ist besonders prägnant bei der Arbeit mit dem Internet als Unterrichtsmedium auszumachen. Kapitel 8 führt auf, dass hierbei verschiedene Wirksamkeiten und Nutzungsmöglichkeiten des Mediums zum Tragen kommen können.

Die nachfolgend eingefügte Skizze stellt die wichtigsten Aspekte der Thematik noch einmal grafisch heraus.

Der Computer als Medium im integrativen Mathematikunterricht



2 Computertechnische Voraussetzungen

Innerhalb des Kapitels werden computertechnische Gegebenheiten, die den Einsatz des PC innerhalb der Blinden- und Sehbehindertenpädagogik bedingen, aufgeführt und erläutert. Gemäss der umfangreichen und weitreichenden Thematik erfolgt eine Trennung zwischen Hardware- und Softwarekomponenten, wobei die gegenseitige Beziehung jedoch immer wieder herausgestellt wird.

Das Kapitel schließt mit der Erläuterung von Faktoren, die bei der Anschaffung einer blinden- und sehbehindertengerechten technischen Ausstattung zu beachten sind und einer kritischen Betrachtung der Entwicklungen im Computerbereich.

Die rasante Entwicklung und die immensen Einsatzmöglichkeiten des Computers in unserer Gesellschaft können und dürfen Minderheiten nicht ausschließen. Ebenso wie Sehende sollten auch sehgeschädigte Menschen die Chance und Möglichkeit erhalten, die Vorteile des Computers zu nutzen. Dies gilt um so mehr, da laut Grundgesetz, Artikel 3, Behinderte nicht benachteiligt werden dürfen.

Da die Nutzung eines Standardcomputers per se für sehgeschädigte Menschen nicht möglich ist, sind spezifische Adaptationen notwendig, die sich an den behindertenbedingten Bedürfnissen der genannten Nutzergruppe orientieren müssen. Zwei Ebenen, die sich gegenseitig beeinflussen, sind dabei einzubeziehen.

I Technische Voraussetzungen

Die technische Ausstattung eines behindertengerechten Computerarbeitsplatzes für sehgeschädigte Nutzer/innen setzt die Nutzung spezifischer Hilfsmittel voraus.

Entweder wird vorhandene Hardware- und Software so adaptiert, dass sie auch von sehgeschädigten Menschen genutzt werden können (z. B. Entwicklung von Programme, die die Nutzung der Computertastatur für die Braillezeicheneingabe ermöglichen) oder sie wird speziell für die genannte Nutzergruppe entwickelt (z. B. Braillezeile). Erklärtes Ziel sämtlicher Bemühungen im Bereich der technischen Hilfsmittelentwicklung ist und war dabei immer die sehbehinderten- und blindengerechte Datenerfassung und –darstellung.

II Sehgeschädigtengerechte Datenerfassung und -darstellung

Wie oben bereits erläutert, benötigen sehbehinderte und blinde Computernutzer/innen benötigen eine speziell ihren individuellen behinderungsbedingten Bedürfnissen angepasste Art und Weise der Datendarstellung. Diese wiederum ist von technischen Gegebenheiten abhängig.

Möglichkeiten und Grenzen technischer Gegebenheiten im Hinblick auf eine blinden- und sehbehindertengerechten Datendarstellung wirken sich zudem unmittelbar auf potentielle Einsatzmöglichkeiten des Computers im Unterricht aus. Dies gilt sowohl für die Verwendung des PCs als Hilfsmittel zur Kompensation behinderungsbedingter Nachteile, seinen Einsatz als Arbeitsmittel respektive als Lern- und Lehrmedium und seine Nutzung als Kommunikationsgrundlage im integrativen Unterricht.

Auf der anderen Seite ist die Notwendigkeit spezifischer pädagogischer Handlungsweisen gegeben, die einen erfolgreichen Einsatz der Hilfsmittel überhaupt erst ermöglichen.

Die folgenden Beispiele zeigen exemplarisch die enge Verknüpfung zwischen technischen Voraussetzungen, Datendarstellung und Auswirkungen auf den Unterricht.

So setzt beispielsweise die Nutzung einer Braillezeile eine Datendarstellung als sequentielle Folge von ASCII-Zeichen⁶⁶ voraus. Sämtliche grafische Zeichen, insbesondere viele mathematische Terme, erfüllen diese Bedingungen nicht. Um sie trotzdem über die Braillezeile erfahrbar zu machen, sind spezifische Vorgehensweisen und Reglementierungen notwendig (vgl. Kapitel 5). Unmittelbar daraus ergibt sich die Notwendigkeit der Einbeziehung von pädagogischen Ansätzen, die sich mit einer relevanten Vermittlung derselben auseinandersetzen haben.

Für viele Sehbehinderte ist die Nutzung von Vergrößerungssystemen für die Arbeit am Computer obligatorisch. Der Umgang mit diesen setzt spezifische Fertigkeiten und Strategien voraus, die ihrerseits im Unterricht zu vermitteln sind.

Im vorliegenden Kapitel werden technische Voraussetzungen und Bedingungen, die den Einsatz des Computers im Unterricht beeinflussen, aufgeführt und analysiert. Denn nach wie vor gilt, nur wenn ich als Lehrkraft mit den Möglichkeiten und Grenzen technischer Entwicklungen im Hard- und Softwarebereich vertraut bin, kann ich sie im Unterricht gemäß

⁶⁶ Der 7-Bit-ASCII-Zeichensatz enthält u. a. alle Zeichen, die auf einer handelsüblichen Computertastatur abgebildet sind, also die „normalen“ Buchstaben und zwar in Groß- wie in Kleinschreibung, die Ziffern, Satz- und Sonderzeichen, sowie weitere Zeichen, die allerdings für die Thematik irrelevant sind.

der spezifischen und individuellen Bedürfnisse der einzelnen Schüler/innen einsetzen und ihr/ ihm Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit diesen vermitteln.

Die Kenntnis der technischen Entwicklung ist um so wichtiger, als dass ich als sonderpädagogische Fachkraft auch beratend bei der Anschaffung von Hilfsmitteln tätig werden muss. Da jede Sehbehinderung unterschiedlich ist, muss die Ausstattung mit technischen Hilfsmitteln individuellen Bedürfnissen, die sich aus der Art und Weise des eingeschränkten Sehvermögens ergeben, angepasst werden. Aus diesem Grund kann es auch keine Standardempfehlungen geben. Die Wahl der geeigneten Hilfsmittel kann nur mit dem Betroffenen selbst, durch die Vorgabe verschiedener Alternativen und deren Beurteilung, durchgeführt werden. Je besser die Kenntnis des Beraters im Hinblick auf die Existenz technischer Möglichkeiten ist, desto breiter ist das Auswahlpektrum, das der Schülerin/dem Schüler offeriert werden kann und desto größer ist die Chance, eine optimale Lösung zu finden.

2.1 Hardware

In kaum einen anderen technischen Gebiet geht die Entwicklung so stürmisch voran wie im Computerbereich. Dies gilt sowohl für Hard- als auch für Software.

Leistungsfähigkeit der Rechner (gemessen z.B. an der Speichergröße oder Prozessorgeschwindigkeit) wachsen exponentiell. Dies führt dazu, dass ein heute gekaufter Rechner morgen schon als veraltet gilt und praktisch nichts mehr wert ist. Zugleich erfordert immer kompliziertere Software eine immer höhere Leistung der Hardware.

Vor diesem Hintergrund ist es aussichtslos, eine konkrete Checkliste für die Hardware hier angeben zu wollen. Eine solche Liste gehört (ständig aktualisiert) auf eine Internetseite – in dem vergleichsweise langsamen Medium „Buch“ bzw. „Examensarbeit“ ist eine solche Liste schon bei Abschluss der Arbeit wieder veraltet. Ich werde mich demzufolge auf allgemeine Bemerkungen beschränken und versuchen, die allgemeinen Tendenzen aufzuzeigen.

Dies bedeutet insbesondere auch, dass ich mich hier auf den herkömmlichen PC („IBM-AT-kompatibel“) in Verbindung mit dem Betriebssystem „Windows“ (Microsoft) konzentriere und andere Rechner (z.B. MAC) oder Betriebssysteme (BEOS, UNIX) außen vor lasse.

Der größte Teil der Hardware eines Rechners, der (auch) für Blinde- bzw. Sehbehinderte geeignet ist, besteht glücklicherweise aus Standardkomponenten. Glücklicherweise deshalb, weil sich damit die Preise im Rahmen halten. Es ist selbstverständlich, dass die Komponenten aufeinander abgestimmt sein müssen, um eine optimale Performance zu ermöglichen.

2.1.1 Rechner

PCs werden heute normalerweise als Komplettsysteme angeboten, in die bereits eine Vielzahl von verschiedenen Hardwarekomponenten eingebaut sind. Beim Kauf des Rechners ist insbesondere darauf zu achten, dass zum Anschluss der zusätzlichen (blindenspezifischen) Hardware die geeigneten Anschlüsse vorhanden sind. Zwei COM sowie zwei USB-Schnittstellen gehören dabei zum Standard. Weiterhin sollte auf die Möglichkeit eines Ausbaus des Speichers geachtet werden. Prinzipiell besteht die Wahl zwischen einem transportablen Laptop oder einen fest installierten Standgerät (Desktop).

Wie viel „Leistung“ braucht der Rechner? Natürlich hängt das entscheidend davon ab, welche Programme auf dem Rechner eingesetzt werden sollen. Dabei ist zu bedenken, dass blindenspezifische Zusatzprogramme (z.B. Sprachausgabe, Brückenprogramme) im

allgemeinen gleichzeitig zu den eigentlichen Anwenderprogrammen (z.B. einer Textverarbeitung) laufen müssen, so dass hier von einer deutlich höheren Anforderung an den Rechner ausgegangen werden muss, als bei Einsatz der Textverarbeitung allein.

2.1.2 Eingabemedien

Die Nutzung des Computers als Hilfs- und Arbeitsmittel erfordert z. B. bei der Erstellung eigener Dokumente die Eingabe von Daten.

Sehbehinderten stehen neben der Schwarzschriftastatur und der Maus auch Scanner und Spracheingabegeräte als alternative Eingabemedien zur Verfügung.

Bis auf die Maus werden diese Eingabegeräte auch von Blinden genutzt. Dabei ist die Computertastatur wahlweise als Schwarzschrift- oder als Punktschriftastatur⁶⁷ zu verwenden. Zusätzlich kann eine externe Punktschriftastatur an den Rechner angeschlossen werden.

Maus

Durch die Bewegung der Mausrollen auf einer Unterlage kann der Mauscursor auf dem Bildschirm innerhalb des Dokuments verschoben werden. Positioniert man ihn in menügesteuerten Programmen auf bestimmte, spezifisch gekennzeichnete Bereiche, so können die gewünschten und angesteuerten Funktionen durch „Anklicken“ einer Maustaste aktiviert werden.⁶⁸

Die erfolgreiche Bedienung der Maus setzt voraus, dass der Nutzer die Position des Mausursors auf dem Bildschirm erkennt. Dies ist in Abhängigkeit zur individuellen Sehbehinderung in vielen Fällen nur bedingt möglich. Erleichtert wird der Umgang mit der Maus durch eine Vielzahl von Hilfsprogrammen, die in modernen Betriebssystemen in der Regel bereits integriert sind. Diese ermöglichen beispielsweise die Vergrößerung des Mausursors, das Einstellen einer Mausspur, eine individuelle Einstellung der Bewegungsgeschwindigkeit usw.. Mittels dieser Modifikationen kann der Mauscursor besser erkannt und visuell verfolgt werden. Reichen diese Hilfsmöglichkeiten im Einzelfall nicht

⁶⁷ Bestimmte Tasten der Computertastatur (f= Punkt 1, d= Punkt 2, s = Punkt 3, a= Punkt und auf der anderen Seite entsprechend die Tasten j, k, l, ö,) werden unter der Voraussetzung spezifischer installierter Softwareprogramme zur direkten Eingabe von Braillezeichen genutzt.

⁶⁸ Die Maus hat die Kommunikation zwischen Normalsichtigen und Computern revolutioniert. Zusammen mit der grafischen Benutzeroberfläche (wie Windows) ermöglicht sie ein relativ intuitives Arbeiten mit den Programmen. Dadurch werden die Hürden gerade für jene gesenkt, die eine gewisse Scheu im Umgang mit dem Computer an den Tag legen. Ein neues Programm wird mit schöner Regelmäßigkeit zunächst einmal mit der Maus bedient, da durch die Menüs und die Schaltflächen intuitiv klar wird, wie vorzugehen ist (jedenfalls bei didaktisch gut durchdachten Programmen).

aus, so muss, wie bei blinden Nutzerinnen und Nutzern auf die Eingabe per Maus verzichtet und alternativ auf die Eingabe über die Computertastatur zurückgegriffen werden. Diese Methode hat für viele Sehbehinderte den Vorteil, dass die häufig doch sehr zeitaufwendige Suche eines Objektes auf dem Bildschirm entfällt und die gewünschte Aktion zielsicher und schnell durchgeführt werden kann. Zwar ist es sinnvoll und zeitlich effektiver, wenn die codierten Tastenkombinationen auswendig gelernt werden, dies ist aber keine notwendige Bedingung. Ein Abruf derselben ist über die Aktivierung bestimmter Menü- und Dialogfelder relativ problemlos möglich.⁶⁹

Auf der anderen Seite bedeutet die Mausbenutzung im Allgemeinen keinen Geschwindigkeitsvorteil gegenüber der Benutzung der Tastatur. Vielmehr zeigt sich, dass Benutzer mit zunehmender Erfahrung immer mehr zu Tastaturbefehlen übergehen, da dies ein schnelleres Arbeiten ermöglicht.

Für blinde Nutzer/innen bietet sich statt Maus der Einsatz der Maus-Routing-Tasten an. Ihre Funktion wird bei den Erläuterungen zur Braillezeile (vgl. Kapitel 2.1.3) erläutert.

2.1.3 Ausgabemedien

Als Ausgabemedien bieten sich der sehbehinderten Nutzerin/dem sehbehinderten Nutzer der Bildschirm, der Schwarzschriftdrucker und Lautsprecher für die Sprachausgabe an. Die letztgenannten Medien stehen neben der Braillezeile und dem Brailledrucker blinden Anwender/innen ebenfalls zur Verfügung. Sollen Textvorlagen für Sehende erstellt werden, so nutzen blinde Menschen auch Schwarzschriftdrucker.

Braillezeile (elektronische Punktschriftzeilen)

Die Braillezeile gilt als das häufigst genutzte Ausgabemedium blinder Computernutzer/innen. Sie übersetzen den Bildschirminhalt in die für Blinde ertastbare Punktschrift. Häufig sind sie unterhalb der Schwarzschriftastatur fest installiert. Alternativ können externe transportable Zeilen an den Rechner angeschlossen werden.

Braillezeilen ermöglichen das direkte Auslesen einer Bildschirmzeile, wobei immer die Zeile, in der sich der Cursor befindet, abgebildet wird. Dazu verändern elektrische Impulse die Stellung von Metallstiften, die auf kleinen Metallzungen (Piezo-Module) angebracht sind. Ein

⁶⁹ vgl. Kalina 1996, S. 24, 25

Modul besteht dabei aus 8 Stiften, so dass sämtliche 8-Punkt-Braillezeichen durch die Erhöhung der betreffenden Stifte fühlbar dargestellt werden kann.^{70, 71}

Verschiedene Zeilentypen sind zu unterscheiden: Während Zeilen mit 40 Modulen für den Transport geeignet sind, jedoch maximal 40 Braillezeichen einer Bildschirmzeile abbilden, können Zeilen mit 80 Modulen die gesamte Bildschirmzeile⁷² abbilden, sind aber in der Regel fest installiert. Als gehobene Ausstattung gelten Doppelzeilen, auf denen zweimal 80 Module oder zweimal 40 Module angeordnet sind.

Mit der Braillezeile werden in der Regel Transformationsprogramme in den Computer installiert, so dass eine 1:1 Umsetzung der Schwarzschrifttexte in Braillezeichen und umgekehrt erfolgen kann.

Heutige Braillezeilen sind keine reinen Ausgabemedien mehr. „Neben dem Lesen von Texten ermöglicht die Braillezeile die Übermittlung zusätzlicher Informationen zur Programmsteuerung und zum Bildschirmaufbau. Der modulare Aufbau moderner Braillezeilen erlaubt in der Regel eine problemlose Koppelung mit Sprachausgabesystemen.“⁷³

Es werden bereits Braillezeilen angeboten, die der Abfrage von Punktchriftmodulen, das sind Braillezeichen, die am Blattrand neben dem eigentlichen Text positioniert sind und Angaben zum Textlayout (Fettdruck, Markierung usw.) enthalten, dienen.

Fortschrittliche Braillezeilen verfügen über die Möglichkeit des „Cursor- und Maus-Routings“. „Über den Braille-Modulen werden tastsensible Sensoren angebracht, die die schnelle Positionierung des Cursors an die gerade gelesene Stelle ermöglichen; der blinde Nutzer fährt über dem entsprechenden Buchstaben mit dem Finger nach oben und löst somit – über den dort befindlichen Sensor – das Cursor-Routing (das Heranholen des Cursors an diese Stelle) aus.“⁷⁴ Besonders hilfreich ist diese Funktion bei Textkorrekturen.⁷⁵

Das Maus-Routing erlaubt das Heranholen der Maus zum Cursor. Mittels des Cursorskreuzes kann sie dann aktiviert werden, indem die Bedienung von der Cursorfunktion auf Mausfunktion umgestellt wird.

⁷⁰ vgl. Kalina 1999; www.bildung.hessen.de/sform/sonder/blind/hilfsmitt.htm

⁷¹ Braillezeilen können zwischen 6 und 8-Punkt-Braille umgeschaltet werden.

⁷² dies gilt nur für das DOS-Betriebssystem bzw. das DOS-Fenster in Windows

⁷³ Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden-Württemberg 1998, S. 99

⁷⁴ Degenhardt 1996; Kalina; Rytlewski, S. 12

⁷⁵ vgl. Hänel 2000 (b); <http://www.lynet.de/~mhaenel/windows.html>

Bildschirm

In Verbindung mit der Grafikkarte bildet der Bildschirm das wichtigste Datenausgabegerät für Normalsichtige und Sehbehinderte. Für viele sehbehinderte Menschen ist dabei ein möglichst großes Peripheriegerät von Vorteil. In der Praxis haben sich dabei Großbildmonitore ab 17 Zoll (Bildschirmdiagonale) bewährt. In Verbindung mit handelsüblichen Grafikkarten sind dabei unterschiedliche Vergrößerungsstufen zu erreichen. Dabei ist es wichtig, dass die Grafikkarte die gewünschte Auflösung auch in einer hohen Bildwiederholfrequenz (>80Hz) zu liefern vermag. Die Bildwiederholfrequenz beeinflusst (wie beim Fernsehen) das Flimmern des Bildes. Da viele Sehbehinderte den Sehabstand zwischen Text und Auge verkürzen, indem sie sich dem Bildschirm annähern, ist beim Kauf des Gerätes besonderer Wert auf die flimmerfreie Darstellung und eine geringe Strahlenabgabe zu legen.

Brailledrucker

Als blindenspezifisches Ausgabegerät von erfassten Daten in Brailleschrift hat sich in der Praxis der Brailledrucker durchgesetzt. Spezielle Übersetzungsprogramme ermöglichen die Darstellung der Daten als Braillezeichen. Neben der Textdarstellung ist auch die Darstellung von Punktgrafiken (z.B. für Säulendiagramme, Statistiken als tastbare Schriftzeichen) auf speziellem Papier möglich.⁷⁶

Soll der Drucker im Klassenraum benutzt werden, so sollte auf die Lautstärke beim Drucken geachtet werden. Die Geschwindigkeit des Druckens ist wichtig, wenn viel gedruckt wird. Je nach Qualität des Druckers bieten verschiedene Modelle die Möglichkeit, neben dem Einzelblatteinzug auch Endlospapier oder verschiedene Papierformate anzunehmen. Speziell für Blinde sind Drucker, die Fehler akustisch melden und Druckschalter, deren Position eindeutig zu ertasten ist, Leuchtdioden vorzuziehen. Alternativ bietet sich die Verwendung einer Software an, die Fehlermeldungen direkt im Text anzeigt.

2.1.4 Spracheingabe- und Ausgabemedien

Mit Hilfe einer Soundkarte, einem Mikrofon und Lautsprecherboxen können Daten auf auditiven Weg erfasst und ausgegeben werden. Moderne Rechner beinhalten heute standardmäßig eine solche Soundkarte, die als Erweiterung des Computers über ein Mikrofon eingefangene Laute computerintern verarbeitet und diese dem Nutzer z. B. über Lautsprecher wieder zur Verfügung stellt.

⁷⁶ vgl. Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden-Württemberg 1998, S. 99

Eingabeseitig ermöglicht entsprechende Software die Umsetzung von gesprochenem Text direkt in die Textverarbeitung (Diktierprogramme).

Ebenso können mittels der Nutzung adäquater Programme, z. B. „Dragon Diktate“⁷⁷, Steuerungsbefehle sprachlich eingegeben werden. Da diese Programme in der Regel visuelle Kontrolle voraussetzen, sind sie für Sehgeschädigte nur bedingt einsetzbar. Sie sind jedoch bei zusätzlichen Behinderungen hilfreich.⁷⁸

Ausgabeseitig ist als wichtigste Anwendung die Möglichkeit des Vorlesens von Texten zu nennen. Die dazu notwendige Sprachausgabesoftware ist in der Lage, sich in beliebige Programme (z.B. der Textverarbeitung) „einzuklinken“. Somit ermöglichen Sprachausgabesysteme das direkte akustische Auslesen der ASCII-Zeichen des Bildschirminhaltes. Die Effizienz des Sprachausgabesystems ist u. a. abhängig vom benutzten Screenreader und seinen Steuerungsmöglichkeiten (vgl. Kapitel 2.2.2).

Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene technische Ansätze für Sprachausgabesysteme, die Kalina⁷⁹ aufführt und vergleicht: Bei der vollsynthetischen Sprache werden Geräusche durch einen Elektronikbaustein erzeugt, die Phonemen der menschlichen Sprache ähnlich klingen. Diese „Sprachbausteine“ werden von einer „Text-to-Speech“-Software zu Worten und Sätzen zusammengesetzt.

Bei der „gesampelten Sprache“ werden von einer menschlichen Stimme gesprochene Worte per Mikrophon aufgenommen, anschließend digitalisiert und in geeignete „Sprachbausteine“ zerlegt. Diese werden von den Programmen gemäß der erfassten Daten wieder zu Worten / Sätzen zusammengesetzt. Generell kann gesagt werden, dass die Verständlichkeit einer Sprachausgabe zunimmt, je größer die „Sprachbausteine“ sind, auf denen sie basiert, dass umgekehrt jedoch ihre Variabilität bei möglichst kleinen Grundelementen am größten ist. „Gesampelte Sprache ist daher in der Regel verständlicher und klingt menschlicher als synthetische Sprache, sie ist aber entweder eingeschränkter in ihrem „Wortschatz“ oder der Aufwand zur Erzeugung eines unbegrenzten Wortschatzes ist bei ihr erheblich höher, d.h. es wird relativ viel Speicherplatz und ein schneller Prozessor benötigt.“⁸⁰

Bei der Textbearbeitung haben sich in der Praxis Sprachausgaben als vorteilhaft herausgestellt, die quasi auf Knopfdruck eine sofortige Unterbrechung des Redeflusses zulassen. „Sehr nützlich ist es, wenn das Sprachausgabegerät in der Lage ist, die Position des aktuell gesprochenen Wortes an die Steuersoftware zurückzugeben (sog. Indexierung).

⁷⁷ vgl. SATIS; <http://ub.uni-bielefeld.de/SATIS/>

⁷⁸ Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden-Württemberg 1998, S. 98

⁷⁹ vgl. Degenhardt, Kalina, Rytlewski, Kalina 1996, S. 145

⁸⁰ e.b.d.

Dadurch ist es möglich, sich einen Text, der sich über mehrere Bildschirmseiten erstreckt, komplett vorlesen zu lassen, ohne eine Taste drücken zu müssen, in dem Moment aber, in der der Lesefluss vom Zuhörer unterbrochen wird, den Cursor automatisch an die entsprechende Textstelle zu positionieren.⁸¹

Ferner ist darauf zu achten, dass die Sprache gezielt gesteuert werden kann. Es kann nicht Ziel einer Sprachausgabe sein, bei jeder Änderung am Bildschirm sich wieder den gesamten Bildschirm vorlesen zu lassen.

Die diesbezügliche Steuerung erfolgt häufig über den umgeschalteten Nummernblock oder über Shortcuts.⁸²

Auch hier spielen Benutzerbedürfnisse und Vorlieben (Einstellung der Sprachgeschwindigkeit, Kennzeichnung von Großbuchstaben, Satz- und Sonderzeichen Navigationsmöglichkeiten, Einsetzbarkeit bei graphischen Benutzeroberflächen usw.) eine Rolle, die bei der Beschaffung des Gerätes zu berücksichtigen sind.

In welchem Maße die Sprachausgabe zur Erfassung von Texten tatsächlich genutzt wird, hängt von den Bedürfnissen und Vorlieben des Nutzers ab. Einzelne sehgeschädigte Computernutzer/innen bemängeln z. B. die erschwerte Möglichkeit der Orientierung und die gewöhnungsbedürftige Sprache und nutzen demzufolge lieber die alternative Datenpräsentationen.

2.1.5 Medien, die die Arbeit mit dem Computer erleichtern

Die beschriebenen Medien können natürlich gemäß den Bedürfnissen und Vorlieben des jeweiligen Nutzers kombiniert werden. Kalina⁸³ beschreibt die auf dem Markt angebotenen Lesegeräte. Als solche wird die Kombination aus Blattleser (Scanner), Computer, Zeichenerkennungssoftware (OCR-Software) und Sprachausgabe bezeichnet. Zur Benutzung wird dabei der Schwarzschrifttext auf den Blattleser gelegt, von diesem eingelesen, mittels der Erkennungssoftware bearbeitet und vom Sprachausgabeprogramm vorgelesen.⁸⁴

⁸¹ e.b.d.

⁸² vgl. Österreichischer Blindenverband; http://www.oebsv.at/englisch/1_5.htm

⁸³ vgl. Kalina 1999; www.bildung.hessen.de/sform/sonder/blind/hilfsmitt.htm

⁸⁴ Zu unterscheiden sind dabei „offene Lesesysteme“, wo der Computer im Gegensatz zu den „geschlossenen Lesesystemen“ auch noch für andere Zwecke genutzt werden kann.

Als weitere Alternative zur Erleichterung der Arbeit am PC nennt der Autor Kombinationen von Bildschirmlesegeräten und Computerbildschirmen, die im Handel angeboten werden. Seines Erachtens bietet sich für Sehbehinderte vor allem die gleichzeitige Nutzung eines Bildschirms als Lesegerät und Computerbildschirm an. Dieser wird dazu in zwei Bereiche unterteilt. Während im ersten Teil das Computerbild erscheint, erfolgt im zweiten Teil eine Abbildung des über die Kamera eines Lesegerätes aufgenommenen Bildes. Sinnvoll ist diese Möglichkeit innerhalb einer Unterrichtssituation, die die parallele Arbeit am Computer und die Präsentation einer Aufgabe aus dem Schulbuch erforderlich macht. Er räumt jedoch den Nachteil der komplexeren Bedienung des Gerätes und der Verringerung der Vergrößerungsfläche auf dem Bildschirm ein.

2.2 Software

2.2.1 Betriebssysteme

Betriebssysteme sind gewissermaßen das „Grundprogramm“, das auf einem Computer läuft und alle elementaren Aufgaben übernimmt. Alle Anwendungsprogramme und Treiber für Hardwareerweiterungen setzen auf dem Betriebssystem auf. Daher ist es nicht möglich, genau das gleiche Programm unter verschiedenen Betriebssystemen zu benutzen.

Das derzeit meistverbreitete Betriebssystem ist mit weitem Vorsprung WINDOWS, auf das ich mich daher im Weiteren konzentrieren möchte. Andere Betriebssysteme wie LINUX⁸⁵ spielen zur Zeit noch eine nur untergeordnete Rolle.

Windows beruht auf dem „alten“ Betriebssystem DOS (DOS=Disk-Operating system). Wegen dieser Verwandtschaft laufen die meisten der alten DOS-Programme auch heute noch unter Windows – in der sogenannten DOS-Box („Eingabeaufforderung“). Dies ist von großer Bedeutung, da die Bedienung der „alten“ DOS-Programme für den Blinden vergleichsweise viel einfacher ist und daher von ihnen noch immer benutzt wird, während für die breite Masse die Eingabeaufforderung schon fast vergessen ist.

Ein Vergleich der beiden Betriebssysteme DOS und Windows zeigt die Chancen und Risiken der schnellen Entwicklung auf dem EDV-Gebiet für die Blinden auf.

Das folgende Bild zeigt ein typischen DOS-Bildschirm (übrigens nach Eingabe des Befehles DIR).

⁸⁵ Obwohl das Betriebssystem nach Ansicht von Friemarei (in Kahlisch 1999, S. 167) gerade für sehgeschädigte Computernutzer aufgrund seiner komandoorientierten Bedienmöglichkeit zu empfehlen sei, konnte es sich bisher in der Praxis noch nicht durchsetzen. Von Vorteil ist die Möglichkeit der kostenlosen Installation, diese setzt jedoch, ebenso wie seine Konfiguration und Bedienung, spezifische Fachkenntnisse voraus.

```

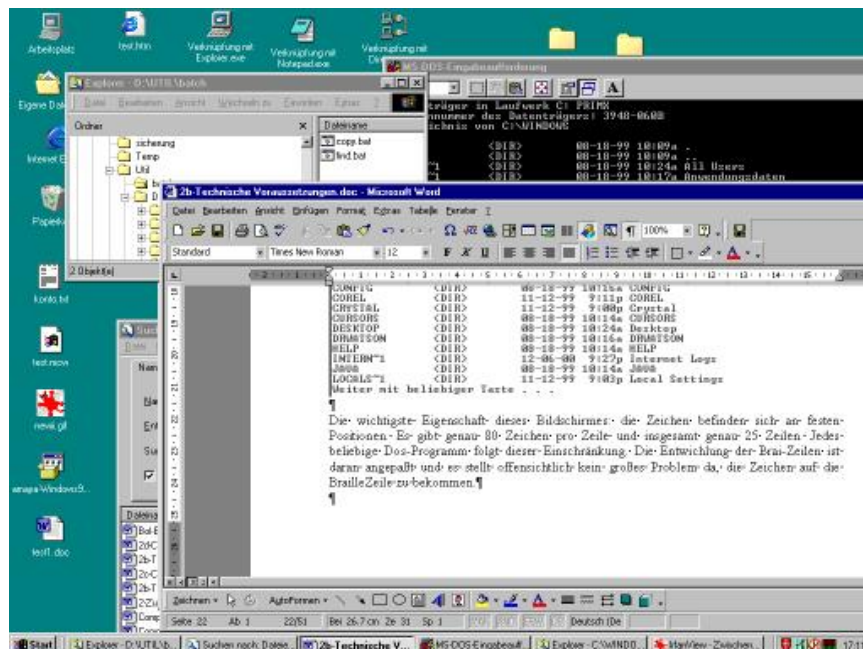
Datenträger in Laufwerk C: PRIMX
Seriennummer des Datenträgers: 3948-060B
Verzeichnis von C:\WINDOWS

. <DIR> 08-18-99 10:09a .
.. <DIR> 08-18-99 10:09a ..
ALLUSE~1 <DIR> 08-18-99 10:24a All Users
ANWEND~1 <DIR> 08-18-99 10:17a Anwendungsdaten
AOLSHARE <DIR> 01-16-00 10:51a aolshare
CATROOT <DIR> 08-18-99 10:17a CATROOT
CJRSTR <DIR> 08-25-99 7:21p CJRSTR
COLOR <DIR> 09-01-99 12:26p color
COMMAND <DIR> 08-18-99 10:09a COMMAND
CONFIG <DIR> 08-18-99 10:16a CONFIG
COREL <DIR> 11-12-99 9:11p COREL
CRYSTAL <DIR> 11-12-99 9:00p Crystal
CURSORS <DIR> 08-18-99 10:14a CURSORS
DESKTOP <DIR> 08-18-99 10:24a Desktop
DRWATSON <DIR> 08-18-99 10:16a DRWATSON
HELP <DIR> 08-18-99 10:14a HELP
INTERN~1 <DIR> 12-06-00 9:27p Internet Logs
JAVA <DIR> 08-18-99 10:14a JAVA
LOCALS~1 <DIR> 11-12-99 9:03p Local Settings
Weiter mit beliebiger Taste . . .
  
```

Die wichtigste Eigenschaft dieses Bildschirms: Die Zeichen befinden sich an festen Positionen. Es gibt genau 80 Zeichen pro Zeile und insgesamt genau 25 Zeilen. Jedes beliebige DOS-Programm muss sich an dieses **Raster** halten. Die Entwicklung der Braillezeilen ist daran angepasst und es stellt technisch kein großes Problem dar, diese auf der Braillezeile abzubilden.

Als Nachteil von DOS ist die wenig intuitive Arbeitsweise anzusehen, bei der relative und z.T. kryptische (schwer zu merkende) Befehle per Tastatur eingegeben werden.

Zum Vergleich der Bildschirmaufbau meines Windows-Rechners, während ich diese Zeilen schreibe.



Der Bildschirm hat überhaupt kein festes Raster mehr. Die Programme laufen in „Fenstern“ ab – jedes der Fenster bildet einen eigenen „Bildschirm“. Die Fenster sind verschiebbar, viele Programme können gleichzeitig laufen und ihre Fenster können sich überdecken.

Die Steuerung der Programme ist für den Gebrauch der Maus ausgelegt (im DOS dominierte noch klar die Tastatur). Befehle sind mit Icons verknüpft, die an allen möglichen Bildschirmpositionen auftauchen können usw..

Kurz gesagt: Die technischen Beschränkungen der DOS-Zeit kamen blinden Computernutzerinnen und -nutzern sehr entgegen. Der Anzeige als Text im Raster und die Steuerung über die Tastatur wurde aber abgelöst durch die Maussteuerung und die grafische Benutzeroberfläche, die selbst so manchen Sehenden höchst unübersichtlich erscheint.

Windows besitzt - im Gegensatz zu DOS - eine grafische Benutzeroberfläche (GUI). Diese funktioniert nach dem Motto „what you see is what you get“. Damit ist gemeint, dass z. B. in der Textverarbeitung stets das komplette Layout gezeigt wird (also inklusive aller Formatierungen), statt den Text und die Formatierung voneinander zu trennen.

Die GUI wurde eingeführt, um ein intuitiveres Arbeiten mit dem Computer auch Anfängern zu ermöglichen. Alle Programme halten sich mehr oder weniger an ähnliche Standards. Die Elemente wie Menüleiste, Pushbottens usw. funktionieren immer gleich. Der Mauscursor wird auf relevante Icons (kleine Piktogramme) positioniert. Diese werden durch den Druck auf die Maustaste angeklickt und aktiviert.⁸⁶

Zweifellos ist die GUI für die Normalsichtigen ein Durchbruch. Für den Sehbehinderten und Blinden hingegen sind gerade die Vorteile der GUI ein Handicap.

Als schwerwiegendes Problem erweist sich die Umsetzung des Windows-Bildschirms in eine für die Braillezeile kompatible sequentielle Darstellung. Hier kommt die sogenannte „Brückensoftware“ (siehe 2.2.2) ins Spiel, die genau dies leisten soll. Obwohl mittlerweile entsprechende Systeme vorhanden sind, bleibt das Arbeiten am PC – verglichen mit den DOS-Zeiten – recht schwierig.

⁸⁶ Prinzipiell ist auch die Aktivierung mittels spezifischer Befehle, die über die Tastatur eingegeben werden möglich.

Windows oder DOS?

So alt wie die technische Möglichkeit, dass sehgeschädigte Menschen den Computer nutzen, so alt ist auch der Streit um das zu verwendende Betriebssystem. Windows oder DOS? An dieser Frage scheiden sich die Geister.

Mit dem Ausspruch Degenhardts „Insellösung versus Standardlösung“ lässt sich die Thematik auf einen Punkt bringen. Sollen sehgeschädigte Nutzer/innen die oben aufgeführten Vorteile, die DOS speziell für diese Anwendergruppe bietet, zu Gunsten der Standardlösung „Windows“ aufgeben? Fakt ist, dass sich Windows mit seiner graphischen Nutzeroberfläche weltweit durchgesetzt hat. Der technische Standard bezüglich der Hardware- und Softwareentwicklung orientiert sich an diesen Voraussetzungen. Textverarbeitungsprogramme, Datenbanken und andere verbreitete Software wird fast nur noch unter Windows angeboten.

Immer weniger Software wird zukünftig unter DOS laufen.⁸⁷ Arbeitsplätze sind in der Regel mit dem Betriebssystem Windows ausgestattet.⁸⁸ Dies gilt ebenso für die Nutzung von Serviceleistungen wie Homebanking, Fahrplanauskünften usw.. Das Betriebssystem DOS ist veraltet, neue Software wird praktisch nur noch für Windows entwickelt. Wer nur DOS-Programme einsetzt, koppelt sich von den aktuellen Entwicklungen auf dem Softwaremarkt ab.

Für Boldt⁸⁹ sind die Vorteile, die das Betriebssystem DOS blinden und sehbehinderten PC-Nutzern bietet, jedoch so gravierend, dass er für dessen Beibehaltung plädiert. Im Hinblick auf die technische Computerentwicklung fordert er eine eigenständige Position der Sehgeschädigten, diese sollen nicht hinter den Sehenden herlaufen, sondern haben einen Anspruch auf die Entwicklung einer ihren Bedürfnissen angemessenen Software.

In Anlehnung an Degenhardt ist meines Erachtens keine einheitliche Reglementierung anzustreben, sondern eine individuelle Problemlösung vorzuziehen. Die von ihm dabei aufgeführten Entscheidungskriterien, wie die Zusammenarbeit mit sehenden Nutzern im Beruf und in der Schule sowie einem günstigerem Preis-Leistungsverhältnis sprechen dabei für die Standardlösung Windows, während der Nutzung von DOS bei der überwiegend privaten Nutzung eines Computers nichts entgegensteht.

⁸⁷ vgl. Schumacher 1998, S. 113

⁸⁸ vgl. Kahlisch 1999, S. 167

⁸⁹ vgl. Boldt 1993

2.2.2 Brückensoftware

Wie schon erwähnt, bedarf es spezieller Programme den Bildschirminhalt unter Windows blindengerecht aufzuarbeiten. Ziel ist es im allgemeinen, die unter Windows häufig in grafischer Form codierte Information auf ihren wesentlichen (funktionellen) Inhalt zu reduzieren. Dieser kann dann per Braillezeile und Sprachausgabe dargestellt werden.

Diese Brückensoftware (oder auch **Screenreader** genannt) laufen permanent im Hintergrund und analysieren den Bildschirminhalt nach bestimmten Kriterien.⁹⁰ Dabei werden von den unterschiedlichen Programmen verschiedene Strategien verfolgt. Derzeit sind nicht weniger als 12 verschiedene Systeme auf dem Markt, darunter: Protalk, SWB (Slimware Window Bridge), VIRGO, WINDOTS, Blindows2000⁹¹

Die drei Hauptansätze der verschiedenen Brückensoftware werden im folgenden besprochen. Sie unterscheiden sich durch unterschiedliche „Darstellungs- und Bedienstrategien bezüglich der Mensch-Maschine-Interaktion.“⁹²

Voll-Grafischer Ansatz

Dieser Ansatz versucht den grafischen Bildschirminhalt möglichst komplett dazustellen – aber nicht visuell, sondern akustisch oder taktil. So wird z. B. versucht, das zweidimensionale Bild über spezielle (zweidimensionale) Hardware als sogenanntes taktiles Relief ertasten zu lassen.⁹³

Dieser Ansatz ist – so attraktiv er auf den ersten Blick erscheint – meines Erachtens doch einigermaßen blauäugig. Die Auflösung der heutigen Bildschirme liegt im Bereich von Millionen von einzelnen Bildpunkten. Es ist nicht leicht, solche Auflösungen technisch für eine taktile Struktur überhaupt zu realisieren. Zudem kommt die Beschränkung der Auflösung bei der taktilen Wahrnehmung hinzu. Das führt zu unhandlichen und extrem teuren Zusatzgeräten, deren Auflösung trotzdem nicht ausreicht. Die entsprechenden Techniken sind noch im Versuchsstadium. Beispiele sind in der Fußnote genannt.⁹⁴

Als **Ergänzung** zu anderen Präsentationsformen ist der grafische Ansatz denkbar. In speziellen Fällen, z.B. bei Kurvendarstellungen im Mathematikunterricht ist eine taktile

⁹⁰ vgl. Hänel 2000 (b); <http://www.lynet.de/~mhaenel/windows.html>

⁹¹ vgl. Hänel 2000 (b); <http://www.lynet.de/~mhaenel/windows.html>

⁹² Kalina 1998, S.513

⁹³ vgl. Degenhardt, Kalina, Rytlewski 1996, S. 42-47

⁹⁴ Klangwand (TU Berlin); Wings (Universität Oldenburg); taktile Bilder (Fernuniversität Hagen)

Darstellung extrem hilfreich. Als preiswerte Alternative bietet sich hier aber auch Quellpapier an.

Topografischer Ansatz (Semi-Grafik)⁹⁵

Die hochauflösende Windowsgrafik wird in eine sogenannte Textgrafik umgewandelt. Da diese nur aus ganz normalen Zeichen (verteilt über wenige Zeilen) besteht, kann sie relativ leicht auf der Braillezeile dargestellt werden. Der ursprünglich in der GUI verfolgte topografische Ansatz (die Elemente sind durch ihren Ort auf dem Bildschirm charakterisiert) wird in diesem Ansatz beibehalten. Tastaturkürzel z.B. in den Menübefehlen werden ebenfalls mit dargestellt.

Bei diesem Ansatz arbeitet der Blinde auf eine vergleichbare Weise wie der Sehende: Statt des Anvisierens des Bildobjektes mit der Maus, erfolgt hier das lesende Bildschirmkunden mit der Braillezeile als Ausgabemedium. Das Positionieren des Mauszeigers und das Aktivieren des Objektes mittels Maustaste wird durch die Nutzung der Maus-Routing-Tasten auf der Braillezeile ersetzt. Diese ermöglichen, dass der Mauszeiger an die jeweils aktuelle Leseposition geholt und dort die Aktivierung des Bildobjektes auslösen kann. Alternativ können derartige Aktionen auch mittels der Tastatur ausgeführt werden. Dazu ist es allerdings notwendig, Kurz-Tastenbefehle auswendig zu lernen oder sich mittels der TAB-Taste durch die Menüs und Dialogfelder bis zum gewünschten Objekt vorzubewegen.

Strukturierter Ansatz

Wie der Name bereits nahe legt, wird bei diesem Ansatz die Struktur (der innere Zusammenhang) der Darstellung aufgeschlüsselt und als eine textbasierte „Baumstruktur“ wiedergegeben. Dabei nutzt die Software eine vom Betriebssystem intern geführte hierarchische Liste aller angezeigten Elemente. Für diese Darstellung ist die Position der Elemente (z.B. eines Buttons innerhalb des Fensters) irrelevant. Daraus ergibt sich ein Nachteil: Die Position von Elementen innerhalb der Fenster wird häufig von den Programmierern zur Gruppierung genutzt. Diese zusätzliche Information geht bei diesem Ansatz definitionsgemäß verloren.

Andererseits ist diese rein textbasierte Form der Darstellung für die Ausgabe auf der Braillezeile gut geeignet. Allerdings ist es nicht einfach, den Überblick über den gesamten Bildschirm zu erhalten, weil der Baum infolge der zeilenweisen Darstellungsbegrenzung der Braillezeile nie vollständig gezeigt werden kann.⁹⁶

⁹⁵ vgl. Degenhardt, Kalina, Rytlewski 1996, S. 42-47

⁹⁶ vgl. Kosa 1995, S. 46ff

Die Auswahl einer Brückensoftware kann und sollte von den Bedürfnissen und Vorlieben des Anwenders geleitet werden. So kann z. B. eine Ablehnung von auswendig zu lernenden Befehlen gegen die Nutzung einer bestimmten Strategie sprechen. Späterblindetete, die noch mit flächigen visuellen Vorstellungsmustern vertraut sind⁹⁷, kommt der strukturelle Ansatz vielleicht eher entgegen.

Grundsätzliche Probleme bei der Brückensoftware

Trotz der Entwicklung von Brückensoftware mit all ihren oben beschriebenen Möglichkeiten sind die Möglichkeiten der Informationsbeschaffung für blinde und sehende Schüler/innen noch lange nicht als gleichwertig zu bezeichnen. Dies liegt an der bereits erwähnten grafischen Bildschirmgestaltung des marktführenden Betriebssystems. Windows ist ein speziell auf den visuellen Sinn optimiertes System – alle Vorteile dieser Optimierung gehen zwangsläufig für den Blinden verloren und können durch die Brückensoftware nur mühsam kompensiert werden.

Eine Ergänzung durch andere Elemente, wie z. B. taktilen Reliefs, dynamische Grafikdisplays, sowie der Nutzung von Sounds können und sollten die Informationsbeschaffung unterstützen.⁹⁸

Die folgenden Ausführungen weisen noch einmal auf spezifische Benachteiligungen und Probleme hin, die bei der Erfassung des Bildschirminhaltes mittels Brückensoftware und Braillezeile zu verzeichnen sind.

Datenreduktion

Es liegt in der Natur der Brückensoftware, dass sie die (visuelle) Datenflut reduziert und somit für eine Ausgabe auf der Braillezeile erst zugänglich macht. Kalina sieht dies als Nachteil an. Die „Bild-zu-Text-Übersetzung“ – eine „black box“ für blinde Windows-Anwender⁹⁹. Durch die Modifikation und Originaldaten werden der blinden Nutzerin/dem blinden Nutzer nie die Originaldaten, sondern immer nur die Übersetzungsergebnisse präsentiert. Als unterstützendes Beispiel nennt er die Modifikation von Bildsymbolen, die im semi-grafischen Ansatz als Textkürzel wiedergegeben werden.

⁹⁷ vgl. Kalina 1998, S. 514

⁹⁸ vgl. Kalina 1996, S. 23

⁹⁹ Kalina 1996, S. 22

Versionen

Der schon mehrfach erwähnte schnelle Produktzyklus für Software ist Gift für die Brückensoftware, da diese auf dem gegebenen Betriebssystem mit den Anwendungsprogrammen zusammenarbeitet. Neue Versionen führen mit großer Wahrscheinlichkeit zu Inkompatibilitäten.

Grafiklastigkeit der Anwenderprogramme

Nach Aussagen von Hänel¹⁰⁰ existieren für grafische Darstellungen innerhalb von Anwendungssoftware keine einheitlichen Reglementierungen. Zudem geht der Trend dahin immer mehr Informationen als Symbole darzustellen. Dies gilt insbesondere auch bei der Programmierung von Web-Seiten (vgl. Kapitel 8.3.1 und 8.4.2). Während der Sehende derartige Bildelemente mit einem Blick erfassen kann, kann der Blinde diese nur mittels Nutzung adäquater Brückensoftware erfassen. Diese muss aber erst einmal entwickelt werden.

Marktnische

Die Brückenprogramme bedienen einen Nischenmarkt in dem sich nur wenig Geld verdienen lässt. Trotzdem müssen sie zeitnah die Entwicklungen im allgemeinen Softwaremarkt nachvollziehen. Somit ist klar, dass die Softwareentwickler der Brückenprogramme eine schwierige Gratwanderung unternehmen müssen; u.U. zu Lasten der Qualität ihrer Software.

2.2.3 Beratung

Bei der Anschaffung von Computern und Hilfsmitteln sollten in jedem Fall sonderpädagogisch geschulte Fachkräfte herangezogen werden. Eine kompetente Beratung ist schon aus finanziellen Gründen sinnvoll. In der Regel werden die Geräte auf lange Sicht angeschafft. In Anbetracht dessen dürfen Fehlentscheidungen nicht vorkommen.

Die Beratung muss der Individualität der zukünftigen Nutzerin bzw. des zukünftigen Nutzers allererste Priorität einräumen. „Als wichtiger sehbehindertenpädagogischer Grundsatz gilt: In jedem Einzelfall muss dafür gesorgt werden, dass unter bestmöglichen medialen Bedingungen, bei optimaler Ausnutzung des verbliebenen Sehvermögens, in entspannter Atmosphäre gearbeitet werden kann und dadurch die Sehfähigkeit im Sinne erhöhter visueller Effizienz beeinflusst wird.“¹⁰¹

¹⁰⁰ vgl. Hänel 2000 (b); <http://www.lynet.de/~mhaenel/windows.html>

¹⁰¹ Rath 1994, S. 663

Der modulare Aufbau, sowie eine vielfältige Konfigurierbarkeit computertechnischer Möglichkeiten¹⁰² sind auf individuelle Bedürfnisse, die sich aus dem Nutzerprofil (Sehleistung, Alter, Zeitpunkt des Eintretens der Sehstörung, Bildungsgrad, EDV-Vorkenntnisse, Fähigkeiten, Vorlieben, usw.) ergeben, abzustimmen. Individuelle Wahrnehmungen infolge von Erfahrungen und Einstellungen sind dabei ebenso zu berücksichtigen wie variable Strategien im Umgang mit der eigenen Sehleistung. Zu bedenken ist ferner, in welchen Situationen der Computer eingesetzt werden soll und welche Rahmenbedingungen und Anforderungen innerhalb der schulischen und häuslichen Umgebung die Computerarbeit beeinflussen könnten.

Aufgrund der Vielfältigkeit und Individualität von Sehschädigungen kann es keine Standardlösung oder allgemeingültige Lösung für die computertechnische Ausstattung für sehbehinderte oder blinde Schüler/innen geben.

Einige allgemeine Kriterien sollten dennoch beachtet werden: „Bei der Entscheidung für den Kauf einer bestimmten Gerätekonfiguration ist im Sinne einer langfristigen Nutzung der Anschaffung darauf zu achten, dass technische Weiterentwicklungen oder Neuerungen in das beschaffte System integriert werden können.“¹⁰³ Die Beachtung dieser Empfehlungen erlaubt die Nutzung wesentlicher technischer Weiterentwicklungen, ohne dass das gesamte System ausgewechselt werden müsste.

Die Kompatibilität der Geräte solle möglichst groß sein. Wird diese Forderung nicht beachtet, so kann es z. B. passieren, dass der Kauf einer anderen Vergrößerungssoftware die Anschaffung eines komplett neuen Rechners erforderlich macht.

Je einfacher und einheitlicher die Bedienung ist, desto leichter kann die Gerätekonfiguration in der Praxis eingesetzt und genutzt werden.

Bei der Auswahl der Software ist darauf zu achten, dass sie für die vorhandenen Geräte geeignet ist. So sind z. B. Textgrafiken für die Arbeit mit Braillezeilen ungeeignet. Die Verwendung von Texten im reinen ASCII-Format erleichtert die Nutzung von Transformationsprogrammen. Der Leistungsumfang der Software sollte den individuellen Erfordernissen angepasst sein.¹⁰⁴

¹⁰² vgl. Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden-Württemberg 1998, S. 96

¹⁰³ vgl. Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden-Württemberg 1998, S. 96

¹⁰⁴ vgl. Kalina 1988, S. 116

Kritische Betrachtung der technischen Computerentwicklung

Obwohl sich der Computer zweifelsfrei in vielen Situationen für sehbehinderte und blinde Schüler/innen als mittlerweile fast unentbehrliches Hilfs- und Arbeitsmittel bewiesen hat, bringt sein Einsatz, und dies gilt nicht nur für den genannten Personenkreis, auch viele Probleme mit sich.

Die mehrfach angesprochene in der Technik nahezu beispiellose Entwicklung ist daran maßgeblich beteiligt. Allein die ständige Entwicklung von neuen Betriebssystemen des Marktführers Microsoft, bei der jedes Nachfolgemodell noch sicherer und komfortabler sein soll, stellen die Nutzerin/den Nutzer häufig vor schwierige Entscheidungssituationen. Ist es aus pädagogischen Überlegungen heraus notwendig, diese Entwicklung mitzumachen?

Diese Entscheidung ist jeweils individuell zu fällen, denn nicht alles was technisch machbar ist, ist auch pädagogisch sinnvoll und umgekehrt. Ein Spannungsfeld zwischen den finanziellen Rahmenbedingungen, administrativen und technischen Möglichkeiten und pädagogischen Erfordernissen wird wohl auch zukünftig immer vorhanden sein.¹⁰⁵

Die kurzen Entwicklungsspannen wirken sich meiner Erachtens zudem nicht immer positiv auf die Qualität des Produktes aus. Technische Pannen wie Systemabstürze usw. sind den meisten Computernutzerinnen und -nutzern leider nur allzu vertraut.

Negativ wirkt sich diese Entwicklung auf die Möglichkeit aus, im Dschungel der permanenten Neuerscheinungen einen einigermaßen guten Überblick zu bekommen bzw. zu erhalten. Dies gilt sowohl für den Hardware- wie auch für den Softwarebereich.

Die fehlende Kompatibilität zwischen Systemen verschiedener Herstellung führt häufig zu zusätzlichen Problemen. Die Nutzung verschiedener Betriebssysteme, wie z. B. Windows und Macintosh erschwert und verkompliziert die Kommunikation und den Austausch von Daten zusätzlich.

Kalina¹⁰⁶ nennt potentielle Folgen, die sich aufgrund der rasanten technischen Entwicklung auf dem Computermarkt für den Unterricht ergeben: Nahezu permanent muss sich die betroffene Lehrkraft mit neuen Entwicklungen vertraut machen, sich neue Hilfsmittel und Softwareprogramme ansehen, einarbeiten und austesten. Erst dann können entsprechende Unterrichtseinheiten konzipiert werden. Aufgrund häufiger Inkompatibilität zwischen

¹⁰⁵ „Im geltenden Recht gibt es keinen Anspruch darauf, dass die Versorgung mit Hilfsmitteln dem neusten technischen Stand entsprechen muss...“Die Versorgung mit dem neuen Hilfsmittel findet nur dann statt, wenn das alte „objektiv“ ungeeignet oder nicht ausreichend“ ist.“ (Drerup 2000, S. 112)

¹⁰⁶ vgl. Kalina 1998, S. 511

Hilfsmitteln, Betriebssystem und verwendeter Programme müssen zusätzlich Defizite der unausgereiften Technik behoben und ausgeglichen werden. Zu fragen ist, inwieweit ein derartiger zeitintensiver Aufwand und das dazu notwendige Fachwissen, sowie das Vorhandensein ausreichender finanzieller Mittel in der Praxis zu realisieren ist bzw. verfügbar ist. So kann die optimale Nutzung des Computers als Unterrichtsmedium im Integrationsunterricht bereits an diesen notwendigen Voraussetzungen scheitern.

3 Computerunterstützte Datendarstellung

Das vorliegende Kapitel zeigt auf, innerhalb welcher Grenzen und Möglichkeiten der Computer zu einer blinden- und sehbehindertenadäquaten Datendarstellung herangezogen werden kann.

Da es sich bei der Erstellung von Punktschrifttexten und Schwarzdruckvorlagen um zwei sich grundsätzlich unterschiedliche Vorgehensweisen handelt, die zudem von höchst differierenden Ausgangssituationen geprägt sind, erfolgt eine getrennte Problemdarstellung und Analyse innerhalb des vorliegenden Kapitels.

Der enge Zusammenhang zwischen der Art und Weise einer angemessenen Datendarstellung im Hinblick auf die Zielgruppe und computertechnischen Voraussetzungen wird dabei herausgestellt.

Zusammen mit dem vorherigen Kapitel werden hier grundlegende Faktoren einer computerunterstützten Datendarstellung aufgezeigt, deren Kenntnis als notwendige Voraussetzung für das Verständnis der nachfolgenden Kapitel zu sehen ist.

3.1 Blindengerechte Datendarstellung

Um nachvollziehen zu können, mit welchen Voraussetzungen sich eine computerinterne Bearbeitung bei der Umsetzung erfasster Schwarzschriftdaten in die Punktschrift auseinander zu setzen hat, muss zunächst die Wechselbeziehung zwischen Brailleschrift und computertechnischer Gegebenheiten aufgezeigt werden:

Auf der einen Seite setzt die computergestützte Transformierung der Schwarzschriftzeichen in Braillezeichen die Beachtung spezifischer Strukturen der Brailleschrift voraus. Auf der anderen Seite muss die Brailleschrift bestimmte Voraussetzungen erfüllen, damit eine computerunterstützte eineindeutige Transformierung möglich ist.

Nachfolgend werden grundlegende Aspekte der Thematik, die für das Verständnis des Sachverhaltes notwendig sind, aufgeführt.

3.1.1 Computerinterne Vorgänge bei der Datenverarbeitung

3.1.1.1 Grundlagen

Innerhalb der elektronischen Datenverarbeitung spielt das „Byte“ eine zentrale Rolle. Das Byte ist eine Informationseinheit, die aus 8 „Bit“ besteht. Jedes Bit kann entweder an- oder ausgeschaltet sein, übrigens ganz ähnlich wie die Punkte innerhalb eines Braillezeichens gesetzt oder nicht gesetzt sind. Mit einer 8-Bit-Informationseinheit lassen sich insgesamt $2^8 = 256$ verschiedene Zeichen codieren.

Die Bedeutung eines Bytes innerhalb des Computers ist, je nach Kontext, vollkommen verschieden. Speziell bei der Textverarbeitung entspricht jedem Byte ein Zeichen des Zeichensatzes. Jeder Zeichensatz enthält üblicherweise 256 verschiedene Zeichen.

3.1.1.2 Zeichensätze

Der Vorrat an einzelnen Zeichen (also Buchstaben, Ziffern und Sonderzeichen) bilden die Grundlage jeder Schriftsprache. Das schließt natürliche Sprachen wie Deutsch, Englisch und Arabisch, Computersprachen wie Basic und C aber natürlich auch die Brailleschrift ein.¹⁰⁷

Und hier beginnen die Schwierigkeiten. Es existieren eine ganze Reihe von verschiedenen Zeichensätzen, eine Art babylonische Sprachverwirrung für die Computer. Verschiedene Computersysteme haben dabei ihre eigenen „Standard“-Zeichensätze.

Glücklicherweise gibt es eine Art kleinsten Nenner, den 7Bit ASCII-Zeichensatz. Dieser Satz enthält $2^7=128$ Zeichen und zwar die wichtigsten (aus der Perspektive des lateinischen Buchstabenraumes). Enthalten sind so ziemlich alle Zeichen, die man auf einer amerikanischen Schreibmaschinentastatur findet, also die „normalen“ Buchstaben und zwar in

¹⁰⁷ Der Computer „merkt“ sich alle Zeichen in Form eines „Zeichensatzes“. Ein solcher Zeichensatz ist nichts anderes als eine geordnete Liste dieser Zeichen. Jedem Zeichen ist eine Zahl, nämlich die Position innerhalb der Liste, zugeordnet. Schreibt man also in einem Editor das Wort „SCHWIERIG“, so merkt sich der Computer die Zahlenfolge 83 67 72 87 73 69 82 73 71. Um diese Zahlenfolge in das ursprüngliche Wort zurückzuübersetzen, muss man den „Code“, also den Zeichensatz kennen.

Beispiel:

Eingabe auf Tastatur	Nummer im Zeichensatz	Zeichensatz	Bildschirmdarstellung
s	115	ANSI	s
		Braille	⠎
		Symbol	σ

Groß- wie in Kleinschreibung ($2 \cdot 26 = 52$ Zeichen), die Ziffern (10 Zeichen), Satz- und Sonderzeichen: !"#%&'()*+,-./:;<=>?@[^_{} (33 Zeichen).¹⁰⁸

Tastatortreiber

Die Zuordnung der Tasten zu den Platznummern im jeweiligen Zeichensatz geschieht durch den Tastatortreiber (einer einfachen Software). Die Zuordnung kann im Prinzip beliebig geändert werden und so die Bedeutungen der Tasten zum Beispiel vertauscht werden. So ist z.B. auf der amerikanischen Schreibmaschinentastatur das x und das z vertauscht.

3.1.1.3 Transformation in Braille

Erstrebenswert für den Einsatz des Computers im Blindenwesen ist eine eindeutige Zuordnung zwischen dem herkömmlichen Computer-Zeichensatz und der Brailleschrift.

Hier treten zwei grundsätzliche Probleme auf:

- I Die Begrenzung der herkömmlichen Brailleschriftzeichen auf 6 Punkte
- II Inkompatible Computerzeichensätze (siehe oben)

Die 6-Punkt-Form der Brailleschrift lässt logischerweise nur eine Codierung von $2^6 = 64$ verschiedenen Braillezeichen zu. Eine Erweiterung der Brailleschrift auf 8-Punkt-Zeichen ermöglicht hingegen die Codierung von 256 Zeichen und damit prinzipiell eine bijektive Abbildung der Zeichen eines Schwarzschriftzeichensatzes aus dem Computer mit dieser 8-Punkt-Schrift. Eurobraille ist eine solche Codierung.

Das 1992 in Deutschland entwickelte Eurobraille erweitert die ursprüngliche 6-Punkt-Grundstruktur der Braillezeichen um die Punkte 7 und 8, die unter den Punkten 3 bzw. 6 angeordnet werden. Insgesamt ist damit die Darstellung von $2^8 = 256$ international genormten

¹⁰⁸ Diese insgesamt 95 Zeichen sind schon alle „echten“ Zeichen des 7Bit ASCII Satzes. Der Rest der Zeichen haben „Spezialbedeutungen“ – Zeichen die nicht gedruckt werden können und beispielsweise den Wagenrücklauf einer Schreibmaschine repräsentieren.

Probleme treten erst bei den „Landesspezialitäten“ auf. Die deutschen Umlaute, wie auch andere Spezialitäten wie z. B. das Æ sind nicht Teil des 7-Bit ASCII-Satzes. Diese finden erst in einem erweiterten Zeichensatz Platz – einem 8Bit Zeichensatz mit 256 Zeichen – wobei die ersten 128 Zeichen aus dem 7-Bit Satz übernommen sind. Unglücklicherweise gibt es verschiedene dieser 8-Bit-Zeichensätze. So gibt es die (mittlerweile veralteten) IBM Zeichensätze, diese wurden unter DOS benutzt und den ANSI-Zeichensatz. ANSI hier als Abkürzung für: Iso 8859-1 Latin Alphabeth No. 1, ein Zeichensatz, der der ANSI-Norm (American National Standard Institute) entspricht. Letzter findet mittlerweile unter Windows die größte Verbreitung.

Im Zeichen einer weltweiten Datenaustausches ist es bei 8Bit-Zeichensätzen nicht geblieben. Der UNICODE ist eine erneute Erweiterung auf 16 Bit. Dieser Zeichensatz enthält nun 256 verschieden Unterzeichensätze (jeder mit 256 Zeichen): das reicht sogar für die schwierigen ostasiatischen Sprachen. Für den Europäer ändert der Übergang zum Unicode aber praktisch nichts, da der erste dieser Unterzeichensätze gerade wieder der ANSI-Zeichensatz ist.

Braillezeichen im 8-Punkt-Format möglich. Die eindeutige Zuordnung zwischen den in der EDV verwendeten Zeichensätzen, z.B. den Braille- und Schwarzschriftzeichen, ist somit gegeben. Kürzungen dürfen nicht benutzt werden, da Verwechslungen eine Folge wären.¹⁰⁹

Obwohl Eurobraille auf der 6-Punkt-Brailleschrift basiert, so ist z. B. bis auf die Umlaute die Darstellung der Kleinbuchstaben in beiden Systemen identisch, handelt es sich um zwei eigenständige Schriftsysteme.

Buchstaben, Ziffern und weitere Zeichen, die über die Computertastatur eingegeben werden, erscheinen als Schwarzschriftzeichenfolge auf dem Monitor. Über die Braillezeile sind als Punktschriftzeichen taktil zu erfassen. Entsprechende Programme zur 1:1 Übertragung der Schwarzschriftzeichen in Braillezeichen und umgekehrt, werden in der Regel mit der Braillezeile installiert. Jede Braillezeile kann zwischen 6 und 8-Punkt-Braille umgeschaltet werden.

Wie bereits erwähnt (vgl. Kapitel ##), kann die Eingabe alternativ auch als Braillezeichen z.B. über die Computertastatur erfolgen. Diese alternative Eingabeform bildet aber wohl die Ausnahme.

Beispiel:

Tastendruck und Bildschirmausgabe	a	A	1
ASCII-Code	65	97	49
6-Punkt-Brailleschrift	<ul style="list-style-type: none"> ● ○ ○ ○ ○ ○ 	<ul style="list-style-type: none"> ● ○ ○ ○ ○ ○ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ● ● ○ ○ ● ○ ○ ● ● ○ ○
8-Punkt-Brailleschrift	<ul style="list-style-type: none"> ● ● ○ ● ○ ● ○ ● 	<ul style="list-style-type: none"> ● ● ○ ● ○ ● ○ ● 	<ul style="list-style-type: none"> ● ● ○ ● ○ ● ○ ●

Auch kommen herkömmliche Sprachausgaben mit den so erstellten Texten ohne weiteres klar. Mittlerweile wird Computerbraille europaweit als einheitliches und schriftliches Kommunikationssystem für Blinde eingesetzt.

Prinzipiell sind noch andere Lösungen möglich, bei denen die herkömmlichen 6 Punkt-Zeichen beibehalten werden können. Um mit nur 64 Zeichen die 256 verschiedenen Zeichen des Computerzeichensatzes darstellen zu können, muss man für eine Reihe von Zeichen Pärchen der 6-Punkt-Schrift verwenden. Damit ist gemeint, dass zur Darstellung eines einzelnen Zeichens des Computerzeichensatzes zwei Zeichen des Braillezeichensatzes verwendet werden.

¹⁰⁹ vgl. Lorenz (b) 1998, S. 56

Aufgrund dieser Voraussetzungen hat die Brailleschriftkommission der deutschsprachigen Länder 1998 zusätzlich zu den Eingaberegeln zur Nutzung des Eurobraillecodes auch Regeln herausgegeben, die die Wiedergabe von computerunterstützten Brilleausdrücken auf Basis der 6-Punkt-Schrift ermöglichen. So werden beispielsweise die Punkte 7 und 8 der Eurobraillecodierung durch die vorangestellten Punkte 4 bzw. 6 ersetzt. Hier muss aber auf die auf die Eingeschränktheit der Darstellungstechnik verwiesen werden. Diese eignet sich u.a. nicht zur Wiedergabe kompletter EDV-Handbücher oder umfangreicher Programm listings, sondern lediglich zur Wiedergabe kürzerer Computer-Braille-Sequenzen in Fließtexten.¹¹⁰

Eine eindeutige (bijektive) Zuordnung zwischen den beiden Zeichensätzen ist damit nicht mehr gegeben (denn bei der Rückübersetzung muss man sich ja sicher sein, die zueinander gehörenden Pärchen zu erkennen). Das Lesen und die Eingabe von Daten ist somit deutlich erschwert. Man denke z.B. an die Darstellung von Ziffern, die als Braillezeichenkombination des Zahlenzeichens und eines Buchstabenzeichens, codiert sind. Der blinde Nutzer würde wie gewohnt das Zahlzeichen und die Ziffer eingeben. Soll auf dem Bildschirm jedoch nur die Ziffer erscheinen, was für die Kommunikation zwischen Blinden und Sehenden anzustreben ist, so sind intelligente Zusatzprogramme erforderlich, die diese Transformierung wunschgemäß vornehmen.

Die einheitliche Festlegung einer computertauglichen Punktsschrift löst bei vielen Betroffenen, Pädagogen und Fachleuten immer wieder heftige Diskussionen aus. Nach wie vor umstritten ist, zu welchem Zeitpunkt das Erlernen von Eurobraille pädagogisch sinnvoll ist und ob damit die traditionelle Blindenschrift überflüssig wird.¹¹¹

Eine weitere Methode sei noch am Rande erwähnt. So existiert für (und nur für) den ASCII-Zeichensatz ein DIN-normierter 7-Punkt Computer-Braillecode. Dieser Code funktioniert mit

¹¹⁰ vgl. Brailleschriftkommission der deutschsprachigen Länder; Änderungen im System der deutschen Blindenschrift 1998, S. 6

¹¹¹ Besonders uneinig sind sich die Diskussionsteilnehmer bei der Frage des optimalen Zeitpunktes und der Reihenfolge der Einführung der beiden Punktsschriften. Auf die die vielen Argumente soll hier nicht näher eingegangen werden.

Hier sei auf entsprechende Literatur (z.B. Hahn 1994, S. 137; Heimann; König; http://www.hh.schule.de/blindenschule/studsem/027_9.htm, Austermann 1999, S. 69; Denninghaus 1998, S. 5; Lang 1998, S. 91-94, Lang 1998(b), S. 326; Ziehmann 1999, S. 127-134) verwiesen.

Beide Notationen sind durch spezifische Vor- und Nachteile im Hinblick auf ihren Einsatz in der Praxis gekennzeichnet. Einzelne Projekte, wie z. B. in Ilvesheim (vgl. Lang; Austermann 1998, S. 91-94) können vielleicht helfen, eine einheitliche Regelung zu finden. Herauszustellen bleibt jedoch, dass die Beherrschung des Eurobraille den Umgang mit dem Computer erleichtert, ein Aspekt der bei der zunehmende Digitalisierung von Daten zukünftig immer mehr an Bedeutung gewinnen wird.

den herkömmlichen 6 Punkten, wobei das 7. Bit als zusätzlicher Vibrationsmodus direkt zugänglich ist.¹¹²

Die dargestellten Möglichkeiten lassen sich, wie bereits erwähnt, nicht ohne weiteres auf die Konvertierung mathematischer Ausdrücke übertragen. Gründe für diese Einschränkung und Lösungsstrategien werden ausführlich in Kapitel 5.2 aufgezeigt.

3.2 Sehbehindertengerechte Datendarstellung

Bei der Datenerfassung und -darstellung kann der Computer für Sehbehinderte ein wertvolles Medium sein. Vielfach ist in dieser Gruppe „eine Modifikation der Schrift- und Zeichengröße, des Kontrastes, der Farbgebung, der Belichtung etc. sowie die individuelle Anpassung und Nutzung optischer Hilfsmittel erforderlich.“¹¹³ Viele dieser Voraussetzungen können vom Computer mit Hilfe geeigneter Software erfüllt werden.

Wie bereits erwähnt, (vgl. Kapitel 1.4.1), lassen sich digital erfasste Date im Hinblick auf die Faktoren Größe, Farbe, Kontrast und Buchstabengestalt modifizieren. In welchem Maße damit tatsächlich eine erleichterte visuelle Erfassung von Bildschirminhalten erreicht werden kann, ist abhängig vom individuellen Sehvermögen. Dies kann nur die Betroffene/der Betroffene selbst beurteilen. Demzufolge sind die aufgeführten Modifikationen als Angebot zu verstehen.

3.2.1 Vergrößerte Datendarstellung

Um überhaupt Daten auf dem Computerbildschirm visuell erfassen zu können, ist es für einen Großteil der Sehbehinderten notwendig, diese vergrößert darzustellen. Der Grad der notwendigen Vergrößerung ist dabei, wie die folgenden Beispiele zeigen, abhängig von der jeweiligen Beeinträchtigung.

So benötigen Menschen mit einer Gesichtsfeldeinschränkung häufig vergrößerte Daten, diese dürfen aufgrund des begrenzten Überblicks aber nicht zu groß sein.

¹¹² vgl. Muskardin 1988, S. 5

¹¹³ Walthes 1999, S. 168

Aufgrund wahrgenommener Doppelbilder, wie sie beim Schielen (Strabismus) auftreten, lassen sich größere Buchstaben besser identifizieren als kleinere. Ebenso erleichtern größere Schriften das Lesen bei Nystagmusformen.¹¹⁴

Prinzipiell sind verschiedene Vergrößerungsmöglichkeiten realisierbar. Verschieden Alternativen sind zu unterscheiden:

- I Großbildmonitore
- II Windowsinterne Vergrößerungsmöglichkeiten
- III Vergrößerungssysteme auf Softwarebasis
- III Vergrößerungssysteme auf Hardwarebasis

Kennzeichen der jeweiligen Vergrößerungsalternativen, sowie Einsatzmöglichkeiten in der Praxis werden nachfolgend aufgeführt.

3.2.1.1 Verwendung eines Großmonitors

Speziell um nur geringfügige Sehbeeinträchtigungen kompensieren zu können, bietet sich der Einsatz von Großmonitoren (ab 20 Zoll) an. Zumeist sind zusätzlich spezifische Modifikationen des Mauscursors sinnvoll (vgl. Kapitel 2.1.2).

Ähnlich wie ein Großbildschirmfernseher, ist die Anzeigefläche vergrößert. Dadurch werden die Bildschirminhalte gleichermaßen vergrößert. Die Verhältnisse der einzelnen Bildbestandteile zueinander bleiben dabei identisch. Der Vergrößerungsgrad ist dabei abhängig von der Zollzahl des Monitors.

Im Hinblick auf den Bildschirmüberblick ist diese Lösung sicherlich den anderen Alternativen vorzuziehen. Als Nachteil wirkt sich jedoch sein vergleichsweise geringer Vergrößerungsfaktor aus. Zum Ausgleich werden häufig zusätzlich optische Vergrößerungshilfen (z. B. Lupenbrillen eingesetzt). Die damit einhergehenden Blickfeldverkleinerung wirkt sich jedoch zu Ungunsten des Bildschirmüberblicks aus. Aufgrund der Notwendigkeit der Einhaltung eines bestimmten Leseabstandes ermüdet die Betroffene/der Betroffene in der Regel sehr schnell.

Bei stärkerer Sehbehinderung reichen Großbildschirmmonitore nicht mehr aus. Folgende computertechnische Möglichkeiten können genutzt werden.

¹¹⁴ vgl. Fritsch 2000, S. 97, 105

3.2.1.2 Windowsinterne Vergrößerungsmöglichkeiten

Vergrößerungsmöglichkeiten, die früher nur durch spezielle Zusatzsoftware erreicht werden konnten, sind heute bereits vielfach unter dem Betriebssystem Windows integriert. Diese lassen sich in der Regel relativ unproblematisch aufrufen.

Zu unterscheiden sind Einstellungsoptionen innerhalb des Textfeldes, die das erstellte Dokument unmittelbar betreffen von Bedienungselemente des Programms (Menüleiste, Icons usw.).¹¹⁵

Die wichtigsten Modifikationen der Standardeinstellung werden hier, exemplarisch am Betriebssystem „Windows 98“ erläutert. In der Regel lassen sich die Bedienungselemente unmittelbar oder geringfügig modifiziert auf andere Windowsversionen übertragen.

Vergrößerung des Textfeldes und des Fensterrahmens

Bei vielen Windows-Programmen- u. a. in dem häufig genutzten Textarbeitungsprogramm „Microsoft Word“- kann man in der Menüleiste (mittels Maus oder einer vom jeweiligen Programm festgelegten Tastenkombination) unter der Option „Ansicht“ einen Zoomfaktor einstellen. Word erlaubt dabei eine Maximalvergrößerung des Fensterinhaltes auf 500 %.

Veränderungen der Schriftgröße in der Menüleiste und dem Fensterrahmen sind in der Regel mittels einfacher Befehle einstellbar.¹¹⁶

Damit reduziert sich natürlich die Menge der insgesamt auf dem Bildschirm dargestellten Daten in Abhängigkeit zum benutzten Vergrößerungsfaktor.

Lupe

Mit der Aktivierung der Microsoft BildschirmLupe kann ein Teil des Bildschirms mit einem eigenen Fenster zur besseren Lesbarkeit vergrößert angezeigt werden.¹¹⁷ Dabei kann das Fenster verschoben, vergrößert oder verankert werden, indem es an den Bildschirmrand gezogen wird.

¹¹⁵ Modifikationen des Mauscursors betreffen beide Fälle.

¹¹⁶ Unter Windows 98 ist dabei die folgende Vorgehensweise notwendig: Im Startbildschirm die rechte Maustaste anklicken, nacheinander die Funktionen „Eigenschaften“, „Einstellungen“ und „weitere Optionen“ aktivieren, unter der Funktion Schriftgröße lässt sich die Einstellung „weitere...“ aufrufen, so dass die Schriftart individuell einstellbar ist. Dabei ist maximal 500% der Normalgröße skalierbar.

¹¹⁷ Folgende Schritte sind unter Windows 98 auszuführen: Auf Start klicken, nacheinander mit dem Cursor auf Programme, Zubehör, Eingabehilfen zeigen, auf der Menüleiste die Funktion „BildschirmLupe“ aktivieren.

Der im Lupenfenster erscheinende Bildschirmausschnitt wird durch die Mauscursorposition festgelegt. Bewegt man den Cursor z.B. über eine Textzeile, so kann diese Bewegung im Fenster vergrößert verfolgt werden. Der Vergrößerungsgrad des Bildschirmausschnittes ist dabei variabel einstellbar. Zu beachten ist allerdings, dass ein hoher Vergrößerungsgrad die Größe der Buchstaben zwar erhöht, die Bildschirmauflösung jedoch nicht verändert wird. Eine „treppenförmige“ Darstellung der Buchstaben ist eine der negativen Folgen.

Die Arbeit am Computer kann für den Nutzer/die Nutzerin, der mit dem Lupenfenster arbeitet, durch den Einsatz einer Laufschrift erleichtert werden. Vor allem bei längeren Texten bleibt ihr/ihm damit die permanente Bewegung der Maus erspart. Die Möglichkeit der stufenlosen Geschwindigkeitseinstellung der Laufschrift sollte vorhanden sein. Diese Funktion ist unter Windows 98 nicht einstellbar und kann nur durch die Nutzung einer Spezialsoftware realisiert werden.

Mit der Bildschirmlupe sind zusätzlich die folgenden Funktionen zu aktivieren: Dem „Mauscursor folgen“, dem „Tastaturfokus folgen“, der „Textbearbeitung folgen“. Diese Maßnahmen erleichtern die Orientierung.

Icon-Gestaltung

Mittels des „Icon-Editors“ lassen sich diese individuell, je nach spezifischen Bedürfnissen, gestalten und vergrößern.¹¹⁸

Des weiteren berichtete Gerull¹¹⁹ von der Möglichkeit Icons mit speziellen Abkürzungsbuchstaben zu versehen und sie dann über entsprechende Programme im Programm-Manager ohne Maus aufrufen zu lassen.

Sowohl zur Gestaltung der Icons als auch für den Maus Cursor bietet SATIS¹²⁰ spezielle Programme mit Mustern an, die man installieren kann.

Kritik an Windows 98

Leider funktioniert dieser Vergrößerungsmechanismus nicht bei allen Programmen. So lässt sich beispielsweise das AOL-Programm nicht vergrößern. Auch reichen die Vergrößerungsgrade nicht immer aus, um auch hochgradig sehbehinderten Computernutzern die visuelle Erfassung des Bildschirms zu ermöglichen.

¹¹⁸ Dazu wird unter Windows 98 die rechte Maustaste innerhalb des Startbildschirmes aktiviert, die Einstellung „Eigenschaften“ ausgewählt und auf der erscheinenden Menüleiste die Funktion „Effekte“ aufrufen. Unter dem Stichwort „visuelle Effekte“, kann man die Funktion „Große Symbole“ aktivieren oder deaktivieren.

¹¹⁹ vgl. Gerull 1998, S. 15

¹²⁰ vgl. SATIS; <http://ub.uni-bielefeld.de/SATIS/>

Modifikationen des Maus-Cursors

Aufgrund seiner geringen Größe haben Sehbehinderte mitunter Schwierigkeiten den Mauscursor zu erkennen, dies gilt insbesondere, wenn er zusätzlich schnell bewegt wird. Wie bereits in Kapitel 2.1.2 erwähnt, kann diese Schwierigkeit weitgehend durch computerinterne Einstellungen aufgehoben werden. So kann z.B. die Cursorform so verändert werden, dass der jeweilige Nutzer ihn gut erkennen kann. Entweder geschieht dies durch Auswahl der vorgegebenen Alternativen oder durch die Einscannung eines eigenen Symbols. Die Verringerung der Bewegungsgeschwindigkeit mit der Mauscursor über den Bildschirm gezogen wird und der Einsatz einer Mausspur, beides ist computerintern einstellbar, vereinfachen das Verfolgen des Cursors und erleichtern damit die Übersichtlichkeit.¹²¹ Diese Modifikation wirkt sich z.B. vorteilhaft für Personen mit einem eingeschränkten peripheren Gesichtsfeld aus, die häufig schnelle Bewegungen nicht orten können.

3.2.1.3 Vergrößerungssysteme - Software

Bei einer stärkeren Störung der Sehleistungen reichen meist die zuvor genannten Vergrößerungsmaßnahmen nicht mehr aus. Hier ist der Einsatz von Vergrößerungssystemen auf Software- oder Hardwarebasis sinnvoll und notwendig. Größe und Position des Bildschirmausschnittes kann dabei jeweils vom Anwender über spezielle Steuerkommandos beeinflusst werden.

Eine Vergrößerung der Bildschirmdaten wird unter Windows durch eine Vervielfachung der Pixel, aus denen sich die Buchstaben zusammensetzen, erreicht.

Leider nehmen bei dieser Methode ursprünglich gerundete und schräge Buchstabenteile eine treppchenförmige Gestalt an. Mittlerweile werben Herstellungsfirmer von Vergrößerungssoftware jedoch schon mit der Möglichkeit der Kantenglättung.

Softwareprogramme werden auf dem Markt in verschiedenen Qualitäten (Vergrößerung, Bedienbarkeit, Systemvoraussetzungen, Zusatzeigenschaften usw.) und Preiskategorien angeboten. Es würde den Rahmen der Thematik sprengen, diese unterschiedlichen Produkte aufzuführen und zu beurteilen. Diesbezügliche Informationen sind dem Internet oder dem Satis-Ratgeber¹²², allerdings auf dem Stand von 1996, zu entnehmen.¹²³

¹²¹ Unter Windows 98 funktioniert dies folgendermaßen. Im Menü „Start“ auf „Einstellungen“ zeigen, „Systemsteuerungen“ aktivieren, dort Funktion „Maus“ mittels Doppelklicken aufrufen. In der Menüleiste erscheint z. B. Menü „Bewegung“. Dieses erlaubt das individuelle Einstellen der Geschwindigkeit, mit der der Cursor über den Bildschirm gezogen wird und das Einstellen einer Mausspur. Das Menü „Zeiger“ ermöglicht die Einstellung eines modifizierten Cursorsymbols.

¹²² vgl. SATIS; <http://ub.uni-bielefeld.de/SATIS/>

Nach Zeun¹²⁴ sollten jedoch drei Auswahlkriterien die Kaufentscheidung in jedem Fall beeinflussen:

Zusätzlich zum Großbild sollte ein Lupenfenster in variabler Größe existieren, so dass neben der Vergrößerung einzelner Dokumentpassagen immer der Überblick im Gesamtbild gewährleistet bleibt.

Ein gut sichtbarer Positionsanzeiger dient der Orientierung der momentanen Position im Großbild.

Zudem sollte eine Cursorverfolgung vorhanden sein. Wird die Position des Cursors verändert, so wird automatisch die Stelle/Umgebung vergrößert, an der sich der Cursor aktuell befindet.

3.2.1.4 Vergrößerungssysteme - Hardware

In Verbindung mit Braillezeilen können zur Vergrößerung auch Hardwarelösungen eingesetzt werden. Die Großbilddarstellung wird dabei durch besondere Hardwareteile im Rechner, wie z. B. einer Grafikkarte, oder mittels eines externen Rechners, jeweils mit entsprechender Software, verwirklicht. Die Vergrößerung entspricht weitgehend der Softwarelösung. Signifikante Unterschiede beider Systeme werden nachfolgend aufgeführt:

Entscheidung für die Software- oder Hardwarelösung zur Textvergrößerung

Die Entscheidung für eine Hardware- bzw. Softwarelösung ist von verschiedenen Komponenten abhängig. Beide Lösungsansätze haben spezifische Vor- und Nachteile.

Besonders vorteilhaft bei der Nutzung der Hardwarelösung ist die Tatsache, dass nicht in den Speicher des PCs eingegriffen werden muss. Häufig erlaubt diese Lösung das Einstellen mehrerer Optionen, wie z. B. Farben, und zeichnen sich durch bessere Konturen aus. Leider ist diese Alternative vergleichsweise teuer und zudem nicht in Laptops einzubauen. Da die Punktzahl der Buchstaben jeweils neu berechnet wird, ist mit Geschwindigkeitseinbußen zu rechnen.

Softwarelösungen sind naturgemäß auch für Laptops geeignet, gegenüber der Hardwarelösung häufig einfacher zu bedienen, preiswerter (Faktor 3) und in der Regel angepasst an Windowsbedingungen. Koalitionen mit anderen Programmen sind aber nicht immer auszuschließen. Sie benötigen relativ viel Platz im Arbeitsspeicher und zeichnen sich

¹²³ Nach Aussagen der von mir angeschriebenen Sonderpädagogen werden im Schulalltag hauptsächlich die Softwareprogramme Zoomtext und Lunar eingesetzt.

¹²⁴ vgl. Zeun in SATIS; <http://ub.uni-bielefeld.de/SATIS/>

häufig durch eine schlechtere Qualität der vergrößerten Zeichensätze (treppchenförmige Buchstaben) aus. Die Notwendigkeit einer doppelten Tastenbelegung erschwert den Umgang. Generell sind sie absturzgefährdeter als Hardwarelösungen.

Für die Ausstattung stationärer Arbeitsplätze bietet sich demzufolge eher die Hardwarelösung an, während für transportable Arbeitsplätze eher die Softwarelösung zu empfehlen ist.

Muss sich der potentielle Nutzer für ein System entscheiden, so sind auch hier individuelle Bedürfnisse, Vorlieben und Finanzierungsmöglichkeiten als Entscheidungskriterien heranzuziehen.

Grenzen und Möglichkeiten von Vergrößerungssystemen

Im Gegensatz zum Großbildmonitor, der den gesamten Bildschirminhalt vergrößert, haben Vergrößerungssysteme den massiven Nachteil, dass sich die Menge der ursprünglichen Bildschirmdaten natürlich reduziert. Bei einem doppelten Vergrößerungsgrad halbiert sich logischerweise die Menge der dargestellten Daten. Bei der vierfachen Vergrößerung wird nur noch ein Viertel der ursprünglichen Datenmenge dargestellt usw.

Wer selbst einmal mit so einem Vergrößerungssystem gearbeitet hat, kann nachvollziehen, wie schwierig es dann sein kann, sich zu orientieren. Dieses Problem tritt bereits beim Startbildschirm ganz massiv auf. Hier die entsprechenden Startsymbole und Menüleisten ausfindig zu machen, setzt schon viel Übung und ein gutes Gedächtnis voraus. Nur wenn dem Anwender der Bildschirmaufbau quasi vor dem geistigen Auge präsent ist, kann das sehr zeitaufwendige und frustrierende Suchen der gewünschten Icons oder Menüleisten minimiert werden. „Der Einsatz dieser Programme erfordert in der Regel eine Schulung der assoziativen Fähigkeiten und gezielte Übungen zur Orientierung im Programmaufbau und –ablauf.“¹²⁵

Zu bedenken ist ferner der Zusammenhang zwischen Schriftgröße und Lesegeschwindigkeit. Speziell bei sehr hohen Vergrößerungsstufen können längere Wörter vielfach nicht innerhalb einer einzigen Bildschirmzeile dargestellt werden. Das betroffene Wort kann dann nicht simultan wahrgenommen werden. Die einzelnen Wortbestandteile müssen im Gehirn zu einer strukturierten Einheit zusammengesetzt werden. Eine hohe Konzentration und gute Gedächtnisleistungen sind hierbei vorauszusetzen. Speziell bei unbekanntem Wörtern/Informationen ist eine erhöhte Aufmerksamkeit notwendig. Im Vergleich zu Normalsichtigen, die die Begriffe als Ganzes wahrnehmen, ist diese Vorgehensweise sehr zeitintensiv.

¹²⁵ vgl. Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden-Württemberg 1998, S. 98

Erfolgt die Bewegung der Lupe manuell mittels der Maus, kann sich diese Vorgehensweise zusätzlich negativ auf die Lesegeschwindigkeit auswirken.

Gegenüber der Nutzung von Großbildschirm in Verbindung mit einer optischen Sehhilfe erlaubt ein Vergrößerungssystem jedoch einen größeren Sehabstand, was sich positiv auf die Körperhaltung auswirken kann.

Gegenüber den windowsinternen Einstellungsmöglichkeiten haben Vergrößerungssysteme den Vorteil, dass sie in der Regel wesentlich variabler einzustellen sind. Dies bezieht sich z.B. auf die Farbvielfalt, der Möglichkeit nur eine einzelne Zeile sichtbar zu machen während die anderen abgedeckt werden¹²⁶, dem höheren Vergrößerungsfaktor, der Existenz einer Laufschrift zum automatischen Finden der Nachfolgezeile usw..

¹²⁶ Diese Möglichkeit verhindert das Verrutschen beim Lesen und erleichtert Personen, die z. B. aufgrund eines Augenzitterns (Nystagmus) nur schlecht fixieren können, die Datenerfassung.

3.2.2 Weitere Modifikationen der Standardeinstellungen

Änderungen des Farbschemata bzw. des Kontrastes¹²⁷ können Menschen mit Farbsinnstörungen, die in Abhängigkeit zum individuellen Sehvermögen häufig Farben nur als Grauschattierung wahrnehmen (vgl. Kapitel 1.1.1), das visuelle Erfassung von Bildschirminhalten erleichtern.

Unter den neueren Windows Betriebssystemen sind diesbetreffende Möglichkeiten zur Veränderungen der Standardanpassungen bereits integriert. Alternativ lassen sich diese Einstellungen auch mittels installierter Vergrößerungssoftwareprogramme erzielen.

Farben und Kontraste

Unter Windows 98 können Text- und Hintergrundfarbe individuell eingestellt werden. Alternativ können Voreinstellungen genutzt oder Farben komplett selbst ausgesucht werden.¹²⁸

Die vorgenommenen individuellen Modifikationen lassen sich speichern, was besonders sinnvoll und arbeitserleichternd ist, wenn verschiedene Schüler/innen zu unterschiedlichen Zeiten mit demselben Computer arbeiten.

Diese Veränderungen der Standardeinstellung sind besonders interessant für Menschen mit einer geringen Kontrastsensitivität, wie sie z.B. bei Farbsinnstörungen auftritt. Individuell muss erprobt werden, welche Farbeinstellung die visuelle Erfassung der Bildschirmdaten erleichtern kann.

Viele sehbehinderte Schüler/innen wählen dabei häufig tiefrote und tiefblaue bzw. lila Farben. Dies wird für Normalsichtige verständlich, wenn man bedenkt, dass sich diese beiden Farben in ihren Grauwerten erheblich unterscheiden.¹²⁹

Farbeinstellungen lassen sich auch mittels der Nutzung von Vergrößerungssoftware individuell einstellen. Gegenüber der Windowslösung bieten sie in der Regel den Vorteil

¹²⁷ Mittels der Einstellung von Farben in verschiedenen Helligkeitsstufen kann gleichzeitig der Kontrast zwischen zwei Farben variiert werden.

¹²⁸ Folgende Schritte sind unter Windows 98 auszuführen: Mit der rechten Maustaste den Desktop aktivieren, auf Eingabe klicken. Unter der Option Darstellung lassen sich Text- und Hintergrundfarbe jeweils getrennt für sämtliche Bildelemente (z.B. Fenster, Menü usw.) wunschgemäß einstellen. Zudem bietet Windows 98 Voreinstellungen für besonders kontrastreiche Farben an..

¹²⁹ vgl. Fritsch 2000, S. 94

eines wesentlich größeren Farbspektrums. Spezielle Eigenschaften gemäß der Farbmodifikation variieren bei den einzelnen Programmtypen.

Während die aufgeführten Modifikationsmöglichkeiten einem Großteil der sehbehinderten Schüler/innen die visuelle Wahrnehmung der Bildschirmdaten erleichtern können, gilt dies speziell für den Personenkreis hochgradig Sehbehinderter nicht in jedem Fall.

Für Personen, denen die Vergrößerungen nicht reichen, die andererseits aber auch nicht über blindenspezifische Arbeitstechniken verfügen, existieren keine behinderungsspezifischen Zugangslösungen.¹³⁰

Gestaltung des Arbeitsraumes und des -Tisches

Die visuelle Wahrnehmung von Bildschirmdaten kann durch äußere Faktoren beeinflusst werden. Eine entsprechend gestaltete Arbeitsumgebung kann diese erleichtern. Die diesbezüglichen Ausführungen basieren - sofern nicht speziell gekennzeichnet - auf Veröffentlichungen im SATIS-Ratgeber.¹³¹

Aufgrund der Degeneration der Zapfen sind farbenblinde Personen auf die Leistung ihrer Stäbchen angewiesen. Helles Licht sollte demzufolge u. a. aufgrund der daraus resultierenden verlangsamten Hell-Dunkel-Adaption vermieden werden (vgl. Kapitel 1.1.1). Neben der Nutzung von abgedunkelten Brillen kann ein abgedunkelter Arbeitsplatz dem Betroffenen die visuelle Wahrnehmung erleichtern.¹³² Dadurch kann auch die Spiegelung auf dem Computerbildschirm, die häufig von sehbehinderten Menschen als störend empfunden wird, minimiert bzw. verhindert werden, so dass eine Verbesserung der Bildausgabequalität erreicht werden kann.

Dem selben Zweck dienen Veränderungen der Bildschirmoberfläche (Filterfunktion mittels Sprays oder Ätzung) und eine optimale Bildschirmpositionierung.¹³³

Eine sinnvolle Anordnung häufig benutzter Materialien und Zubehör auf dem Schreibtisch macht zeitaufwendiges Suchen überflüssig.

Die optimale Beleuchtung sollte innerhalb einer Sehhilfenanpassung individuell ausgetestet werden.¹³⁴ Speziell der Arbeitsplatz von blendungsempfindlichen Schüler/innen darf nicht zu starkem Licht ausgesetzt sein.¹³⁵ Empfohlen werden verstellbare Bügellampen, die nicht

130 vgl. Heimann 1997; www.hh.schule.de/hblin/pczugang.htm

131 vgl. SATIS; <http://ub.uni-bielefeld.de/SATIS/>

132 vgl. Fritsch 2000, S. 93

133 vgl. Degenhardt 1996, S. 185

134 vgl. Degenhardt 1996, S. 177

135 vgl. Appelhans, Krebs 1995, S. 20

flackern. Gegenüber Halogenlampen sind herkömmliche Glühlampen zu bevorzugen, da diese weniger harte Schatten werfen.

Die Mobilität aller Betroffenen wird durch die Verwendung eines drehbaren Stuhles mit Rollen zusätzlich erleichtert. Für eine rückschonende Körperhaltung sollte dieser zusätzlich höhenverstellbar sein.

Arbeitserleichternd wirkt sich zudem die Verwendung einer Steckerleiste, die das An- bzw. Ausschalten sämtlicher Geräte mit einem einmaligen Schalterdruck ermöglicht, aus.

Gemäß des individuellen Bedarfs und Sehvermögens müssen weitere Details, z.B. die Anordnung und Beschriftung von CDs, Disketten, Aktenordnern usw. geplant und durchgeführt werden.

Voreinstellung des Startbildschirmes

Unter Windows sind die Startbildschirme individuell zu gestalten. Gegenüber dem Standardbildschirm ist diese Möglichkeit speziell für sehbehinderte Nutzer/innen mit großen Vorteilen verbunden. Individuelle Seh- und Arbeitssituationen können so optimal berücksichtigt werden. Dies gilt z.B. für die Gestaltung der Icon-Größen (vgl. 3.2.1.2), die Farbgestaltung des Bildschirms, die Cursorgestalt (vgl. Kapitel 3.2.2) usw.

Zusätzlich kann die Bildschirmstruktur individuell angepasst werden, indem aus Gründen einer verbesserten Übersicht einzelne Icons gruppenweise angeordnet werden. So können z.B. Icons, die häufig benutzt werden untereinander in vergrößerter Form angelegt werden. Icons, die nur sehr selten benötigt werden, können in einem zusätzlichen Ordner auf dem Desktop in den Hintergrund gestellt werden.

Jeder Computernutzer kennt das Problem, das auftritt, wenn er mit einem fremden PC arbeitet. Auf dem unbekanntem Bildschirm muss man sich erst wieder orientieren. Das Suchen der benötigten Icons usw. nimmt Zeit in Anspruch. Hat der sehende Nutzer noch den Vorteil, dass er den gesamten Bildschirm visuell relativ schnell erfassen kann, so treten hier für sehbehinderte und blinde Anwender infolge der Nutzung von Brückensoftware und Vergrößerungssystemen größere Unannehmlichkeiten oder sogar Probleme auf. Bei unübersichtlich gestalteten Bildschirmen kann es geraume Zeit in Anspruch nehmen, die benötigten Daten zu finden. Dies liegt daran, dass sich der Nutzer erst mühsam durch die einzelnen Symbole hindurcharbeiten muss (vgl. Kapitel 2.2.2).

Um dem Schüler/der Schülerin diese Prozedur zu ersparen, wurden technische Vorkehrungen vollzogen¹³⁶, die es sämtlichen Nutzern eines PCs erlauben, bei jeder Benutzung des Geräts mit seinem eigenen vertrautem Bildschirm zu starten. Diese Möglichkeit ist besonders zu empfehlen, wenn mehrere Schüler/innen zu verschiedenen Zeiten denselben Arbeitsplatz nutzen.

Sinnvoll- weil zeitsparend- lässt sich eine Modifikation nutzen, die es ermöglicht, dass bei jedem Programmstart automatisch ein bestimmtes Programm aufgerufen wird. Dies bietet sich z. B. an, wenn in einer Unterrichtsreihe immer mit demselben Programm, wie z. B. mit einem Textverarbeitungsprogramm, gearbeitet wird. Dazu muss man einfach das jeweilige Programm im Autostartordner einrichten.¹³⁷ Hier entfällt dann die häufig mühsame Suche innerhalb der Icons bzw. innerhalb des Dateimanagers.

3.3 Akustische Signale

Wichtige, bei der Arbeit mit dem Computer häufig genutzte Aktionen können auditiv über die Verbindung mit Tönen verstärkt werden.¹³⁸ Exemplarisch kann hier die Aktivierung der Menüleiste mit der Maus oder als definierte Tastenkombination genannt werden. Jedes Mal wenn der Cursor auf die Menüleiste gezogen wird, ertönt ein definiertes Signal. Prinzipiell können zur Untermauerung der Aktionen im Programm vorgegebene Tonvorschläge übernommen werden oder mittels der Eingabe über Mikrofon individuell erstellt werden.

Diese Unterlegung einzelner Windows-Aktionen mit Tönen kann meines Erachtens für den sehgeschädigten Nutzer nur der Groborientierung dienen. So erklingt z. B. jedes Mal, wenn der Cursor einen beliebigen Menüeintrag der Menüleiste berührt, derselbe Ton. So weiß der Nutzer, wenn er diesen Ton erkennt zwar das er sich in der Menüleiste befindet, nicht differenziert wird jedoch, welchen Menüeintrag er anvisiert hat. Hier ist der Einsatz einer Brückensoftware oder das Lesen desselben notwendig.

¹³⁶ Technisch konnte das Problem folgendermaßen gelöst werden: „Sämtliche Systemdateien, in denen die Konfiguration von Windows gespeichert ist, wurden vor jedem Start des Systems erneuert, indem die Standard-Systemdateien aus einem sicheren Bereich in den Windows Bereich des Arbeitsplatzes kopiert wurden. So war sichergestellt, dass bei jedem Neustart vom Schüler die vertraute Oberfläche vorgefunden wurde.“ (Degenhardt; Kalina; Rytlewski 1996, S. 62)

¹³⁷ Unter Windows 98 aktiviert man zunächst innerhalb der Programmleiste die rechte Maustaste, anschließend wird die Funktion „Eigenschaften“ angeklickt und im erscheinenden Fenster das Programm „Menü Start“ aktiviert. Nach der Aktivierung der Funktion „Hinzufügen“ kann das benötigte Programm ausgewählt werden.

¹³⁸ Unter Windows 98 erfolgt die Einstellung, indem die Funktion „Start“ aktiviert wird, mit dem Cursor auf die Funktion „Einstellungen“ zeigt, die nacheinander die Funktionen „Systemsteuerung“ und „Akustische Signale“ aktiviert die gewünschte Aktion auswählt und gegebenenfalls mit einer individuellen Tonfolge verbindet und speichert.



Häufig sind zudem derartige Windows-Signale in Verbindung mit einer Sprachausgabe nicht nutzbar.

4 Der Computer als Unterrichtsmedium

Die gesellschaftliche Stellung, die der Computer¹³⁹ mittlerweile erworben hat, betrifft in zunehmenden Maße auch den Unterricht. Die Schule kann sich dieser Entwicklung nicht verschließen. Eine pädagogisch verantwortbare Computerschulung ist so notwendig wie nie zuvor. Diese setzt die Entwicklung spezifischer didaktisch-methodischer Konzepte voraus.

Innerhalb des Kapitels werden übergeordnete Ziele einer Computerschulung beschrieben und im Hinblick auf die spezielle Ausgangssituation analysiert.

Die Notwendigkeit der Entwicklung einer Medienkompetenz wird dabei aufgezeigt und begründet. Eine Diskussion über eine geeignete unterrichtsorganisatorische Form der Computerschulung schließt sich an.

Kurz angerissen werden spezifische Einsatzmöglichkeiten des Computers im Mathematikunterricht. Eine ausführliche Analyse derselben in Bezug auf ihre Unterrichtsrelevanz erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln.

Nach einer kurzgefassten Darstellung der Konsequenzen, die sich infolge der veränderten Unterrichtssituation für die Lehrerrolle und Lehrerausbildung ergeben, schließt das Kapitel mit einer kritischen Analyse im Hinblick auf den Einsatz des Computer als Unterrichtsmedium.

4.1 ITG als Aufgabe (sonder-) pädagogischer Förderung

Ausgehend von der zunehmenden Bedeutung, die der Computer mittlerweile in unserer Gesellschaft, respektive im Berufsleben eingenommen hat (vgl. Kapitel 1.3), wurde die Forderung nach einer adäquaten schulischen Ausbildung im Umgang mit dem Medium immer dringlicher.

Als Reaktion auf die zunehmenden gesellschaftlichen Forderungen hat die Bund-Länder-Kommission diese zum Anlass genommen und 1984 ein Rahmenkonzept für die Informationstechnische Bildung (ITG) für allgemeine Schulen veröffentlicht. Drei Jahre später wurden Materialien zur Bildungsplanung herausgegeben. Nach Ansicht von Fachleuten

¹³⁹ Der Begriff „Computer“ ist als Synonym für die jeweils genutzte Hard- und Software zu verstehen. Hilfsmittel sind dabei eingeschlossen.

handelt es¹⁴⁰ sich bei diesem Konzept um den kleinsten gemeinsamen Nenner der Bundesländer bezüglich der informationstechnischen Schulung. Konkrete Umsetzungs- und Ausprägungsgestaltungen liegen in den Händen der einzelnen Bundesländer bzw. Schulen.

Die Aufarbeitung und Einordnung individueller Erfahrungen mit den Informationstechniken, die Vermittlung von notwendigen Grundstrukturen und Grundbegriffen, die erfolgreiche Handhabung der Geräte sowie die Vermittlung von Kenntnissen über Einsatz- und Kontrollmöglichkeiten sind primäre Ziele der informationstechnischen Bildung.¹⁴¹

Der Einsatz des Computers an Sonderschulen war lange Zeit umstritten. Dies zeigt sich u. a. in der Tatsache, dass die Gruppe der Sonderschüler im ITG-Konzept nicht erwähnt wird.

Mittlerweile wurden jedoch bundesweit zahlreiche Modellversuche zur genannten Thematik durchgeführt, da man erkannt hatte, dass gerade diese Schüler/innen besonders von dem Einsatz der neuen Technologien profitieren können.¹⁴²

Demgemäss kann der Computer in unterschiedlichen Situationen und unter verschiedenen Blickwinkeln im Unterricht genutzt und betrachtet werden. In Anlehnung an die Ausführungen innerhalb des ersten Kapitels ist er im integrativen Mathematikunterricht sowohl als Arbeitsmittel, als Lehr- und Lernmedium, und als Kommunikationsbrücke im integrativen Unterricht einzusetzen.

Während die Nutzung des Computers als Arbeitsmittel, als Lehr- und Lernmedium allgemeingültig ist, wird er von sehbehinderten und blinden Schülerinnen und Schülern zusätzlich als Hilfsmittel zur Kompensation behinderungsbedingter Einschränkungen eingesetzt. Somit ist eine enge Verzahnung zwischen den verschiedenen Funktionen zu registrieren.

4.1.1 Didaktisch-methodische Konzepte

Die multifunktionale Nutzung des Computers im (Mathematik-) Unterricht setzt die Entwicklung spezifischer didaktisch-methodischer Konzepte voraus.

Bei deren Entstehung ist zu beachten, dass dem Unterricht von Schüler/innen mit Sehschädigungen die allgemeinen Bildungspläne zugrunde liegen. Aufgrund des besonderen sonderpädagogischen Förderbedarfs dieser Schülergruppe,¹⁴³ müssen diese jedoch den

¹⁴⁰ vgl. z. B. Degenhard, Kalina, Rytlewski 1996, S. 21

¹⁴¹ vgl. Degenhard, Kalina, Rytlewski 1996, S. 21, 22

¹⁴² vgl. Degenhard, Kalina, Rytlewski 1996, S. 23-25

¹⁴³ vgl. Rath 1998, S. 51; Richtlinien Sehbehinderte, Sonderschule 1980, S. 7; Richtlinien für Blinde 1981, S. 7

spezifischen Voraussetzungen, die sich aufgrund des eingeschränkten Sehvermögens der Zielgruppe ergeben können (vgl. Kapitel 1.1.1 und 1.2.2), angepasst werden. Dies kann z.B. durch die Modifizierung, Differenzierung bzw. Ergänzung der Inhalte, Medien, Verfahren usw. geschehen. Impliziert ist damit die Verzahnung zwischen dem sonderpädagogischen Förderbedarf und den Bildungsplänen der allgemeinen Schulen.¹⁴⁴

Blinden- und Sehbehindertenverbände¹⁴⁵ aber auch die Richtlinien von Sonderschulen nennen immer wieder die berufliche und gesellschaftliche Integration behinderter Schüler/innen als primäres Ziel der schulischen und beruflichen Bildung.

Die Integration kann auf verschiedenen Ebenen vollzogen werden. So sind beispielsweise angemessene Interaktionsformen im Umgang mit Sehenden¹⁴⁶ im Unterricht zu fördern. Auf einer anderen Ebene ist der uneingeschränkte Umgang mit modernen Informations- und Kommunikationsmedien¹⁴⁷ als Kriterium einer gelungenen Integration zu werten.

Übereinstimmend nennen die Empfehlungen zum Förderschwerpunkt Sehen¹⁴⁸ die Hinführung zum erfolgreichen und sinnvollen Einsatz elektronischer Hilfsmittel, zu denen auch der Computer zu rechnen ist, als ein wichtiges Ziel der Sonderpädagogik, welches von zukunftsweisender Bedeutung für die betroffenen Schüler/innen ist.

Demgemäss ist es die Aufgabe der Schule, und zwar sowohl von Sonder- als auch von Regelschulen, blinde und sehbehinderte Schüler/innen durch eine adäquate Ausbildung im Hinblick auf den Umgang mit dem Computer zur Teilnahme am kulturellen, beruflichen, wirtschaftlichen und sozialem Leben¹⁴⁹ zu befähigen. Dies gilt insbesondere für den Doppelauftrag der Sonderschule, die neben der Wissensvermittlung auch den Anspruch hat, die behinderungsbedingten Benachteiligungen ihrer Schüler/innen so weit wie möglich abzubauen bzw. auszugleichen.¹⁵⁰

Im Vergleich zur traditionellen Blinden- und Sehbehindertenpädagogik kann jedoch das Thema „Computer im Unterricht bei blinden und sehbehinderten Kindern“ nur auf eine recht kurze Geschichte zurückblicken. Neu ist dabei eine enge Verzahnung zwischen einem Teilgebiet der Pädagogik und einer technischen Entwicklung.“¹⁵¹

¹⁴⁴ vgl. Rath 1998, S. 52

¹⁴⁵ vgl. z. B. Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden-Württemberg 1998

¹⁴⁶ vgl. Richtlinien für die Schule für Blinde NRW 1981, S. 8

¹⁴⁷ vgl. Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden-Württemberg 1998

¹⁴⁸ vgl. Walthes 1999, S. 168

¹⁴⁹ vgl. z. B. Richtlinien für Sehbehinderte 1980, S. 7; Richtlinien für Blinde 1981, S. 8

¹⁵⁰ vgl. Gottke 1997, S. 24

¹⁵¹ Degenhardt, Kalina, Rytlewski 1996, Vorwort

Trotz der geringen Vorerfahrung müssen methodisch-didaktische Unterrichtskonzepte die enge Verzahnung zwischen sonderpädagogischen Notwendigkeiten und computertechnischen Voraussetzungen aufgreifen und Unterrichtsziele formulieren, die es ermöglichen, die Chancen und Möglichkeiten des Mediums zur Kompensation behinderungsspezifischer Bedürfnisse so optimal wie möglich zu nutzen.

Bevor (fachspezifische) Einzelziele aufgestellt werden können, sollten übergeordnete Ziele der Computerschulung formuliert werden.

4.1.1.1 Entwicklung einer Medienkompetenz

Der Erwerb einer Medienkompetenz ist als übergeordnetes Ziel der sonderpädagogischen Computerschulung zu nennen.¹⁵² Diese sollte meines Erachtens drei verschiedene Aspekte berücksichtigen.

- I Vermittlung von Fähigkeiten zum praktischen Umgang mit dem Computer
- II Vermittlung von Grundkenntnissen über den Computer als technisches Gerät
- III Erwerb einer kritischen Analysefähigkeit gegenüber den gesellschaftlichen Auswirkungen der verbreiteten Computernutzung

Zu I Die Nutzung des Computers als Arbeitsmittel, Lehr- und Lernmedium und Hilfsmittel setzt praktische Fähigkeiten im Umgang mit dem Medium Computer voraus. Diese sollten fächerübergreifend vermittelt werden. Nur durch den wiederholenden Einsatz des PCs in verschiedenen Situationen können sie mit seinen weitreichenden Potentialen und Leistungsfähigkeiten vertraut gemacht werden und diese auch nutzen. Dieses Ziel ist demgemäss auch für den Mathematikunterricht relevant.

Hier sind z. B. Kenntnisse im Umgang mit Textverarbeitungssystemen, für Nutzung des Mediums zur Informationsbeschaffung oder dem Einsatz von fachspezifischen Computer- und Lernprogrammen zu nennen.

Neben den diesbezüglichen für alle Computernutzer/innen notwendigen Fähigkeiten im Umgang mit dem neuen Medium setzt die Nutzung und Bedienung von Hilfsmittel (Hardware und Software) beim sehbehinderten bzw. blinden Schüler spezifische zusätzliche Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten voraus. Auch hier kann der Mathematikunterricht zum Erreichen der gesetzten Ziele beitragen.

Exemplarisch werden nachfolgend einige diesbezügliche Teilziele aufgeführt.

¹⁵² vgl. Weigand 1999, S. 7,8

Eine erfolgreiche Nutzung adäquater Hilfsmittel setzt die Schulung assoziativer Fähigkeiten¹⁵³ genauso wie der Entwicklung sinnvoller Orientierungs- und Steuerungsstrategien voraus.

Unter dem Stichwort „Minimierung des Bedienungsaufwandes“ sollten charakteristische Fähigkeiten und Kenntnisse vermittelt werden, die den vermehrten Bedienungsaufwand, den sehgeschädigte Schüler/innen per se im Umgang mit dem Computer zu leisten haben, verringern können.

Die folgenden Beispiele geben einen Einblick in die Problematik:

Primäres Problem ist dabei die vergleichsweise beschränkte Datenpräsentation. Die meisten Hilfsmittel und Programme können nur einen Ausschnitt bzw. Teil der Informationen, die einem Normalsichtigen auf dem Bildschirm präsentiert werden, aufzeigen. Dies gilt über die Datenpräsentation via Braillezeile, die den Bildschirminhalt zeilenweise wiedergibt, aber auch für Vergrößerungssysteme, die in Abhängigkeit zum Vergrößerungsgrad nur Teilbereiche des Bildschirminhaltes darstellen. Die Erfassung des gesamten Bildschirminhaltes erfordert vom sehgeschädigten Benutzer die Anwendung ganz bestimmter Strategien und Vorgehensweisen. So ist z. B. das Erlernen bestimmter Kommandos für die Tastatur notwendig, die die Navigation auf dem Bildschirm ermöglichen.

Da von sehbehinderte und blinden Anwendern und Anwenderinnen die Maus nur bedingt bzw. überhaupt nicht zur Eingabe von Befehlen genutzt werden kann, müssen hier ebenfalls spezifische Steuerbefehle erlernt werden, die über die Computertastatur dem Nutzer / der Nutzerin den Umgang mit dem PC ermöglichen.

Die Nutzung der Braillezeile bzw. der Sprachausgabe ist immer mit dem Einsatz entsprechender Softwareprogramme verbunden. In der Regel sind dabei zumindest computertechnische Grundkenntnisse für einen erfolgreiche Umgang mit diesen erforderlich.

Da blindenspezifische Hilfsmittel aufgrund ihrer Struktur Bilder und Grafiken nicht wiedergeben können, besteht die hier Notwendigkeit spezifische Vorgehensweisen anzuwenden, damit die visuellen Symbole grafischer Programmoberflächen auch für blinde Anwender/innen nachvollziehbar werden. Ebenso wie bei den anderen Beispielen bildet auch hier die Beherrschung der Tastatur eine notwendige Voraussetzung für den erfolgreichen Umgang mit dem Computer.

Die Beispiele verdeutlichen, dass sehgeschädigte Computernutzer im Vergleich zu Normalsichtigen, die die meisten Informationen hauptsächlich auf der visuellen Ebene

¹⁵³ vgl. Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden Württemberg 1998

wahrnehmen, eine Reihe von zusätzlichen Qualifikationen und Fähigkeiten erwerben müssen und dass diese nur mit einem erhöhten Schulungsaufwand und langwierigen Lernprozessen erworben werden können.

Entsprechende Schulungsmethoden, die den Gebrauch der Hilfsmittel einüben, sowie notwendige Kenntnisse über Beschaffung, Einbau, Nutzung und Wartung vermitteln, sind zu entwickeln¹⁵⁴. Dabei muss in jedem Fall berücksichtigt werden, dass die technische Ausstattung dem Alter der Schüler/innen sowie ihrem Leistungsvermögen, das wiederum von der Behinderung abhängt, entspricht.

Die technische Ausstattung der Schule ist dabei Sache des Schulträgers. Im Sinne der Chancengleichheit muss dieser sicherstellen, dass eine ausreichende Anzahl von Geräten dort zur Verfügung stehen, wo sie gebraucht werden.

Zu II Hiermit sind sämtliche Bemühungen gemeint, die dem Nutzer/der Nutzerin Informationen über den Computer als technisches Gerät, insbesondere seinem Aufbau, seine Funktion, seines Wirkungsprinzip usw. vermitteln. Die Behandlung diesbezüglicher Unterrichtsinhalte ist für sehgeschädigte Nutzer/innen sinnvoll, wenn sie die spezifischen Hilfsmittel einbeziehen. Elementare Kenntnisse über diese können den Einsatz und erfolgreichen Umgang mit diesen sehr erleichtern. So ist es beispielsweise für sehbehinderte Anwender nützlich, die verschiedenen Möglichkeiten der computerinternen Textvergrößerung oder Möglichkeiten zur Kontrastveränderung zu kennen und diese auch einstellen zu können. Erst wenn der Anwender die Fertigkeiten des Computers kennt, kann er sie sinnvoll auswählen und nutzen.

Zu III Die Computerschulung darf sich nicht auf die beiden obigen Ebenen beschränken, vielmehr muss sie, als integraler Bestandteil der Allgemeinbildung, Schüler/innen zu einem kritischen Umgang mit diesem erziehen. Dies gilt um so mehr, da aufgrund weitgreifender und schneller Entwicklungen im computertechnischen Bereich unsere Gesellschaft sich immer mehr in Richtung einer „Informationsgesellschaft“ entwickelt. Dabei sind insbesondere die gesellschaftlichen Veränderungen, die mit dieser Entwicklung verbunden sind, kritisch zu analysieren und zu hinterfragen.

Ein sinnvoller aber auch kritischer Umgang mit der neuen Technik und die Ausbildung einer Urteilsfähigkeit gegenüber den Botschaften der neuen Medien¹⁵⁵ muss dabei m.E. übergeordnetes Ziel jeglicher schulischen Computerausbildung sein. In Anlehnung an

¹⁵⁴ vgl. Degenhardt, Kalina, Rytlewski 1996, S. 27

¹⁵⁵ vgl. Bildungskommission NRW 1995 in Weigand 1999, S. 8

Altermann-Köster¹⁵⁶ gilt ähnliches für die Vermittlung einer ganzheitlichen Sichtweise bezüglich der Informations- und Kommunikations-Technologie. Hierbei sollte vor allem die Vernetzung der Systeme aufgezeigt werden. Nur dadurch kann der Schüler/die Schülerin Einsicht in die zentralen gesellschaftlichen, sozialen und individuellen Folgen der Computerverbreitung erhalten.

4.1.1.2 Unterrichtsorganisatorische Form und Zeitpunkt der Computerschulung

Vielfach wurden in der Vergangenheit, wie Degenhardt¹⁵⁷ aufführt, Diskussionen über den optimalen Zeitpunkt des Beginns der ITG und eine geeignete unterrichtsorganisatorische Form der Computerschulung durchgeführt. Dabei stehen sich zwei konträre Positionen gegenüber. Diese soll nach Ansicht vieler ausschließlich im Rahmen des EDV-Unterrichts erfolgen. Demgegenüber stehen die Befürworter einer anderen Richtung, sie wünschen sich eine fächerübergreifenden Computerschulung. Stichhaltige Argumente werden dabei von beiden Gruppen aufgeführt.

Wie häufig ist wohl in der Mitte beider Extrema eine Lösung zu suchen. So könnten wie z.B. der Autor anregt, der EDV-Unterricht genutzt werden um den Schüler/innen grundlegende Kenntnisse und Fähigkeiten im Umgang mit dem Computer und seiner Hilfsmittel zu vermitteln. Anhand konkreter Arbeitsaufträge in den verschiedenen Fächern- und das gilt auch für den Mathematikunterricht- könnten dann die erlernten Fähigkeiten sinnvoll eingesetzt und fachspezifisch erweitert werden. Zusätzliche begleitende Kurse im EDV- oder Informatikunterricht könnten auftretende Probleme aufarbeiten, so dass Inhalte des Fachunterrichtes nicht aus Zeitmangel zu kurz behandelt werden würden.

In welchem Maße dieser Unterricht genutzt werden kann um innerhalb von Regelschulen blinden und sehbehinderten Schülern und Schülerinnen die notwendigen Kenntnisse im Umgang mit ihren speziellen Hilfsmitteln zu vermitteln, ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Hier bedarf es spezieller Absprachen zwischen den einzelnen Fachlehrern der Regelklasse mit dem beratenden Sonderpädagogen.¹⁵⁸ Fest steht, dass dem Betroffenen in jedem Falle spezifische Hilfestellungen gegeben werden müssen.

¹⁵⁶ vgl. Altermann-Köster u.a. 1990, S. 16

¹⁵⁷ vgl. Degenhardt, Kalina, Rytlewski 1996, S. 29

¹⁵⁸ Innerhalb meines Praktikums an einer Sehbehindertenschule hat es die betreuende Sonderpädagogin übernommen, den betroffenen Schülerinnen und Schülern spezifische Umgehensweisen mit Hilfsmitteln zu vermitteln.

Ebenso wie bei der Diskussion um den geeigneten Computereinsatz beim Erlernen der Brailleschrift (vgl. Kapitel 3.1.1.3) treffen auch bei diesbezüglichen Überlegungen für den Mathematikunterricht zwei konträre Positionen aufeinander. Schuster¹⁵⁹ fasst die Argumente beider Gruppen zusammen. Einerseits wird der Einsatz des Computers so früh wie möglich, mit der Begründung, dass bereits Vor- und Grundschüler ohne Scheu am Computer spielen bzw. als Textverarbeitungssystem nutzen, gefordert. Gegner dieser Position befürchten, dass damit bestimmte Rechenfertigkeiten verloren gingen und fordern erst eine bestimmte Fertigkeit beim Lösen von Aufgaben, bevor der Computer eingesetzt werden sollte.

Auch hier bietet sich m.E. eine sinnvolle Lösung als Mittelweg zwischen beiden Positionen an. Das Lernen am und mit dem Computer soll und darf herkömmliche Hilfsmittel und Unterrichtsmethoden nicht ersetzen.

Printmedien sollen nicht verdrängt werden, Rechenfertigkeiten und das Arbeiten mit Zirkel und Lineal soll nicht wegfallen, angestrebt ist eine sinnvolle, Anpassung an Inhalte und Verfahrensweisen¹⁶⁰

Somit kann und soll der Unterricht an ausgewählten Stellen durch den Einsatz des Computers sinnvoll bereichert und ergänzt werden.

4.1.2 Vorteile des Computers als Unterrichtsmedium

Die nachfolgend aufgeführten Ausführungen beschreiben Vorteile, die mit der Nutzung des Computers innerhalb der thematisierten Ausgangssituation (Mathematikunterricht innerhalb einer Regelschule mit sehbehinderten, blinden und normalsichtigen Jugendlichen) verbunden sind.

Das schließt jedoch nicht aus, dass die genannten Aspekte ausschließlich auf diesen Situation und den genannten Personenkreis beschränkt sind. Das Gegenteil ist der Fall, ein Großteil der genannten Gesichtspunkte ist auch für den Einsatz des Computers als Unterrichtsmedium in anderen Schulfächer und mit anderen Schüler/innen relevant und bedeutsam.

Individualisierung von Lernprozessen

Computer können wichtige sonderpädagogische Lehr- und Lernprinzipien hervorragend einlösen. So ist besonders in dieser Kategorie die Möglichkeit zur Differenzierung¹⁶¹ und

¹⁵⁹ vgl. Schuster 2000, S. 3

¹⁶⁰ vgl. Schuster 2000, S. 4

Individualisierung von Lernprozessen durch den Einsatz des Computers mit geeigneter Lernsoftware gegeben. Prinzipiell können nach Euler¹⁶² dabei die Faktoren Lernziele, Lerntempo, Lernwege, Lernniveau und Lernkontrolle individuell gestaltet werden.

Exemplarisch möchte ich anhand der Stoffdarbietung die Möglichkeit der Individualisierung erläutern. So gibt es innerhalb einer Klasse immer wieder Schüler/innen, die bei der Erfassung neuer Inhalte eine vergleichsweise kleinschnittigere Vorgehensweisen mit vielen Übungen- und Festigungsphasen benötigen. Der Einsatz entsprechender Lernsoftware, die genau auf diese Bedürfnisse zugeschnitten ist, könnte wesentlich zur Individualisierung und damit zu einer erfolgreichen Stoffvermittlung beitragen. Hier muss jedoch betont werden, dass die aufgezeigte Möglichkeit zur Individualisierung natürlich immer von dem Vorhandensein entsprechender Lernsoftware abhängig ist.

Die Chance zur individuellen Stoffpräsentation ist natürlich kein Monopol des computerunterstützten Unterricht. Praktiziert wurde und wird sie von je her auch im „traditionellen“ Unterricht. Der Einsatz entsprechender Lernprogramme verringert aber den Arbeitsaufwand der Lehrperson erheblich, dies gilt speziell für die Materialbeschaffung und –aufbereitung, falls auf entsprechende Software zurückgegriffen werden kann. Ebenso ermöglicht der Computereinsatz mittels entsprechender Lernprogramme die zeitlich parallele Stoffdarbietung auf vielfältige Art und Weise, so dass hier Bedürfnisse verschiedener Schüler/innen individueller berücksichtigt werden können.

Für einen Lernfortschritt ist es notwendig, dass der Betroffene eine Rückmeldung über seine Leistung erhält. Hier sind Computerprogramme gegenüber der herkömmlichen Unterrichtssituation von Vorteil, da die Lehrkraft ihre Zeit zwischen den einzelnen Schüler/innen aufteilen muss. Didaktisch gut aufbereitete Lernprogramme (vgl. Kapitel 7) gehen individuell auf die jeweiligen Schülerantworten ein und bieten zusätzliche individuelle Hilfen bei falschen Antworten an. Diese unbestechliche und sofortige Rückmeldung hat zudem eine nicht zu unterschätzende Bekräftigungsfunktion.

Zudem fertigen didaktisch aufbereitete Programme zusätzlich Protokolle an, die der Lehrkraft die Diagnose von Lernfortschritten und -problemen wesentlich erleichtern können.

Die unmittelbare Kontrollmöglichkeit zeigt dem Schüler seinen Lernfortschritt, er erhält Vertrauen in seine Leistungen und kann weitere Lernschritte selbst steuern. Die Eigenverantwortlichkeit für das Lernen wird dadurch deutlich gefördert.¹⁶³

¹⁶¹ innere Differenzierung = gemeinsame Unterrichtung einer bestimmten aber undifferenzierten Schülergruppe; äußere Differenzierung = räumliche Trennung und personal unabhängige Betreuung

¹⁶² vgl. Euler 1992

¹⁶³ vgl. Weigand 1999, S. 8

Unter der Prämisse des Einsatzes entsprechend aufbereiteter Lernsoftware kann der Einsatz des Computers des weiteren in vielen Fächern zur Unterstützung des individuellen Entdeckens von Zusammenhängen beitragen.¹⁶⁴

Besondere Bedeutung erhält die Differenzierung und Individualisierung in Situationen, in denen die herkömmliche Segregation aufgehoben und die betroffenen Schüler/innen an unterschiedlichen Lernorten sonderpädagogisch gefördert werden müssen, wie dies vor allen im integrativen Unterricht der Fall ist.¹⁶⁵

Erhöhte Anregung und Motivation

In den meisten Fällen geht von dem Computer eine hohe Motivation aus¹⁶⁶. Dieser Faktor lässt sich auf unterschiedliche Gründe zurückführen.

Abhängig von der Qualität der Programme vermeiden diese in der Regel Negativaussagen und sprechen den Anwender freundlich und hilfsbereit an. Angebotene Hilfen bewirken, dass in der Regel das Ziel erreicht wird. Der Schüler bekommt also nicht das Gefühl des Versagens vermittelt. Für einzelne Schüler/innen mag es angenehm sein, nicht von der Lehrkraft, sondern vom Computer als „neutraler Instanz“ bewertet zu werden. So spricht Euler¹⁶⁷ von der Anonymität, die zum Angstabbau führt, weil keine negativen und personengebundenen Sanktionen zu befürchten seien. Des weiteren steigert die Produktorientierung beim Lernen, die sich z. B. im Ausdrucken der Lernergebnisse zeigt, das Anregungsniveau und damit die Freude am Lernen.¹⁶⁸

Ein Hilfsmittel kann seiner Funktion nur gerecht werden, wenn es vom Betroffenen als solches akzeptiert und genutzt wird. Hier hat der Computer einen besonderen Vorteil im Vergleich zu traditionellen Hilfsmitteln, von ihm geht speziell für sehbehinderte Schüler/innen eine ganz besondere Motivation aus. „Mit dem Computer wird ihnen ein Gerät an die Hand gegeben, das unauffällig ist, das sie nicht in ihrer Behinderung auffallen lässt, sie nicht stigmatisiert. Der Umgang mit dem Computer wird zu einem Gewinn an Normalität und zu einer Integrationschance.“¹⁶⁹

¹⁶⁴ vgl. Schuster 2000, S. 3

¹⁶⁵ vgl. Duismann 1998, S. 28

¹⁶⁶ Dies wurde häufig von den befragten Pädagogen und Pädagoginnen hervorgehoben.

¹⁶⁷ vgl. Euler 1992

¹⁶⁸ vgl. Hameyer, Walter 1988a in Gottke 1997, S. 27

¹⁶⁹ Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden-Württemberg 2000, S. 96

Interaktion und aktive Aneignung

Der Nutzer tritt mit dem Computer in eine Art Dialog, d.h. das Programm analysiert, bewertet und reagiert auf die Eingaben des Anwenders. Dies geschieht z.B., indem es eine Fehler- oder Erfolgsmeldung zeigt, Wahlmöglichkeiten aufzeigt oder spezielle Hilfen zur Weiterarbeit aufführt. Mittels der konsequenten Interaktion zwischen Computer und Schüler/in erfolgt bei didaktisch sinnvoll konzipierten Programmen eine aktive Aneignung und Verarbeitung des Lerninhaltes. Euler¹⁷⁰ weist jedoch auf die „Grenzen einer solchen anonymen, erfahrungs- und sprachreduzierten „Kommunikation“ mit dem Computer“ hin. Nicht in jedem Fall stellt sich ein Lernerfolg ein. Wenn z.B. der Schüler gänzlich unmotiviert ist, kann nicht davon ausgegangen werden, dass er sich intensiv mit den Forderungen des Programms auseinandersetzt.

Des weiteren können auch didaktisch sehr sorgfältig entwickelte Programme nicht in jedem Fall auf alle möglichen Schwierigkeiten und Bedürfnisse sämtlicher Schüler/innen adäquat und angemessen reagieren. Hier ist dann doch wieder der Lehrer/die Lehrerin gefragt, der/die aufgrund pädagogischer Erfahrungen und Kenntnis der speziellen Situation des Kindes/des Jugendlichen im Einzelfall differenzierter reagieren kann.

Verbesserung der Anschaulichkeit bestimmter Lerninhalte

Nur sehr bedingt bzw. überhaupt nicht auf die Gruppe der sehgeschädigten Schüler/innen übertragbar, und deshalb auch nur kurz angerissen, ist die Möglichkeit des Computers mittels entsprechender Programme durch Bewegungsgrafiken, einem dynamischen Bildaufbau oder durch Hervorhebung bestimmter Zusammenhänge mittels der Zoomtechnik¹⁷¹ den Schülerinnen und Schülern bestimmte Sachverhalte bildhaft und damit einprägsam zu vermitteln.

Kommunikationsmittel

Die Nutzung spezifischer Hilfsmittel (z.B. Braillezeile, Mathematikcomputerschrift, Vergrößerungssysteme usw.) ermöglichen es, dass blinden, sehbehinderten und normalsichtigen Schülerinnen und Schülern inhaltsgleiche Textvorlagen zugänglich gemacht werden können. Wie oben bereits erwähnt, wird damit eine notwendige Voraussetzung zur fachlichen Auseinandersetzung mit der Thematik geschaffen. Neben der inhaltlichen

¹⁷⁰ vgl. Euler 1992 in Gottke 1997, S. 26

¹⁷¹ vgl. Euler 1992

Diskussion zwischen den Schüler/innen einer Integrationsklasse, die der Einsatz des Computers ermöglicht, kann die Diskussion zwischen den Schülerinnen und Schülern auch wesentlich zum sozialen Lernen beitragen.

Selbstverständlich ist, dass diese Vorteile nicht nur dem Medium Computer zuzuschreiben sind bzw. unmittelbar und zwingend aus seinem Einsatz resultieren. Faktoren, die für einen sinnvollen Einsatz des Computers mitverantwortlich sind, werden unten aufgeführt.

Verbesserung der Ergonomie

Ein Computer, der an dem Arbeitsplatz einer Schülerin/eines Schülers angeschlossen ist, steht jederzeit zur Verfügung.

Durch die Unterstützung von geeignetem Mobiliar, wie höhenverstellbaren Stühlen, zusätzlichen Schwenkarmen für den Monitor oder der erhöhten Platzierung desselben auf einem stabilen Untergrund kann eine ergonomisch günstige Arbeitsposition erreicht werden. Diese Möglichkeit kommt speziell sehbehinderten Schüler/innen entgegen, weil der Sehabstand individuell veränderbar ist, ohne dass sich dies auf die Körperhaltung negativ auswirken müsste. Alternativ lässt sich auch der Monitor mittels eines Schwenkarmes näher zum Betrachter positionieren, so dass eine körperschonendere Arbeitshaltung eingenommen werden kann.

4.2 Fachspezifische Einsatzmöglichkeiten im Mathematikunterricht

Im Unterricht mit blinden und sehbehinderten Jugendlichen wird dieser wohl, wie auch die von mir durchgeführten Befragungen bestätigen, hauptsächlich als Hilfsmittel eingesetzt.

Blinden Schülerinnen und Schülern kann die Nutzung des Computers die Erstellung bzw. Bearbeitung mathematischer Texte wesentlich erleichtern. Im Gegensatz zur Bogenmaschine bietet der Computer eine Reihe von Vorteilen. Unter Zuhilfenahme von Textverarbeitungsprogrammen lassen sich alle diesbezüglichen Vorteile, angefangen vom Vervielfältigen bis zur Möglichkeit der nachträglichen Korrektur, auch für die Erstellung mathematischer Texte nutzen. Hier wirkt sich der Umstand aus, dass die Eingabe von mathematischen Termen bei den drei standardisierten Mathematikcomputerschriften für Blinde allein über die Tastatur erfolgt.

Für Sehbehinderte und normalsichtige Personen, die die Mathematikschriften nicht beherrschen, gestaltet sich die Erstellung mathematischer Texte als wesentlich problematischer. Wer selbst schon einmal mit einem adäquaten Formeleditor gearbeitet hat, kennt die mühsame Prozedur. Störungen einzelner Sehfunktionen, wie z.B. ein eingeschränktes Gesichtsfeld und damit verbunden eines eingeschränkten Bildschirmüberblicks, erschweren den Prozess zusätzlich.

Hier ist es fraglich, ob die Erstellung bzw. Bearbeitung mathematischer Texte nicht einfacher handschriftlich durchgeführt werden sollte.

Meines Erachtens darf die Lehrkraft hier keine Vorgaben machen. Schüler/innen der potentiellen Zielgruppe sind alt genug, um selbstständig und in Abhängigkeit zum individuellen Sehvermögen eine diesbezügliche Entscheidung zu fällen. Diejenigen Schüler/innen einer Sehbehindertenschule, an der ich mein Blockpraktikum absolviert habe, zogen es ausnahmslos vor, die Lösungen mathematischer Aufgaben handschriftlich zu fixieren.¹⁷²

Eine weitere Gelegenheit den Computer als Arbeitsmittel zu nutzen bietet sich bei der Erstellung von Unterrichtsmaterialien an.

Sämtliche der befragten Lehrer/innen gaben an, diesen bei der Erstellung von Arbeitsblättern zu verwenden.

Respektiv für den Integrationsunterricht ergibt sich hier die Möglichkeit eines zeiteffektiven Einsatzes. Da adaptierte Materialien, d.h. Texte im Groß- oder Punktdruck nicht zu jedem Unterrichtsthema vorliegen (vgl. Kapitel 6), dies gilt für Informationstexte ebenso wie für Arbeitsblätter, und Förderzentren in der Regel mit der Erstellung derselben überlastet sind, hat sich der Computer an dieser Stelle fast als unentbehrliches Arbeitsmittel erwiesen. Chancen und Grenzen der computerunterstützten Erstellung von mathematischen Arbeitsblättern für blinde, sehbehinderte und normalsichtige Schüler/innen werden ausführlich in dem angegebenen Kapitel aufgezeigt.

Als Lehr- und Lernmedium lässt sich der Computer mittels des Einsatzes von mathematischer Lernsoftware nutzen. Voraussetzungen, Möglichkeiten und Grenzen die mit der Nutzung von mathematischer Lernsoftware innerhalb der genannten Zielgruppe und Ausgangssituation verbunden sind, werden ausführlich in Kapitel 7 aufgeführt und analysiert.

¹⁷² Nach Angaben eines befragten Sonderpädagogen wird in Regelschulen ebenso versucht ohne Computer auszukommen. Als Begründung nannte er die Notwendigkeit der Förderung motorischer Fähigkeiten in Bezug auf das Schreiben, aber auch die Arbeitserleichterung für die Lehrkraft. Es sei weniger Aufwand, eine Kopie zu vergrößern, als diese digital zu erfassen und sie der betroffenen Schülerin/dem betroffenen Schüler dann zugänglich zu machen.

Denkbar für den Mathematikunterricht ist natürlich auch die Nutzung des Internets. Mit diesem wird der Computer sowohl als Arbeitsmittel, als Lehrmedium, aber auch als Hilfsmittel¹⁷³ genutzt werden. Analog werden hier ebenfalls Voraussetzungen, Möglichkeiten und Grenzen des Mediums innerhalb Kapitel 8 durchleuchtet und kritisch hinterfragt.

Allgemein können mittels der Nutzung des Computers innerhalb verschiedener Kategorien viele fachspezifische Lerninhalte erworben werden. Diese sind natürlich abhängig von der verwendeten Lernsoftware bzw. den benutzten Programmen oder Web-Seiten. Innerhalb der nachfolgenden Kapitel werden diesbezügliche Möglichkeiten jeweils analysiert.

4.3 Faktoren, die Einsatz des Computers im integrativen Mathematikunterricht beeinflussen

Bei den obigen Ausführungen handelt es sich um die Schilderung einer Idealsituation. Ob und in welchem Maße sie für den Einsatz innerhalb der spezifischen Ausgangssituation tatsächlich geeignet sind, hängt von verschiedenen Faktoren ab.

4.3.1 Integration des Computers in didaktisch-methodische Konzepte

Die Gestaltung der didaktisch-methodischen Konzepte für die einzelnen Unterrichtsstunden und -reihen bleibt der jeweiligen Lehrkraft überlassen, wobei sie natürlich die schuleigene Lehrpläne nicht außer Acht lassen darf. Dies gilt sowohl für Sonderschul- als auch für Regelschullehrer.

Bei der Planung einer Unterrichtsstunde/-reihe sollte sich der Pädagoge jeweils fragen, welche spezifischen Ziele er erreichen möchte. Erst dann kann er entscheiden, ob der Einsatz des Computers gerechtfertigt ist, ob gegebenenfalls entsprechende Lernsoftware zur Verfügung steht, mit der die gestreckten Ziele erreicht werden können oder ob es alternative Darbietungsformen bzw. Hilfsmittel gibt.

¹⁷³ Hier sei auf die in Kapitel ### aufgezeigte Möglichkeit zur computerinternen Modifikation von Standardeinstellungen verwiesen, die vielen Sehbehinderten die visuelle Datenerfassung erleichtern kann.

Entsprechendes pädagogisches Handeln, insbesondere der Gestaltung einer entsprechenden Lernumgebung, die die Zusammenarbeit zwischen den Schülerinnen und Schülern erlaubt und die permanente Anregung zum gemeinsamen Miteinander, sind notwendige Vorbedingungen. Sozialformen, die dieses stützen, insbesondere Partner- und Gruppenarbeit müssen deshalb im Unterricht immer wieder praktiziert und gefördert werden.

Für die Lehrkraft bedeutet dies, sich selbst zurückzunehmen und den Schülerinnen und Schülern Raum für eigene Aktivitäten und Entdeckungen einzuräumen. Bei auftretenden Problemen muss sie natürlich beratend zur Verfügung stehen.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass der Vorteil der Computernutzung wesentlich davon abhängt, inwieweit es der jeweiligen Lehrkraft gelingt, diesen sinnvoll in methodisch-didaktische Unterrichtskonzepte zu integrieren.

4.3.2 Digitalisierung von Daten

Soll der Computer im Integrationsunterricht eingesetzt werden, so müssen Daten in einer blinden- und sehbehinderten Weise digitalisiert werden. Kennzeichen und Merkmale derselben wurden im Kapitel 3 ausführlich charakterisiert.

Hier stellt sich jeweils die Frage, ob bzw. in welchem Maße es dem Programmgestalter, dem Autor einer Internetseite gelingt, dem Verfasser von Arbeitsblättern usw. gelingt mathematische Inhalte in einer blinden- bzw. sehbehindertengerechten Form zu präsentieren.

Inwieweit bei den unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten eine adäquate Datenpräsentation tatsächlich realisiert wird, bzw. welche Barrieren sich dieser in den Weg stellen, wird in den nachfolgenden Kapiteln für die Erstellung von Arbeitsblättern (vgl. Kapitel 6), die Nutzung von Lernprogrammen (vgl. Kapitel 7) und des Internets (vgl. Kapitel 8) jeweils ausführlich untersucht und durchleuchtet.

4.3.3 Computerausstattung der Schulen

Der Einsatz des Computers im (Mathematik) –Unterricht setzt die Einrichtung von Computerarbeitsplätzen voraus. Die Ausstattung deutscher Schulen, dies gilt sowohl für Regelschulen als auch für Sonderschulen, weist teilweise eklatante Defizite auf.

„Realschulen sind mit etwa 9-12 Computern ausgestattet.“¹⁷⁴ . Ich selbst kenne mehrere Schulen in NRW, in denen 12-15 Computerarbeitsplätze für 300 – 400 Schüler/innen zur Verfügung stehen.

Die Ausstattung mit Computern an Sonderschulen ist ebenfalls noch lange nicht als ideal einzustufen. Gegenüber den Untersuchungen Degenhardts¹⁷⁵, der 1994 die Computerausstattung von Sehbehinderten- und Blindenschulenangaben untersuchte, hat sich die Situation im Jahr zwar 2000 leicht verbessert, wie Untersuchungen von Strugholz¹⁷⁶ belegen. Nach wie vor reicht die Anzahl der Geräte aber nicht aus, um sämtliche Vorteile, die mit dem Computer erreicht werden könnten, auszunutzen.

„Besser ist es um die Ausstattung integriert beschulter blinder und hochgradig sehbehinderter Kinder bestellt. Obwohl hierzu (noch) keine empirisch abgesicherten Daten erhoben wurden, verfestigt sich der Eindruck: Kaum ein blindes oder hochgradig sehbehindertes Kind kann z.B. im Gymnasialbereich integriert beschult werden, ohne ihm ein eigenes System (Laptop/Notebook mit entsprechender Peripherie) an die Hand zu geben.“¹⁷⁷

Die begrenzte Anzahl zu nutzender Arbeitsplätze hat zur Folge, dass die Computer häufig allgemein zugänglich im EDV-Raum aufgestellt sind. Wenn jedes Mal erst ein Raumwechsel und Absprachen innerhalb des Kollegiums notwendig sind, bevor die Geräte im Fachunterricht eingesetzt werden können, ist damit zu rechnen, dass diese weitaus weniger genutzt werden, als dies der Fall wäre, wenn im Klassenraum ausreichend Computer zur Verfügung stehen würden.

Zu beachten ist ferner, dass eine ergonomisch günstige Arbeitshaltung für sehbehinderte Schüler/innen mit der individuellen Einstellung der Tisch- und Stuhlhöhe bzw. der individuellen Einstellung der Datendarstellung auf dem Computerbildschirm verbunden ist. Nutzen im EDV-Raum Schüler/innen verschiedener Klassen denselben Arbeitsplatz, so sind vielfach Neueinstellungen notwendig, die wiederum Zeit kosten.

¹⁷⁴ Sohnekind 2000, S. 15

¹⁷⁵ vgl. Degenhardt, Kalina, Rytlewski 1996, S. 30

¹⁷⁶ Im Rahmen einer Examensarbeit hat Yvonne Strugholz (vgl. Strugholz 2000) die Ausstattungsgrundlage von 18 verschiedener Blinden-, Sehbehinderten- und Mehrfachbehindertenschulen untersucht. Sie nennt für das Jahr 2000 308 Computer in 14 Schulen und durchschnittlich 6 Schülern pro Computerplatz. Den prozentual höchsten Anteil haben dabei die Schulen der Sekundarstufe I. Anzunehmen ist, dass Schüler/innen der Sekundarstufe II wohl überwiegend eigene Laptops besitzen. Nach ihren Aussagen befinden sich die meisten Computer in den Klassenräumen.

¹⁷⁷ Degenhardt, Kalina, Rytlewski 1996, S. 29

4.4 Anforderungen an die Lehrerausbildung und veränderte Lehrerrolle

Mit der Realisierung der in der ITG angestrebten Ziele sind spezifische Anforderungen an die Lehrerausbildung sowohl für Regel- als auch für Sonderschullehrer verbunden. Neben den nach wie vor notwendigen Qualifikationen, die die Wahl der behindertengerechten Methodik und Materialaufbereitung voraussetzt, ist die Beherrschung der behindertenspezifischen Hilfsmittel und ein hohes Maß an informationstechnischem Wissen bezüglich Hard- und Software notwendig. Zum heutigen Zeitpunkt fehlt es an den meisten Schulen an derartig ausgebildeten und qualifizierten Lehrkräften.

Gottke¹⁷⁸ nennt drei Gruppen der Sonderpädagogen. Die Befürworter des neuen Medium beschäftigen sich ernsthaft mit diesem, um es zum Nutzen der Schüler/innen einzusetzen, die Gruppe der neutralen Beobachter reagieren noch gar nicht und nimmt eine abwartende Haltung ein. Die dritte Gruppe lehnt den Einsatz des Computers ab und sieht in seinem Einsatz keinen Nutzen für sonderpädagogische Belange.

Mehr noch, häufig verhindert eine „Technikangst“ bei einzelnen Lehrern und Lehrerinnen sogar die Auseinandersetzung mit diesem Medium und damit den Einsatz im Unterricht. Hiermit unterscheiden sie sich von ihren Schülern.

Die Auseinandersetzung mit der neuen Technik ist jedoch notwendig. Da zahlreiche, auch jüngere Schüler/innen die Vorteile des Computers kennen und ihn auch zu verschiedenen Zwecken bereits nutzen, sind Lehrkräfte, die dieses ignorieren und ihren Unterricht auf herkömmliche Art und Weise durchführen, immer der Gefahr ausgesetzt, an Akzeptanz zu verlieren.¹⁷⁹

Hier könnte eine angebrachte Fortbildung Abhilfe schaffen. Trotz kompetenter Beratungen in den Förder- und Beratungszentrum des Landes, auf die betroffene Integrationslehrer/innen immer zurückgreifen können, sind Pädagogen, die über ein gewisses Basiswissen in bezug auf die Computertechnik verfügen, immer im Vorteil. Sei es auch nur wenn sie z.B. zuständigen Liefer- oder Servicefirmen ein auftretendes Problem schildern müssen.

¹⁷⁸ vgl. Gottke 1997, S. 23

¹⁷⁹ vgl. Lehmann 2000, S. 14

Als sehr praxistauglich und realitätsnah halte ich die Forderung von Kalina¹⁸⁰, der noch einen Schritt weitergeht. Er möchte die Einrichtung und Betreuung der Computerarbeitsplätze in die Hände von Fachkräften legen. Nur so könnten die Lehrer/innen entlastet und sich damit wieder auf ihre eigentliche Arbeit, das Unterrichten konzentrieren.

Eine Alternative sind sogenannte EDV-Koordinatoren, wie sie z.B. an der Carl-Strehl-Schule in Marburg tätig sind. Aufgrund ihres technischen und sonderpädagogischen Wissens können sie innerschulisch Kollegen beraten, Fortbildungen durchführen und bei Problemfällen hilfreich zur Seite stehen.¹⁸¹

Der computergestützte Unterricht unterscheidet sich teilweise erheblich vom herkömmlichen Unterricht. Dies gilt besonders für die Lehrerrolle und damit einhergehend für die Unterrichtsvorbereitung und –gestaltung.

Liegt bei dem traditionellen Lehrervortrag, der Lehrerdemonstration und dem Lehrerimpuls die Aktivität hauptsächlich auf Seiten des Lehrers, während dem Schüler / der Schülerin eher in eine rezeptive oder allenfalls reaktive Rolle zugewiesen wird, ändert sich das Bild beim Lernen mit und am Computer erheblich.

Weigand¹⁸² beschreibt Veränderungen: Durch die individuelle Auseinandersetzung mit den benutzten Lernprogrammen wird die Aktivität der Schüler/innen erheblich gesteigert, während der Lehrer als individueller Berater und Helfer für unterschiedlich schnell lernende Schüler(-gruppen) eher in den Hintergrund tritt. Aufgrund sorgfältiger Beobachtung muss er erkennen, wann ein Schüler Hilfe bzw. Zuwendung benötigt. Als Koordinator für Gespräche innerhalb der gesamten Klasse steht er aber auch weiterhin zur Verfügung. Durch den Wechsel zwischen individuellem Unterricht, dem Unterricht in Kleingruppen und dem Unterricht mit der ganzen Klasse wird eine neue Herausforderung an die Lehrkraft gestellt.

Auch die Auseinandersetzung mit dem Computer „an sich“ ist gewiss eine erhebliche Herausforderung. Insbesondere dann, wenn Wartung und Installation mit übernommen werden muss. Zudem sollte er auf dem Markt existierende Lernprogramme kennen, um die für seine Schülergruppe geeignetsten aussuchen zu können.

Nach wie vor trägt er natürlich die Verantwortung für den Unterricht. Da in der Regel die didaktischen und methodischen Konzepte der meisten Lernprogramme nicht beeinflusst

¹⁸⁰ vgl. Kalina 1998, S. 511

¹⁸¹ vgl. Kalina 1994b, S. 305-310

¹⁸² vgl. Weigand 1999, S.9

werden können, muss er durch eine sinnvolle Integration dieselben in ein methodisch-didaktisches Unterrichtskonzept einbeziehen.

4.5 Kritische Betrachtung - Computereinsatz im Unterricht

Die positive Betrachtungsweise bezüglich des Computereinsatzes im Unterricht wird bei weitem nicht von allen Betroffenen und Fachleuten geteilt. Gerade der Einsatz des PCs im Sonderschulunterricht findet nicht nur Zustimmung. Dabei kam es in der Vergangenheit häufig zu Diskussionen zwischen Befürwortern und Gegnern.

Als Argument gegen die Nutzung des Computers wurde dabei immer wieder die Befürchtung einer unkritischen Umgangsweise und Isolation der betroffenen Schüler/innen laut. Dieses Argument hat sich meines Erachtens in der Realität nicht bestätigt. Demgegenüber ist ein Argument von Nürnberger¹⁸³ zu nennen, der aufführt, dass sich derjenige am leichtesten von der Technik emanzipieren kann, der sie versteht.

Nicht unberechtigt ist das Argument vieler Skeptiker, dass der Einsatz des Computer von der entsprechenden Fachkraft ein hohes Maß an Fachwissen voraussetzt. Dies gilt einerseits bezüglich der technischen Kompetenz, die bei Fragen der Ausstattung, der Installation, der Bedienung aber auch beim Nichtfunktionieren des PCs zum Tragen kommt. Dies gilt aber auch bei der Bewertung und Beschaffung geeigneter aktueller Lernsoftware (vgl. Kapitel 7), die als Grundlage für den erfolgreichen Computereinsatz zu nennen ist. Wie oben aufgeführt sind hier im Rahmen der Lehreraus- und Weiterbildung noch manche Defizite auszugleichen.

Gegen den allzu häufigen Computereinsatz sprechen vor allem die Argumente von Drolshagen¹⁸⁴, die als unmittelbar Betroffene von der vergleichsweise hohen Anstrengung blinder Nutzer/innen beim Lesen digitalisierter Texten gegenüber gedruckter Texte berichtet. Sie begründet ihre Aussage mit der hohen Ermüdbarkeit, die sich aus dem zeilenweisen Abtasten eines Textes mit der Braillezeile ergibt. Ein ähnlicher, vergleichsweise hoher Konzentrationsgrad erfordert das Zuhören synthetisch aufgebauter Sprache, gegenüber dem Vorlesen einer Person, die deutlich artikulieren kann.

Im Vergleich zur Texterfassung innerhalb eines Braillebuches, wo sich nach Aussagen Harres¹⁸⁵ der Leser durch ein oberflächliches Ertasten des Textes schnell einen Überblick

¹⁸³ vgl. Nürnberger 1999, S. 2

¹⁸⁴ vgl. Drolshagen, S. 224

¹⁸⁵ vgl. Harres 1998, S. 101

über Anfang und Ende einzelner Abschnitte, Zwischenüberschriften, Leerzeilen, Hervorhebungen usw. beschaffen kann, ist diese Möglichkeit beim Lesen elektronisch erfasster Texte nicht gegeben, weil die Braillezeile den Text zeilenweise registriert und darstellt. Die Arbeit am Computer darf demzufolge das Üben auf Buchseiten nicht ersetzen, damit die Möglichkeit der ganzheitlichen Wahrnehmungsschulung bestehen bleibt.

Die Förderung der Individualisierung mittels adäquater Lernsoftware (vgl. oben) wird nicht von allen Fachleuten immer als positiv angesehen. So räumt Duismann¹⁸⁶ zwar ein, dass die Individualisierung und Differenzierung des Lernens aus lernpsychologischer Sicht mit besseren Lernleistungen verbunden ist, der Extremfall aber für jeden Schüler ein individuelles Lernprogramm erstellt werden müsse, dies aber in der Realität auch zu einem isolierten Lernen auf Kosten des sozialen Lernens führen würde.¹⁸⁷

Speziell von sehgeschädigten Menschen ist der Computer, der hauptsächlich an den Bedürfnissen Sehender orientiert ist und demgemäß schwerpunktmäßig auf die visuelle Erfassung von Bildschirminhalten ausgerichtet, in vielen Fällen nur durch zusätzliche Hilfsmittel bzw. Benutzungsstrategien (vgl. Kapitel 2 und 4.1.1.1) nutzbar. Dieses Problem erfordert von sehgeschädigten Nutzerinnen und Nutzern das Erlernen neuer Strategien und Verhaltensweisen, was insgesamt gegenüber Sehenden den notwendigen Bedienungsaufwand und die notwendige Leistungsbereitschaft erhöht. Technische Entwicklungen im Hinblick auf die Möglichkeiten zur Erfassung von Informationen mittels anderer Wahrnehmungskanäle (auditiv, taktil) wären für die Zukunft wünschenswert.

Immer wieder¹⁸⁸ wird die Befürchtung hervorgebracht, dass der Computer andere Medien verdränge, ohne dass hier sichergestellt sei, dass sich sein Einsatz gegenüber den traditionellen Hilfsmitteln als vorteilhafter für die Erfassung neuer Lerninhalte auswirken würde.

Hier kann nur immer wieder das Gegenargument hervorgehoben werden, dass der Computer keineswegs die traditioneller Lehrmethoden und Medien verdrängen soll. Im Rahmen eines wohl überlegten didaktisch-methodischen Unterrichtskonzeptes soll er an adäquaten Stellen, wo sich sein Einsatz als vorteilhaft erwiesen hat, den Unterricht bereichern und ergänzen. Damit nimmt er seinen Platz als gleichwertiges Medium in der Schulwirklichkeit ein.

Nach wie vor ist ein erfolgreicher Computereinsatz abhängig von der Wahl der benötigten technischen Geräte, aber auch inwiefern es die Lehrkraft versteht, diesen innerhalb eines

¹⁸⁶ vgl. Duismann 1998, S. 29

¹⁸⁷ e.b.d.

¹⁸⁸ vgl. z. B. Weigand 1999, S. 6

begründeten methodisch-didaktischen Konzeptes, sinnvoll in den Unterricht zu integrieren. Auch eine optimale Ausstattung mit Hilfsmitteln und das Vermitteln adäquater Techniken darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass jeder beteiligte Pädagoge sich immer auch mit den Grundlagen der differierten Wahrnehmung blinder bzw. sehbehinderter Schüler/innen¹⁸⁹ auseinandersetzen sollte.

¹⁸⁹ vgl. Walthes 1999, S. 165

5 Mathematikschriften für Blinde

Das Basissystem für unsere schriftliche Kommunikation bildet die lateinische Schrift. Eine effiziente und unmissverständliche Kommunikation in einzelnen Fachdisziplinen setzt jedoch häufig die Entwicklung eines spezifischen erweiternden Zeichensatzes voraus. Dies gilt insbesondere für das Fach Mathematik. Hier existieren eine Reihe spezieller Sonderzeichen, deren Bedeutung international definiert ist und für die Verständigung in dieser Fachdisziplin notwendig und sinnvoll sind. Viele von ihnen werden bereits in der Schulmathematik verwendet.

Diesen universell gültigen Zeichensatz, der auf herkömmlichen Schreibmaschinentastaturen nicht zu finden ist, der aber die Schwarzschrift ergänzt, möchte ich unter dem Begriff „Mathematikschwarzschrift“ zusammenfassen.

Zum einen werden Nicht-ASCII-Zeichen benutzt. (Beispiele: $\sqrt{\quad}$, \sum , \Leftrightarrow , \int , \notin) zum anderen werden die Zeichen flächig angeordnet. (Beispiele $\frac{a}{b}$, c^2 usw.).

Ihre Übertragung in eine blindengerechte Darstellungsform setzt die Entwicklung einer speziellen Brailnotation (Mathematikschrift für Blinde) voraus.

5.1 Geschichtliche Entwicklung der Mathematikschrift

Mittelsten Scheid¹⁹⁰ beschreibt die Anfänge der Entwicklung der Mathematikschrift. Bereits zu Beginn des 20. Jh. erkannte man, dass die herkömmliche Blindenschrift nur in sehr begrenztem Maße in der Mathematik eingesetzt werden konnte. Der Großteil der mathematischen Zeichen ist in dieser Notation nicht codiert. So wurde in den Jahren 1929 bis 1937 vom internationalen Blinden-Vorkongress zu Wien eine Internationale Mathematikschrift-Kommission mit dem Ziel der Entwicklung einer internationalen Mathematikschrift eingesetzt.¹⁹¹ Mehrfach wurde diese Vorlage überarbeitet und ergänzt. Im deutschsprachigen Raum setzte sich eine überarbeitete Brailleedition durch, die 1955 unter der Leitung von Dr. Helmut Epheser in Marburg erarbeitet wurde. In Anlehnung an den Entwicklungsort ist sie auch unter dem Namen „Marburger Mathematikschrift“ bzw.

¹⁹⁰ vgl. Mittelsten Scheid 1955 in Hertlein 1992 (Hrsg.), S. 1

¹⁹¹ Diese diente ebenso als Grundlage für den „International Braille Code of Mathematics and Chemistry“, der vom „National Institute for the Blind“ im Jahre 1941 als Brailledruck herausgegeben wurde.

„Internationale Mathematikschrift für Blinde“ bekannt geworden. Sie liegt sowohl als Punktdruck als auch als Schwarzschriftausgabe vor.

Die Marburger Mathematikschrift für Blinde wurde und wird in mathematischen Lehrbüchern und im schulischen Mathematikunterricht eingesetzt und bewährte sich über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten.¹⁹²

Veränderungen in der Mathematik, z.B. die Einführung der Mengenlehre in den Grundschulen und innermathematische Veränderungen der Schreib- und Druckgewohnheiten in der Schwarzschrift, sowie der Wunsch von Benutzern zur Vereinfachung der Regeln begründeten die Notwendigkeit weiterer Überarbeitungen.¹⁹³ Die aktuellste Überarbeitung wurde von Jürgen Hertlein, dem Direktor der Deutschen Blindenstudienanstalt, im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft „Mathematikschrift“ und der Deutschen Blindenstudienanstalt 1992 herausgegeben. Damit ist sie Teil der Marburger Systematiken der Blindenschrift.¹⁹⁴

Mit der Zunahme des Einsatzes von Computern, sowohl im beruflichen als auch im privaten Bereich (vgl. Kapitel 1.3), gewann der Wunsch nach der Entwicklung einer computergerechten Mathematikschrift an zunehmender Bedeutung.

Unter der genannten Prämisse wurden in den letzten Jahrzehnten weltweit Versuche unternommen, eine Mathematikschrift zu entwickeln, die einerseits den Bedürfnissen der blinden Nutzer möglichst optimal entgegenkommen sollte, andererseits aber auch computergeeignet sein musste, um im Rahmen der zunehmenden Integrationsbemühungen die schriftliche Kommunikation zwischen den Beteiligten erleichtern zu können.

Die folgenden Tabelle gibt einen Überblick über den Einsatz verschiedener (Computer-) Mathematikschriften in einzelnen Ländern für das Jahr 1996

Land	Brailleschrift	Braillecode am Computer
Frankreich, Belgien, Schweiz	frz. Mathematikschrift	teilweise (Gouchat, 96)
Belgien (fläm.)	Woluwe-Schrift	nicht vorhanden
Niederlande	holl. Mathematikschrift	nicht vorhanden
England	englische Mathematikschrift	Unified Braille-Code (in Vorbereitung)
Spanien	Spanische Mathematikschrift	-
USA/Canada	Nemeth-Code	Unified Braille Code (in Vorbereitung)
Österreich	Marburger Mathematikschrift	LaTeX (teilweise)

¹⁹² vgl. Epheser 1986 in Hertlein 1992 (Hrsg.), S. 2

¹⁹³ e.b.d.

¹⁹⁴ ergänzend wurden 1998 Änderungen im System der deutschen Blindenschrift herausgegeben (vgl. Heuer 1998)

Tabelle 1: Vergleich von Standard und Nicht-Standard Mathematikschriften (aus Weber 1996¹⁹⁵)

Auch in Deutschland beschäftigen sich mehrere Fachleute und Projektgruppen an verschiedenen Universitäten mit der Entwicklung einer computergerechten Mathematikschrift.

Nachfolgend sollen jedoch nur die Schriften vorgestellt werden, die im Alltag größerer Gruppen sehgeschädigter Menschen tatsächlich eine bedeutsame Rolle spielen und sich bewährt haben. Bei dieser Zusammenstellung bleibt unberücksichtigt, dass weitere Notationen, wie z.B. die Bochumer Notation oder „individuelle Vereinbarungen“ zwischen Schülern und Lehrern, existieren. Im Hinblick auf die jeweilige sehr begrenzte Benutzergruppe halte ich diese Vernachlässigung zu Gunsten der besseren Übersichtlichkeit für legitim und notwendig.

Zur Zeit sind in deutschen Schulen und Universitäten hauptsächlich die vier folgenden Mathematikschriften von Bedeutung. Neben der bereits erwähnten, seit vielen Jahren in der Praxis erfolgreich eingesetzten Marburger Mathematikschrift, wurden speziell für den Einsatz am Computer drei weitere Mathematikschriften entwickelt:

Frau Dr. Waltraud Schweikhardt und Mitarbeiter/innen der Universität Stuttgart verfassten Anfang der 80er Jahre eine Mathematikschrift, die unter dem Namen „Stuttgarter Mathematikschrift für Blinde (SMSB)“ bekannt wurde.

Im Rahmen eines Modellversuchs wurde die Karlsruher Mathematikschrift in den 80er Jahren an der Universität Karlsruhe entwickelt. Diese Notation wird in Anlehnung an ihre grundlegenden Kennzeichen auch als „ASCII-Mathematikschrift“ (AMS) bezeichnet.

Angeregt von dem Sonderpädagogen Ulrich Kalina (Studienrat an der Deutschen Blindenstudienanstalt Marburg) wurde in den letzten Jahren zunehmend der Versuch unternommen, LaTeX, eine ursprünglich für Sehende konzipierte Notation als Blindenschrift einzusetzen. Mathematische Zeichen werden hier nicht über den Formel-Editor, sondern gemäß den Notationsregeln über die Tastatur in den Computer eingegeben.

Die oben aufgeführte Tabelle könnte zum aktuellen Zeitpunkt (Frühjahr 2001) demgemäß folgendermaßen ergänzt werden.

Land	Brailleschrift	Braillecode am Computer
Deutschland	Marburger Mathematikschrift	Stuttgarter Mathematikschrift für Blinde (SMBS) ASCII Mathematikschrift Latex

¹⁹⁵ Weber 1996; <http://elvis.inf.tu-dresden.de/koll96/artikel8.html>

In der Praxis ist die Vielfalt der Mathematikschriften jedoch häufig mit massiven Nachteilen verbunden. So ist vor allem die Kommunikation zwischen Nutzern, die jeweils verschiedene Notationen beherrschen und verwenden nicht unproblematisch, was den fachlichen Gedankenaustausch oftmals drastisch erschwert. Die Uneinheitlichkeit wirkt sich besonders nachteilig bei einem Schulwechsel oder beim Übergang auf eine Universität aus.

Sinnvoll wäre nach Ansicht vieler Experten¹⁹⁶ und Benutzer deshalb die Einigung auf eine einzelne Mathematikschrift.

Trotz vielfacher Bemühungen konnte diese jedoch bis dato nicht erzielt werden.¹⁹⁷ Die Gründe, die der Einigung entgegenstehen sind vielfältig und vor allem darauf zurückzuführen, dass jede der genannten Mathematikschriften für Blinde zu einer ganz bestimmten Zeit und mit spezifischer Zielsetzung entwickelt wurde.

Mit einer Einigung auf eine einheitliche Mathematikschrift sind vielfach Umorientierungsprozesse und die Notwendigkeit des Erlernens neuer Regeln und Darstellungsweisen verbunden. Verständlich ist es da, dass jeder Betroffene versucht, die von ihm verwendete Notation als Ideallösung zu beschreiben.¹⁹⁸

Um diese Problematik verständlich und nachvollziehbar zu machen, sollen im folgenden die charakteristischen Kennzeichen der einzelnen Notationen und ihre Einsatzmöglichkeiten in der Praxis, speziell in der Blinden- und Integrationspädagogik, aufgeführt und erläutert werden.

¹⁹⁶ vgl. z.B. Kalina 1998, S. 334

¹⁹⁷ vgl. Kalina in Denninghaus 1998, S. 78

¹⁹⁸ Teilweise vergleichbar ist dieser Prozess vielleicht mit der Einführung der neuen Rechtschreibung. Auch hier sollten liebgegewonnene Gewohnheiten aufgegeben werden. In den Diskussionen wurden sachliche Argumente häufig von emotionalen, subjektiv geprägten Aussagen überlagert.

5.2 Merkmale und Kennzeichen einer Mathematikschrift für Blinde

5.2.1 Voraussetzungen und Bedingungen

Jede Mathematikschrift muss sich meines Erachtens mit drei Bedingungen auseinandersetzen, die sich unmittelbar aus dem Sachverhalt ergeben.

- I Sie muss mit einem begrenzten Braillezeichensatz auskommen.
- II Sie muss eine eindeutige Zuordnungsvorschrift der Mathematikschrift und der Mathematikbrailleschrift entwickeln.
- III Die flächenhafte Darstellung der Mathematikschrift muss linearisiert werden.

Die einzelnen Notation erfüllen, wie die folgenden Ausführungen aufzeigen, diese Bedingungen in unterschiedlicher Art und Weise.

Zu I (Kriterium des begrenzten Braillezeichensatzes):

Um blinden Menschen überhaupt den Informationsgehalt von Text- und mathematischen Zeichen schriftlich zugänglich machen zu können, ist deren Übertragung in einen Braillezeichensatz notwendig. Alternativ stehen dazu der traditionelle 6-Punkt-Braillezeichensatz oder ein 8-Punkt-Braillezeichensatz zur Verfügung.

Die Wahl des zugrunde liegenden Braillezeichensatzes hat großen Einfluss auf die Lesbarkeit, Handhabung und den Einsatzbereich der entwickelten Notation. Dies ist insbesondere als Folge der zur Verfügung stehenden Braillezeichenanzahl (6-Punkt-Form 64 Zeichen, 8-Punkt-Form 256 Zeichen) zu sehen.

Für den Einsatz des Computers ist aufgrund interner technischer Gegebenheiten die Nutzung einer 8-Punkt-Notation von großem Vorteil (aber durchaus nicht zwingend).

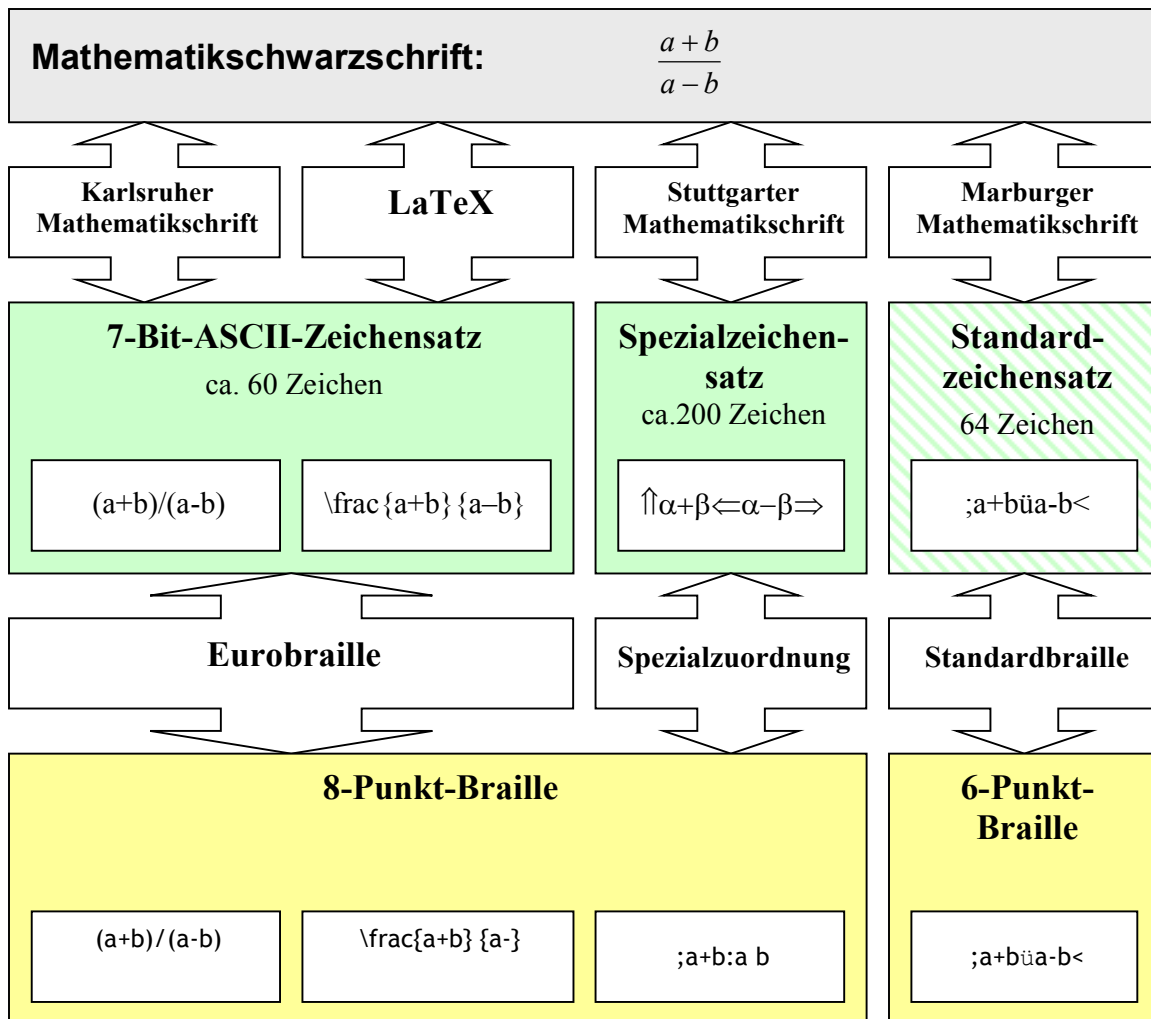
Zu II (Kriterium der eindeutigen Zuordnung zweier Zeichensätze):

Spezifische Zuordnungsvorschriften zwischen Mathematikschrift- und Braillezeichen kennzeichnen die einzelnen Notationen.

Die beiden älteren Notationen (Marburger und Stuttgarter Mathematikschrift) definieren direkte Zuordnungen zwischen Mathematikschriftzeichen und Braillezeichen.

Demgegenüber sind die Zuordnungsvorschriften der Karlsruher Mathematikschrift und der Latex-Notation eher als indirekt zu bezeichnen. Den Mathematikschriftzeichen

werden zunächst Zeichen des 7-Bit ASCII-Zeichensatzes bzw. einer druckbaren Untermenge desselben zugeordnet. Diese werden dann in einem zweiten Schritt in Braillezeichen übertragen.



Das Diagramm zeigt wesentliche Struktureigenschaften der im Folgenden besprochenen Mathematikschriften auf. Drei Ebenen sind dargestellt. Ausgehend von der Mathematikschrift ganz oben wird durch die einzelnen Notationen eine „interne Computerdarstellung = Bildschirmdarstellung“ (mittlere, grüne Ebene) zugeordnet.

Erst in einem zweiten Schritt erfolgt nun **bijektiv** eine Zuordnung der Computerdarstellung zu den Braillezeichen (untere gelbe Ebene). Jedem einzelnen Zeichen des jeweils benutzten Computerzeichensatzes ist eineindeutig ein Braillezeichen zugeordnet.¹⁹⁹

Die „Bildschirmdarstellung“ spielt natürlich gerade im Zusammenhang mit dem Integrationsunterricht eine wichtige Rolle.

Die einzelnen Notationen unterscheiden sich u.a. durch ihre verwendeten Schwarzschrift- und Braillezeichensätze.

Braillezeichensätze

Sowohl die Karlsruher Mathematikschrift, als auch LaTeX²⁰⁰ nutzen Eurobraille. Die Stuttgarter Mathematikschrift hat einen eigenen spezifischen Zeichensatz (SZBraille) definiert, der zwar auch auf einer 8-Punkt-Form basiert, vielfach jedoch vom Eurobraille abweicht.²⁰¹ Intendiert ist jedoch eine Anlehnung an die Marburger Mathematikschrift um Personen, die diesen Zeichensatz beherrschen, das Erlernen der Notation zu erleichtern.²⁰²

Einzig die Marburger Mathematikschrift nutzt den traditionellen Braillestandardsatz mit 64 Braillezeichen.²⁰³

Mathematikschwarzschriftzeichensätze

Während die Karlsruher und die LaTeX-Notation druckbare ASCII-Zeichen verwenden, basiert die Stuttgarter Notation auf einem eigenen speziell definierten Schwarzschriftzeichensatz (SZ-Schwarzschrift).²⁰⁴

¹⁹⁹ Die Marburger Schrift wurde lange vor dem Auftauchen von Computern konzipiert. Demgemäß ist die Zuordnung zwischen Mathematikschwarzschrift und Braille hier eigentlich in einem Schritt durchgeführt.

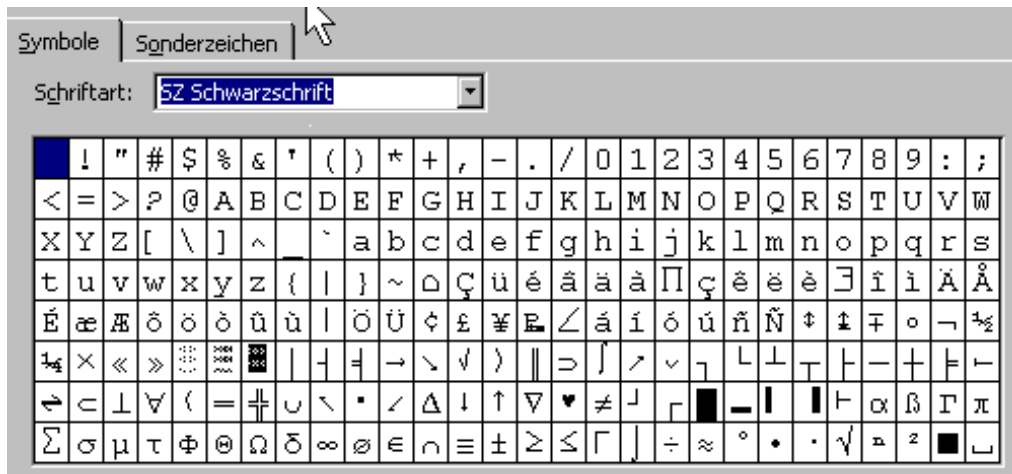
²⁰⁰ Nach Aussagen von Fachleuten (vgl. Betz, Kalina 1998, S. 333) ist eine Übertragung in den 6-Punkt-Code praktikierbar.

²⁰¹ Dies gilt z.B. für das Wurzelzeichen, für Klammern, Elementzeichen usw.

²⁰² vgl. Kalina 1998, S. 85

²⁰³ Für die Darstellung sämtlicher Mathematikschwarzschriftzeichen reicht dieser Zeichensatz natürlich nicht aus. Die Verwendung spezieller Ankündigungs- oder Kennzeichen erlauben die „künstliche“ Vergrößerung des ursprünglichen Braillesatzes.

²⁰⁴ Der Zeichensatz wurde mir von Frau Dr. Schweikhardt per E-Mail zugesandt.



Zu III (Kriterium der Linearisierung):

Formeln mathematischer oder naturwissenschaftlicher Art sind in der Regel nur als graphisches „Bild“, nicht aber als lineare Zeichenfolge dargestellt (siehe Beispiel unten). Der Vorteil der flächigen Darstellung liegt darin, dass die zweite Dimension zur Strukturierung genutzt wird.

„Bilder“ können als Brailletext aber nicht wiedergegeben werden. Um dennoch eine „Ausgabe“ zu ermöglichen, muss die flächenhafte Form der Mathematikschwarzschrift linearisiert werden.

Das Linearisierungsproblem tritt bei der Computernutzung in verschärfter Form auf.²⁰⁵ Die Ausgabe über die Braillezeile lässt per se nur eine linearisierte Darstellung zu. Darüber hinaus gibt es auch ein Eingabeproblem: Eine flächenhafte Darstellung lässt sich mit einer Computertastatur alleine nicht ohne weiteres eingeben.²⁰⁶

²⁰⁵ Das Problem der Linearisierung von mathematischen Ausdrücken ist aber nicht auf die Verwendung einer Mathematikschrift beschränkt, vergleichbare Bedingungen treten bei der Entwicklung von Programmiersprachen auf. Die Formel hat in einer Programmiersprache wie z.B. Basic die unten gezeigte Darstellung:

Mathematikschwarzschrift (2-dimensional)	$y = \frac{\sqrt[3]{a+b}}{2(c-d)} \cdot \frac{7}{e+f}$
Programmiersprache (linearisiert)	$y = \text{sqrt}(a+b)/2/(c+d)*7/(e+f)$

Wie man an dem Beispiel erkennt, ist die linearisierte Formel wesentlich schlechter „auf einen Blick“ zu erfassen. Tendenziell wird man bei der Linearisierung zu zusätzlichen Klammern gezwungen, die die Lesbarkeit verschlechtern.

²⁰⁶ Dieses Problem ist nicht blindenspezifisch. Für Normalsichtige wurde es übrigens auf recht intuitive Weise durch „Formeleditoren“ (z.B. in MS-Word) gelöst, bei denen man sich die Formeln im wesentlichen mit Hilfe der Maus „zusammenklickt“. Diese Art der Eingabe ist natürlich für Blinde absolut ungeeignet. Zudem ist es auch überaus schwierig, die so erstellten Formel-„Bilder“ in irgendeine der Mathematikschriften für Blinde zu übersetzen. Prinzipiell könnte zwar eine höchst ausgefeilte Mustererkennung (die den Bildschirmspeicher ausliest) eine solche Übersetzung leisten. Diese funktioniert wie eine Mustererkennung (OCR-Software) bei der

Umwandlung von eingescannten Bildern in Texte. Für Formeln ist dies aber zur Zeit noch nicht unbedingt Stand der Technik.

Die andere Möglichkeit könnte an der internen Darstellung des Formeleditors ansetzen. Dies setzt aber eine geeignete Schnittstelle des Formeleditors voraus (und eine solche ist sicherlich standardmäßig nicht offengelegt). Insgesamt gesehen erscheinen beide Lösungsstrategien zur Zeit als ziemlich aussichtslos.

5.2.2 Einsatz in der Blindenpädagogik

Die Praxisrelevanz einer Mathematikschrift für den Einsatz in der Blindenpädagogik hängt von verschiedenen Kriterien ab.

Insbesondere ist der Lernaufwand zu berücksichtigen, der die Voraussetzung für ihre Anwendung ist. Dieser wird u.a. beeinflusst durch die Anzahl der Regeln, aber auch durch die Art der Zuordnung. Ist diese logisch aufgebaut, kann z.B. intuitiv auf die Bedeutung einzelner Zeichenzuordnungen geschlossen werden, gibt es Parallelen zu bekannten anderen Zeichensätzen usw..

Des Weiteren ist die Lese- und Schreibgeschwindigkeit, mit der eine Notation gehandhabt werden kann, ein wichtiges Entscheidungskriterium.

Beide hängen natürlich von der Länge, aber auch von der Einhaltung einer strukturierten und übersichtlichen Gestaltungsweise der transformierten mathematischen Ausdrücke ab.

Der Braillezeichensatz, der in der Notation verwendet wird, kann unter Umständen auch für die Beurteilung und Verwendung einer Notation entscheidend sein. Für Schüler/innen, die keine Blindenschrift in einer 8-Punkt-Struktur, z.B. Eurobraille, beherrschen, ist es sinnvoll, wenn der zugrunde liegende Braillezeichensatz an bekannte Strukturen anknüpft bzw. diese verwendet.

Zum Schluss jeder Betrachtung soll auf die Beziehung zwischen Unterrichtsmaterialien und der jeweiligen Notation eingegangen werden. Jeweils zu klären ist, ob Medien (Schulbücher, Arbeitsblätter usw.) existieren und eingesetzt werden können.

5.2.3 Einsatz in der Integrationspädagogik

Der Einsatz einer Mathematikschrift im integrativen Mathematikunterricht ist auf zwei verschiedenen Ebenen zu betrachten.

Primär müssen natürlich die Bedürfnisse der Blinden, die oben aufgeführt sind, so optimal wie möglich berücksichtigt werden.

Des Weiteren ist jeweils zu analysieren, inwieweit die Notation, unter Einbeziehung des Computers als Medium, tatsächlich die schriftliche Kommunikation zwischen den beteiligten Schülerinnen und Schülern bzw. Lehrerinnen und Lehrern im Integrationsunterricht erleichtert. Zwei Ebenen sind dabei zu betrachten:

Zum einen muss die jeweilige Schwarzschriftdarstellung unter dem Blickwinkel betrachtet werden, ob sie intuitiv zu erfassen und damit leicht gedanklich in die traditionelle Schreibweise übertragen werden kann, oder ob ihr Verständnis Erfahrung und häufiges Üben voraussetzt. Eine Notation, deren Schwarzschriftdarstellung leicht zu durchschauen ist, weil sie sich eng an die gewohnte Mathematikschrift anlehnt bzw. intuitiv zu verstehen ist, ist für den Integrationsunterricht natürlich vorteilhaft.

Auf einer anderen Ebene muss untersucht werden, ob Programmen existieren, die es ermöglichen, diese simultan als Punktschrift über die Braillezeile und als Mathematikschrift in traditioneller Art und Weise auf dem Bildschirm darzustellen.

5.3 Die Marburger Mathematikschrift (MSB)

Bei der internationale Marburger Mathematikschrift handelt es sich wohl um die älteste Notation, die sich im Fachbereich Mathematik durchsetzen konnte. Entwickelt zu Beginn des 20. Jh. beruht die heutige Version im wesentlichen auf der Fassung von 1955, wurde aber inzwischen mehrfach überarbeitet. Sie ist als Ergänzung der traditionellen Brailleschrift zu sehen.

5.3.1 Ziele und Kennzeichen

Kalina²⁰⁷ fasst die wesentlichen Entwicklungsziele der Notation zusammen: Die Marburger Mathematikschrift wurde von blinden Mathematikern für blinde Mathematiker entwickelt. Speziell das sequentielle Lesen mathematischer Ausdrücke sollte mit ihr ermöglicht werden. Neben der angestrebten Übersichtlichkeit und guten Handhabbarkeit wurde Wert auf die vollständige und sachlich richtige Darstellung mathematischer Sachverhalte gelegt. Als Einsatzbereiche sind Schule und Universität anzugeben. Nach Aussagen des Autors konnte sie sich zwar nicht international, aber immerhin im deutschsprachigen Raum durchsetzen.

Der sechste Teil der Marburger Systematiken der Blindenschrift, 1992 von Jürgen Hertlein, dem Direktor der Deutschen Blindenstudienanstalt in Marburg herausgegeben, ist als Grundlagenliteratur für die Notation zu sehen. Mit der Veröffentlichung des „Systems der deutschen Blindenschrift“²⁰⁸ 1998 liegt die aktuellste Überarbeitung der deutschen Blindenschrift vor. Die folgenden Ausführungen zur Kennzeichnung der Notation basieren auf den Ausführungen der genannten Grundlagenliteratur.

Darstellung von Ziffern und Zahlen

Ebenso wie Darstellung der Buchstaben ist die Zifferndarstellung bereits in der grundlegenden Blindenschrift festgelegt. Diese erfolgt durch die Nutzung des Zahlenzeichens (#) und einem speziellen Buchstaben (a-i).

²⁰⁷ vgl. Kalina 1998, S. 79

²⁰⁸ vgl. Brailleschriftkommission der deutschsprachigen Länder (Hrsg.):

Beispiele²⁰⁹

mathematischer Term	Bildschirmdarstellung	Braillezeichenfolge ²¹⁰
$\frac{a+b}{a-b}$;a+büa-b<	;a+b ü a-b<
$y=15x+123$	y=#ae+#abc	y=#ae+#abc

5.3.2 Einsatz in der Blindenpädagogik

Lernaufwand / Lese- und Schreibgeschwindigkeit

Einfache mathematische Ausdrücke werden übersichtlich mit relativ wenigen Braillezeichen dargestellt. Speziell die Beschränkung auf Braillezeichen in der 6-Punkt-Form dürfte auch jüngeren Schülerinnen und Schülern, die mitunter aufgrund ihrer geringen Fingergröße die 8-Punkt-Braillezeichen nicht simultan erfassen können, entgegenkommen. Bei komplexeren mathematischen Ausdrücken wird jedoch gelegentlich²¹¹ die Länge der notwendigen Braillezeichenkombinationen kritisiert. Sie wirkt sich nicht unbedingt vereinfachend auf deren Lesbarkeit sowie der Lese- und Schreibgeschwindigkeit aus.

Als Ursache für diesen Aspekt kann der vergleichsweise sehr stark begrenzte Zeichenumfang der 6-Punkt-Schrift genannt werden, der die Notwendigkeit von Braillezeichenkombinationen verstärkt notwendig macht. Als Beispiel sei die Zahlendarstellung zu nennen, die bei jeder Zahl ein vorausgehendes Zahlzeichen als Schlüsselzeichen benötigt. Dementsprechend lang sind die Ausdrücke.

Dies ist bei elementaren Formeln kein Problem, setzt aber beim Lesen und Schreiben komplexerer mathematischer Formeln, z.B. bei komplizierteren Bruchtermen, deren einzelne Ebenen durch Klammern strukturiert werden, eine hohe Gedächtnisleistung und auch spezifische haptische Fähigkeiten voraus.

Als weitere Ursache, die den Lernaufwand erhöht, ist die Notwendigkeit eines vielfältigen Regelsystems zu nennen, das sich aufgrund des relativ beschränkten Braillezeichensatzes und den verwendeten Schlüsselkennzeichen notwendigerweise ergibt.

²⁰⁹ Die Beispiele wurden von mir anhand der definierten Notationsregeln in der angegebenen Grundlagenliteratur abgeleitet.

²¹⁰ Brüche werden in der ausführlichen Schreibweise mit folgenden Sonderzeichen gebildet:

Zählerbeginn (;)Bruchstrich (ü), Nennerende(<)

²¹¹ vgl. Schweikhardt 1983, S. 1,

Kalina 1999; <http://www.bildung.hessen.de/sform/sonder/blind/hilfsmitt.htm>

Unterrichtsmaterialien

Für die Erstellung von Printmedien hat sich die traditionelle internationale Mathematikschrift gut bewährt.²¹² Mit ihr können mathematische Sachverhalte in Punktschrifttexten dargestellt und z.B. mit Hilfe der Bogenmaschine auch von Schülerinnen und Schülern eigenständig produziert werden. Punktschriftbücher in Marburger Mathematikschrift sind ebenfalls seit Jahren auf dem Markt.²¹³

Nutzungsmöglichkeiten des Computers

Zur Zeit der Entstehung der Marburger Mathematikschrift zu Beginn des 20. Jh. war die explosionsartige Entwicklung und Verbreitung der Computertechnologie noch gar nicht abzusehen. Demzufolge konnte es auch nicht Ziel der betreffenden Fachleute sein, diese computergerecht zu gestalten.

Heutzutage bereitet die Ein- und Ausgabe (mittels Punkt- oder Computertastatur sowie Braillezeile) traditioneller Braillezeichen computertechnisch kein Problem mehr. Blinde Schüler/innen können die Notation und den Computer somit als Hilfs- und Arbeitsmittel zur Speicherung von selbst erstellten Brailletexten bzw. zum Lesen und Drucken derselben nutzen.

5.3.3 Einsatz in der Integrationspädagogik

Die genannten Ausdrücke werden auf der Braillezeile übersichtlich dargestellt und können von Benutzern, die die Braille- und Marburger Mathematikschrift beherrschen, natürlich problemlos wahrgenommen werden.

Den oben aufgeführten Beispielen ist zu entnehmen, dass die Notation für Sehende, die die Brailleschrift nicht beherrschen, mit Schwierigkeiten verbunden ist. Ohne Erfahrung und viel Umgang mit der Darstellungsweise lässt sich die Bildschirmdarstellung kaum gedanklich in die gewohnte Mathematikschriftdarstellung übertragen. Im Vergleich zu anderen Notationen kann auch selten intuitiv auf die Bedeutung des Ausdrucks geschlossen werden.

Demzufolge ist diese Notation im Integrationsunterricht als „Kommunikationsbrücke“ zwischen blinden/sehbehinderten und sehenden Menschen ohne Kenntnisse der Blindenschrift nur sehr bedingt einsetzbar.

²¹² vgl. Kalina 1997, S. 1

²¹³ vgl. Kalina 1997, S. 1, 2; Kalina 1998, S. 79

5.4 Stuttgarter Mathematikschrift für Blinde (SMSB)

Frau Dr. Schweikhardt und Mitarbeiter/innen der Universität Stuttgart entwickelten die Stuttgarter Mathematikschrift für Blinde (SMSB) 1981. Die aktuellste Überarbeitung stammt aus dem Jahre 1999.

5.4.1 Ziele und Kennzeichen

In den Veröffentlichungen der Arbeitsgruppe²¹⁴ sind Ziele, Zuordnungsvorschriften, sowie das dazugehörige Regelsystem der Stuttgarter Mathematikschrift definiert und aufgeführt. Die folgenden Aussagen zur Charakterisierung der Notation in dem Kapitelabschnitt „Ziele und Kennzeichen“ basieren, soweit nicht anders gekennzeichnet, auf dieser Grundlagenliteratur. Zudem konnte mir Frau Schweikhardt, die die Notation im Rahmen ihrer Dissertation entwickelte, persönlich einige Fragen beantworten.

Frau Rast, die als Integrations- und Mathematiklehrerin am Adolf-Weber-Gymnasium in München aus eine fünfzehnjährige Unterrichtspraxis mit der Stuttgarter Mathematikschrift zurückblicken kann, schilderte mir ihre Erfahrungen im Bezug auf die Praxisrelevanz der Notation.

Ausgehend von der Tatsache, dass in der Internationalen Marburger Mathematikschrift viele mathematische Zeichen nur als Braillezeichenkombinationen von zwei und mehr Braillezeichen dargestellt werden können, war es eines der primären Ziele der SMSB, mathematische Ausdrücke möglichst kompakt (also mit möglichst wenig Braillezeichen) und einem vereinfachten Regelsystem darzustellen.

Eine enge Anlehnung an die herkömmlichen Schwarzschriftzeichen sowie der angestrebten eindeutigen Umkehrbarkeit der Zuordnung sollte blinden und sehenden Schüler/innen das Erlernen der Notation erleichtern, so dass ihr Einsatzbereich speziell in Integrationsklassen zu sehen ist.

Die Entwickler der SMBS erkannten, dass eine Mathematikschrift, die auf einer 8-Punkt-Brailleschrift basiert, den Forderungen am ehesten gerecht werden konnte. Der im Vergleich

²¹⁴ vgl. Schweikhardt und Mitarbeiter/innen 1983; 1999, 2000

zur 6-Punkt-Form viermal so große Zeichensatz der 8-Punkt-Form wird dabei extensiv ausgenutzt.

Darstellung von Ziffern und Zahlen

Hier erfolgte eine Anlehnung an die traditionelle Brailleschrift. Die Buchstaben a-i werden auf herkömmliche Art und Weise für die Darstellung der Ziffern 1-9 benutzt, ergänzt werden sie allerdings durch den Punkt 6. Damit wird auf das Zahlenzeichen verzichtet. Einzige Ausnahme bildet die Ziffer 0, die aus Gründen der Eindeutigkeit durch das ie-Zeichen dargestellt wird.

Beispiele²¹⁵

mathematischer Term	SMSB (Braillezeichen) ²¹⁶	SMSB-Zeichenfolge APL-Zeichensatz ²¹⁷	SMSB-Zeichenfolge SZSchwarzschrift- Zeichensatz
$\frac{(a+b)}{(a-b)}$		$\uparrow \alpha + \beta \leftarrow \alpha - \beta \Rightarrow$	$\uparrow \alpha + \beta \leftarrow \alpha - \beta \Rightarrow$
$\sqrt{a+1} - \sqrt[3]{8}$		$\lrcorner \alpha + 1 \# - \lrcorner \lrcorner \lrcorner 3 \lrcorner 8 \#$	$\lrcorner \alpha + 1 \cdot - \lrcorner \lrcorner \lrcorner 3 \lrcorner 8 \cdot$
$a^2 + c^3$		$\alpha \lrcorner 2 + \chi \lrcorner 3$	$\alpha \lrcorner \lrcorner 2 + \chi \lrcorner \lrcorner 3$
$f(x) = 5x+3$		$f(x) = 5x+3$	$f(x) = 5x+3$

5.4.2 Einsatz in der Blindenpädagogik

Die SMSB wird seit ungefähr 15 Jahren am Adolf-Weber Gymnasium eingesetzt. Die Integrationslehrerin Frau Rast konnte mir persönlich einige Fragen zum Einsatz der Notation im integrativen Unterricht beantworten.

²¹⁵ Die Beispiele wurden von mir anhand der definierten Notationsregeln in der angegebenen Grundlagenliteratur abgeleitet.

²¹⁶ Die Linearisierung der Bruchzahlen geschieht durch Darstellungen in Form „Zählerzahl/Nennerzahl“. Komplexere Zähler- und Nennerterme können aus Gründen der besseren Überschaubarkeit mit Klammern strukturiert werden.

Spezifische Anfangs- und Endzeichen kennzeichnen Wurzelterme. Es existiert ein spezielles Kennzeichen (Punkte 2,3,4,5,6,7) für hochgestellte Zeichen

²¹⁷ Der hier verwendete Schwarzschriftzeichensatz entspricht der „neuesten“ Form, so wie im Windows-Zeichensatz „SZ-Schwarzschrift“ definiert. Eine der Zeichen weichen von älteren Schreibweisen („APL“) ab.

Lernaufwand / Lese- und Schreibgeschwindigkeit

Strukturgemäß ist die Anzahl der Braillezeichen des in der Notation verwendeten Zeichensatzes um ein Vielfaches höher, als dies bei einer 6-Punkt-Braillezeichenstruktur der Fall ist. Die Bedeutung der einzelnen Zeichen muss also erst einmal gelernt werden. Da aber vergleichsweise nicht so viele Kenn-, Ankündigungs- und Aufhebungszeichen eingesetzt werden müssen, kann die Länge der Ausdrücke Zeichen merkbar verkürzt werden. Viele Zeichen können vergleichsweise übersichtlich strukturiert dargestellt werden.

Die Anlehnung an die Marburger Darstellungsart, die ursprünglich den Lernprozess vereinfachen sollte, ist nicht unumstritten. So kritisiert z.B. Kalina²¹⁸ die nicht konsequent eingehaltene Anlehnung an die Marburger Mathematikschrift. Dies führt nach seinen Erfahrungen dazu, dass die Benutzerin/der Benutzer in jedem Einzelfall überlegen müsse, ob es sich um die angegliche Schreibweise oder um eine modifizierte Form handelt.

Rast²¹⁹ hebt die im Vergleich zu anderen Notationen (z.B. LaTeX) häufig wesentlich kürzere Schreibweise der Stuttgarter Mathematikschrift hervor, die somit zur schnellen Erfassung der Mathematik beitrage.

Ein weiterer Vorteil der Notation liegt in der sich ergebenden Dezimierung syntaktischer Regeln, was insgesamt zu einer vereinfachten Anwendung führen kann.²²⁰

Nachteile sehe ich für Schüler/innen, die Eurobraille bereits beherrschen. Sie müssen zusätzlich einen weiteren Zeichensatz erlernen, der im Gegensatz zu Eurobraille nicht allgemeingültig ist, sondern nur für die schriftliche Fixierung mathematischer Ausdrücke eingesetzt wird. Nach Rast²²¹ haben ihre Schüler/innen (Gymnasium) in der Regel jedoch später im Beruf keine Schwierigkeiten, die wenigen Zeichen, die sich vom Eurobraillezeichensatz unterscheiden, umzulernen. Sie räumt aber mögliche Schwierigkeiten bei Schüler/innen anderer Schulformen ein.

Unterrichtsmaterialien

Mathematikbücher in der Version der SMSB liegen auf Disketten vor. Vielfach werden aber auch Unterrichtsmaterialien mit dem Computer in der SMSB durch Lehrkräfte (Eltern, Zivildienstleistende) selbst erstellt. Spezifische grafische Darstellungen werden entweder aus

²¹⁸ vgl. Kalina 1998, S. 85

²¹⁹ persönliche Aussage Rast

²²⁰ vgl. Schweickhardt 1983, S. 20

²²¹ persönliche Aussage Rast

besonderen Drähten zur taktilen Erfassung oder als verbale Beschreibung in die Aufgabe integriert.²²²

Nutzungsmöglichkeiten des Computers

„Unter dem Betriebssystem WINDOWS wird SMSB unter Verwendung der Dokumentenvorlage SMSB.DOT geschrieben. Beim Anlegen einer neuen Datei wird sie als Vorlage gewählt. Damit die Punkschriftzeichen auf der Ausgabe fühlbar sind, muss die Punkschriftzeile bzw. der Punkschriftdrucker den Stuttgarter Zeichensatz geladen haben.“²²³

Viele der in der Stuttgarter Notation benötigten Schwarzschriftzeichen sind auf der normalen Computertastatur nicht direkt vorhanden. Um sie trotzdem eingeben zu können, werden Tastenkombinationen mit Sondertasten (z. B. Umschalttasten wie „Alt“) benutzt. Dazu müssen in der jeweiligen Textverarbeitung entsprechende Makros vorhanden sein.

Die erwähnte Dokumentenvorlage SMSB.DOT enthält die notwendigen Makros. So wird der mathematische Term a^2 mittels der Taste „a“, dem gleichzeitigen Drücken der „Alt“ und „j“-Tasten und der Taste „2“ eingegeben.

Die Makrosammlung in SMSB.dot enthält außerdem ein weiteres, sehr praktisches Makro, dass in der Lage ist, einen mathematischen Ausdruck der Stuttgarter Notation in Mathematikschwarzschrift umzuwandeln.²²⁴

Blinde Schüler/innen können die Notation und den Computer somit als Hilfs- und Arbeitsmittel zur Speicherung von selbst erstellten Brailletexten bzw. zum Lesen und Drucken von Brailletexten nutzen.

5.4.3 Einsatz in der Integrationspädagogik

Lernaufwand

Aufgrund ihres vereinfachten Regelwerkes und der strukturierten und kompakten Darstellungsweise, das blinden und sehenden Nutzern ein vergleichsweise schnelles Lernen der Mathematiksschrift ermöglicht, wird sie vor allem im integrierten Unterricht vielfach eingesetzt und geschätzt.²²⁵ In welchem Maß dann tatsächlich eine Zusammenarbeit zwischen

²²² e.b.d.

²²³ Schweikhardt 1999, S. 21

²²⁴ Damit zieht die Stuttgarter Notation in dieser Hinsicht mit Latex gleich, bei der die entsprechenden Tools schon seit vielen Jahren existieren. Was jetzt noch fehlt, ist das umgekehrte Tool: Mathematikschwarzschrift nach Stuttgarter Notation!

²²⁵ vgl. Weber 1996; <http://elvis.inf.tu-dresden.de/koll96/artikel8.html>

sehenden und blinden Schüler/innen stattfindet, bleibt fraglich. So berichtet Rast²²⁶ z.B., dass blinde Schüler/innen einen eigenen Computer besitzen und daher normalerweise keine Zusammenarbeit stattfindet.

Als einen Grund für eine fehlende Zusammenarbeit sehe ich Schwarzschriftdarstellung mathematischer Zeichen. Dies gilt vor allem für die Schwarzschriftzeichen des älteren APL-Zeichensatzes, der z.B. in München noch verwendet wird. Viele der verwendeten Zeichen weichen derart von der herkömmlichen Schreibweise ab, dass intuitiv nicht auf ihre Bedeutung geschlossen werden kann.

Mit der Nutzung des neuen Schwarzschriftzeichensatzes (SZSchwarzschrift) wurde dieses Problem entschärft, wie man leicht anhand der aufgeführten Beispiele nachvollziehen kann.

Da die Stuttgarter Notation- wie bereits erwähnt- nicht kompatibel zum Standard-ASCII-Code ist, kann sie mit herkömmlichen einfachen Editoren nicht ohne weiteres genutzt werden.²²⁷ Unter Word für Windows stellt sich das Problem nicht; die notwendigen Zeichensätze (SZSchwarzschrift, SZBraille) sowie die Vorlage smbs-dot können sehr leicht installiert werden.

²²⁶ Rast persönliche Aussage

²²⁷ Dazu wären spezielle „Codepages“ nötig.

5.5 Karlsruher Mathematikschrift (AMS)

Im Rahmen eines Modellversuchs wurde die Karlsruher Mathematikschrift in den 80er Jahren an der Universität Karlsruhe unter der Leitung von Dr. Muskardin entwickelt. Inzwischen wurde sie mehrfach überarbeitet, unter anderem von der Arbeitsgruppe „Studium für Blinde und Sehgeschädigte“ der TU Dresden. Beide Universitäten bemühen sich auch zur Zeit noch, Studienmaterialien in sehgeschädigten gerechter Form zu erstellen. Parallel wird der Name „ASCII-Mathematikschrift“, der bereits auf den zugrunde liegenden Zeichensatz hinweist, verwendet.

5.5.1 Ziele und Kennzeichen

Gründe, die zur Entwicklung der Notation geführt haben sowie den Angaben zu den Notationskennzeichen innerhalb des Teilkapitels „Ziele und Kennzeichen“ basieren, soweit nicht anders gekennzeichnet, auf den Veröffentlichungen der Entwicklungsteams.²²⁸

Hilfreich war dabei ein Briefwechsel mit Gerhard Jaworek, der als blinder Diplominformatiker für die Organisation, Koordination und die Qualitätskontrolle der umgesetzten Literatur im Studienzentrum für Sehgeschädigte der Universität Karlsruhe verantwortlich ist.

Innerhalb des Modellversuchs „Informatik für Blinde und hochgradig Sehbehinderte“ sollte eine Mathematikschrift entwickelt werden, die blinden Studentinnen und Studenten ein Informatikstudium ermöglichen kann. Ein wichtiges Entwicklungskriterium war dabei der Wunsch nach einer möglichst vollständigen Kompatibilität mit allen herkömmlichen Computersystemen. Die Entwickler der Mathematikschrift sahen die Notwendigkeit der Erschaffung einer neuen Codierung darin begründet, dass existierende Codierungen nicht die Bedingungen erfüllten, die sie an die Lesbarkeit einer solchen stellten. Speziell wurde ein optimales Verhältnis „zwischen der Länge der symbolischen Ausdrücke und der Suggestivität der Symbole als Bedeutungsträger“²²⁹ angestrebt.

²²⁸ vgl. Muskardin, Universität Karlsruhe 1988, S. 4, 5 (Modellversuch „Informatik für Blinde Anleitung zum Umsetzen von mathematischen Symbolen und Formeln“; Universität Karlsruhe/Dresden 1994; (elvis.inf.tu-dresden.de/asc2html/ams/h-000001.htm))

²²⁹ Muskardin, Universität Karlsruhe 1988, S. 5

Um zu betonen, dass nicht nur die fundamentalen mathematischen Zeichen, sondern auch explizite Zeichen der Hochschulmathematik übertragen wurden, führte man als Bezeichnung die Abkürzung AMS „Abweichende Mathematische Symbole“ ein.

Aufgrund der verwendeten deutschen Symbolkürzel (z.B. „ver“, „dur“ usw.) ist davon auszugehen, dass die internationale Verbreitung der Notation nicht im Vordergrund steht.²³⁰

Darstellung von Ziffern und Zahlen

Die Ziffern sind im ASCII-Zeichensatz enthalten, brauchen demzufolge nicht extra definiert werden. Zur Abtrennung von Dezimalstellen kann sowohl der Punkt als auch das Komma verwendet werden. Die Periodizität von Dezimalzahlen wird durch eine obere Markierung mit dem Zeichen „_“ dargestellt. Bilden mehr als eine Ziffer die Periode, so sind diese in runde Klammern einzuschließen.

Beispiele²³¹

mathematischer Term	AMS-Zeichenfolge ²³²	Braillezeichen
$f(x) = 5x + 3$	$f(x) = 5x + 3$	$f(x)=5x+3$
$\frac{(a+b)}{(a-b)}$	$(a+b) / (a-b)$	$(a+b)/(a-b)$
$\sqrt{a+1} - \sqrt[3]{8}$	$(a+1)// - 8//3$	$(a+1)//-8//3$
$a^2 + c^3$	$a**2 + c**3$	$a**2+c**3$

²³⁰ vgl. Kalina 1998, S. 88

²³¹ Die Beispiele wurden von mir anhand der definierten Notationsregeln in der angegebenen Grundlagenliteratur abgeleitet.

²³² Wurzeln werden durch die Zeichen „//“ gekennzeichnet, wobei der Term vor dem Zeichen den Radikand, der nachgestellte Term den Wurzelexponenten angibt.

Eine Potenz wird durch die Zeichenfolge „**“ angekündigt.

5.5.2 Einsatz in der Blindenpädagogik

Lernaufwand / Lese- und Schreibgeschwindigkeit

Die Beschränkung auf möglichst wenige ASCII-Zeichen zur Codierung eines mathematischen Zeichens erleichtert das Erlernen der Notation.

Für diese Einschätzung spricht auch die Tatsache, dass bei vielen Zeichenkombinationen bereits unmittelbar auf deren Funktion geschlossen werden kann. So erfolgt beispielsweise die Darstellung einer Hochzahl mittels zweier Multiplikationszeichen (x hoch 3 wird definiert als $x**3$).

Einzelne Ausdrücke der Karlsruher Mathematikschrift sind im Vergleich zur Stuttgarter Notation jedoch deutlich länger. Dies gilt z.B. für die oben aufgeführten Bruch- und Exponentendarstellungen. Grund für den Unterschied ist u.a. die notwendige Verwendung von Klammern als Strukturierungshilfe, die sich infolge der nicht vorhandenen Begrenzungszeichen ergeben.

Kalina²³³ sieht dieses Faktum als nicht unbedenklich, da sich damit die von blinden Schülerinnen und Schülern benutzte Schreibweise von der der Sehenden unterscheidet. Als weitere Folge nennt er resultierende Probleme, die die Lesbarkeit und das Verständnis beeinflussen könnten. So gibt er den mathematischen Ausdruck $a_{(n+1)}$ an, der in der Karlsruher-Notation in der Form $a(n+1;)$ dargestellt wird. Da die blinde Schülerin/der blinde Schüler sequentiell liest, wird ihm erst am Schluss des Terms durch das Semikolon ersichtlich, dass nicht das Produkt der Variablen a mit der Klammer gemeint ist, sondern dass es sich bei dem Ausdruck $n+1$ um einen Index handelt. Zusätzliche Klammern können demzufolge, insbesondere in längeren Ausdrücken, zu Verständnisschwierigkeiten führen.

Unterrichtsmaterialien

Laut Aussagen Jaworeks²³⁴ existieren nach seinen Informationen keine Schulbücher in der Notation.

²³³ vgl. Kalina 1998, S. 87

²³⁴ Jaworek, persönliche Aussage

Nutzungsmöglichkeiten des Computers

Spezielle Hardwarevoraussetzungen sind für die Nutzung der Karlsruher Notation nicht erforderlich.

„Die Karlsruher ASCII-Mathematikschrift verwendet ausschließlich Zeichen des – in Punkt- und Schwarzschrift international genormten – 7-Bit-ASCII-Zeichensatzes. Dadurch ist sie mit jedem gängigen Editor bzw. Textverarbeitungsprogramm unter praktisch allen Betriebssystemen verwendbar.“²³⁵ Jedes Zeichen der Mathematikschrift kann so direkt mit jeder beliebigen Tastatur und jedem beliebigen einfachen Editor eingegeben, gelesen und bearbeitet werden. Zudem ist auch der einfache Austausch von den so erzeugten ASCII-Dateien zwischen verschiedensten Computersystemen gewährleistet. Im Hinblick auf die teilweise doch sehr schlechte technische Ausstattung vieler Schulen spricht gerade dieses Argument für den Einsatz der Notation im Mathematikunterricht.

Blinde Schüler/innen können die Notation und den Computer somit als Hilfs- und Arbeitsmittel zur Speicherung von selbst erstellten Brailletexten bzw. zum Lesen und Drucken von Texten nutzen.

Einsatz der Notation in der Hochschulmathematik

Die Karlsruher Mathematikschrift wurde ursprünglich für blinde Informatikstudentinnen und Studenten konzipiert. Sie ist zur Zeit in Karlsruhe, aber auch an weiteren Universitäten im Einsatz.²³⁶

Durch den geringeren Zeichenumfang werden in der Hochschulmathematik mehr Ersatzdarstellungen notwendig, was eine Erhöhung des Schreibaufwandes und des Platzbedarfs zur Folge hat. Die Anzahl der Ersatzdarstellungen im Mathematikunterricht ist relativ begrenzt.

Die im oben genannten Studienzentrum umgesetzten Texte liegen natürlich im AMS-Format vor. Darüber hinaus sind mir keine entsprechenden Printmedien bekannt.

²³⁵ Kalina 1998, S. 86

²³⁶ Jaworek, persönliche Aussage

5.5.3 Einsatz in der Integrationspädagogik

Inwieweit die Notation für den Einsatz von blinden Nutzern geeignet ist, wurde bereits erläutert.

Gemäß ihrer ursprünglichen Intention sprechen m.E. vor allem die folgenden Argumente für einen erfolgreichen Einsatz im Integrationsunterricht.

Wegen der Beschränkung auf den 7-BIT-ASCII-Zeichensatz existieren beim Einsatz keinerlei technischen Probleme.

Extensiv zu betonen ist, dass es sich bei der Schwarzschriftdarstellung nicht um die gewohnte grafische Darstellungsform mathematischer Zeichen handelt. Auf dem Bildschirm erscheint immer die ASCII-Zeichenfolge gemäß den Notationsregeln. Der sehende Nutzer muss die entsprechenden Zuordnungsvorschriften natürlich zunächst lernen. Immerhin sind die Vorschriften recht intuitiv.

Ob mittlerweile Programme existieren, die die Karlsruher Schwarzschriftdarstellung mathematischer Ausdrücke in die Mathematikscharzschrift transformieren, ist mir nicht bekannt.

Lernaufwand

Trotz der genannten Abweichungen von der herkömmlichen Darstellungsform der Mathematikscharzschrift ist die Notation m.E. relativ leicht zu erlernen. Dafür spricht vor allem die angestrebte und auch erreichte Suggestivität der Symbole (vgl. Kapitel 5.51).

Als weiteres bestätigendes Argument kann die geringe Anzahl der Regeln aufgeführt werden, die sowohl dem blinden als auch dem sehenden Nutzer zu Gute kommt.

Ob die AMS tatsächlich an einzelnen Schulen als Mathematikschrift eingesetzt wird, ist mir nicht bekannt. Keiner der von mir befragten Mathematiklehrerinnen/Mathematiklehrer nutzt die Notation im Unterricht. Auch die Mitarbeiter des Studienzentrums für Sehgeschädigte der Universität Karlsruhe konnten mir diesbezüglich keine Schule nennen.

5.6 LaTeX-Notation

5.6.1 Ziele und Kennzeichen

Bekannt ist, dass nur die einfachsten mathematischen Zeichen auf der Computertastatur vorhanden sind. Um komplizierte Formeln der Mathematikschrift in den Computer eingeben zu können, bedarf es spezieller Programme, den Formeleditoren. Ein bekanntes Beispiel ist der Formeleditor, der in Microsoft Word integriert ist. Er erlaubt das Einfügen der meisten grafischen Mathematikzeichen mittels der Maus.

Alternativ dazu wurde von Donald E. Knuth 1982 das Textsatzsystem TEX entwickelt und 1984 von Leslie Lamport zum Markopaket LaTeX erweitert.²³⁷

Mit Hilfe der LaTeX-Notation können mathematische Ausdrücke jeglicher Art in linearisierter Form allein über die Computertastatur eingegeben werden und mit Hilfe spezieller Software auch wieder in ihre grafische Darstellungsform rücktransformiert werden.²³⁸ Vorteilhaft ist, dass diese Notation auf fast allen Rechnersystemen nahezu problemlos eingesetzt werden kann. Viele wissenschaftliche Veröffentlichungen, u.a. im Internet, basieren auf dieser alternativen Eingabeform.²³⁹

Von Ulrich Kalina²⁴⁰ (Studienrat Deutsche Blindenstudienanstalt Marburg) stammt die Idee, diese Alternativschreibweise als Mathematikschrift für blinde Menschen einzusetzen.

Die Nutzung des Formel-Editors mittels der Maus zur Eingabe grafischer Mathematikzeichen kommt für blinde Nutzer/innen per se nicht in Frage. Mit der entwickelten Notation haben sie jedoch, ebenso wie sehende Nutzer, die Möglichkeit sämtliche Zeichen der Mathematikschrift gemäß den Notationsregeln alternativ nur über die Computertastatur einzugeben.

²³⁷ vgl. Knappen 1997, Vorwort S. XIX

²³⁸ Diese Eingabealternative beschränkt sich nicht nur auf mathematische Ausdrücke, sondern ebenso auf gestalterische Textelemente wie Tabellen, Gliederungen, Fußnoten, Schrifttypen usw.. Derartige Elemente können auf herkömmliche Art und Weise nur mittels der Maus über einen Editor oder- bei entsprechender Programmierung- mittels einer kompliziert zu merkenden Tastenkombination eingegeben werden.

²³⁹ vgl. Knappen 1997, S. 1

²⁴⁰ vgl. z.B. Kalina 1993, 1997

Darstellung von Ziffern und Zahlen

Da auch diese Notation auf dem ASCII-Zeichensatz basiert, brauchen Ziffern und Zahlen nicht extra codiert werden, sondern können über die Computertastatur direkt eingegeben werden.

Beispiele²⁴¹

mathematischer Term	LaTeX-Zeichenfolge ²⁴²	Brailleausgabe
$f(x) = 5x + 3$	<code>f(x) = 5x + 3</code>	<code>f(x)=5x+3</code> Kontrolle
$\frac{(a+b)}{(a-b)}$	<code>\frac {a + b} {a - b}</code>	<code>\frac{a+b}{a-b}</code>
$\sqrt{a+1} - \sqrt[3]{8}$	<code>\sqrt{a+ 1} - \sqrt [3] {8}</code>	<code>\sqrt{a+1}-\sqrt[3]{8}</code>
$a^2 + c^3$	<code>a^2 + c^3</code>	<code>a^2+c^3</code>

5.6.2 Einsatz in der Blindenpädagogik

Lernaufwand / Lese- und Schreibgeschwindigkeit

Von Vorteil ist, dass nur ein begrenzter Teil der definierten Symbole, die in der Hochschulmathematik verwendet werden, für die Schulmathematik notwendig sind. Da die meisten Befehle intuitiv verstanden werden, Kalina²⁴³ spricht von mnemonischen Gesichtspunkten, und LaTeX logisch strukturiert ist und mit wenigen Regeln auskommt, werden diese in der Regel relativ problemlos von blinden Schülern und Schülerinnen beherrscht. Allgemein verständliche Kürzel und das Voranstellen der notwendigen Befehlswoorte vor die eigentlichen mathematischen Ausdrücke ermöglichen das sequentielle

²⁴¹ Die Beispiele wurden von mir anhand der definierten Notationsregeln in der angegebenen Grundlagenliteratur abgeleitet.

²⁴² Der Bruchstrich wird durch den Befehl `\frac` dargestellt, der seinerseits den Zähler vom Nenner trennt.

Das Wurzelzeichen wird durch den Befehl `\sqrt` dargestellt, Radikand und Wurzelexponenten werden zur Kennzeichnung in definierte Klammern gesetzt.

Die Linearisierung von Zeichen, die von der Grundlinie abweichen, wird mit dem Zirkumflex „^“ eine Hochstellung und mit dem Unterstrich „_“ die Tiefstellung angekündigt. Geschweifte Klammern kennzeichnen komplexere Terme.

²⁴³ vgl. Kalina 1998, S. 92

Lesen und verbessern die Lesbarkeit.²⁴⁴ Einige der von mir befragten Sonder- und Regelschullehrer verschiedener Bundesländer setzen LaTeX im Mathematikunterricht ein.

Kritisiert von Betroffenen und Fachleuten²⁴⁵ wird aber immer wieder die Länge und die mitunter recht klobige Codierung der LaTeX-Notation. Besonders hervorgehoben wird dabei, dass sich dieses Merkmal negativ auf die Übersichtlichkeit und sequentielle Leseweise auswirkt. Des weiteren vermissen sie zusätzlich zu den Klammern weitere strukturierende Elemente.

Im Vergleich mit der Stuttgarter Notation ist sie insbesondere in der Vektorrechnung viel umständlicher.²⁴⁶

Da ein Buchdruck für eine Blindendruckzeile maximal 36 Braillezeichen zulässt, kann die Übersicht vor allem bei Formeln, die über eine Zeile hinausgehen, negativ beeinträchtigt sein.²⁴⁷ Dies trifft vor allem auf komplexere mathematische Ausdrücke zu.

Da LaTeX aber für einen anderen Zweck entworfen wurde, ist die Codierung von mathematischen Ausdrücken nicht auf minimale Länge der codierten Ausdrücke optimiert.

Ein spezielles, an der TU Dresden entwickeltes Lösungskonzept greift diesen Kritikpunkt auf und versucht das Problem zu verringern: So soll prinzipiell zur Minimierung der Ausdruckslänge die Möglichkeit bestehen, Befehle umzubenennen und Abkürzungen zu verwenden. Statt „`\frac`“ als Darstellungsform des Bruchstriches kann dieser durch den kürzeren Befehl „`\f`“ ersetzt werden. Ein entsprechendes Makro-Paket wurde an der TU entwickelt und erfolgreich erprobt. Mittels des Konvertierungsprogramms kann eine Übertragung originaler LaTeX-Texte verkürzt werden und umgekehrt.²⁴⁸

Nicht zu unterschätzen ist ein weiteres Argument, das dem Einsatz der LaTeX-Notation kritisch gegenüber steht. Betroffene²⁴⁹, führen auf, dass hier, im Gegensatz zur Stuttgarter Mathematiksschrift, bereits kleine Fehler zur Unleserlichkeit der mathematischen Ausdrücke führen.

²⁴⁴ e.b.d.

²⁴⁵ vgl. z.B. Teilnehmern/Teilnehmerinnen des Kongresses für Blinden- und Sehbehindertenpädagogen und –pädagoginnen Soest 1999

²⁴⁶ persönliche Angaben

²⁴⁷ vgl. Lorenz (b), S. 56

²⁴⁸ vgl. Universität Karlsruhe; <http://www.elvis.inf.tu-dresden.de/asc2html/ams/h-000001.htm>

²⁴⁹ vgl. Kongresses für Blinden- und Sehbehindertenpädagogen und –pädagoginnen Soest 1999

Unterrichtsmaterialien

Zur Zeit gibt es ebenfalls schon eine Reihe von Projekten, deren Ziel die Produktion elektronischer Mathematikbücher“ auf der Basis von LaTeX ist.

Nutzungsmöglichkeiten des Computers

Da ein Großteil der blinden Schüler/innen die Eingabe von Daten über die Computertastatur bereits in sehr jungen Jahren gelernt hat, dürfte die Nutzung der Notation unter diesem Aspekt kaum größere Probleme bereiten. Mittels der strukturinternen Gegebenheiten der Mathematiksschrift können die Eingaben dann selbstständig über die Braillezeile kontrolliert werden.

5.6.3 Einsatz in der Integrationspädagogik

Lernaufwand

Die relativ leicht zu merkende Codierung, auf die bei der Entwicklung besonderer Wert gelegt wurde, erleichtert das Erlernen der Notation. Dies gilt gleichermaßen für blinde, hochgradig Sehbehinderte und Sehende. Oftmals kann die Bedeutung der einzelnen Befehle zur Darstellung mathematischer Zeichen unmittelbar ihrer Bezeichnung entnommen werden. Obwohl die „Kommandosprache auf den ersten Blick vielleicht etwas kryptisch wirkt“,²⁵⁰ kann mit ihr, nach einer kurzen Einarbeitungsphase, sehr effektiv gearbeitet werden.

Da sie zudem schwerpunktmäßig nicht den Inhalt des mathematischen Ausdrucks, sondern vielmehr sein Aussehen beschreibt, ist diese Schrift auch leichter von Nicht-Mathematikern zu handhaben.²⁵¹ Speziell im Alltag sind davon z.B. Mitschüler/innen, Eltern, Betreuer usw. betroffen.

Negativ in der Praxis wirkt sich jedoch die bereits erwähnte Länge komplexerer mathematischer Ausdrücke aus, die häufig nur durch eine große Anzahl von ASCII-Zeichen/Kombinationen dargestellt werden können.

Förderlich wirkt sich die Tatsache aus, dass LaTeX bereits seit Jahren international eingeführt und anerkannt ist. Demgemäß liegt entsprechende Fachliteratur in vielfacher Ausführung vor, die von Sehenden als Einführungsliteratur oder zum Nachschlagen genutzt werden kann.

²⁵⁰ Abdelhamid 1992, Vorwort S. 5

²⁵¹ vgl. Betz, Kalina 1998, S.333

Zudem sind Realschulprüfungen in LaTeX sind bereits vorhanden.²⁵²

Möglichkeiten der simultanen Darstellung in Braille- und Schwarzschrift

Die Notation bietet einen enormen Vorteil für den Einsatz im Integrationsunterricht. Mittels spezieller Transformationsprogramme, die sich seit Jahren bewährt haben und kostenlos zu beziehen sind, können derart eingegebene Daten, quasi auf Knopfdruck, wieder in die den Sehenden vertraute grafische Darstellungsform rückgeführt werden. Die schriftliche Kommunikation mit Personen, die weder die Brailleschrift noch die Notationsregeln beherrschen, ist somit nahezu problemlos durchführbar. Wenn das Transformierungsprogramm genutzt wird, brauchen sehende Mitschüler/innen keinerlei LaTeX-Kenntnisse.

Auch die Umsetzung von Formeln nach Latex, wie man sie aus dem Formeleditor von Winword kennt, ist einfach und umsonst zu haben: Das Programm Texaide der Firma Design Science (www.mathtype.com) leistet genau dies.

Mittels der LaTeX-Notation lassen sich inhaltsgleiche Arbeitsblätter für blinde und sehende Schüler/innen im Vergleich zu den anderen Notationen relativ einfach und effektiv gestalten. Die entsprechenden Möglichkeiten sind im Kapitel 6.3 aufgeführt.

²⁵² vgl. Kongresses für Blinden- und Sehbehindertenpädagogen und –pädagoginnen Soest 1999
Protokoll der Tagung des Verbandes der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen und –pädagoginnen

5.7 Auswahl einer Mathematikschrift für den Integrationsunterricht

Aus den obigen Ausführungen geht hervor, dass zur Zeit mehrere Mathematikschriften existieren und im Unterricht eingesetzt werden. Sie wurden aufgrund spezifischer Bedürfnisse der jeweiligen Zielgruppe und mit differierenden Zielvorstellungen zu unterschiedlichen Zeiten entwickelt. Jede von ihnen besitzt spezielle Stärken und Schwächen.

Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es in Deutschland keine verbindlichen und einheitlichen Richtlinien oder Empfehlungen der Kultusministerkonferenz bezüglich des Einsatzes von computergerechten Mathematikschriften.²⁵³

Die Situation innerhalb der Schulpraxis entspricht diesem Defizit. Wie aus der Umfrage hervorgeht, setzen viele Schulen noch die Marburger Notation ein. Andere Schulen nutzen die Stuttgarter Mathematikschrift bzw. die LaTeX-Notation. Keiner der von mir befragten Pädagogen verwendet in seinem Unterricht die Karlsruher Mathematikschrift.

Uneinheitlichkeit herrscht auch im Integrationsunterricht. Allerdings beschränkt sich hier die Auswahl auf die Stuttgarter Mathematikschrift und die LaTeX-Notation.

Die Situation unterscheidet sich in den einzelnen Bundesländern.

In Baden-Württemberg wird sowohl die Stuttgarter als auch die LaTeX-Notation eingesetzt. So ist z.B. innerhalb des Integrationsbereiches der Nikolauspflanze in Stuttgart die Wahl der Notation abhängig vom benutzten Betriebssystem. Auf der DOS-Ebene wird die SMSB verwendet; wenn mit Windows-Programmen gearbeitet wird, fällt die Wahl auf die LaTeX-Notation. Ein Integrationslehrer gab vor allem die Systemunabhängigkeit von LaTeX als großen Vorteil gegenüber der SMSB an.

Bayrische Integrationslehrer/innen werden von Frau Rast²⁵⁴ betreut und setzen demgemäß im Unterricht die Stuttgarter Notation ein. Marburger Sonderpädagogen beraten Integrationslehrer dahingehend, die LaTeX-Notation einzusetzen.²⁵⁵ Andere Länder befinden sich nach Aussagen der Integrationslehrerin noch in der Versuchsphase.

Die Situation wird durch die Nutzung von „Privatmathematikschriften“ verschärft, die sich speziell im Integrationsunterricht durchgesetzt hat. Dabei werden notwendige Regeln jeweils

²⁵³ vgl. Kalina 1998, S. 78; Kalina 1999; <http://www.bildung.hessen.de/sform/sonder/blind/hilfsmitt.htm>

²⁵⁴ Rast, persönliche Angaben

²⁵⁵ e.b.d.

zwischen blinden Schülerinnen/Schülern und Mathematikfachkräften individuell „ausgehandelt“.²⁵⁶ Je nach aktuellem Bedarf werden dabei neue mathematische Symbole spontan erfunden.²⁵⁷

Die negativen Konsequenzen der Orientierungslosigkeit und Unverbindlichkeit bezüglich der eingesetzten Mathematikschrift liegen auf der Hand. Schulwechsel sowie weiterführende Ausbildungen im Beruf werden künstlich erschwert. Da die Systeme untereinander auch nicht kompatibel sind, wird die Kommunikation zwischen den Anwendern untereinander und mit Sehenden zusätzlich belastet.²⁵⁸

Ein weiterer Nachteil der existierenden Uneinheitlichkeit ist in der Beschaffung von Lehrmaterialien zu sehen. Der Einsatz verschiedener Mathematikschriften macht den Druck verschiedener Mathematikbücher erforderlich. Da sich der relativ kleine Adressatenkreis nun auf verschiedene Produkte verteilt, lohnt sich für die Druckereien die Auflage von entsprechenden Schulbüchern kaum noch²⁵⁹ (vgl. Kapitel 6).

Unmittelbar Auswirkungen dieser Situation ergeben sich auch auf die Erstellung mathematischer Lernprogramme (vgl. Kapitel 7) und die Gestaltung von Web-Seiten (vgl. Kapitel 8).

Die Notwendigkeit der Einigung bezüglich des Einsatzes eines einheitlichen und allgemein verbindlichen Systems ist also unmittelbar gegeben. Bisher konnte jedoch weder in Expertengesprächen noch auf Fachtagungen eine umfassende Einigung erzielt werden.

5.7.1 Die Marburger Initiative

Aufgrund der oben aufgeführten Verschiedenartigkeit bezüglich des Einsatzes einer Mathematikschrift wurde an der BLISTA (Blindenstudienanstalt) in Zusammenarbeit mit der Carl-Strehl-Schule in Marburg ein schulpraktisch orientiertes Projekt eingerichtet. Die folgenden Ausführungen beruhen auf Veröffentlichungen Ulrich Kalinas und Brigitte Betz²⁶⁰, die als unmittelbar Betroffene von den Aktivitäten innerhalb des Projektes berichten. Eine Empfehlung bezüglich der Auswahl einer einheitlichen Mathematikschrift ist das erklärte Ziel der Initiative. Diese soll sich als Ergebnis einer breit angelegten Diskussion

²⁵⁶ vgl. Degenhardt 1999; <http://www.erzwiss.uni-hamburg.de/inst05/blindseh/forschung/braille/braille.htm>

²⁵⁷ vgl. Betz, Kalina 1998, S. 329

²⁵⁸ vgl. Kalina 1997, S. 1; Kalina 1998, S. 78

²⁵⁹ vgl. Betz, Kalina 1998, S. 329

²⁶⁰ vgl. Betz, Kalina 1998, S. 329, 330; Kalina 1997, S. 4

herauskristallisieren. Angestrebt wird eine wissenschaftliche Begleitung des Projektes zur Beratung, Dokumentation und Verallgemeinerung der Ergebnisse.

Im Rahmen des 32. Kongresses der VBS 1997 wurden dabei die drei oben charakterisierten Mathematikcomputerschriften als Diskussionsgrundlage festgelegt. Besonderer Wert wurde dabei auf die Einbeziehung unmittelbar Betroffener und die Transparenz sämtlicher Argumente und Werte gelegt. Eine vom DBV und VBS gemeinsame Expertise sollte in Auftrag gegeben werden, in der die unterschiedlichen Mathematikschriften objektiv bezüglich ihrer Eignung überprüft werden. Gedacht war dabei z.B. an eine fachlich kompetente Hochschuleinrichtung, die durch Vertreter anderer Bildungseinrichtungen unterstützt wird. Eine Diskussion der Zwischenergebnisse mit Betroffenen wurde angestrebt.

Trotz Nachfrage ist es mir nicht gelungen, das Ergebnis des Kongresses zu erfahren.

Kalina²⁶¹ macht den Vorschlag einer in drei Schritten ablaufenden Untersuchung, deren charakterisierende Merkmale im folgenden aufgezeigt werden sollen.

In einem ersten Schritt sollen zunächst Kriterien gesammelt werden, die die Grundlage der Bewertung der einzelnen Mathematikschriften bilden.

In einem zweiten Schritt werden die Kriterien bezüglich der Bedeutsamkeit für verschiedene Anwendungsgruppen, z.B. Schüler/innen der Grundschule, der Sekundarstufen I und II, Studentinnen/Studenten und Berufstätige geordnet, gewichtet und verglichen.

Der dritte Schritt beinhaltet die Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse und schließt mit einer abschließenden Empfehlung von Seiten des DBV und VBS ab.

5.7.2 Entscheidungskriterien

Bis zur Herausgabe dieser (verbindlichen) Empfehlung zum Einsatz von Mathematikschriften, die den betroffenen Lehrkräften bei ihre Entscheidung bei der Auswahl einer Mathematikschrift helfen könnten, werden wohl noch einige Jahre vergehen. Bis dahin muss die betroffene Mathematiklehrerin/der betroffene Mathematiklehrer mit Unterstützung des betreuenden Sonderpädagogen selbst entscheiden. Besonders zwei Aspekte sollten meines Erachtens diesen Entscheidungsprozess beeinflussen.

I: Welche Anforderungen stellt die Mathematikschrift an blinde Schüler/innen? Ist sie leicht zu erlernen, kann an Vorkenntnisse angeknüpft werden oder gibt es spezielle Probleme, die ihren Einsatz in Frage stellen? Insbesondere muss auf die Kürze und Kompaktheit der Schrift,

²⁶¹ vgl. Kalina 1997, S. 4, 5

sowie auf die Anzahl der notwendigen Regeln geachtet werden. Des Weiteren sollte beachtet werden, welche Fähigkeiten dabei im Umgang mit dem Computer vorhanden sein müssen.

II: Kann die Mathematikschrift im Integrationsunterricht, wie Kalina²⁶² es formuliert, als „Brücke zur Kommunikation“ zwischen Sehenden und Blinden computerunterstützt eingesetzt werden?

Dieser Aspekt kann auf zwei verschiedenen Ebenen betrachtet werden. Auf der ersten Ebene muss geprüft werden, wie hoch der Aufwand ist, den sehende Mitschüler/innen bzw. Lehrkräfte aufbringen müssen, um die Schrift zu lernen.

Wichtiger für den Einsatz im Integrationsunterricht erscheint mir die zweite Ebene. Existieren bereits Konvertierungsprogramme, die es Sehenden erlauben, diese Schrift in gewohnter Art und Weise zu lesen?

Die Entscheidung sollte meines Erachtens zugunsten einer der drei standardisierten Schriften erfolgen. Es kann nicht Ziel eines Integrationsunterrichtes sein, mittels der Benutzung einer individuellen, nicht standardisierten Schrift der Schülerin/dem Schüler den Übergang auf eine andere Schule oder in den Beruf zusätzlich zu erschweren. Standardisierte Schriften haben den Vorteil, dass die Kommunikation zwischen den Anwendern wesentlich einfacher und effektiver ist, als dies bei einer hohen Anzahl verschiedener individueller Schriften der Fall sein könnte.

An dieser Stelle kann und soll keine allgemeingültige Empfehlung bezüglich der Auswahl einer Mathematikschrift für den Integrationsunterricht gegeben werden.

Im Integrationsunterricht muss die Entscheidung individuell für jede Schülerin/jeden Schüler getroffen werden. Dabei ist das Alter der Schülerin/des Schülers ebenso zu berücksichtigen wie Vorerfahrungen und Vorkenntnisse, technische Ausstattung der Schule bzw. der häuslichen Umgebung, das Vorhandensein von entsprechenden Unterrichtsmaterialien, eigene Vorerfahrungen, individuelle Besonderheiten usw..

Es versteht sich wohl von selbst, dass die einmal getroffene Entscheidung verbindlich ist. Es darf z. B. nicht sein, dass bei der Bruchrechnung LaTeX verwendet wird, während dann bei der Potenzrechnung die Karlsruher Notation genutzt wird usw..

Eine Verwendung verschiedener Notationen würde nur zur Verwirrung und unnötigem Lernaufwand führen. Wenn man bedenkt, wie viele verschiedene Punktsschriften (von der Vollschrift, Mathematikschrift, über die Kurzschrift bis zum Eurobraille) während der

²⁶² vgl. Kalina 1997, S. 1

Schulzeit von blinden Schülerinnen und Schülern per se schon gelernt werden müssen, ist diese Forderung um so bedeutsamer.

5.7.3 Persönliches Resumé

Würde ich betroffene Lehrkraft mit der integrativen Beschulung einer Schülerin/eines Schülers ohne Vorerfahrungen gemäß einer der Notationen betraut, würde ich mich für die LaTeX-Notation entscheiden. Für meine Entscheidung spricht insbesondere das Argument der Möglichkeit der parallelen Darstellung einer Textvorlage als Punktschriftversion und als Schwarzschriftversion gemäß der gewohnten Schreibweise. Ich stimme dabei mit Kalina²⁶³ überein, dass diese Notation als Kommunikationsbrücke zwischen normalsichtigen und blinden Schüler/innen gegenüber den anderen Notationen ganz klare Vorteile bietet. Es versteht sich von selbst, dass diese von der Lehrkraft immer wieder angeregt und in verschiedenen Unterrichtssituationen gefördert werden muss.

M.E. ist gerade dieser Aspekt für den Einsatz einer Mathematikschrift im integrativen Unterricht von elementarer Bedeutung. Dies gilt ebenso für die Notwendigkeit der fachlichen Kommunikation in zukünftigen Berufs- und Ausbildungssituationen.

Zudem basiert die Notation auf dem Eurobraillezeichensatz, der im Rahmen des zunehmenden Einsatzes des PCs zukünftig wohl immer bedeutsamer werden wird. Hier muss nicht ein abweichender 8-Punkt-Zeichensatz, wie bei der Stuttgarter Notation, zusätzlich erlernt werden.

Gegenüber der Karlsruher Notation hat LaTeX zudem den Vorteil, dass bereits Unterrichtsmaterialien vorhanden sind.

Zudem können, wie bereits erwähnt, vorhandene Transformationsprogramme die Arbeitsblattgestaltung für alle Schüler/innen einer Integrationsklasse ungemein erleichtern.

Die oben aufgeführte Entscheidung ist als persönliches Resumé einer intensiven Auseinandersetzung mit verschiedenen Mathematikschriften zu sehen. Eine allgemeingültige Empfehlung kann und soll an dieser Stelle nicht gegeben werden. Hier sind ausführliche vergleichende Untersuchungen unter Einbeziehung von Betroffenen und Fachleuten, wie es die Marburger Initiative anstrebt, notwendig. Im Rahmen einer dreimonatigen Examensarbeit kann dies nicht realisiert werden.

²⁶³ vgl. Betz, Kalina 1998, S. 328

Mir ist klar, dass andere Lehrkräfte und Betroffene aufgrund einer differierenden Schwerpunktlegung der Argumente zu anderen Entscheidungen kommen können. Die Nutzung verschiedener Notationen innerhalb der Schulpraxis und die beschriebenen Schwierigkeiten beim Einigungsprozess zeigen dies in eklatanter Weise.

6 Computerunterstützte Erstellung von Unterrichtsmaterialien

Inwieweit der Computer die Lehrkraft bei der Erstellung von Unterrichtsmaterialien für blinde und sehbehinderte Schüler/innen effektiv unterstützen kann, wird im vorliegenden Kapitel kritisch unter die Lupe genommen. Zunächst erfolgt allerdings ein Problemaufriss, der die Notwendigkeit der Erstellung von Unterrichtsmaterialien, respektive Arbeitsblättern, deutlich vor Augen führt.

Ein spezieller Kriterienkatalog mit detaillierten Angaben zur Textvorbereitung, die bei der Erstellung sehbehinderten- und blindengerechten Arbeitsblättern zu beachten ist wird im Anschluss aufgeführt. Mir ist bewusst, dass es sich bei der Beachtung der aufgeführten Kriterien nicht um eine computerspezifische Obliegenheit handelt. Die Kriterien sind bei jeder Art der Arbeitsgestaltung, sei es auf traditionellem Wege oder computerunterstützt, zu beachten. Die Nutzung des Computers kann aber auch hier- wie aufgeführte- Arbeitsprozesse erleichtern. Da sie zudem bei der konkreten Unterrichtsvorbereitung eine wesentliche Rolle spielen, möchte ich sie hier aufzeigen.

Da es sich, wie bereits in Kapitel 3 aufgezeigt wurde, bei der Erstellung von Punktschrifttexten und Schwarzdruckvorlagen um zwei sich grundsätzlich unterschiedliche Vorgehensweisen handelt, die zudem von höchst differierenden Ausgangssituationen geprägt sind, erfolgt auch hier eine getrennte Darstellungs- und Betrachtungsweise.

Möglichkeiten der auditiven Datenwiedergabe und Kriterien zur Erstellung von Disketten werden anschließend kurz angerissen.

In einer Art Exkurs werden am Ende des Kapitels Möglichkeiten der computerunterstützten Schulbuchproduktion aufgezeigt.

Empirische Untersuchungen aus dem Jahre 1992²⁶⁴ wiesen ein Versorgungsdefizit bei sehbehindertengerechter Unterrichtsmaterialien nach.

Texte im Großdruck waren auf dem Buchmarkt, wenn überhaupt vorhanden, in der Regel nicht hinreichend vergrößert. Weitere Adaptionen gemäß sehbehinderten spezifischer Bedürfnisse (wie die typografische Anpassung der Buchstaben usw.) waren selten zu finden.

²⁶⁴ vgl. Zeun 1998 (b), S. 162, vgl. auch Tanner 1985, S. 14

Dieses Defizit machte sich auch bei benutzen Textvorlagen im Unterricht bemerkbar. In der Regel erhielten die Schüler/innen lediglich vergrößerte Vorlagen aus Buchtexten. Da die meisten Schulen nicht mit Farbkopierern ausgestattet waren, gingen zudem oft wichtige sinntragende Informationen bei der Vergrößerung der Materialien verloren.

Die Situation von Studentinnen und Studentinnen bezüglich der benutzten Studienmaterialien unterschied sich nicht wesentlich von der der Schüler/innen.

Die aufgeführten Defizite konnten meines Wissens innerhalb der letzten Jahre, sieht man von Projekten an einzelnen Universitäten²⁶⁵ einmal ab, nicht wirklich beseitigt werden.

Erschwerend kommt hinzu, dass Blindendruckereien staatliche Mittel gestrichen wurden. Um Kosten einzusparen, wird demzufolge in vielen Einrichtungen auf den Einsatz einer pädagogischen Fachkraft zur Textvorbereitung (z.B. einer sorgfältigen Beschreibung von Bildern und Grafiken) verzichtet.²⁶⁶ Die Folgen dieser Maßnahmen in Bezug auf die Schulbuchqualität liegen auf der Hand.

Im gemeinsamen Unterricht tritt das geschilderte Problem in verschärfter Form auf. Aufgrund der in den letzten Jahren zunehmenden Zahl integrativ beschulter blinder und sehbehinderter Schüler/innen hat sich die Anzahl der benötigten unterschiedlichen Schulbücher um ein Vielfaches erhöht. Infolge der Lern- und Lehrmittelfreiheit in Deutschland ist dabei jede Schule berechtigt, Schulbücher ihrer Wahl zu nutzen.

Entsprechende Sehbehinderten- und Blindenbücher werden daher meist nur in geringer Auflagenzahl bzw. als Einzelexemplar benötigt. Bei derart niedrigen Auflagezahlen rentiert sich der teure technische und pädagogische Aufwand für viele Druckereien nicht.

Lehrer/innen, die sehbehinderte oder blinde Schüler/innen zu unterrichten haben, stehen also bezüglich der Beschaffung notwendiger Unterrichtsmaterialien häufig vor Problemen.

Als Ausweg aus diesem versorgungsmäßigen Engpass erstellen viele Betroffene benötigte Unterrichtsmaterialien, insbesondere Arbeitsblätter²⁶⁷, selbst.

²⁶⁵ Sehgeschädigte Studentinnen und Studenten, die Materialien im Großdruck benötigen, werden an einzelnen Universitäten durch eingerichtete Übersetzungsdienste unterstützt. So wurde z.B. an der Universität Dortmund in den Jahren 1993 bis 1997 ein Projekt (Großdruck-Umsetzung für Sehbehinderte) durchgeführt (vgl. Zeun 1998 a/b), das mit Hilfe von Landesmitteln u.a. Sehbehinderte mit Studienmaterialien im Großdruck versorgte. Der Übersetzungsdienst kann auch heute noch in Anspruch genommen werden. Zudem wurden, in Zusammenarbeit mit Lehrern, einzelne Schulbücher umgesetzt.

Die Universitäten Dresden und Karlsruhe haben ähnliche Übersetzungsdienste und Projekte eingerichtet. Aus einem dieser Projekte ist die Karlsruher Mathematikschrift entstanden, die blinden Studentinnen und Studenten das Informatikstudium erleichtern soll. (vgl. Kapitel ###)

²⁶⁶ vgl. Harres 1998, S. 100

²⁶⁷ Mit der Bezeichnung "Arbeitsblatt" möchte ich alle schriftlichen Arbeitsunterlagen mit Ausnahme von Büchern zusammenfassen, die den Schülerinnen und Schülern zur Erschließung neuer Lerninhalte oder zur

Bei diesem Prozess kann der Computer wesentlich zur Arbeitserleichterung beitragen. Möglichkeiten und Grenzen seines Einsatzes werden im folgenden aufgezeigt.

Ein weiterer Einsatzbereich von Computern ist die professionelle computerunterstützte Buchproduktion. Exemplarisch am Beispiel der Erstellung von Blindenschulbüchern werden anschließend kurz Chancen und Grenzen der Computernutzung beschrieben.

Da bei der Erstellung von Großdruckvorlagen und Punkschrifttexten mitunter sehr große Differenzen auftreten können und unterschiedliche Kriterien zu beachten sind, erfolgt eine getrennte Darstellung bezüglich der Möglichkeiten und Grenzen bei der Arbeitsblatterstellung.

6.1 Möglichkeiten und Grenzen der computerunterstützten Arbeitsblatterstellung für Sehbehinderte

Bei der Erstellung von Arbeitsblättern für Sehbehinderte kann der Einsatz des Computers der betroffenen Lehrkraft einige zeitaufwendige Arbeitsschritte abnehmen. Als Hilfs- und Arbeitsmittel bei der Erstellung von Arbeitsblättern kann der Computer in verschiedenen Phasen eingesetzt werden und damit, wie im folgenden aufgeführt wird, zu einer effizienten Unterrichtsvorbereitung beitragen.

Indem bereits existierende Daten aus vorhandenen Vorlagen oder aus dem Internet (vgl. Kapitel 8.1.1) genutzt werden, kann die zeitaufwendige Text- und Grafikproduktion wesentlich verkürzt werden. Zusätzlich lassen sich aus dem Internet heruntergeladene Daten in eigene Vorlagen integrieren.

Alternativ können vorhandene Druckvorlagen eingescannt werden. Besonders bei längeren Textvorlagen oder komplizierten Grafiken ist diese Methode der manuellen Datenerfassung vorzuziehen. Allerdings hängt die Möglichkeit zur Zeitersparnis wesentlich von der benutzten Texterkennungssoftware des Scanners ab. Je nach Qualität derselben kann nämlich eine intensive Rechtschreibkorrektur notwendig sein. Dass die dabei eingesparte Zeit wieder verloren geht, ist zu bedenken.

Festigung derselben vorliegen. Je nach Intention des Verfassers können sie als reine Informationstexte aufgebaut und/oder, besonders im Mathematikunterricht, als Aufgabensammlung konzipiert sein.

Die Reproduzierbarkeit der digital erfassten Dokumente ist jederzeit möglich. Derart erstellte Vorlagen lassen sich wiederholt nutzen.

Einer der größten Vorteile der computerunterstützten Arbeitsblatterstellung dürfte in der Möglichkeit zur nachträglichen Modifikation digital erfasster Daten liegen. Ganz nach pädagogischen Erfordernissen und persönlichen Vorlieben können diese in Abhängigkeit zu den technischen Gegebenheiten nahezu beliebig verändert werden. So lassen sich z.B. einzelne Textpassagen löschen, Aufgaben und Erklärungen hinzufügen, einzelne Elemente hervorheben oder verschieben.

Für den integrativen Unterricht ist vor allem die Möglichkeit der Erstellung von verschiedenen Arbeitsblättern für normalsichtige und sehgeschädigte Schüler/innen aus einer einzigen Vorlage interessant. Die Arbeitsblätter können wie gewohnt als Schwarzschriftvorlage angefertigt, abgespeichert, ausgedruckt und verwendet werden. Diese lässt sich zusätzlich als Grundlage für die Erstellung sehbehindertengerechter Arbeitsblätter nutzen, indem sie mit spezifischen Adaptationen versehen werden. Gemäß der individuellen behinderungsbedingten Bedürfnisse der potentiellen Nutzer (vgl. Kapitel 1.4.1) können so z.B. Schriftgrößen und -typen problemlos verändert, Kontraste und Farben modifiziert werden. Die entsprechenden Einstellungen, die jeweils individuell an die einzelnen Nutzer anzupassen sind, lassen sich speichern und können bei zukünftigen Produktionen schnell und problemlos wieder aufgerufen werden.

Der Einsatz des Computers bei der Erstellung von Arbeitsblättern ist zwar hilfreich und erspart dem Anwender viel Zeit und Mühe, kann aber die Arbeit eines kompetenten Sonderpädagogen dennoch nicht vollständig ersetzen. Spezifische Arbeitsschritte, die sich infolge der jeweiligen Sehbehinderung der potentiellen Nutzer ergeben, können nach wie vor nur von Fachkräften mit sonderpädagogischer Vorbildung durchgeführt werden. Diese können unter dem Stichwort der „Textvorbereitung“ zusammengefasst werden. Im Speziellen handelt es sich dabei nicht um inhaltliche, sondern um formale Kriterien der Textgestaltung, die dem sehbehinderten Nutzer die Erfassung des Inhaltes erleichtern können. Die dabei zu beachtenden Kriterien ergeben sich aus der individuellen Beeinträchtigung des Sehvermögens und sind demzufolge nicht als absolute Notwendigkeit, sondern als Angebot zu verstehen. Ihre Beachtung und die Art und Weise der Realisierung hängt von den spezifischen Bedürfnissen der Betroffenen ab und kann demzufolge bei verschiedenen Schülerinnen und Schülern deutlich variieren.

Anhand eines Kriterienkataloges, der wie bereits erwähnt, als Anregung zu verstehen ist, soll die notwendige Textvorbereitung nachfolgend charakterisiert werden.²⁶⁸

6.1.1 Sehbehindertengerechte Arbeitsblatterstellung

Die genannten Modifikationen digitalisierter Daten lassen sich technisch relativ leicht realisieren. Alternativ kann die dazu erforderliche Dateneingabe entweder direkt über die Computertastatur oder durch die Einscannung entsprechender Schwarzschriftvorlagen erfolgen.

Die erfassten Daten lassen sich anschließend mittels herkömmlicher Computerprogramme gemäß den Bedürfnissen der potentiellen Nutzer adaptieren und als Farbdruck auf Papier ausdrucken.

Zu beachten ist jedoch, dass es besonders bei Schüler/innen, die einen extrem hohen Vergrößerungsfaktor benötigen, sinnvoll sein kann, das Arbeitsblatt nicht als Schwarzschriftvorlage auszugeben, sondern diese am Computer arbeiten zu lassen. Dies hat den Vorteil, dass zusätzlich eine Vergrößerungssoftware mit all ihren Vorteilen und Möglichkeiten der individuellen Einstellung von Farben, Kontrasten usw. eingesetzt werden kann.

Sämtliche der nachfolgend aufgelisteten Kriterien sind für jemanden, der sich mit der Textverarbeitung auskennt, relativ problemlos durchzuführen. In der Regel reicht dazu ein

²⁶⁸ Inwieweit Empfehlungen und Richtlinien zukünftig das Erstellen der sehgeschädigtengerechten elektronischen Textgestaltung reglementieren werden, bleibt abzuwarten. Für Deutschland liegt bisher erst ein Entwurf vor, der auf entsprechenden Festlegungen des internationalen Komitees ICADD basiert. (vgl. Kahlisch, elvis.inf.tu-dresden.de/icadd/artikel.html-22k).

Das Komitee ICADD (International Committee for Accessible Document Design) hat sich als internationale Organisation die Aufgabe gestellt, sehgeschädigten Menschen den Zugang zu elektronisch gespeicherten Informationen zu erleichtern. Zu diesem Zweck werden Standards festgelegt, bzw. vorhandene Standards mit Empfehlungen versehen, die zu einer Verbesserung der Situation beitragen können.

Richtlinien für die Erzeugung elektronisch publizierter Dokumente für Braille, Großdruck und Sprachausgaben wurden 1994 als ISO 12083 festgelegt. Sie sollten von Verlagen bei der Veröffentlichung von Artikeln, Büchern usw. eingehalten werden. Die Empfehlungen basieren auf dem Konzept SGML (Standard Generalized Markup Language), das die Struktur von Informationen beschreibt, aber Spezifikationen zur Layoutgestaltung nicht festlegt. Mittels dieses Ausgangsdokumentes können, die betreffenden Programmierkenntnisse vorausgesetzt, verschiedene Dokumente für unterschiedliche Nutzergruppen konzipiert werden. (vgl. Kahlisch elvis.inf.tu-dresden.de/icadd/artikel.html-22k). Für die Erstellung von sehgeschädigtengerechten Arbeitsblättern bietet sich m.E. diese Vorgehensweise nicht an. Die zur Realisierung notwendigen Fachkenntnisse aus dem Bereich der Informatik können bei Lehrern in der Regel nicht vorausgesetzt werden. Der Aufwand würde in keinerlei Relation zum tatsächlichen Nutzen stehen. Zudem sind entsprechende notwendige Konvertierungsprogramme in der Schule nicht vorhanden.

Anklicken spezieller Menüpunkte in der entsprechenden Leiste des Textverarbeitungsprogramms aus. Eine Speicherung der Einstellungen ist möglich und kann jederzeit wieder abgerufen werden.

Die Qualitätskontrolle im Hinblick auf die erfolgreiche Bewältigung der gestellten Aufgabe kann und muss letztendlich nur vom Betroffenen selbst durchgeführt werden.

In der Praxis wird dies meines Erachtens nur durch eine stetige Zusammenarbeit zwischen der Lehrkraft und dem jeweiligen Schüler/der jeweiligen Schülerin zu erreichen sein. Mittels der Vorlage unterschiedlicher Großdruckversionen kann die Version herausgefunden werden, die die visuelle Inhaltserfassung am besten unterstützt.

Da jede Art der Sehbehinderung von individuellen Merkmalen geprägt ist (vgl. Kapitel 1.1.1), ist davon auszugehen, dass verschiedene sehbehinderte Schüler/innen einer Klasse möglicherweise recht inhomogene Druckversionen benötigen.

6.1.2 Kriterienkatalog zur sehbehindertengerechten Textvorbereitung

Ziel der Textvorbereitung ist es, dem jeweiligen Betroffenen die visuelle Erfassung des Inhaltes zu erleichtern. Dazu müssen einzelne der nachfolgenden Kriterien, je nach Art der individuellen Sehbeeinträchtigung, verstärkt beachtet, andere können vernachlässigt werden.

6.1.2.1 Textelemente

Farben und Kontraste

Eine optimale Auswahl der benutzten Farben und Kontraste kann von der betroffenen Schülerin/dem betroffenen Schüler nur selbst getroffen werden. Die Vorlage verschiedener Versionen kann die Auswahl erleichtern.

Berücksichtigt werden muss, dass Farbenblinde, in Abhängigkeit zur Degeneration von Sehzellen, Farben als Grauschattierung wahrnehmen (vgl. Kapitel 1.1.1). Dementsprechend müssen die Farben so gewählt werden, dass sich ihre Grauwerte gut unterscheiden. Dies ist z.B. bei einem Tiefrot und einem Tiefblau der Fall.

Generell erleichtert ein guter Schwarzdruck Menschen mit einer eingeschränkten Kontrastsensitivität das Erkennen der Textvorlage.²⁶⁹ Die Verwendung von gelbem Papier hat sich in der Praxis aufgrund der starken Blendung als ungeeignet herausgestellt.²⁷⁰

In jedem Fall muss für jede Schülerin/jeden Schüler individuell ausgetestet werden, welche Text- und Hintergrundfarbe seinen Bedürfnissen auch unter verschiedenen Lichtverhältnissen am besten entgegenkommen.

Schriftgröße

Ab einer Zeichendarstellung von 16 Punkt spricht man von Großdruck. Um ähnlich entspannt lesen zu können wie Normalsichtige, kann bei einem Großteil sehbehinderter Schüler/innen die Notwendigkeit einer vergrößerten Textdarstellung gegeben sein. Die geeignete Größe kann wiederum nur durch die Betroffenen selbst ermittelt werden.

Schrifttyp

In der Praxis hat sich die Auswahl eines serifenlosen²⁷¹ Schrifttyps als vorteilhaft erwiesen.

Wie man selbst gut nachvollziehen kann, erleichtert der Schrifttyp „ARIAL“ durch seine klar strukturierte, schnörkellose Gestaltung der Buchstaben das Erkennen.

Darstellung in Arial: **T, F**

Darstellung in Times New Roman: **T, F**

Die Serifen des häufig benutzten Schrifttyps „Times New Roman“ kann Sehbehinderten mitunter das Erkennen der einzelnen Buchstaben erschweren. Aus dem selben Grund sind *Kursivdarstellungen* der Buchstaben ebenfalls zu vermeiden.

Ein konstanter Abstand zwischen den einzelnen Buchstaben bzw. Wörtern kann die Identifizierung derselben vereinfachen und damit dazu beitragen, dass einzelne Buchstabe bzw. einzelne Wörter prägnant voneinander zu unterscheiden sind.

Sind die Abstände zwischen den einzelnen Worten zu groß, wird der Überblick, der durch den häufig geringen Leseabstand schon eingeschränkt ist, zusätzlich erschwert.²⁷²

²⁶⁹ vgl. Fritsch 2000, S. 139

²⁷⁰ vgl. Fritsch 2000, S. 94

²⁷¹ Diese Schrifttypen enthalten keine kleinen abschließenden Striche am Buchstabenkörper.

²⁷² vgl. Tanner 1985, S. 14

Zeilenabstand und Blockabsätze

Ein zu großer Zeilenabstand ist als Orientierungshürde zu verstehen. Als ideal hat sich in der Praxis ein einzeiliger Absatz erwiesen.

Blockabstände sollten so groß sein, dass problemlos erkannt werden kann, dass der Text zu Ende ist. Dies ist besonders bei starken Vergrößerungen wichtig.

Unterstreichungen und Hervorhebungen

Unterstreichungen erschweren das Erkennen der einzelnen Buchstaben. Dies trifft insbesondere auf Buchstaben zu, die die Grundlinie nach unten überschreiten. So sind z. B. die Buchstaben g und q unterstrichen sehr schwer zu unterscheiden: g, q

Als Alternative zur Hervorhebung wichtiger Textelemente hat sich der Fettdruck oder eine Markierung am linken Rand bewährt.

Linksbündiges Schreiben

Besonders bei Schüler/innen mit eingeschränktem Gesichtsfeld, die immer nur kleine Blattausschnitte halbwegs klar erkennen können, sollte der Text linksbündig angeordnet sein. Zentrierte Textpassagen könnten schnell übersehen werden.²⁷³

Textlücken

Punktierte Lücken....., z. B. in Einsetztexten, sind schwierig zu erkennen und sollten durch Linien _____ ersetzt werden.²⁷⁴

Aufzählungen

Ein fetter schwarzer Punkt • erleichtert das Erkennen. Als Alternative bieten sich Einrückungen an.

Überschriften

Überschriften dienen der Orientierungshilfe. Statt Überschriftenebenen durch verschieden große Schriften zu markieren, sollten Nummerierungen vorgezogen werden. Diese können von Sehbehinderten leichter als solche erkannt werden.

²⁷³ vgl. König, Klaus; <http://www.hh.schule.de/blindenschule/studsem/005.htm>

²⁷⁴ vgl. König, Klaus; <http://www.hh.schule.de/blindenschule/studsem/005.htm>

Seitenzahlen und Inhaltsverzeichnis

Eine einheitliche Positionierung der Seitenzahlen am Rand wird weniger häufig übersehen als zentrierte Anordnungen derselben. Eine vergrößerte Fettdruckdarstellung erleichtert das Erkennen.

Aufgrund unterschiedlicher Buchstabengrößen im Original- und Großdrucktext stimmen die Seitenzahlen beider Versionen natürlich nicht immer überein. Wichtig für den integrativen Unterricht ist deshalb eine Kennzeichnung der Originalseitenwechsel mittels einer akribischen Hervorhebung. Zum schnellen Blättern hat sich ihre Positionierung am linken Bildrand als vorteilhaft erwiesen. Nur so kann der sehbehinderte Schüler/die sehbehinderte Schülerin sich im gemeinsamen Unterricht bei Angaben der Seitenzahlen schnell und ohne Hilfe orientieren.

Aus den gleichen Gründen ist ein zusätzliches Inhaltsverzeichnis, das die Original- und die Seitenzahlen der Umsetzung enthält, sinnvoll.

Einrahmungen, farbliches Hinterlegen

Rahmen um Textblöcke, Grafiken usw. können zwar einerseits zur Strukturierung des Dokumentes beitragen, in Einzelfällen können sie sich aber auch negativ auf die Informationsaufnahme auswirken. Dies trifft vor allem in Fällen zu, in denen die Einrahmung als Einheit nicht erfasst werden kann. Ihre Verwendung sollte daher von den individuellen Sehleistungen abhängig gemacht werden. Dies gilt ebenso für die Unterlegung von Textabschnitten mit Hintergrundfarben. Bei einer eingeschränkten Kontrastsensibilität sollte auf sie verzichtet oder auf eine entsprechend kontrastreiche Gestaltung geachtet werden.

6.1.2.2 Grafiken und Bilder

Grafiken werden entweder eingescannt oder mittels spezifischer Programme, z.B. Tabellenkalkulationsprogramme wie Excel elektronisch erstellt. Technisch bereitet ihre Vergrößerung auf dem Bildschirm oder auf dem Papier kein Problem. In Abhängigkeit der jeweiligen Sehbehinderung und der Grafik ist jedoch mitunter eine Nachbearbeitung notwendig. So ist es in Einzelfällen, z.B. zur Kontrastverstärkung, sinnvoll, Konturen oder ganze Flächen (manuell) nachzuzeichnen bzw. andere Farben zu wählen. Manchmal können Schraffuren ebenfalls zur Erleichterung der eindeutigen Erkennbarkeit beitragen.

In Abhängigkeit der Grafik oder des Bildanteils kann eine Vereinfachung der Elemente, Linienführungen oder das Hinzufügen von Hervorhebungen wie Einkreisungen, Pfeilen usw. zur Verbesserung der Strukturierung beitragen.²⁷⁵

²⁷⁵ vgl. Zeun 1998a, S. 198

Ist das Erkennen einer Grafik oder eines Bildes zu mühsam, kann sich dies negativ auf die Motivation und auf die Informationsaufnahme auswirken. In Einzelfällen kann deshalb eine zusätzliche Beschreibung des Sachverhaltes angebracht sein.

Eine deutliche Absetzung des Bildes / der Grafik vom Text erleichtert das Erkennen.

6.2 Möglichkeiten und Grenzen der computerunterstützten Erstellung von Arbeitsblättern in Punktschrift

Ebenso wie bei der Erstellung sehbehindertengerechter Arbeitsblätter kann der Computer auch bei der Erstellung von Punktschrifttexten als Hilfs- und Arbeitsmittel eingesetzt werden und zu einer effizienten Unterrichtsvorbereitung beitragen.

Während die Übertragung von reinen Texten aus ASCII-Zeichen in eine Punktschrift technisch kein Problem darstellt, da diese mit Hilfe von speziellen Konvertierungsprogrammen möglich ist, treten bei Bild- und Grafikelementen größere Schwierigkeiten auf. Da die meisten mathematischen Terme jedoch Grafikelemente enthalten, ist eine besondere Vorgehensweise bei der Erstellung von Arbeitsblättern erforderlich, die unten aufgeführt und beschrieben wird.

Die Reproduzierbarkeit der digital erfassten Dokumente ist auch hier jederzeit möglich. Gerade gegenüber der zeitaufwendigen manuellen Erstellung von Brailletexten ist diese Möglichkeit nicht zu unterschätzen. Zwar können Brailletexte auch in speziellen Druckereien vervielfältigt werden, dieser Alternative ist jedoch in der Regel mit einem höheren organisatorischen Aufwand verbunden.

Die bei der Darstellung sehbehindertengerechter Arbeitsblätter aufgeführte Möglichkeit zur nachträglichen Modifikation der digital erfassten Daten ist natürlich auch hier gegeben.

Punktschriftversionen der jeweiligen Schwarzschriftvorlage lassen sich durch Nutzung adäquater Transformierungsprogramme quasi auf Knopfdruck herstellen. Dies dürfte vor allem für Lehrkräfte in Integrationsschulen, die in der Regel die Brailleschrift nicht oder kaum beherrschen, von großem Vorteil sein.

Die Gefahren, die sich aus dieser Arbeitsweise ergeben, sind jedoch nicht von der Hand zu weisen. Kontrollen der erstellten Punktschriftausgaben können diese Lehrer nicht durchführen, dies gilt ebenso für die angefertigten Schülerarbeiten.

Im Gegensatz zur Erstellung von sehbehindertengerechten Arbeitsblättern, deren Adaptationen sich weitgehend auf die formale Gestaltung des Textes /der Grafik beschränkt, erfordert die blindengerechte Arbeitsblatterstellung eine Bearbeitung von Form und Inhalt. Der Einsatz einer Fachkraft mit sonderpädagogischen Kenntnissen zur Textvorbereitung ist

hier ebenso sinnvoll wie notwendig. Dies ergibt sich insbesondere aus der Notwendigkeit der Nutzung einer Mathematiknotation.

Weitere grafische Elemente, wie z.B. Diagramme, Graphen, geometrische Figuren usw. bedürfen entweder einer sorgfältigen Beschreibung oder aber einer alternativen Darstellungsform.

Bei der Erstellung von Punktschrifttexten aufgrund von Schwarzschrifttextvorlagen sollten Inhalte immer unverändert, ungebrochen, ungefiltert und unmittelbar übernommen werden. Eine Übernahme formaler Eigenschaften ist, trotz computergestützter Umsetzung, jedoch technisch nicht immer möglich und auch wahrnehmungspsychologisch nicht in jedem Fall sinnvoll. So können z.B. die farblichen Unterlegungen von Textpassagen, Dokumentstrukturierungen mittels eingefügter Rahmen, Hervorhebungen einzelner Elemente durch Unterstreichungen oder Fettdruck, Verwendungen unterschiedlicher Schriftgrößen und Schrifttypen usw. nicht ohne weiteres transformiert werden. Hier sind Alternativen zu suchen, die einerseits die Strukturierung verdeutlichen, andererseits aber auch die Erfassung des Inhalts nicht künstlich erschweren.

Der nachfolgend aufgeführte Kriterienkatalog nennt Merkmale, die bei der Erstellung blindengerechter Arbeitsmaterialien zu berücksichtigen sind. Er ist als Anregung zu verstehen, um blinden Schülerinnen und Schülern die inhaltliche Erfassung von Texten über die Braillezeile zu erleichtern.

Zu beachten ist, dass bereits heute Programme, wie das Hagener-Braille-System, existieren, die viele der aufgeführten Kriterien automatisch berücksichtigen.²⁷⁶

²⁷⁶ Spezielle Übersetzungsprogramme, wie z.B. das HBS (Hagener-Braille-System) erleichtern die Transformierung von Schwarzschrifttexten in Punktschrift (wahlweise als Kurzschrift, Vollschrift oder Computerbraille). Dabei werden in Word vorgenommene Absatzformatierungen (z.B. Zentrierungen, Einrückungen...) automatisch auch für den Punktschrifttext übernommen. Automatisch wird dabei auch die Orientierungsspalte angelegt. Unterstreichungen müssen per Steuerzeichen eingefügt werden. Ohne diesen Befehl kündigt das Programm durch ein spezifisches Braillezeichen (Punkte 4, 5, 6) nur eine Hervorhebung im Schwarzschrifttext an. Insbesondere für Lehrer/innen existiert die besonders anwenderfreundliche Version (HBS-Easy).

Häufig ist eine Formatierung des Brailletextes noch notwendig, da wie bereits erwähnt, Originaltext und Brailletext aufgrund der unterschiedlichen Größen von ASCII – und Braillezeichen, nicht übereinstimmen.

6.2.1 Kriterienkatalog zur blindengerechten Textvorbereitung

6.2.1.1 Textelemente ²⁷⁷

Abstand zwischen den Wörtern

Auf Blockabsätze wird verzichtet, der Abstand zwischen zwei Wörtern beträgt immer genau ein Leerzeichen.

Hervorgehobene Textpartien

Wie bereits erwähnt, können die meisten Hervorhebungstechniken der Schwarzschrift (Nutzung unterschiedlicher Schriftarten, Schriftgrößen, Farben, Unterstreichungen usw.) nicht übernommen werden. Erfordert der Inhalt aus Gründen der Sachdienlichkeit und zur Erleichterung des Textverständnisses eine Hervorhebung, so kann diese durch ein spezielles vorangestelltes Braillezeichen (Punkte 4,5,6) angezeigt werden. Bei längeren Hervorhebungen sollten zwei Zeichen dem ersten Wort und ein Zeichen dem letzten hervorzuhobenden Wort vorangestellt werden. Für Unterstreichungen müssen alternative Darstellungsmöglichkeiten vereinbart werden.

Orientierungsspalte

Sinnvoll ist die Einrichtung einer Orientierungsspalte, wie sie z.B. von Übersetzungsprogrammen (vgl. Kapitel 6.2) automatisch angelegt wird. Diese sollte am linken Blattrand eingerichtet werden, so dass der eigentliche Text regelmäßig eingerückt beginnt. Diese Spalte enthält Informationen über formale Inhalte des Originaltextes. In ihr kann z. B. mittels des Braillezeichens für den Buchstaben p der Seitenwechsel der Vorlage angezeigt werden. Ebenso können Braillezeichen (Doppelpunkt oder Gleichheitszeichen), vor eine spezifische Zeile gesetzt, eine Unterstreichung derselben kennzeichnen.

Diese Spalte bietet sich zudem besonders für das Einfügen von Marginalien (Nennung von wichtigen inhaltlichen Stichworten) als zusätzliche Orientierungshilfe an.

Es sollte darauf geachtet werden, dass auf der linken Blattzeile zudem noch genügend Freiraum zur Abheftung des Blattes bestehen bleibt.

²⁷⁷ Die Kriterien zur Gestaltung von Textelementen wurden im Drolshagen Seminar „Der PC als Hilfsmittel und Medium im Unterricht mit blinden und sehbehinderten Kindern und Jugendlichen, WS 2000/2001“ aufgeführt, vgl. auch Degengardt u.a. 1996

Absätze

Um Absätze des Originals zu kennzeichnen, werden im Brailletext die Zeichen in der jeweiligen ersten Zeile um zwei oder drei Zeichen eingerückt, eine Leerzeile erübrigt sich damit.

Auflistungsabsätze als Unterabsätze

Die Grundform und Hierarchiestufe dieser Absatztypen ist beizubehalten, wobei jedoch auf die Auflistungselemente wie z.B. den Spiegelstrich im Original verzichtet wird. Die Einrückungsbreite der Textelemente nach bestimmten Vereinbarungskriterien - der Text wird gedanklich in verschiedene Spalten unterteilt - kennzeichnet dabei die Hierarchie der Unterabsätze.

Unterabsätze der ersten Hierarchiestufe werden gekennzeichnet, indem die erste Zeile in der Spaltenposition 1, mögliche Folgezeilen in Position 4 beginnen. Entsprechend werden Unterabsätze der zweiten Hierarchiestufe durch den Beginn der ersten Zeile in der 3. Spalte bzw. 6. Spalte für Folgezeilen gekennzeichnet.

Zitate, die als eingerückte Absätze in der Schwarzschriftvorlage dargestellt werden, können analog übernommen werden; weggelassen wird jedoch die führende und abschließende Leerzeile des Originals.

Die Strukturierung des Textes kann die Erfassung des Inhalts vereinfachen.

Überschriften

Überschriften dienen der Textstrukturierung und werden durch die Voranstellung einer Leerzeile gekennzeichnet. In Abhängigkeit von ihrer Länge erfolgt ihre linksbündige oder zentrierte Positionierung.

Seitenzahlen

Naturgemäß nimmt die Darstellung eines Brailletextes, auch in der 1:1 Übertragung, mehr Raum ein als der entsprechende Schwarzschrifttext. Dieses ist bei der Nummerierung der Seiten zu beachten.

Jede Seite muss mit einer Seitenzahl und zusätzlich mit einer Angabe über die aktuelle wiedergegebene Schwarzdruckseite zu Beginn der untersten Zeile einer Brailledruckseite versehen werden.

Inhaltsverzeichnis

Hilfreich zur Orientierung ist ein sachgerecht aufgebautes Inhaltsverzeichnis, in welches die Seitenzahlen der Brailledruckseiten und der Schwarzdruckseiten aufzulisten sind.

Fußnotentexte

Diese sollten nicht in den laufenden Text integriert (Orientierungsprobleme) oder in Anhängen am Schluss des Textes (erfordert zeitaufwendiges Blättern) positioniert werden. Ideal ist ihre Einfügung im unteren Bereich einer Druckseite.

Tabellen

Wenn möglich, sollte die Tabellenform erhalten bleiben. Ist dies beispielsweise aufgrund einer zu großen Spaltenanzahl nicht möglich, muss die Tabelle sequentiell dargestellt werden. Dabei kann die erste Spalte jeweils mit dem Braillezeichen für das Schwarzschriftzeichen „+“ oder als ausgeschriebenes Wort „plus“ und die zweite Spalte entsprechend mit „-“ bzw. „minus“ gekennzeichnet werden. Die Angabe der jeweiligen Zeile sollte jeweils vorangestellt werden.

6.2.1.2 Mathematische grafische Zeichen

Wie bereits in Kapitel 5 aufgeführt, setzt die Übertragung mathematischer Zeichen die Linearisierung gemäss den Regeln eine Mathematikschrift voraus. Die Erstellung mathematischer Arbeitsblätter kann nur auf Grundlage der im Unterricht verwendeten Mathematiknotation erfolgen. Die Vor- und Nachteile sowie die computertechnischen Voraussetzungen der einzelnen Notationen wurden in dem genannten Kapitel aufgeführt.

Exemplarisch für die Art und Weise der Darstellung gemäß der drei verschiedenen Notationen soll die Schreibweise des Bruchterms $\frac{(2+b)^{n+1} + 5}{2-b}$ aufgeführt werden. Dabei sind die folgenden Zeichen jeweils über die Computertastatur einzugeben.

Stuttgarter Mathematikschrift²⁷⁸: $\uparrow 2 + \beta \mid v + 1 \cdot + 5 \Leftarrow 2 - \beta \Rightarrow$

Karlsruher Mathematikschrift: $((2 + b) * * (n + 1) + 5) / (2 - b)$

LaTeX: $\backslash \text{f r a c} \{ (2 + b) ^ \{ n + 1 \} + 5 \} \{ 2 - b \}$

²⁷⁸ Zu beachten ist, dass die Verwendung der Stuttgarter Notation die Nutzung einer spezifischen Dokumentenvorlage (SMSB.DOT unter Word) voraussetzt, die beim Anlegen einer neuen Datei jeweils aufgerufen werden muss. Außerdem muss ein spezieller Braillezeichensatz (SZBraille) installiert sein.

Spezielle Vorteile der LaTeX-Notation bei der Erstellung von Arbeitsblättern für den Integrationsunterricht werden unten aufgeführt.

Aufgrund der speziellen Voraussetzung ist das Einscannen mathematischer Vorlagen natürlich eingeschränkt. Dies ist nur dann sinnvoll, wenn die Textvorlage gemäss der genutzten Notation erstellt wurde und keine grafischen Elemente enthält.

Mittels installierter spezifischer Software erfolgt die Transformierung der digitalisierten Zeichen in die Punktschrift. Je nach Qualität der benutzten Software ist dabei die Möglichkeit gegeben, diese in Kurzschrift, Vollschrift und/oder Computerbraille zu übertragen.

6.2.1.3 Grafiken und Bilder

Neben den mathematischen Termen müssen auch für weitere grafische Elemente alternative Darstellungsweisen gefunden werden. Verschiedene Möglichkeiten sind denkbar.

Die Grafik kann verbal beschrieben und über die Braillezeile erfasst werden. Diese Alternative ist jedoch meines Erachtens nicht in jedem Fall besonders sinnvoll. So ist es wenig zweckmäßig, die Form eines Kreises verbal zu beschreiben. Jegliche Beschreibung, so verständlich sie auch vorgebracht werden mag, muss zwangsläufig hinter der taktilen Erfassung der Figur zurückstehen. Dies gilt ebenso für viele andere mathematische Inhalte, wie z.B. andere geometrische Formen und Figuren oder grafische Funktionsdarstellungen.

Alternativ lassen sich Grafiken mittels Schwellpapier erstellen, die taktil zu erfassen sind. Unter Nutzung entsprechender Software können sie wie gewohnt erstellt werden. Der Ausdruck der entsprechenden Vorlage erfolgt mittels eines Nadeldruckers. Nach der Erwärmung des Schwellpapiers im Schwellpapierfuser sind die schwarzen Flächen angeschwollen, so dass sie ertastet werden können. Dieses Verfahren bietet sich u. a. innerhalb des Mathematikunterrichts speziell für die oben genannten Inhalte an.

Als weitere Alternative stehen Online-Displays zur flächenhaften taktilen Darstellung zur Verfügung.²⁷⁹ Aufgrund der hohen Kosten werden derartige technische Geräte in den Schulen aber so gut wie nie eingesetzt.

²⁷⁹ vgl. Kahlisch; elvis.inf.tu-dresden.de/~kahlisch/stml.html

6.3 Computerunterstützte Erstellung mathematischer Arbeitsblätter in Punkt- und Schwarzschrift

Sämtliche mathematische Ausdrücke lassen sich gemäß den verschiedenen Notationsregeln über die Computertastatur eingeben.

Besonderheiten der einzelnen Notationen und computertechnische Voraussetzungen wurden aufgeführt (vgl. Kapitel 5).

Aus dem oben dargestellten Beispiel ist ersichtlich, dass sich die Schwarzschriftdarstellungen der einzelnen Notationen teilweise erheblich von der traditionellen Darstellungsweise unterscheiden. Demgemäss sind für den Integrationsunterricht mit blinden Schülerinnen und Schülern zwei verschiedene Arbeitsblätter als Punktschrift- und als Mathematikschwarzschriftversion anzufertigen. Der Arbeitsaufwand für die betroffene Lehrkraft erhöht sich entsprechend.

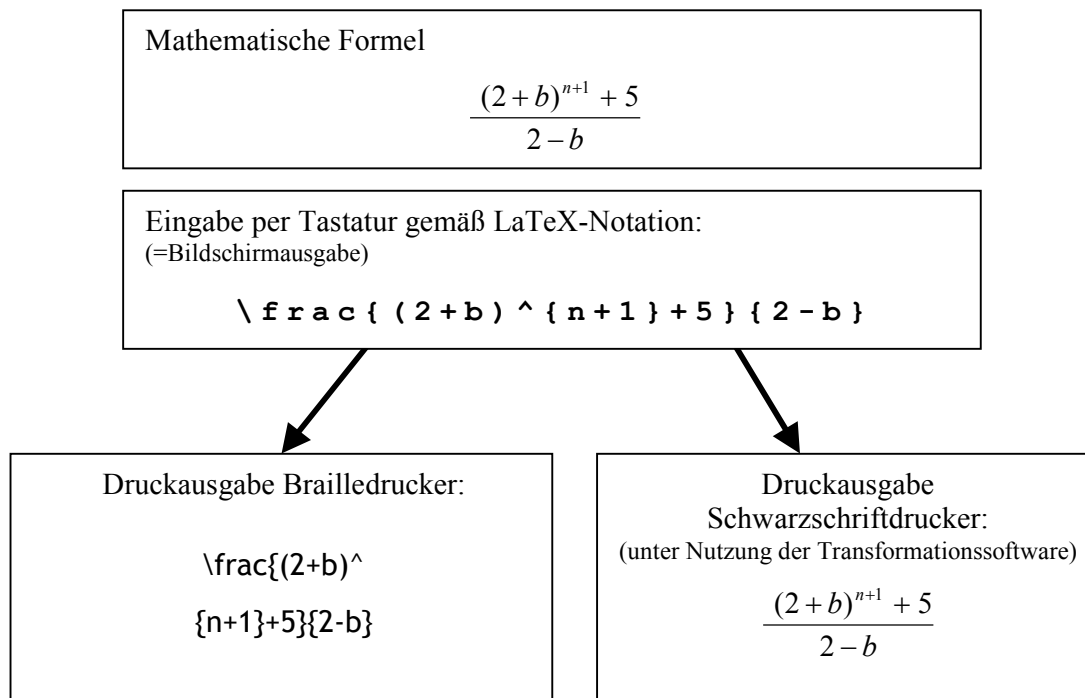
Wird im Mathematikunterricht jedoch die LaTeX-Notation genutzt, so gibt es Möglichkeiten, den Arbeitsaufwand deutlich zu dezimieren. Mittels der Einfügung spezifischer Steuerzeichen zur Layoutgestaltung in das LaTeX-Dokument und der Nutzung einer speziellen Software können mathematische Ausdrücke wieder in der gewohnten traditionellen grafischen Art und Weise dargestellt werden.^{280, 281}

Parallel ist die Konvertierung des in LaTeX erstellten mathematischen Dokumentes in die Punktschrift möglich. Die dafür notwendige Software wird in der Regel bereits mit dem Anschluss der Braillezeile in den Rechner installiert.

Bei der Erstellung von Arbeitsblättern genügt die Anfertigung einer einzigen Vorlage aus der eine Punktschriftversion und eine Schwarzschriftversion und zwar kann sie in der üblichen Darstellungsform erstellt werden.

²⁸⁰ vgl. Betz, Kalina 1998, S. 333

²⁸¹ Die Autoren weisen jedoch explizit darauf hin, dass der Einsatz dieser speziellen Software nicht zwingend erforderlich ist, sondern nur für die Situationen gedacht ist, wenn das erstellte Dokument nicht nur als Brailletext, sondern zusätzlich als Mathematikschwarzschrifttext dargestellt werden soll. Ebenso brauchen die Steuerbefehle zur Layoutgestaltung nicht unbedingt von den blinden Schüler/innen beherrscht werden. Bei der Erstellung von Arbeitsblättern ist es ausreichend, wenn die betroffene Lehrkraft diese beherrscht. Wollen blinde Schüler/innen jedoch eigenständig mathematische Texte in Schwarzschrift erstellen, evtl. im Studium oder im Beruf, so müssen die notwendigen Steuerbefehle gelernt werden.



Im Gegensatz zur Stuttgarter und Karlsruher-Notation brauchen die normalsichtigen Mitschüler/innen nicht mehr die spezielle Darstellung mathematischer Zeichen zu lernen, die mitunter doch wesentlich von der üblichen und gewohnten Schreibweise abweicht. Damit werden Hürden, die die Kommunikation zwischen den Schülerinnen und Schülern einer Integrationsklasse erschweren könnten, weitgehend abgebaut.²⁸²

²⁸² Für die Stuttgarter Notation gilt mittlerweile ähnliches, da durch ein Word-Makro (enthalten in der Vorlage smsb.dot) die Stuttgarter Notation in die Mathematikschrift umgewandelt werden kann. Meines Wissens wird dies in der Unterrichtspraxis aber noch nicht eingesetzt.

6.4 Auditive Datenwiedergabe

Der Computer erlaubt die auditive Wiedergabe sämtlicher digital erfassten Texte. Voraussetzung ist, dass diese aus ASCII-Zeichen bestehen und keine grafischen Elemente enthalten. So können z.B. die erstellten Arbeitsblätter der Schülerin/dem Schüler auch über die Sprachausgabe zugänglich gemacht werden. Durch den Anschluss entsprechender technischer Elemente (vgl. Kapitel 2.1.4) kann sie/er sich den Text ohne großen Aufwand auch vorlesen lassen.

Inwieweit diese Möglichkeit der Datenwiedergabe im Integrationsunterricht tatsächlich praktiziert werden sollte, bleibt zu diskutieren. Die permanente Geräuschkulisse in Einzelarbeitsphasen dürfte viele Mitschüler/innen von einem konzentrierten Lesen und Arbeiten ablenken. Die Nutzung eines Kopfhörers bildet nicht immer eine geeignete Alternative. Viele Menschen empfinden die Arbeit mit diesem als unangenehm, besonders wenn sie über einen längeren Zeitraum praktiziert werden muss. Zudem wird die Kommunikation innerhalb der Lerngruppe und mit der Lehrkraft durch diesen erheblich eingeschränkt.

Möglicherweise bietet sich die auditive Datenwiedergabe in der häuslichen Umgebung eher an. Diese Entscheidung kann aber nur vom Nutzer/von der Nutzerin selbst getroffen werden.

6.5 Diskettenaufbereitungskriterien

Die auditive Datenwiedergabe setzt die Speicherung der Daten auf dem benutzten Computer voraus. Erstellt die Lehrkraft die Arbeitsblätter bei sich zu Hause, so können diese entweder, bei vorhandenem Anschluss über das Internet dem Computer der Schülerin/des Schülers zugänglich gemacht, oder aber per Diskette übertragen werden. Ebenso ist in anderen Situationen eine Speicherung von Daten auf Diskette sinnvoll.

Grundsätzlich ist die Speicherung im ASCII-Format notwendig, da dieser Zeichensatz problemlos über die Braillezeile gelesen werden kann (vgl. Kapitel 3.1).

Die Beachtung weiterer Hinweise²⁸³ kann den Umgang mit ihr erleichtern: In Abhängigkeit von der Textlänge und dem Inhalt kann die Speicherung der Daten innerhalb einer einzelnen oder in mehreren Textdateien sinnvoll sein.

²⁸³ Drolshagen Seminar „Der PC als Hilfsmittel und Medium im Unterricht mit blinden und sehbehinderten Kindern und Jugendlichen, WS2 000/2001

Werden Daten in unterschiedlichen Textdateien gespeichert, so sollten diese so bezeichnet werden, dass aus dem Namen der jeweiligen Textdatei bereits auf den Inhalt geschlossen werden kann. Extensionen (Erweiterungen) sollten zusätzlich mit dem Kürzel „txt“ bezeichnet werden.

Hilfreich für die schnelle Orientierung ist das Anlegen einer Informationsdatei in der neben den Titeln auch Angaben zum Inhalt aufgeführt werden. Die einheitliche Bezeichnung „liesmich.txt“ dieser Datei hat sich in der Praxis bewährt.

6.6 Computergestützte Buchproduktion

Ebenso wie die meisten anderen Produktionsbereiche in unserer Gesellschaft, so hat die Entwicklung des Computers auch die Herstellungsprozesse von Blindenschriftbüchern massiv verändert. War dieser Prozess traditionell durch direktes Prägen von Matrizen durch einen Blinden mit Hilfe einer Punisiermaschine gekennzeichnet, so werden heute die meisten Arbeitsschritte computerunterstützt.²⁸⁴

Idealtypischerweise läuft der Digitalisierungsprozess folgendermaßen ab: Einscannen der Textvorlage, Abspeicherung der Buchstaben als Bilddaten, Texterkennung (OCR), Strukturierung und Fehlerkorrektur.²⁸⁵

Harres²⁸⁶ beschreibt weitere Produktionsschritte: Für die nachfolgende Transformierung der erfassten Schwarzschriftzeichen in die Brailleschrift stehen heutzutage mehrere Übertragungsprogramme zur Verfügung.

In einem abschließenden Schritt erfolgt der Ausdruck der Brailleseiten oder die Speicherung auf entsprechenden Datenträgern, wie z.B. Disketten. Problemlos können diese den zukünftigen Nutzern auch per E-Mail zugeführt werden.

Hohe Buchauflagen werden über Matrizen hergestellt. Die Arbeitsschritte werden elektronisch gesteuert und überwacht, ebenso wie das Sortieren und Binden der Produkte.

Die Digitalisierung von Schwarzschriftvorlagen funktioniert jedoch nicht immer so reibungslos. Kahlisch²⁸⁷ nennt mögliche Gründe. OCR-Systeme versagen bei schlechten oder

²⁸⁴ vgl. Harres 1998, S. 99, Kahlisch 1999, S. 165

²⁸⁵ vgl. Kahlisch 1999, S. 166

²⁸⁶ vgl. Harres, 1998, S. 99

²⁸⁷ vgl. Kahlisch 1999, S. 165-173

aufwendigen Schwarzschriftvorlagen. Die erstgenannte Barriere trifft vor allem auf viele ältere Buchvorlagen zu.

Die Nutzung elektronischer Datenvorlagen führen aufgrund unterschiedlicher Formate zwischen Vorlage und Produkt häufig zu Informationsverlusten bezüglich der Layoutgestaltung und damit zur Notwendigkeit einer manuellen Nachbearbeitung.²⁸⁸

Texterkennungssysteme können Bild- und Grafikanteile nicht erkennen. Zwar werden entsprechende Systeme zur Zeit entwickelt, bis dahin müssen allerdings Alternativlösungen gefunden werden. Die Notwendigkeit der Nutzung einer Mathematikschrift für grafische Terme wurde bereits erläutert.

Intermediale Dokumentverarbeitungsansätze auf der Basis von XML²⁸⁹ können zukünftig nach Aussagen von Fachleuten²⁹⁰ diesen Informationsbarrieren entgegenwirken und stellen damit eine einschneidende Verbesserung bei der Erstellung sehgeschädigtengerechter Medien dar.

Speziell erfolgt diese Erleichterung mittels der Trennung von Inhalt, Struktur und Layout.²⁹¹ Dabei wird quasi ein inhaltlich orientiertes Ausgangsdokument für alle erstellt. Nach Aussagen von Kahlisch und unter der Voraussetzung einer adäquaten technischen und personellen Ausstattung, könnte dieses Ausgangsdokument als „Quelldokument“ für weitere blindengerechten Medienarten genutzt werden. Gedacht ist dabei an Braillebücher (Voll- und Kurzschrift), elektronische Bücher auf CD-ROM oder für das Internet (Kurzschrift und Computerbraille) und hybride Bücher.²⁹²

Potentielle Nutzer oder Nutzergruppen könnten dann ihrerseits auf Basis der Regeln der genannten Seitenbeschreibungssprache dem Ausgangsdokument Strukturierungs- und Layoutgestaltungsmerkmale, die ihren speziellen Bedürfnissen entgegenkommen, hinzufügen.

²⁸⁸ „Beispielsweise lässt sich der Text eines Buches, welches im Format QuarkXPress geschrieben wurde, im ASCII-Format abspeichern, jedoch gehen dabei viele Informationen wie Spalteneinteilungen oder Seitenwechsel verloren. Aus diesen durcheinander geratenen ASCII-Daten lassen sich nur durch manuelles Nacharbeiten wieder lesbare Dateien erzeugen.“ (Kahlisch 1999, S. 166)

²⁸⁹ Erweiterungswünsche von Anwendern bezüglich des Dokumentenformats veranlasste das W3C zur Entwicklung der Auszeichnungssprache XML (Extensible Markup Language) (vgl. Kahlisch 1999, S. 16). Die Bezeichnung XML-file für die genannte Sprache deutet schon darauf hin, dass es sich um eine Erweiterung (x: extended) der Seitenbeschreibungssprache HTML (Hyper-Text Markup Language) handelt, die weltweit z.B. bei der Erstellung von Webseiten benutzt wird.

²⁹⁰ vgl. Kahlisch 1999, S. 167, Kersher 2000, S. 2,3

²⁹¹ vgl. Kahlisch 1999, S. 169

²⁹² Hybride Bücher erlauben ein direktes Aufrufen gewünschter Textpassagen. Das Eingeben gesuchter Begriffe zeigt die Textpassage, in der dieser Begriff vorkommt, direkt an. Ein gezieltes Aufsuchen von Fußnoten, Überschriften usw. ist also möglich. Vergleichbar ist diese Form der Datendarbietung vielleicht mit dem Dateisucher im Explorer. Auch hier werden Textpassagen aus verschiedenen Informationsträgern (in diesem Fall Dateien) angezeigt, die den eingegebenen Suchbegriff enthalten.

Diesbezügliche Strukturierungs- und Gestaltungselemente werden in Form sogenannter Stylesheets erfasst. Sie ermöglichen dann die Dokumentausgabe in der jeweils gewünschten Art und Weise.

Für Blinde ist hier beispielsweise die Umgehung der Bild-Barriere durch eine alternative Textdarstellung zu nennen. Für Sehbehinderte bieten sich z.B. verbesserte Kontrasteinstellungen und Vergrößerungen an.

Eine detaillierte Beschreibung möglicher zukünftiger Phasen des Produktionsablaufes bei der Erstellung der genannten Produkte würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Hier sei auf den Artikel „XML – Der Schlüssel zu multimedialen Informationsangeboten für blinde und sehbehinderte Menschen“ von Thomas Kahlisch verwiesen, der die Akquirierung und Strukturierung der Daten sowie deren medienspezifische Formatierung umfassend beschreibt. Schwachstellen, wie z.B. die geringe Anzahl von geeignet strukturierten Quelldokumenten, das Fehlen von qualifiziertem Fachpersonal, Defizite in der technischen Ausstattung usw. sind nach Aussagen Kahlischs die Gründe, warum mit der Realisierung des geschilderten Ansatzes, wenn überhaupt, erst in einigen Jahren gerechnet werden kann.

Obwohl die Verlagsindustrie nach Aussagen des Autors großes Interesse an XML und den damit verbundenen Technologien bekundet, wird sich erst in Zukunft herausstellen, inwieweit die genannten Verfahren tatsächlich eingesetzt werden und damit zu einer Verbesserung der Informationsbeschaffung für sehbehinderte und blinde Menschen beitragen können.

Da der derzeitige Entwicklungsstand den Einsatz dieser Techniken noch nicht zulässt, ist eine Textvorbereitung für jedes einzelne zu erstellende Blindenbuch nach wie vor notwendig. Diese sollte in den Händen erfahrener und kompetenter Sonderpädagogen liegen. Gemäß der obigen Ausführungen sind dabei die Bereiche der Verbalisierung von Grafik- und Bildanteilen und der Formatierung zu berücksichtigen.

Leider wird vielfach, u.a. aufgrund einer rückgängigen staatlichen finanziellen Unterstützung, auf eine qualifizierte Textvorbereitung verzichtet, so dass Qualitätseinbußen die logische Folge sind. Dies gilt ebenso für viele kleine Blindenschrifthersteller, die sich speziell in den letzten Jahren an Schulen oder bei Selbsthilfeorganisationen etabliert haben.^{293, 294}

²⁹³ vgl. Harres 1998, S. 100

²⁹⁴ Alternativ könnten hier gemeinnützige Arbeitsgemeinschaften wie in Österreich einspringen. Da auch hier nur wenige Schulbücher von Verlagen im Großdruck angeboten werden, hat sich eine zentrale Arbeitsgemeinschaft gebildet, die dieses Defizit aufgreift und die Vergrößerung aller Schulbücher kostenlos anbietet (vgl. Wilhelm; www.cisonline.at/sonderschule/sehgesch.htm).

Die Situation wird durch die im Rahmen der zunehmenden integrativen Beschulung steigende Zahl unterschiedlicher Schulbücher verschärft. Aus Kostengründen lohnt sich für die Blindenschriftdruckereien die Auflage von Einzelexemplaren kaum.²⁹⁵

Ein nach pädagogischen Kriterien erstelltes „Blindenbuch“, das den Schülerinnen und Schülern auf einer Diskette oder per E-Mail zur Verfügung gestellt wird, kann jedoch insbesondere die Arbeit im Integrationsunterricht sehr erleichtern. So nennt die Integrationslehrerin Majja Gschaider-Kramer²⁹⁶ u. a. die Platzersparnis dieser Medienpräsentation gegenüber den traditionellen Blindenbüchern als großen Vorteil.

Indem den Schülerinnen und Schülern somit immer das ganze „Buch“ zur Verfügung steht und nicht nur einzelne Seiten, sind diese nach Aussagen der Fachkraft relativ schnell in der Lage, angegebene Seiten und Textpassagen eigenständig zu finden. Als Folge dieser Möglichkeit nennt sie eine verbesserte Mitarbeit.

Die mit dieser Buchpräsentation verbundene Möglichkeit, den Text durch zusätzliche eigene Notizen zu ergänzen, ist ebenfalls, wie jeder sicherlich aus eigener Erfahrung bestätigen kann, von nicht zu unterschätzendem Wert bei der Aneignung neuer Lerninhalte.

²⁹⁵ Leider hat sich gerade in den letzten Jahren ein weiteres Problem aufgetan, das sich nicht eben förderlich auf eine qualitativ hochwertige Erstellung von Brailledokumentation auswirkt. War es früher Standard, dass alle etablierten Druckereien als gemeinnützige Organisationen Schwarzschriftvorlagen für Blinde umsetzen durften und die Schwarzschriftverlage lediglich darüber informieren mussten, so treten infolge der kommerziellen Vermarktung heute häufiger Probleme auf. Der Autor berichtet von einem Fall, bei dem einer Arbeitsgemeinschaft die Übertragung eines Schulbuches untersagt wurde, da der Verlag die Übertragung anderweitig vergeben hatte. Aus verschiedenen Gründen erfolgte dann eine Übertragung, die aus pädagogischer Sicht blindenspezifischen Bedürfnissen nicht gerecht wurde (vgl. Harres 1998, 101).

²⁹⁶ vgl. Gschaider-Kramer in Drave, Wißmann 1997

7 Lernsoftware - ein Unterrichtsmedium im integrativen Mathematikunterricht?

Im ersten Teil des Kapitel wird der Begriff der Lernsoftware definiert, um anschließend kurz auf die verschiedenen Softwarekategorien einzugehen.

Der Einsatz von Lernsoftware kann den (mathematischen) Unterricht bereichern. Diesbezügliche Vorteile und Grenzen des Mediums werden erläutert.

Exemplarisch für die vielen innerhalb der letzten Jahre entwickelten Kriterienkataloge zur Beurteilung von Lernsoftware werden zwei von ihnen vorgestellt.

Im Gegensatz zu diesen möchte ich bei der Beurteilung von Lernsoftware den Schwerpunkt nicht auf programmtechnische, (fach-) didaktische oder methodische Kriterien setzen, sondern untersuchen, ob und in welchem Umfang mathematische Lernsoftware innerhalb der Blinden- und Sehbehindertenpädagogik als Medium im Mathematikunterricht sinnvoll eingesetzt werden kann.

Da diesbezügliche Kriterienkataloge meines Wissens bisher nicht veröffentlicht wurden, habe ich einen eigenen erstellt. Anhand der aufgestellten Forderungen wird exemplarisch ein mathematisches Lernsoftwareprogramm im Hinblick auf die Ausgangsfrage analysiert und bewertet. Die Ergebnisse sind im Anhang aufgeführt.

Das Kapitel schließt mit einer Analyse möglicher Ursachen für die relativ eingeschränkte Einsetzbarkeit mathematischer Software innerhalb der Blinden- und Sehbehindertenpädagogik und nennt Verbesserungsmöglichkeiten.

7.1 Definition und Klassifizierung von Software

Der Begriff „Software“ ist eine Sammelbezeichnung für Programme, die z. B. für den Betrieb von Computern zur Verfügung stehen (vgl. Kapitel 2.2). Der Computer als universelles Werkzeug kann seine Funktion nur durch den unmittelbaren Einsatz von Software erfüllen.²⁹⁷

Die folgende Aussage Störmers fasst die wesentlichen Eigenschaften, Merkmale und Ziele didaktischer Software zusammen: Hierbei handelt es sich um „Programme, die sich handlungs- und dialogorientiert am Problem, am Lernziel, am Lerninhalt und vor allem am Schüler orientieren. Didaktische Software soll interessieren, inspirieren, aktivieren und korrigieren.“ Dazu muss sie sich „an Prinzipien der Angemessenheit, Zielorientierung, Selbständigkeit und Reduktion ausrichten.“²⁹⁸

Damit ist eine didaktische Software zugleich Lernmittel und Lerngegenstand.²⁹⁹

Klassifizierung der Lernsoftware

Allgemein von „der“ Software zu sprechen, würde der Vielfalt derselben nicht gerecht. Aufgrund des zugrundeliegenden Lernbegriffs und der Art und Weise wie das Programm das Lernen unterstützt, lassen sich diese verschiedenen Kategorien zuordnen:

Übungsprogramme („practice and drill-Programme“), zu dieser Kategorie sind ca. 80% der im Handel erhältlichen Programme zu zählen³⁰⁰, basieren auf behavioristischen Lerntheorien und sind demgemäß durch eine kleinschrittige Vorgehensweise gekennzeichnet.

Die simple Frage-Antwort-Struktur des Programms korreliert mit der Zielsetzung des Programmtyps. Einer Frage (Reiz) folgt eine Antwort (Reaktion) durch den Schüler. Positive Reaktionen werden verstärkt, so dass sie zukünftig häufiger auftreten.

Unterstützt wird das Üben und Wiederholen bekannter Inhalte und vorhandener Fähigkeiten. Neue Lerninhalte werden dabei nur selten vermittelt.³⁰¹

Ihr pädagogischer Einsatz ist umstritten. Neben der fehlenden Differenzierung bemängeln Fachleute vor allem das Fehlen jeglicher Möglichkeit zum selbstständigen, entdeckenden

²⁹⁷ vgl. Decker 1998, S.131

²⁹⁸ Störmer 1993,84 in Gottke 1997, S. 29

²⁹⁹ vgl. Gottke 1997, S. 29

³⁰⁰ vgl. Lauterbach 1991 in Decker 1998, S. 132

³⁰¹ vgl. Decker 1998, S.132

Lernen. Im starken Kontrast zu modernen Lerntheorien bleiben bei diesem Softwaretyp Möglichkeiten zur Selbstbestimmung, die Beteiligung an der Methodenauswahl und die Einbettung der Inhalte in einen für den Lernenden sinnvollen Kontext auf der Strecke.³⁰²

Tutorielle Programme sind als Erweiterung der Practice and drill-Programme zu sehen. Ihr Ziel ist die Einführung, Übung und Wiederholung eines Lernstoffs. In einem ersten Schritt erfolgt die Präsentation neuer Lerninhalte, die in einem zweiten Schritt abgefragt werden.³⁰³

Die Anlehnung an behavioristische Lerntheorien wird auch hier deutlich. Übungsaufgaben dienen der Festigung der neuen Inhalte. Mittels gezielter Fragen wird ihre erfolgreiche Bewältigung überprüft.³⁰⁴ Die Software übernimmt damit sozusagen die Rolle eines Tutors³⁰⁵, der über aktivierende Dialoge Informationen präsentiert, Aufgaben stellt, Antworten analysiert und dem Lernenden eine Rückmeldung bietet.³⁰⁶

Simulationsprogramme versuchen komplexe Vorgänge nachzubilden. Intendiert wird die Veranschaulichung von Regeln und Prozessen. Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge sollen vom Anwender erkannt werden. Dies gilt ebenso für die Vernetzung und gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Stellgrößen. In das Modell kann der Lernende durch die Veränderung vorgegebener Parameter eingreifen.³⁰⁷

Dabei kann er die Auswirkungen der durchgeführten Manipulation auf das gesamte System prüfen³⁰⁸ und aufgrund der so erworbenen Erkenntnisse weitere Alternativen mit dem Ziel der Systemoptimierung erproben.³⁰⁹

Die Hervorhebung der Möglichkeit zum entdeckenden Lernen und die Förderung eines Denkens in Zusammenhängen³¹⁰ lassen meines Erachtens Parallelen zum kognitivistischen Lernansatz erkennen. Aufgrund ihrer Komplexität sollten sie m. E. erst in der Sekundarstufe eingesetzt werden.

Als Hypertexte werden landläufig themenbezogene Wissensbestände in Datenbanken bezeichnet, die durch zahlreiche „Links“ (Querverweise) vernetzt sind und mittels Anklickens leicht aufgerufen werden können. Trotz der Vernetzung sind die einzelnen Dokumente in sich abgeschlossen.

³⁰² vgl. Becker-Mrotzek; Meißner in Decker 1998, S.133, Duismann 1998, S. 22

³⁰³ vgl. INBAS 1999, S. 47

³⁰⁴ e.b.d.

³⁰⁵ vgl. Decker 1998, S.135

³⁰⁶ vgl. Euler 1992, S. 17

³⁰⁷ vgl. INBAS 1999, S. 47

³⁰⁸ vgl. Euler 1992, S. 22

³⁰⁹ vgl. Decker 1998, S. 138

³¹⁰ vgl. Decker 1998, S. 139

Hypermedia stellt eine Erweiterung des Hypertextes dar. In den Lernprogrammen dieser Kategorie werden Hypertexte durch den Einbau zusätzlicher multimedialer (grafischer, akustischer und sich bewogender) Elemente, die durch Anklicken aufgerufen werden können, ergänzt.³¹¹ Bis lang nehmen Lernprogramme, die dieser Kategorie zugeordnet werden können und denen ein konstruktivistischer Lernbegriff zugrund liegt, eine sehr untergeordnete Stellung ein³¹².

Obwohl Fachleute viele Vorteile in dieser Art der Lernmedien sehen (spontanes, selbstbestimmtes und interessengeleitetes Lernen)³¹³, existieren nur wenige Lernprogramme dieser Kategorie.

³¹¹ Bekannt geworden sind derartige offene Strukturen hauptsächlich durch die Verbreitung des World Wide Web (WWW). Beim Surfen im Internet bewegt sich der Nutzer, ebenso wie in der entsprechenden Lernsoftware, anhand der Links durch interessante Dokumente (vgl. Kapitel ###).

³¹² vgl. Decker 1998, S. 142

³¹³ vgl. Sesink 1994 in Decker 1998, S.144

7.2 Möglichkeiten und Grenzen von Lernsoftware als Unterrichtsmedium

Zu beachten ist immer, dass der erfolgreiche Einsatz von Lernsoftware entscheidend davon abhängt, inwieweit es der Lehrkraft gelingt, diese in eine lernpsychologische begründete und fachdidaktisch fundierte Unterrichtskonzeption zu integrieren.³¹⁴

Lernsoftware kann und soll dabei andere Unterrichtsmedien nicht verdrängen, sondern ist als Medium zu verstehen, das den Unterricht ergänzen und bereichern kann.

Für den Einsatz einer (mathematischen) Lernsoftware im Unterricht sprechen eine Reihe von Gründen. Zusammenfassend und ergänzend zu den obigen diesbezüglichen Aussagen werden sie nachfolgend unter den Oberbegriffen „Individualität“, „Interaktion“, „Präsentation“ und „Motivation“ aufgeführt.

Zu beachten ist, dass es sich bei den dargestellten Aspekten um „Idealfälle“ handelt. Inwieweit die verwendeten Lernprogramme diese Chance nutzen und damit tatsächlich zum Lernerfolg beitragen können, hängt, neben den genannten Voraussetzungen, natürlich ganz entscheidend von der Qualität der Software ab.

Lernsoftware kann immer nur so viel wert sein, wie die methodisch-didaktischen Konzepte, die bei ihrer Entwicklung berücksichtigt wurden.³¹⁵

Individualität

Mittels der Nutzung von mathematischen Lernprogrammen können individuelle Bedürfnisse des jeweiligen Nutzers berücksichtigt werden. Dies kann sich z. B. auf das Lerntempo oder auf Differenzierungen bezüglich des Aufgabenschwierigkeitsgrades beziehen.

Gegenüber dem Frontalunterricht im traditionellen Sinne, wo das Lerntempo in der Regel von leistungsstarken Schülerinnen und Schülern vorgegeben wird, liegt der Vorteil auf Seiten des neuen Mediums.

Unter der Voraussetzung des Vorhandenseins entsprechender Lernsoftware kann ihre Nutzung speziell auf die Voraussetzungen und Bedürfnisse der einzelnen Schüler/innen individuell abgestimmt werden. So können beispielsweise Lernrückstände mittels der Lernsoftware eigenständig aufgearbeitet werden.

³¹⁴ vgl. Gottke 1997, S. 34

³¹⁵ vgl. Baumann/Brügelmann 1994 in Becker-Mrotzek; Meißner in Decker 1998

Schüler/innen, die bei der Präsentation neuer Inhalte mehrfache wiederholende Erklärungen benötigen, können diese vom Programm erhalten, ohne dass sie Angst haben müssen, sich zu blamieren.

Verschiedene Präsentationsformen können unterschiedliche Lerntypen ansprechen.

Lernprogramme mit unterschiedlichen Aufgabentypen ermöglichen die Auswahl derselben. Schüler/innen, die die Lerninhalte noch nicht sicher beherrschen können diese z. B. mittels entsprechender Übungsaufgaben festigen. Andere Schüler/innen können durch weiterführende Aufgaben zu einer vertiefenden Auseinandersetzung mit der Thematik angeregt werden.

Gegenüber dem herkömmlichen Unterricht, in dem derartige Differenzierungsmaßnahmen oft aus organisatorischen Gründen vernachlässigt werden, bieten adäquate Lernprogramme hier einen nicht zu unterschätzenden Vorteil.

Euler weist auf die Grenzen dieser Möglichkeit hin. Da es sich bei Lernsoftware immer um eine Abbilddidaktik handelt, ist das Eingehen auf individuelle Lernvoraussetzungen nur im Rahmen der Überlegungen und der didaktischen Konzeption des Lernsoftwaregestalters realisierbar. „Die Lernsoftware, nicht der Lerner, definiert die zugelasseneren Fragen. Individualisierung vollzieht sich im Rahmen der von dem Autor realisierten Dialoge und Lernwege. Außerhalb dieses Ereignisraums laufen die Bedürfnisse des Lerners ins Leere.“³¹⁶

Interaktion

Aufgrund ihrer Struktur können Lernprogramme auf eine spezifische Art und Weise die Interaktion zwischen Programm und Anwender gestalten.

Die Analyse der eingegebenen Antwort ist dabei Voraussetzung für eine angemessene Dialoggestaltung. Damit wird die aktive Verarbeitung der Lerninhalte gefördert und die Verarbeitungstiefe erhöht. Gleichzeitig können Verständnisschwierigkeiten bereits zu einem frühen Zeitpunkt erkannt und aufgearbeitet werden. Eine sofortige Fehlerkontrolle kann zur Vermeidung weiterer Fehler beitragen.

Das folgende Beispiel soll diese Aussage konkretisieren: In der Praxis kommt es z. B. häufig vor, dass Schüler/innen nach der Einführung der Multiplikation von Brüchen das entsprechende Lösungsverfahren auf die Addition übertragen und die Nenner einfach addieren. Ein didaktisch durchdachtes Programm sollte diesen Fehler sofort aufzeigen. Nur so können Folgefehler, wie z. B. der Übertragung der Lösungsstrategie auf die Subtraktion, vermieden werden. Nur so kann es verhindert werden, dass sich falsche Strategien festsetzen.

³¹⁶ Euler 1992, S. 38

Die Fehlermeldung sollte in jedem Fall mit einem angemessenen Hilfsangebot gekoppelt sein. Dieses sollte die richtige Vorgehensweise erläutern und an Beispielen demonstrieren. Wichtig ist dabei das individuelle Eingehen auf spezifische Schwierigkeiten des Lernenden, z. B. durch variierende Hilfestellungen, die sich konkret auf den Fehler beziehen.

Im aufgeführten Beispiel sollte demgemäß die unterschiedliche Bedeutung von Bruchteilen noch einmal verdeutlicht werden. Eine zusätzliche grafische Veranschaulichung könnte, zumindest für Sehbehinderte, das Verständnis des Sachverhaltes unterstützen.

Sinnvoll ist die Variante, beim ersten und zweiten Mal nur einen Hinweis zu geben und erst bei der dritten Fehleingabe die Lösung offenzulegen. Dieses Verfahren räumt dem Nutzer die Gelegenheit ein, sich noch einmal mit der Aufgabe zu beschäftigen und u. U. selbst seinen Fehler zu erkennen.

Lässt das Programm zusätzlich Raum für kreative Aktionen seitens des Anwenders, indem es diesen z. B. anstiftet seiner Phantasie Lauf zu lassen, aktiv in Handlungen einzugreifen oder sich selber Übungen auszudenken³¹⁷, so ist dies ein weiterer Vorteil, der für den Einsatz von Lernprogrammen spricht.

Euler³¹⁸ weist auf Grenzen der Interaktion zwischen Computerprogramm und Anwender hin. Er bezeichnet die Kommunikation zwischen Anwender und Programm als erfahrungs-, sprach- und gefühlsreduziert. Als mögliche Folge dieser Reduktion könne demgemäß schnell ein Gefühl von Unzufriedenheit entstehen. Die Undurchsichtigkeit der „Blackbox“ Computer wirkt sich nach Ansicht des Autors zusätzlich negativ auf die Interaktion aus.

Meines Erachtens ist eine Interaktion zwischen Computer und Anwender nur im Rahmen des vom Programmierers zugelassenen Raumes möglich. Auch eine noch so sorgfältige Gestaltung der Software erlaubt nicht das Eingehen auf alle nur erdenklichen Verständnisschwierigkeiten der Nutzer. Hier ist dann doch wieder die Lehrkraft gefragt, die aufgrund ihrer Erfahrungen mit der Schülerin/dem Schüler in Einzelfällen gezieltere Hilfestellung geben kann.

Präsentation

Lehr-/und Lerninhalte können von entsprechender Lernsoftware anschaulich präsentiert werden. Hier ergeben sich eindeutig Vorteile gegenüber dem traditionellen Unterricht. Die Nutzung von Anschauungsmitteln ist in der Regel nur mit einem höheren organisatorischen Aufwand verbunden.

³¹⁷ vgl. Nürnberger 1999, S. 6, 7

³¹⁸ vgl. Euler 1992, S. 37-44

Insbesondere trifft dies auf die Simulation von natürlichen oder technischen Vorgängen zu.³¹⁹

Mittels der Kombination mit multimedialen Elementen, im Fall sehgeschädigter Schüler/innen sind dabei vor allem auditive Aspekte zu nennen, können verschiedene Sinneskanäle angesprochen werden, was nach gültiger Ansicht zu einer besseren Informationsaufnahme führen kann.

Unbestritten ist, dass die Qualität derartiger Gestaltungen von der jeweiligen Thematik abhängt. Nicht alle Stoffe lassen sich gleichermaßen gut anschaulich darstellen.³²⁰

Euler³²¹ schränkt ein, dass diese Anschaulichkeit nur in Verbindung mit dem konkreten Lerner zu verstehen ist, wobei die Verständlichkeit der Präsentation immer vom Lerner abhängt und demzufolge nicht objektiv bestimmbar ist.

M. E. ist dies aber kein spezifischer Problem von Lernsoftware. Die Korrelation zwischen Lerner und Anschauungsmaterialien ist auch im herkömmlichen Unterricht existent.

Als Beispiele für diese Anschaulichkeit gibt er Möglichkeiten der Darstellung von Entwicklungen und Bewegungen, den dynamischen Bildschirmaufbau, den Wechsel zwischen Überblick- und Detaildarstellungen, das Hervorheben von Wichtigem durch Blinken oder Markierungen, Zeitraffer und die Kombination mit auditiven Elementen an.

Integration der Aufgaben in Spielhandlungen können speziell für jüngere Schüler/innen stark motivierend wirken.³²²

Trotz dieser vorteilhaften technischen Gestaltungsmöglichkeiten, dürfen die Grenzen derselben nicht unerwähnt bleiben. So weist Euler³²³ auf die Gefahr der Bildschirmüberfrachtung hin, die mit einem übertriebenen Ausschöpfen dieser Möglichkeiten häufig zu bemängeln ist. Des weiteren zeigt er diesbezügliche Grenzen auf. Diese ergeben sich einerseits durch die begrenzte Darstellungsmöglichkeit, die mit der Bildschirmgröße im Zusammenhang steht, andererseits aber auch indem Erfahrungen nur „aus zweiter Hand“ gemacht werden können. Damit einhergehend ist eine Filterung der Informationen.

Mandl³²⁴ hebt hervor, dass ein Lernvorteil allein aufgrund einer multimedialen Inhaltspräsentation sich empirisch nicht nachweisen lässt.

³¹⁹ vgl. Bitzl; Frank 1990; S. 376

³²⁰ vgl. Tully 1993, S. 241

³²¹ vgl. Euler 1992, S. 35, 36

³²² vgl. Nürnberger 1999, S. 6, 7

³²³ vgl. Euler 1992, S. 35, 36

³²⁴ vgl. Mandl, Reinmann-Rothmeier 2000, S. 14

Inwieweit diese Anschaulichkeit auch auf den Unterricht mit blinden und sehbehinderten Schülerinnen und Schülern übertragen werden kann, soll im Verlauf des Kapitel geklärt werden.

Motivation

Im Vergleich zu anderen Medien geht vom Computer eine sehr hohe Motivation aus. Natürlich ist diese abhängig von der benutzen Software.

Wissenschaftliche Untersuchungen haben sich mit diesem Phänomen beschäftigt und versucht, die verantwortlichen Faktoren zu ermitteln. Mehrere charakteristische Eigenschaften von Lernprogrammen werden dabei genannt: Neben der unmittelbaren Rückmeldung auf Eingaben, erzeugt vor allem die Anonymität, die im Umgang mit dem Computer gegeben ist, eine Bereitschaft zum Experimentieren³²⁵. Als weitere Motivationsauslöser werden Neugier und der Wunsch nach Kontrolle des technischen Instrumentes genannt. Das gilt ebenso für eine Reihe von interessanten Übungen, die neue Impulse setzen.³²⁶

³²⁵ vgl. Euler 1992, S. 37

³²⁶ vgl. Wolpers 1999, S. 92

7.3 Mathematische Lernsoftware

Gerade für das Fach Mathematik existiert eine immense Auswahl an Lernprogrammen. Viele fachspezifische Inhalte können mit ihnen erworben werden.

Prinzipiell ist ihr Einsatzbereich im Mathematikunterricht nicht an bestimmte Phasen oder Sozialformen gebunden. Mathematische Lernsoftware lässt sich zur Erschließung neuer Inhalte ebenso einsetzen, wie zur inhaltlichen Vertiefung und Festigung bekannter Inhalte. In der Praxis haben sie sich u. a. besonders bei der Einführung von Begriffen und Methoden bewährt.³²⁷ Des Weiteren lassen sie sich sinnvoll bei der selbstständigen Nacharbeit versäumter Unterrichtsinhalte einsetzen.³²⁸

Einige Programme sind für die Einzelarbeit konzipiert, andere lassen auch Partner- und Gruppenarbeit zu, bzw. setzen diese voraus.

Die folgenden Beispiele geben einen Einblick in die Thematik. Die Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und kann nahezu beliebig verlängert werden.

Das eigenständige Entdecken mathematischer Inhalte kann z.B. durch das spielerische Ausprobieren innerhalb vieler Geometrieprogramme gefördert werden.

Schüler/innen können den Computer als Hilfsmittel beim Lösen von praxisnahen Problemen erfahren.

Der Umgang mit mathematischen Formeln kann mittels der Nutzung von Computer-Algebra-Systemen geübt und gefestigt werden.

Infolge seiner kennzeichnenden Möglichkeit bei der Darstellung räumlicher Figuren kann er zur Veranschaulichung spezifischer mathematischer Inhalte, z. B. von Netzaufwicklungen bei geometrischen Körpern eingesetzt werden.

Spezielle Programme, wie z. B. Programme, mit denen geometrische Figuren verändert werden können, regen Schüler/innen an Entdeckungen zu machen, Hypothesen zu überprüfen und Spezialfälle zu untersuchen.³²⁹

„Mathematische Denk- und Lernprozesse“ können durch den Gebrauch spezieller Werkzeuge, wie z. B. einem Verhältnisstab in Interaktivitätsprogrammen³³⁰, ausgelöst und angeregt werden.

³²⁷ vgl. Wolpers 1999, S. 92

³²⁸ vgl. Weigand 1999, S. 8

³²⁹ vgl. Schuster 2000, S.

³³⁰ vgl. Unterbruner 1999, S. 43

Unter Einbeziehung spezifischer Programme, wie z. B. dem PC-Kurs-Wissen Analysis, können sich Schüler/innen gezielt auf das Abitur vorbereiten. Motivationsfördernd wirkt auch hier eine multimediale Programmgestaltung. Mit den Programmen können in der Regel Lerndefizite aufgedeckt und behoben werden. Zusätzliche integrierte Glossars und Register erleichtern dabei die Stofferschließung bzw. dienen der inhaltlichen Vertiefung.³³¹

Walter³³² weist explizit auf die Überlegenheit spezifischer Lernprogramme bei der Fehleranalyse hin. Der Computer ermöglicht für jede einzelne Schülerin/jeden einzelnen Schüler eine genaue Rechenweganalyse. Fehler können gemäß ihrer Art und Häufigkeit differenziert werden. Schon aus organisatorischen Gründen kann ein einzelner Lehrer dies in derselben Zeit nicht leisten. Ist das Programm dann noch so konzipiert, dass es direkt und flexibel auf die fehlerhafte Eingabe des Anwenders reagieren kann, ihm also passende Lerneinheiten zusammenstellt, so dürfte sich dies positiv auf den Lernfortschritt auswirken. Mittels eines adäquaten Lernprogramms können dem Schüler/der Schülerin Lösungsalgorithmen verdeutlicht werden. Die Reihenfolge der notwendigen Teilschritte zum Lösen eines einzelnen Aufgabentyps kann dabei anschaulich und deutlich herausgestellt und somit verinnerlicht werden. Die Verbindung zwischen anschaulicher und symbolischer Ebene kann hilfreich sein.

Besonders gut ist meines Erachtens eine innere Differenzierung im Fach Mathematik durchzuführen. Dies kann neben der unterschiedlichen Präsentation von neuen Inhalten hauptsächlich durch die Anbietung verschiedener Aufgabentypen geschehen. Das Spektrum reicht dabei von einfachen Übungsaufgaben bis hin zu Strategieaufgaben, bei denen die Aufgabenlösung ein Anknüpfen an bestehendes Vorwissen und die Integration der neuen Inhalte verlangt.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass Lernprogramme in verschiedenen Unterrichtssituationen unter anderem zum Üben, Entdecken, Experimentieren und Dokumentieren im Mathematikunterricht eingesetzt werden können. Viele fachspezifische inhaltliche Lernziele können durch ihren Einsatz erreicht werden.

³³¹ vgl. Nürnberger 1999, S. 8

³³² vgl. Walter 1987a in Gottke 1997, S. 27

7.4 Beurteilungskriterien für Lernsoftware

Der erfolgreiche Einsatz mathematischer Lernsoftware ist natürlich von der fachlich-didaktischen Qualität derselben abhängig. Der Einsatz in der Blinden- und Sehbehindertenpädagogik ist zusätzlich an die Erfüllung weiterer Vorbedingungen geknüpft, die innerhalb des Kapitels aufgeführt werden.

Die Auswahl geeigneter Lernsoftware gestaltet sich jedoch zunehmend schwieriger. Sieht man sich in den Computerabteilungen der Fachgeschäfte, aber auch häufig genug in Einkaufsmärkten einmal um, ist man erstaunt über das große Angebot an Lernsoftware. Hauptsächlich handelt es sich dabei um Software zu den Bereichen Englisch, Deutsch und Mathematik.

Zu nahezu allen Unterrichtsfächern bieten Schulbuchverlage Unterrichtsmaterialien auf CD-ROM an. „1997 wurden allein mit Lernsoftwareprogrammen 45 Millionen Mark Umsatz gemacht. Für das aktuelle Jahr wird mit 750 Millionen Mark Umsatz gerechnet.“³³³

Der Markt boomt, die Palette der angebotenen Lernsoftware wird immer größer und unübersichtlicher. Interessierte Eltern, aber auch Lehrer/innen haben hier die Qual der Wahl. Aussagen auf den Verpackungen helfen hier kaum weiter. Werbewirksam wird die jeweilige Software angeboten, Schlagwörter wie „neue phantasievoll gestaltete Lernumgebungen, abwechslungsreiche Übungsformen, schülerfreundliches, pädagogisch durchdachtes Programm, hilfreiche Erklärungen, einfache Bedienung, leicht verständliche Darstellungen und Erklärungen, Videofilme mit Anwendungsbeispielen, geeignet für alle Schulformen usw.“ preisen das Produkt in den höchsten Tönen, machen die Auswahl aber nicht eben leichter.

Welche Maßstäbe soll der potentielle Käufer denn nun eigentlich anwenden? Wie kann er dein Kauf methodisch-didaktisch schlecht konzipierter Software vermeiden? Zulassungskommissionen, wie sie z. B. für Schulbücher existieren, gibt es meines Wissens für Lernprogramme (noch) nicht. Die jeweilige Lehrkraft bzw. die Eltern müssen selbst entscheiden, welche Software sie anschaffen wollen.

³³³ Computer BILD 1997, S. 26 in Decker 1998, S. 149

7.4.1 Kriterienkataloge zur Beurteilung von Lernsoftware

Um im Dschungel der vielen Angebote an Lernsoftware überhaupt einen Überblick zu erhalten, wurden von verschiedenen Institutionen, Forschungsgruppen und Einzelpersonen Kriterienkataloge zur Beurteilung von Lernsoftware entwickelt. Vergleicht man die einzelnen dabei die einzelnen Kriterienkataloge, die zur Beurteilung der Lernsoftware jeweils entwickelt wurden, so können viele Gemeinsamkeiten festgestellt werden. Bei den meisten Katalogen ist eine Unterteilung in die Oberkategorien „Programmtechnischer Standard“ und „Fachdidaktischer bzw. Didaktischer Standard“ zu registrieren. Sie unterscheiden sich jedoch im Hinblick auf eine differierende Schwerpunkt- und Zielsetzung. Ebenso sind Unterschiede in der Wahl des Bewertungsschemata auszumachen. Exemplarisch an zwei Katalogen wird diese Modalität nachfolgend aufgezeigt.

Modellversuch SODIS (Software Dokumentations- und Informationssystem)

In den Jahren 1988 bis 1991 wurde vom Landesinstitut für Schule und Weiterbildung NRW in Soest ein Modellversuch mit dem Ziel des Aufbaus eines Informationssystems für Schulsoftware durchgeführt. Der Erfassung und Katalogisierung der Software folgte ihre Bewertung nach einem entwickelten speziellen Kriterienkatalog. Mittlerweile hat sich daraus eine Datenbank entwickelt, die auch Begleitmaterialien von Software und Erfahrungsberichte bzgl. des Einsatzes der Software im Unterricht dokumentiert und länderübergreifend konzipiert ist. Diese Datenbank, die ständig aktualisiert wird ist auf CD-ROM³³⁴ erhältlich kann aber auch, bisher leider nur als Kurzversion, über das Internet aufgerufen werden.³³⁵

Decker³³⁶ nennt wesentliche Merkmale und Kennzeichen des Kriterienkataloges: Dieser gliedert sich in die Kategorien Programmtechnik, Fachdidaktische Bewertung und mediendidaktische Aspekte.

Die Kategorie „Programmtechnik“ wird in die Unterpunkte Bestandteile des Softwarepaketes, Installation, Inbetriebnahme, Programmfunktionen, Bedienoberfläche, Bildschirmgestaltung, Dialog, Erwartungskonformität, Bedienungssicherheit sowie Steuerbarkeit/Komfort

³³⁴ vgl. CD-ROM, Sodis Datenbank 2000 Landesinstitut für Schule und Weiterbildung (Hrsg.)

³³⁵ SODIS-Datenbank <http://www.sodis.de>

³³⁶ vgl. Decker 1998, S. 152, 153

gegliedert. Diese werden jeweils bezüglich ihrer Benutzerfreundlichkeit differenziert und detailliert beurteilt.

Innerhalb der „Fachdidaktischen Bewertungskategorie“ werden innerhalb der Unterkategorien Inhalte und Ziele, fachliche Korrektheit und didaktischen Reduktion, methodische Entscheidungen und Adressaten sämtliche Eigenschaften der Software, die mit didaktischen Aspekten in Beziehung zu setzen sind, differenziert beurteilt.

Eine dritte und letzte Oberkategorie beschäftigt sich mit mediendidaktischen Aspekten der Lernsoftware. Beurteilt werden hierbei Aspekte der Unterkategorien Motivation/ Problembewusstsein, Unterstützung von Lernprozessen, Ebene der Reflexion, Unterrichtsorganisation, Abgrenzung zu anderen Medien.

Software, die nach diesem Bewertungsschema als besonders gut eingestuft werden muss, enthält das Prädikat „Beispielhaftes Neues Medium für den Unterricht“³³⁷ „Mit diesem Prädikat werden solche Medien ausgezeichnet, mit denen sich u.a. Unterrichtsinhalte schneller und besser veranschaulichen oder vertiefter Erkenntnisse gewinnen lassen als mit herkömmlichen Medien. Oder solche, die neue Untersuchungsmethoden ermöglichen oder zu neuen, pädagogisch bedeutungsvollen Zielen führen, die bisher nicht oder kaum erreichbar waren. Darüber hinaus sollen sie ein aktiv konstruierendes und handlungsorientiertes Lernen herausfordern sowie einen erfahrungs-, wissenschafts- und zukunftsorientierten Unterricht unterstützen.“³³⁸

Münsteraner Bewertungsmaske

Exemplarisch für Kriterienkataloge, die mit dem Ziel einer spezifischen Schwerpunktsetzung entwickelt wurden, wird nachfolgend die Münsteraner Bewertungsmaske exemplarisch charakterisiert. Decker³³⁹ nennt die Zielsetzung und die wesentlichen Merkmale des von einer Arbeitsgruppe des Institutes für die Didaktik der Mathematik ab 1990 unter Führung von Prof. Meißner entwickelten Kriterienkataloges:

Ausgehend von zahlreichen Klagen über eine schlechte Qualität von Lernsoftware war die Entwicklung eines Bewertungsschemata intendiert, mittels dessen eine Beschreibung, Analyse und Bewertung von Grundschullernprogrammen durchgeführt werden sollte. Die Autoren kritisierten vor allem die Bewertung früherer Kriterienkataloge, wie z. B. SODIS, in deren Bewertung ihrer Meinung nach zu viele subjektive Gesichtspunkte einfließen. Dies kann ihrer Meinung nach zu völlig unterschiedlichen Beurteilungen derselben Software führen. Um

³³⁷ vgl. SODIS-Datenbank 2000 oder <http://www.sodis.de>

³³⁸ Weber 1996 in Decker 1998, S. 154, 155

³³⁹ vgl. Decker 1998, S. 155, 156

subjektive Gesichtspunkte weitgehend auszuschließen, wurde deshalb von der Münsteraner Forschungsgruppe ein Checklistenverfahren entwickelt, das sich in die 5 Gruppen: Grundschulspezifische Belange (Altersangemessenheit, Einsatzmöglichkeiten zur Unterrichtsergänzung), Lernprozesse (Lernform, Rückmeldung, Lernhilfen), technische Handhabung (Bedienung, Benutzerführung, Bildschirmgestaltung), Begleitmaterial und fachdidaktische Qualität gliedert und insgesamt 240 Einzelkriterien aufführt. Die Bewertung der Kriterien erfolgt mittels einer fünfstufigen Skala, die wiederum die Grundlage für ein abschließendes Gesamturteil bildet.

Vor- und Nachteile der verschiedenen Bewertungsschemata:³⁴⁰

Checklistenverfahren sind natürlich erheblich objektiver im Vergleich zu Beschreibungen. Aber auch hier ist der subjektive Faktor der Beurteilung nicht vollständig auszuschließen. Nach wie vor ist es reine Ermessenssache des jeweiligen Beurteilers, welchen Wert einer Werteskala er dem beurteilten Kriterium tatsächlich zuordnet. Dies kann bei verschiedenen Beurteilern ebenfalls variieren. Zudem schränkt die standardisierte Checkliste trotz ihres Umfangs dennoch die Beurteilung ein. In Einzelfällen werden wichtige Merkmale einer Software u. U. damit nicht erfasst.

Die beschreibende Bewertung ist demgegenüber durch eine höhere Flexibilität gekennzeichnet. Mittels relativ offen gestellter Fragen ist jedoch ein Spielraum für subjektive Bewertungen gegeben.

³⁴⁰ vgl. Decker 1998, S. 156

7.5 Blindengerechte mathematische Lernsoftware

Will man mathematische Lernsoftware im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten für den Unterricht mit blinden Schüler/innen beurteilen, so muss der Datenpräsentation oberste Priorität eingeräumt werden. Insbesondere sind damit Kriterien angesprochen, die unter dem Begriff der „Barrierefreiheit“ zusammengefasst werden können. Damit ist gemeint, dass das jeweilige Lernprogramm blinden Nutzern und Nutzerinnen zugänglich sein muss und ihnen der handelnde Umgang mit diesem ermöglicht wird.

Dieser Anspruch bezieht sich auf die Stoffdarbietung, auf die Interaktion und auf die Navigation innerhalb des Programms.

Das Programm muss so gestaltet sein, dass blinden Schüler/innen mittels des Einsatzes spezieller technischer Hilfsmittel (Braillezeile/Sprachausgabe, Screenreader) bezüglich der genannten Aspekte ein vergleichbarer Komfort und dieselbe Effizienz geboten wird, wie dies bei sehenden Schüler/innen der Fall ist.

Ein Programm, das diesen Anforderungen nicht gerecht werden kann, ist damit von vornherein für den Einsatz im Unterricht mit blinden Schülerinnen und Schülern nicht geeignet.

7.5.1 Zugangsbarrieren

Ausgehend von der aufgeführten Prämisse möchte ich die These aufstellen, dass derzeit existierende mathematische Lernprogramme aufgrund von blindenspezifischen Zugangsbarrieren in der Regel nicht für den Einsatz in der Blindenpädagogik geeignet sind.

Mit den nachfolgenden Ausführungen, die die spezifische Problematik bei der Erstellung einer blindengerechten mathematischen Lernsoftware charakterisieren, soll die aufgestellte These untermauert werden.

Wie bereits in Kapitel 5.2 ausführlich aufgezeigt, setzt die taktile Erfassung von Mathematikzeichen über die Braillezeile bzw. deren auditive Erfassung über die

Sprachausgabe die Nutzung einer standardisierten Mathematikschrift³⁴¹ voraus. Gemäß der jeweiligen Notationsregeln werden dabei grafische mathematische Zeichen linearisiert.

Betrachtet man die Themen der Schulmathematik genauer, so fällt auf, dass mit zunehmender Jahrgangsstufe immer mehr mathematische grafische Sonderzeichen benötigt werden. Es gibt kaum Teilgebiete, von den Grundrechenarten einmal abgesehen, die nur Zeichen aus dem ASCII-Zeichensatz verwenden. Demgemäss ist es ziemlich unwahrscheinlich, dass ein Lernprogramm, welches für die Sekundarstufen I oder II gemäss den schulischen Richtlinien und Lehrplänen für Mathematik³⁴² konzipiert wurde, keine grafischen Elemente enthält.

Die Notwendigkeit der Darstellung mathematischer Terme innerhalb von Lernprogrammen gemäss den Notationsregeln einer standardisierten Mathematikschrift ist also nach wie vor gegeben. Vielleicht mag es Ausnahmen geben, der allergrößte Teil mathematischer Lernsoftware stellt Terme jedoch nicht nach den Regeln und Vorschriften einer Mathematikschrift für Blinde dar. Dementsprechend sind diese für die Erfassung über die Braillezeile ungeeignet.

Dies gilt analog für weitere grafische Elemente (z. B. geometrische Figuren, Darstellungen im Koordinatensystem, Graphen usw.) innerhalb von Lernprogrammen. Diese können blinden Schüler/innen über die Braillezeile ebenfalls nicht zugänglich gemacht werden.

Auch wenn ein Lernprogramm nur wenige dieser grafischen Elemente enthält, haben blinde Schüler/innen dadurch einen Informationsverlust, der pädagogisch nicht zu rechtfertigen ist.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass mathematische Lernprogramme für die Sekundarstufen I und II, die grafische Elemente enthalten, und dass dürfte der Regelfall sein, für den Einsatz innerhalb der Blindenpädagogik nicht geeignet sind.

Diese Einschätzung deckt sich mit Aussagen der von mir befragten Lehrkräften aus der Schulpraxis. Innerhalb der Sekundarstufe I setzt zur Zeit keiner der von mir befragten Lehrer/innen mathematische Lernsoftware im Unterricht mit blinden Schüler/innen ein.³⁴³

Als Ausnahme ist ein Berufskolleg zu nennen, wo ein Mathematikprogramm zur Darstellung und Berechnung von Funktionen eingesetzt wird. Die betroffenen Schüler/innen rufen, soweit möglich, die Informationen mit Jaws (Sprachausgabe) ab. Auf diesem Weg nicht zugängliche

³⁴¹ Die Notwendigkeit der Beschränkung auf eine der drei standardisierten Mathematikschriften ist sinnvoll und notwendig, damit diese auch von anderen nachvollzogen werden kann. (vgl. Kapitel ###)

³⁴² Die zu behandelnden mathematischen Themen stimmen in ihrem Grundtenor innerhalb der einzelnen Bundesländer für die Sekundarstufen überein.

³⁴³ Obwohl die von mir durchgeführte Befragung von 18 Sonderpädagogen und Integrationslehrern nur einen Teil der tatsächlich betroffenen Fachkräfte berücksichtigt und demgemäß keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit stellen kann, zeigt sie meines Erachtens doch eine Tendenz an, die wahrscheinlich auf viele andere Schulen übertragen werden kann.

Daten und Kurvendarstellungen werden ihnen von sehenden Mitschülerinnen und Mitschülern vorgelesen oder taktil dargestellt. Nach Aussagen der betroffenen Sonderschullehrerin ist diese Methode jedoch auch nicht als optimal anzusehen und zudem für das selbstständige Bearbeiten von Fragestellungen ungeeignet.

7.5.2 Lösungsansätze

Sollen mathematische Lernprogramme blindengerecht gestaltet werden, so ist die Nutzung einer computergeeigneten Mathematikschrift obligatorisch. An der Erfüllung dieser Forderung scheitert jedoch meines Erachtens die Umsetzung in der Praxis. Wie im Kapitel 5 ausführlich dargestellt wurde, unterscheidet sich die Schwarzschriftdarstellung mathematischer Terme innerhalb der drei Notationen zum Teil ganz erheblich von der gewohnten herkömmlichen Schreibweise. Beispiele sind dem Kapitel zu entnehmen.

Sollen blinde und normalsichtige Schüler/innen dieselbe Software benutzen, was für den Integrationsunterricht besonders bedeutsam wäre, so ist die Notwendigkeit gegeben, dass die normalsichtigen Schüler/innen die spezifische Schreibweise lernen müssen. Das kann jedoch nicht Sinn und Zweck einer Lernsoftware sein.

Zudem wäre es blauäugig anzunehmen, dass sich kommerziell orientierte Hersteller mathematischer Lernsoftware, die ja auch außerhalb der Schule bedeutsam ist sich auf derartige Bedingungen einlassen würden bzw. dass diese auf dem freien Markt viele Abnehmer finden würde.

Die Uneinigkeit innerhalb der Pädagogik bezüglich einer einheitlichen Mathematikschrift für Blinde belastet die Situation zusätzlich. Wenn sich noch nicht einmal pädagogische Fachkräfte und Betroffene über die Nutzung einer einheitlichen Notation einigen können, kann dies noch weniger von Autoren bzw. Herstellern erwartet werden. Konsequenterweise müsste jedes Lernprogramm in dreifacher Version hergestellt werden. Aufgrund der geringen Absatzahlen ist die Erfüllung dieser Forderung als unrealistisch zu sehen.³⁴⁴

Als Alternative bietet sich die Erstellung einer eigenen Software für Blinde an. Hier müssen jedoch zunächst einige Fragen geklärt werden.

344 Bei der Erstellung zweier inhaltsgleicher Lernsoftwareprogramme ließe sich ein Vorteil der LaTeX-Notation nutzen. Bisher als einzige Mathematikschrift existiert hier die Möglichkeit, mittels adäquater Software und der Einfügung spezifischer Steuerbefehle zur Layoutgestaltung (vgl. Kapitel ###) eine Version in Punktschrift und parallel eine Version in der herkömmlichen gewohnten Schwarzschriftdarstellung zu erstellen.

Soll die Lernsoftware für Blinde aufgrund der Softwarevorlage für Sehende konzipiert werden oder soll es sich um eine unabhängige und eigenständige Version handeln?

Für die Kommunikation im integrativen Unterricht wäre eine einheitliche Grundlage von großem Vorteil. Allerdings ist zu beachten, dass hier natürlich eine pädagogische Vorbereitung notwendig ist. Ähnlich wie bei der Erstellung von Arbeitsblättern in Punktschrift (vgl. Kapitel 6.2) bedarf die Umsetzung einer Bearbeitung von Form und Inhalt. Dies bezieht sich z. B. auf Elemente der Layoutgestaltung wie Hervorhebungen durch Unterstreichungen oder Fettdruck, Strukturierungselemente wie Einrückungen, Zentrierungen, Umrahmungen oder Tabellen aber auch auf die inhaltliche Wiedergabe von grafischen Elementen, wie z. B. geometrische Figuren, Diagramme, Graphen usw..

Auch diesen spezifisch konzipierten Lernprogrammen sind Grenzen gesetzt. Trotz einer immensen Entwicklung auf dem Computermarkt gibt es zur Zeit keine wirklich akzeptable Möglichkeit die blinden Nutzerinnen und Nutzern die Erfassung einer Grafik auf taktilem Wege ermöglicht.³⁴⁵ Diesbezügliche Informationen können demzufolge nur durch die textliche Unterlegung der Grafik vermittelt werden. Mit dieser Methode sind jedoch für blinde Schüler/innen massive Nachteile verbunden. So ist z.B. die Erfassung der Eigenschaften geometrischer Figuren über eine rein sprachlich orientierte Vermittlungsweise sehr viel schwieriger als dies über die visuelle bzw. taktile Darstellung der Fall ist.

Hier müssen Alternativen gefunden werden, die dem blinden Schüler/der blinden Schülerin die taktile Erfassung der grafischen Element ermöglichen. Innerhalb der Blindenpädagogik gibt es verschiedene diesbezügliche Alternativen. Hier sei nur auf die Möglichkeiten der Erstellung ertastbarer Formen auf Schwellpapier (vgl. Kapitel 6.2.1.3) oder die Gestaltung von Modellen verwiesen.

Inwieweit der Einsatz einer Lernsoftware jedoch dann noch sinnvoll ist, muss im Einzelfall überprüft werden.

Als alternative Möglichkeit bietet sich die Erstellung einer eigenständigen, blindenspezifischer Lernsoftware an. Über die Sinnhaftigkeit einer derartigen „Insellösung“ kann man geteilter Meinung sein. Vorteilhaft ist in jedem Fall, dass konkret auf blindenspezifische Bedürfnisse eingegangen werden kann. Grundlegend bedeutet dies natürlich die Notwendigkeit der Digitalisierung mathematischer Inhalte gemäss einer der aufgeführten Standardnotationen. Sämtliche grafischen Elemente würden wegfallen und durch

³⁴⁵ Zwar existieren Online-Displays zur flächenhaften taktilem Darstellung (vgl. Kapitel ###). Diese sind aber technisch noch nicht ausgereift und werden aufgrund ihrer hohen Kosten in Schulen nicht eingesetzt.

angemessene Alternativen, z. B. durch textliche Beschreibung bzw. durch akustische Elemente ersetzt. Bei der taktilen Präsentation von Daten, die über die Punktschrift hinausgehen, sind jedoch auch einer speziell konzipierten mathematischen Lernsoftware Grenzen gesetzt. Hier sind, wie bereits erwähnt, kreative Überlegungen der Lehrkraft gemäss einer angebrachten Präsentationen erforderlich.

Als Nachteil, speziell für den Integrationsunterricht, ist natürlich die fehlende Kommunikationsgrundlage zu nennen. Eine Zusammenarbeit blinder und normalsichtiger Schüler/innen mit derselben Lernsoftware ist damit ausgeschlossen.

Wie realistisch die Konzeption einer blindenspezifischen mathematischen Lernsoftware tatsächlich ist, bleibt fraglich. Das Problem der Uneinheitlichkeit der verschiedenen Mathematiknotationen wurde bereits angesprochen. Zudem ist zu bedenken, dass die relativ kleine Zielgruppe, die für dieses Produkt in Frage kommt, kommerzielle Hersteller nicht unbedingt anregen wird, sich mit dieser Problematik auseinander zu setzen.

Festzuhalten bleibt, dass aufgrund der vielen aufgeführten Probleme und Zusatzanforderungen in unmittelbarer Zukunft nicht unbedingt mit einer Zunahme blindenspezifischer Lernsoftware - in welche Form auch immer - gerechnet werden kann.

Wenn ein Lernprogramm aufgrund der beschriebenen Defizite bereits an der Zugänglichkeit für blinde Nutzer/innen scheitert, weil es Daten gar nicht oder nur bruchstückhaft wiedergibt, macht es meines Erachtens keinen Sinn, dieses im Hinblick auf weitere programmtechnische oder didaktisch-methodische Kriterien anhand eines aufgestellten Kriterienkataloges zu untersuchen. Aus diesem Grund möchte ich mich bei der Beschreibung und Beurteilung von mathematischen Lernprogrammen auf Einsatzmöglichkeiten innerhalb der Sehbehindertenpädagogik beschränken.³⁴⁶

³⁴⁶ Sollte dennoch die Notwendigkeit bestehen eine mathematische Lernsoftware im Hinblick auf ihre Geeignetheit innerhalb der Blindenpädagogik beurteilen zu müssen, so verweise ich auf den Kriterienkatalog von Strugholz (unveröffentlichte Examensarbeit 2000). Dieser enthält innerhalb der Kategorien „Bildschirmwiedergabe“, „Interaktivität“ und „Programmsteuerung“ m. E. alle wesentlichen Kriterien, die bei einer Beurteilung von Lernsoftware gemäss der geschilderten Ausgangssituation zu berücksichtigen sind. Neben der Notwendigkeit der Darstellung mathematischer grafischer Zeichen gemäss den Regeln einer standardisierten Mathematikschrift sollte zusätzlich beurteilt werden, wie weit es dem Autoren gelungen ist, mathematische Inhalte mittels akustischer Unterstützung zu präsentieren.

7.6 Sehbehindertengerechte mathematische Lernsoftware

Will man mathematische Lernsoftware im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten für den Unterricht mit sehbehinderten Schüler/innen beurteilen, so muss untersucht werden, in welchem Maße sich diese an Bedürfnissen orientieren, die sich unmittelbar aus der Einschränkung des Sehvermögens ergeben und ob sie den Gebrauch von Hilfsmitteln (z. B. die Nutzung windowsinterner Modifikationen der Standardeinstellungen, Nutzung von Vergrößerungssystemen) zulassen.

In welchem Maße die einzelnen Kriterien für sehbehinderte Schüler/innen tatsächlich relevant sind, hängt von der Einschränkung des individuellen Sehvermögens ab. So kann man nicht von der sehbehindertengerechten Lernsoftware sprechen. Möglicherweise ist ein und dieselbe Software für den einen Betroffenen geeignet, während sie für einen anderen infolge unterschiedlicher Sehstörungen nicht oder nur schwer zu erfassen ist.

Letztendlich kann immer nur der potentielle Nutzer selbst ein Urteil über die die Geeignetheit der Software abgeben.

Ein Programm ist dann für den Unterricht geeignet, wenn es, unter Hinzuziehung der zur Verfügung stehenden Hilfsmittel, dem sehbehinderten Schüler/der sehbehinderten Schülerin einen vergleichbaren Komfort und dieselbe Effizienz bietet, wie dies für Sehende zutrifft.

7.6.1 Zugangsbarrieren

Die visuelle Erfassung der Bildschirmdaten einer Lernsoftwareseite kann häufig für sehbehinderte Schüler/innen zum Problem werden. Analog zu der Situation von Printmedien (vgl. Kapitel 6.1) kann dies u. a. auf zu kontrastarme Darstellungen, zu geringe Größen der Text- und Bildelemente oder einer schwer zu erkennenden Buchstabengestalt zurückgeführt werden.

Logischerweise können bei der Präsentation einer Lernsoftwareseite nicht alle Kriterien einer sehbehindertengerechten Datendarstellung beachtet werden. Je nachdem welche Teilsehfunktion beeinträchtigt ist, benötigt ein Schüler z.B. aufgrund einer Makulaerkrankung stark vergrößerte Text- und Bildpräsentationen, während ein anderer mit einem Röhrengesichtsfeld große Darstellungen nicht mehr überblicken kann. (vgl. Kapitel 1.1.1)

Aufgrund dieser differierenden Ausgangssituation ist eine Lernsoftware als sehbehindertengerecht zu bezeichnen, wenn sie die unter Punkt 7.6 beschriebenen

Nutzungsmöglichkeiten von Hilfsmittel zulässt. Insbesondere sind dabei windowsinterne Modifikationen der Standardeinstellungen und die Kompatibilität mit Vergrößerungssystemen impliziert. Auch an dieser Stelle muss jedoch die Einschränkung gemacht werden, dass nicht jede sehbehinderte Schülerin/jeder sehbehinderte Schüler gleichermaßen von den möglichen Datenmodifikationen profitiert. Nur wenn die jeweilige individuelle Störung der Sehleistung einen Faktor betrifft, der bei der computertechnischen Datenpräsentation zu beeinflussen ist, kann die visuelle Erfassung des Bildschirminhaltes erleichtert werden (vgl. Kapitel 1.4.1).

7.6.2 Notwendigkeit der Erstellung eines spezifischen Kriterienkataloges

Der nachfolgend aufgestellte Kriterienkatalog soll helfen, mathematische Lernsoftware im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten innerhalb der Sehbehindertenpädagogik zu beurteilen. Meines Wissens existieren keine offizielle Kataloge, die als Vorlage genutzt werden könnten. Demgemäß ist es notwendig einen eigenen Kriterienkatalog zu erstellen, der der genannten Zielsetzung gerecht wird.

Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Kriterienkatalogen, die eine umfassende Beurteilung von Software gemäß programmtechnischer, (fach)-didaktischer und methodischer Kriterien anstreben, erfolgt hier eine Gesichtspunktverlagerung. Im Besonderen werden diejenigen Kriterien berücksichtigt, die sich unmittelbar aus den behinderungsbedingten Bedürfnissen und Notwendigkeiten der Zielgruppe für den Zugang bzw. die Nutzung des Programms ergeben.

Für Kriterien, die über diese Einschränkung hinausgehen, sei auf entsprechende Kriterienkataloge verwiesen, die in großer Anzahl in der Fachliteratur vorliegen.³⁴⁷

Für viele mathematische Lernprogramme liegen zudem ausführliche fachkompetente Beschreibung und Beurteilung gemäß didaktischer, methodischer und programmtechnischer Aspekte innerhalb der SODIS-Datenbank³⁴⁸ vor.

³⁴⁷ vgl. z. B. Becker-Mrotzek S. 13-15; Meißner in Decker 1998, S.157, 158, Duismann 1998, S. 34, Gottke 1997, S. 35, 36, INBAS 1999, S.46 – 52, SODIS-Datenbank 2000, Landesinstitut für Schule und Weiterbildung 1995, S. 26f

³⁴⁸ “Die Datenbank enthält Nachweise über 4434 Produkte, von denen 2369 bewertet wurden. 148 neue Medien wurden mit dem Prädikat „beispielhaft“ bzw. „bedingt beispielhaft“ versehen.“ (Begleitheft SODIS, S. 3)

Unter dieser Prämisse kann und will der von mir erstellte Kriterienkatalog keinen Anspruch auf Vollständigkeit im Hinblick auf eine umfassende Beurteilung von Lernsoftware nehmen.

Mir ist es wichtig zu zeigen, welchen Anforderungen mathematische Lernsoftware genügen muss, damit sie pädagogisch vertretbar, im integrativen Unterricht mit sehbehinderten Schülerinnen und Schülern eingesetzt werden kann.

Provokant ist zu fragen: Was nutzen sehbehinderten Schülerinnen und Schülern didaktisch hochqualitative Lernprogramme, deren Zugang ihnen infolge bestehender Barrieren jedoch verwehrt wird?

Um hier kein Missverständnis aufkommen zu lassen, sei noch mal erwähnt, dass es sich hier um Zusatzanforderungen an Lernprogramme handelt. Die Erfüllung der aufgestellten Forderungen bedeutet nicht, dass andere Kriterien vernachlässigt werden dürfen. Gleichwohl muss eine behindertengerechte Lernsoftware denselben didaktisch-methodisch und programmtechnischen Qualitätsansprüchen genügen, die allgemein an Lernsoftware gestellt werden.

Ebenso wie bei der Gestaltung barrierefreier Web-Seiten für das Internet (vgl. Kapitel 8.3.2) soll bei der Entwicklung mathematischer Lernsoftware möglichst keine Sonderlösung angestrebt werden. Unter Berücksichtigung der im nachfolgenden Kriterienkatalog aufgeführten Forderungen kann diese Barrierefreiheit auch für Lernprogramme, in der Regel mittels kleiner Modifikationen auf Seiten der Programmentwicklung, erfüllt werden.

Nur Programme die sehbehindertengerecht gestaltet sind, lassen sich zur Vermittlung fachlicher Inhalte und zur Förderung der fachlichen Kommunikation in einer Integrationsklasse sinnvoll einsetzen.

Die Bewertung der einzelnen Kriterien wird zweigliederig durchgeführt. Zunächst erfolgt eine Bewertung, die die Erfüllung der jeweiligen Anforderung beurteilt. Bei diesem Verfahren habe ich mich gemäss des Beispiels vorhandener Kataloge für eine Checkliste entschieden. Hier wird jeweils angekreuzt, ob das Lernprogramm die Forderung immer, meist, teilweise, selten oder gar nicht erfüllt. Dieser erste Schritt dient einer groben Orientierung bezüglich der Programmqualität. Des weiteren soll mit diesem Verfahren eine möglichst objektive Betrachtungsweise angestrebt werden. Es ist davon auszugehen, dass eine sorgfältige Vorgehensweise bei verschiedenen Personen zum gleichen Ergebnis führt.

Bewusst ist mir, dass ein vorgegebener Kriterienkatalog die Sichtweise auch immer einschränkt. Demzufolge kann er nur als Anregung zu verstehen sein, der im Einzelfall, je nach Bedarf erweitert und ergänzt werden kann und muss.

Um eine möglichst detaillierte und aussagekräftige Aussage über Einsatzmöglichkeiten des jeweiligen Lernprogramms in der Sehbehindertenpädagogik machen zu können, werden die jeweiligen Programmeigenschaften nachfolgend auch beschrieben.

Die Ergebnisse beider Analyseschritte dienen der abschließenden Bewertung der Lernsoftware im Hinblick auf die genannte Zielsetzung.

Sowohl der Kriterienkatalog als auch die Bewertung werden in Anhang aufgeführt.

7.6.3 Anforderungen an ein sehbehindertengerechtes Lernprogramm

Unter der Prämisse, dass keine Sehbehinderung wie die andere ist, und individuelle Merkmale für das Sehvermögen verantwortlich sind (vgl. Kapitel 1.1.1), versucht der vorliegende Kriterienkatalog möglichst viele der Bedingungen, die sich allgemein aus einer Sehbehinderung ergeben können, zu erfassen.

Er erhebt aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Im Einzelfall ist, wie bereits aufgeführt, eine Ergänzung spezifischer Forderungen infolge einer spezifischen Sehbeeinträchtigung sicher angemessen und notwendig.

Wie bereits erwähnt ist die Notwendigkeit der Erfüllung der jeweiligen Forderung vom individuellen Sehvermögen der Einzelnen abhängig. Nicht jedes Kriterien ist dabei für jede sehbehinderte Schülerin/jeden sehbehinderten Schüler relevant.

So gibt es beispielsweise Schüler/innen, die eine vergrößerte Datendarstellung benötigen, deren Farbsehen aber nicht gestört ist. Für diese ist es dann irrelevant ob das Programm eine kontrastreiche Datendarstellung verwendet. Entsprechende Beispiele sind dem Kapitel 1 zu entnehmen.

Die von mir aufgestellten Kriterien lassen sich zwei unterschiedlichen Ebenen zuweisen.

Ebene 1: Modifikationen der Standardeinstellungen

Ebene 2: Datenpräsentation

7.6.3.1 Modifikationen der Standardeinstellungen

Einer ersten Ebene werden Kriterien zugeordnet, die sich auf die individuelle Modifikation von Standardeinstellungen beziehen. Der Erfüllung der hier aufgeführten Kriterien ist allererste Priorität einzuräumen. Da keine Sehbehinderung wie die andere ist, kann es nicht die optimale Datenpräsentation für alle Betroffenen geben. Gemäss dieser Voraussetzung ergibt sich die Notwendigkeit einer individuellen Gestaltung des Bildschirms.

Zu fragen ist, ob das jeweilige Programm die Nutzung von Hilfsmittel zulässt und damit Modifikationen der Standardeinstellungen innerhalb der Kategorien „Datengröße“, „Farben/Kontraste“ und „Schrifttyp“ vorgenommen werden können.

Diesbezügliche Einstellungsänderungen können, wie bereits erwähnt, computertechnisch mittels der Nutzung von Vergrößerungssystemen oder durch die windowsinterne individuelle Veränderung der Standardeinstellungen realisiert werden.³⁴⁹

Demgemäß ist bei jeder Lernsoftware erstens zu überprüfen, ob die windowsinternen individuellen Einstellungen von den Programmseiten übernommen werden und zweitens, ob Vergrößerungssoftware und Lernsoftware kompatibel sind.³⁵⁰

Die windowsinterne Möglichkeit der Modifikation von Standardeinstellungen ist abhängig von der vom Programmierer verwendeten Seitengestaltung. Diese Einstellungsmöglichkeiten betreffen ausschließlich alle von Windows vorgegebenen Standardelemente wie Menüzeilen, Buttons usw. aber eben nicht Elemente, die von diesen Standards abweichen. Damit einhergehend ist zu überprüfen, ob die Lupenfunktion mit all ihren Möglichkeiten, Voreinstellungen des (Maus-)Cursor, Voreinstellungen von Text- und Hintergrundfarbe usw. vom Lernprogramm übernommen werden.

Wenn möglich, sollten Programmgestalter auf einen Vollbildmodus verzichten oder wenigstens alternativ einen „standardisierten“ Modus (normales Fenster) erlauben.

Bei der Überprüfung der Kompatibilität zwischen Lernsoftware und Vergrößerungssystemen, muss untersucht werden, ob sämtliche Möglichkeiten der Vergrößerungssoftware, wie Veränderung der Größe, Farbe, Kontrast, Lichtintensität und Buchstabentypografie von der Lernsoftware angenommen werden.

³⁴⁹ Eine vergrößerte Datendarstellung ist, wie bereits aufgeführt, auch mittels eines Großbildschirmes zu realisieren. Da diese Alternative aber programmunabhängig ist, wird sie nicht extra untersucht.

³⁵⁰ Eine Inkompatibilität zwischen den beiden Lernsoftwaretypen kann sich auch auf bestimmte Programmelemente beschränken. So berichtete ein von mir befragter Lehrer von häufigen Programmabstürzen, die immer wieder beim Aufrufen von programminternen Videosequenzen auftraten.

Beide geschilderten Modifikationsalternativen sollten selbstverständlich sämtliche Bildelemente, also Eingabefenster, Fensterrahmen, Menüleisten usw. betreffen.

Dieser Ebene muss m. E. allererste Priorität eingeräumt werden.

In Einzelfällen ist es dabei durchaus möglich, dass eine einzelne Nichterfüllung einer Forderung der betroffenen Schülerin/dem betroffenen Schüler die Programmnutzung verwehrt. Benötigt z. B. eine Schülerin/ein Schüler eine extrem kontrastreiche Vorlage, um überhaupt etwas erkennen zu können und wird diese Bedingungen von der Software nicht erfüllt und kann auch nicht gemäß der oben geschilderten technischen Möglichkeiten modifiziert werden, so kann das Programm von der Betroffenen/ von dem Betroffenen nicht genutzt werden. Analog ist die Notwendigkeit einer vergrößerten Datendarstellung zu sehen.

7.6.3.2 Datenpräsentation

Innerhalb einer zweiten Ebene werden Kennzeichen und Merkmale der vorliegenden Programmseitengestaltung im Hinblick auf eine sehbehindertengerechte Datendarstellung überprüft. Die Beachtung der angegebenen Kriterien soll möglichst vielen sehbehinderten Schülerinnen und Schülern die Arbeit mit dem Programm ermöglichen und erleichtern. Ein Absolutheitsanspruch kann dabei nicht berücksichtigt werden.

So wird z. B. eine kontrastreiche Farbwahl für die Gestaltung von Text- und Hintergrundfarbe gefordert. Die Beachtung des Kriteriums kann vielen Schüler/innen mit Farbsinnstörungen (vgl. Kapitel 1.1.1) die visuelle Erfassung des Textes erleichtern. Trotzdem ist es möglich, dass gerade die gewählte Farbkombination für einzelne Schüler/innen aufgrund individueller Degenerationen spezifischer Sehzellen ungeeignet ist. Diesbezügliche Bewertungen des Lernprogramms können also letztendlich nur vom Betroffenen selbst vorgenommen werden.

Im einzelnen soll das Lernprogramm bezüglich der folgenden Kriterien überprüft werden.

Datengröße

Hilfreich für die Arbeit mit Vergrößerungssystemen ist eine Einhaltung gleichgroßer Abstände zwischen den Buchstaben eines Wortes aber auch zwischen den Wörtern. Gleichgroße Abstände lassen Einheiten als solche leichter erkennen.

Dieses Kriterium ist analog für die Präsentation mathematischer Aufgaben zu fordern. Zusammengehörige Aufgabenelemente müssen als solche erkannt werden können. Dies ist z. B. bei Bruchtermen besonders relevant. Ist der Abstand zwischen Zähler, Bruchstrich und Nenner zu groß oder unregelmäßig, so wird die Arbeit mit Vergrößerungssystemen künstlich erschwert.

Gleichgroße Textelemente erleichtern zudem die Arbeit mit windowsinternen Einstellungsmöglichkeiten und Vergrößerungssystemen. Dies erspart den Wechsel zwischen der Einstellung verschiedener Vergrößerungsfaktoren.

Farben und Kontraste

Eine kontrastreiche Abhebung der Aufgabe bzw. des Textes vom Hintergrund erleichtert die visuelle Erfassung. Weil Personen mit Farbsinnstörungen häufig Farben nur als Grautöne wahrnehmen, ist insbesondere auf die kontrastreiche Unterscheidung der Grauwerte der gewählten Farben zu achten. Dies gilt insbesondere bei der Nutzung von Farben zur Verdeutlichung inhaltlicher Elemente, wie z. B. der Nutzung verschiedener Farben um auf Wesentliches aufmerksam zu machen oder um Zusammengehörigkeiten aufzuzeigen.

Textelemente

Besonders die Auswahl von Schriftart und Schriftgröße ist den Erfordernissen der Benutzergruppe anzupassen. Ein klar strukturierter Schrifttyp ohne Verschnörkelungen bzw. Serifen ist vorzuziehen.

Die visuelle Erfassung von einzelnen Textpassagen, kann durch Hervorhebungen erleichtert werden. Wenig sinnvoll ist dies, wenn die betroffenen Textpassagen unterstrichen oder kursiv abgebildet werden. Beide Darstellungsarten können sehbehinderten Schülern und Schülerinnen ihr Erkennen erschweren.

Alternativ bietet sich der Fettdruck oder eine farbige und kontrastreiche Darstellungsweise an.

Grafik- und Bildelemente

Graphische Elemente erhöhen bei Normalsichtigen die Dimensionalität des Gelernten und können damit zur besseren Erinnerung des Gelernten beitragen.³⁵¹ Inwieweit die graphische Gestaltung des Lernprogramms z. B. durch die Verwendung von Bildern, Symbolen, Tabellen, Animationen usw. bei Sehbehinderten zur Lernunterstützung beitragen kann, ist natürlich u. a. von ihrem Sehvermögen abhängig und individuell zu überprüfen.

Eine Hervorhebung der Konturen und eine kontrastreiche Farbdarstellung kann die visuelle Erfassung der Bildelemente erleichtern.

Für einzelne Sehbehinderte, die aufgrund ihres eingeschränkten Sehvermögens oder der unangemessenen Gestaltung der Bildelemente diese visuell nicht erfassen können, ist eine textliche Unterlegung notwendig.

³⁵¹ vgl. INBAS 1999, S. 47, 48

Aus didaktischer Sicht kann überprüft werden, ob Grafiken und Text in einem angemessenen Verhältnis stehen und ob sie sinnvoll z. B. zur Veranschaulichung mathematischer Inhalte eingesetzt werden oder lediglich die Bildschirmseite visuell „aufpeppen“ sollen.

Animationen

Animationen können Fachinhalte verdeutlichen. Ihre visuelle Erfassung hängt aber auch hier vom Sehvermögen des Einzelnen ab. Eine zu schnelle Bildabfolge kann die visuelle Erfassung, erschweren oder sogar unmöglich machen. Eine akustische oder textliche Unterlegung derselben ist zielgerechter. Auf Animationen, die von ihrer Gestaltung gemäß der oben aufgeführten Kriterien visuell nur schwer zu erfassen sind und zudem nur aus Motivationszwecken eingesetzt werden, sollte in einem sehbehindertengerechten Lernprogramm gänzlich verzichtet werden.

Kriterien, die die Programmnutzung erleichtern

Die Beachtung der folgenden Kriterien ist nicht als obligatorisch zu verstehen. Ihre Berücksichtigung kann aber die visuelle Erfassung der Bildschirmdaten vereinfachen. So ist z. B. eine linksbündige Anordnung der Aufgaben und Texte für die Orientierung hilfreich, ein Inhaltsverzeichnis, von dem aus sämtliche Kapitel des Programms aufgerufen werden können, erspart eine mühsame und zeitintensive Suche usw.

Allgemeine Kriterien

Hilfreich, weil sich damit oft mühsame Orientierung und Suche im Explorer erübrigt, ist ein automatischer Programmstart nach dem Einlegen der CD-ROM.

Programme, die neben der Einzelarbeit auch die Gruppenarbeit zulassen, fördern einerseits die fachliche Kommunikation, bieten aber auch den Vorteil, dass Bildelemente, die sehbehinderte Schüler/innen nicht gut erkennen, von den Gruppenmitgliedern erklärt werden können.³⁵²

Auf Elemente, die lediglich der Motivation dienen, sehbehinderten Schüler/innen aber die Nutzung des Programms massiv erschweren, sollte verzichtet werden. Als Beispiel sei auf die Anmeldeprozedur des untersuchten Lernprogramms verwiesen. Mit Namen versehene Anmeldekarten müssen hier mit der Maus erst an eine spezifische Bildschirmposition gezogen werden. Dies mag zwar für normalsichtige Schüler/innen motivierend sein, kann aber für

³⁵² Im Unterricht ist darauf zu achten, dass innerhalb der Gruppenarbeit alle Teilnehmer/innen gleichermaßen bei der Programmbearbeitung beteiligt sind. Dies ist aber kein spezielles Problem der Lernsoftware.

sehbehinderte Programmanwender/innen, die auf die Nutzung von Vergrößerungssystemen angewiesen sind, aufgrund des fehlenden Bildschirmüberblicks zu einem Problem werden.

Bildschirmgestaltung und -aufteilung

Um Orientierungsschwierigkeiten auf einem möglichst geringem Level zu halten, ist eine klare, übersichtliche und einheitliche Bildschirmstrukturierung von Vorteil. Gleichartige Informationen sollten möglichst immer an derselben Bildschirmposition dargestellt werden. Langatmiges und ermüdendes Suchen kann so vermieden werden.

Eine Überfrachtung des Bildschirms sollte auch unter lernpsychologischen Kriterien in jedem Fall vermieden werden.

Die Notwendigkeit der Bildschirmpräsentation als Fenster mit Menüleiste wurde bereits erläutert. Der Großteil des Bildschirms, sollte vollständig für die Präsentation des Programminhaltes und die Dateneingabe genutzt werden.

Für einzelne Sehbehinderte (z. B. bei Gesichtsfeldeinschränkungen) ist eine linksbündige Anordnung der Daten der zentrierten Positionierung, die leichter übersehen werden könnte, vorzuziehen.

Dateneingabe und Navigation

Eine kontrastreiche Abhebung der Eingabefelder erleichtert Personen mit Farbsinnstörungen die Dateneingabe.

Innerhalb des Programms sollte der Nutzer/die Nutzerin jederzeit sämtliche Elemente des Bildschirms erreichen können. Mittels der Maus ist dies prinzipiell möglich. Bildschirmfelder, die dabei anzuklicken sind, müssen ausreichend groß sein und einen angemessenen Mindestabstand einhalten, damit nicht aus Gründen des schlechten Erkennens versehentlich ein falsches Feld angeklickt wird.

Das Programm muss die individuelle Einstellungen des Mausursors und des Cursors im Hinblick auf Größe und Gestalt übernehmen.

Für Sehbehinderte die Vergrößerungssysteme benutzen, ist es aufgrund des fehlenden Bildschirmüberblicks häufig schwierig sich zu orientieren. Die Möglichkeit zur alternative Steuerung des Cursors über die Tastatur kann diesen Prozess vereinfachen, impliziert ist damit, dass sämtliche Bildelemente über die Cursorsteuerung zu erreichen sind.

Programmablauf

Wünschenswert wäre die Möglichkeit der individuellen Programmsteuerung. Insbesondere ist damit das aktive Eingreifen in den Programmablauf (Überspringen von Programmteilen,

Wiederholung gewünschter Abschnitte) und die jederzeitige Beendigung des Programms gemeint. Qualitativ hochwertige Programme speichern die zuletzt bearbeitete Programmseite und ersparen somit das zeitaufwendige und mühsame Suchen der Abbruchstelle bei Wiederaufnahme der Arbeit.

Analog ist die Existenz eines Inhaltsverzeichnisses, von dem die einzelnen Kapitel aufgerufen werden können und die orientierungserleichternde Angabe der aktuellen Position während des gesamten Programmablaufs zu sehen.

Hilfefunktion

Aus fachdidaktischen Gründen ist die Einrichtung einer Hilfefunktion bei auftretenden Fehlern notwendig. Ihr Aufrufen sollte wahlweise über die Maus oder Tastatur möglich sein. Dies letztgenannte Alternative ist besonders bei einem fehlenden Seitenüberblick oder bei einer erschwerten visuellen Wahrnehmung des Bildschirminhaltes sinnvoll.

Eine Einfügung relevanter Grafiken kann sehbehinderten Schülerinnen und Schülern helfen, den Sachverhalt zu verstehen. Auf dabei zu achtende Gestaltungskriterien wurde bereits hingewiesen. Eine akustische Unterlegung der Hilfefunktion kann auch hier angemessen sein.

Rückmeldung

Motivationsfördernd wirkt eine Rückmeldung, die den Lernerfolg bestätigt. Die Einbeziehung optischer Elemente gemäss den oben genannten Gestaltungskriterien kann motivationsfördernd wirken. Eine Einbeziehung akustischer Elemente erfolgt denselben Zweck und ist in Anbetracht der Zielgruppe sicherlich angemessener.

Akustische Komponenten

Akustische Komponenten können die visuelle Informationsaufnahme unterstützen. Dabei sind jedoch einzelne Kriterien zu beachten: Die Sprache muss verständlich und emotional ansprechend sein. Eine Nichtbeachtung wirkt sich in der Regel motivationshemmend aus. Ein angemessener Redefluss und Sprachrhythmus sollte ebenso selbstverständlich sein wie eine natürliche Betonung und Akzentuierung. Dies gilt ebenso für die Geschwindigkeit der Sprachwiedergabe. Zu schrille Töne und ein zu häufiger Gebrauch dieser wirken eher abstoßend.

Wünschenswert wäre die Möglichkeit zum Abstellen der Sprachwiedergabe, ohne dass dieses mit einem Informationsverlust verbunden ist.

7.6.3.3 Bewertung von Lernprogrammen

Aufgrund der bereits erwähnten individuellen Ausprägung jeder Sehbehinderung und der unterschiedlichen Gewichtigkeit einzelner Kriterien ist eine allgemeingültige Bewertung von Lernsoftware nur in eingeschränktem Maße möglich.

Die Bewertung kann daher nur mögliche Grenzen und Defizite des Programms aufzeigen an denen ein unterrichtlicher Einsatz scheitern könnte.

So ist es m. E. ziemlich wahrscheinlich, dass die Nichtbeachtung der Kriterien, die innerhalb der Kategorie „Modifikationen von Standardeinstellungen“ aufgeführt wurden, dafür verantwortlich zu machen ist, dass das Programm für einen Großteil sehbehinderter Menschen ungeeignet ist. Besteht zum Beispiel zwischen Vergrößerungssoftware und Lernsoftware eine Inkompatibilität, so ist damit der Einsatz der Lernsoftware für alle Schüler/innen, die auf die Nutzung von Vergrößerungssystemen angewiesen sind, zum Scheitern verurteilt. Analog ist die fehlende Möglichkeit der Nutzung windowsinterner Vergrößerungsmöglichkeiten zu sehen. Dies schließt nicht aus, dass einzelne Schüler/innen, in Abhängigkeit zur Sehleistung sehr wohl gut mit dem Programm arbeiten können.

Letztendlich ist jedoch das Urteil des Betroffenen für den Einsatz des Programms im Unterricht maßgeblich und entscheidend.

7.6.4 Lösungsansätze

Wie innerhalb der oben aufgeführten Analyse aufgeführt wurde, lassen sich viele Faktoren, die sehbehinderten Schüler/innen die visuelle Erfassung von Bildschirmdaten erleichtern können, mit relativ geringem Aufwand programmieren.

Bereits die Nutzung von Windowsfenstern, statt der Darstellung im Vollbildmodus könnte die Situation speziell für Sehbehinderte erheblich verbessern. Am Beispiel der Hilfeseite innerhalb des Lernprogramms, deren Menüleiste eine individuelle Einstellung von Größe, Farbe/Kontrast erlaubt, konnte die Umsetzung dieser Forderung gezeigt werden.

Relativ einfach lässt sich auch die alternative Programmbedienung über Tastatur und die Unterlegung von Grafiken und Animationen mit Texten programmieren. Die verbale Beschreibung dieser Elemente muss jedoch sorgfältig durchgeführt werden und sollte von Personen mit sonderpädagogischen Kenntnissen angefertigt werden.

Die Zusammenarbeit von Informatikern, Pädagogen, Lehrern, Fachdidaktikern, Designer und Kinder, die Krauthausen³⁵³ als notwendig ansieht, um die didaktische Qualität von Lernsoftware zu verbessern, muss für die sonderpädagogische Zielgruppe noch erweitert werden. Meines Erachtens ist hier zusätzlich die Beteiligung von Betroffenen zu fordern.

In der Realität lassen sich Zugangs und Nutzungsmöglichkeiten für (mathematische) Lernsoftware für sehbehinderte Anwender/innen auf zweierlei Art und Weise erreichen.

Wenig sinnvoll ist meines Erachtens dabei eine in der Literatur³⁵⁴ als passiv bezeichnete Vorgehensweise. Hier wird versucht, Computerprogramme, Datenbanken oder Internetseiten, die bereits existieren, dem sehbehinderten Nutzer/innen zugänglich zu machen, indem technische Hilfsmittel wie Vergrößerungssysteme, Browsern usw. verändert und den neuen Bedingungen angepasst werden. Häufig sind diesbezügliche Versuche jedoch trotz großem Aufwand erfolglos.

Als aktive Lösungsform wird in der angegebenen Literatur die Möglichkeit beschrieben, schon während der Gestaltung der einzelnen Medien auf die Bedürfnisse der behinderten Nutzer/innen einzugehen.³⁵⁵

Wie die obigen Beispiele gezeigt haben dürften, ist diese Vorgehensweise sehr viel einfacher zu realisieren. Voraussetzung allerdings ist hierfür ein Umdenken in den Köpfen der Programmierer und Hersteller. Dieses Umdenken setzt jedoch eine Informiertheit bezüglich besonderer Bedürfnisse der Nutzergruppen voraus. Häufig erfolgt eine Nichtbeachtung dieser Kriterien lediglich aus Unkenntnis.

Gegenüber der erstgenannten Variante ist diese Alternative zudem wesentlich preisgünstiger und erfordert zusätzlich nur einen geringen Mehraufwand auf Seiten der Programmgestalter.

Derartig programmierte Lernsoftware ist sowohl von sehenden als auch von sehbehinderten Schüler/innen zu nutzen.

Inwieweit und ob sich diese Vorgehensweise tatsächlich zukünftig durchsetzen wird, bleibt abzuwarten. Carstens³⁵⁶ nennt Möglichkeiten, die diesen Prozess beschleunigen könnten.:

Ein entsprechender Gesetzesentwurf, wie er in den USA bereits verabschiedet wurde, könnte die Hersteller von Lernsoftware verpflichten, behindertenspezifische Nutzungs- und Zugangsmöglichkeiten zu schaffen. Alternativ sind unverbindliche Festlegungen denkbar, die

³⁵³ vgl. Krauthausen 1995, S. 10 in Decker 1998, S. 149

³⁵⁴ vgl. Carstens 1998, S. 96

³⁵⁵ vgl. Warnke 1998, S. 49

³⁵⁶ Carstens 1998, S. 96

Programmierer und Hersteller auf das Problem aufmerksam machen könnten, deren Beachtung aber auf freiwilliger Basis erfolgt.³⁵⁷

Inwieweit es u. a. Blinden- und Sehbehindertenverbänden und – Selbsthilfegruppen gelingt, dieses Problem in die Öffentlichkeit zu bringen, wird die Zukunft zeigen.

7.7 Fazit - Lernprogramme als Medium im Integrationsunterricht

Wie die obigen Ausführungen gezeigt haben dürften, ist der Einsatz mathematischer Lernsoftware innerhalb der Blindenpädagogik nur in Ausnahmefällen überhaupt möglich. Aufgrund der analysierten Probleme bei der Gestaltung blindengerechter mathematischer Lernsoftware ist mit einer Verbesserung der Situation in naher Zukunft wohl auch nicht zu rechnen.

Die exemplarisch an einem mathematischen Lernprogramm durchgeführte Beschreibung und Bewertung hat viele Grenzen und Defizite aufgezeigt, die den Einsatz in der Sehbehindertenpädagogik in Frage stellen. Diese Aussage deckt sich mit den Befragungsergebnissen. Lernprogrammen werden von den befragten Pädagogen/Pädagoginnen eher selten im Unterricht mit sehbehinderten Schülerinnen und Schülern eingesetzt.³⁵⁸

Zu bedenken ist jedoch, dass die schlechte Ausstattung der Schulen mit Computern (vgl. Kapitel 4.3.3) an dieser Situation nicht ganz schuldlos ist. Steht innerhalb einer Schule nur ein Computerraum zur Verfügung, so muss zunächst organisiert werden, welche Klasse in welcher Unterrichtsstunde diesen benutzen darf. Die geringe Anzahl von Computerplätzen, die es teilweise notwendig macht, dass mehrere Schüler/innen sich ein Gerät teilen müssen, fördert nicht eben das Vorhaben. Erschwerend kommt hinzu, dass aufgrund des stetig reduzierten Lehrmitteleinsatzes es immer schwieriger wird, finanzielle Mittel für die Anschaffung von Lernsoftware frei zu machen.

³⁵⁷ Mit der Festlegung der HTML-Sprache durch das WWW- Konsortium wurde bereits eine derartige Voraussetzung geschaffen, die die Ausgabe der Internet-Seiten über die Braillezeile bzw. über Sprachausgaben ermöglicht. (vgl. Kapitel ###). Leider beachten nicht alle Ersteller von Webseiten diese Festlegungen.

³⁵⁸ Bei den eingesetzten Programmen handelt es sich um Winalice (ein Programm zur Bruchrechnung vom Cornelsenverlag), einer älteren Mathe-Blaster-Version (nicht mehr im Handel erhältlich) und DOS-Programmen (Bruch- und Prozentrechnung der Firma Träger-Software).

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass der Einsatz einer bestimmten Lernsoftware in der Sehbehindertenpädagogik primär davon abhängt, ob das Programm die Nutzung von Hilfsmitteln, respektive Modifikationen von Standardeinstellungen (Übernahme der windowsinternen Modifikationsmöglichkeiten und Übernahme der Modifikationsmöglichkeiten der Vergrößerungssoftware) zulässt und somit an individuelle Bedürfnisse angepasst werden kann.

An dem exemplarisch untersuchten Programm konnte nachgewiesen werden, dass es für Lernprogramme prinzipiell möglich ist, windowsinterne Modifikationen der Standardeinstellungen durchzuführen³⁵⁹ und das Einstellungsvarianten (Größe, Farbe, Kontrast, Helligkeit) der Vergrößerungssoftware³⁶⁰ vom Lernprogramm übernommen werden. Zusätzlich kann der Trend Lernsoftware zunehmend bunter, peppiger und „bewegter“³⁶¹ zu gestalten sich negativ auf den Einsatz von Lernsoftware für die genannte Zielgruppe auswirken.

³⁵⁹ Leider beschränkte sich diese Eigenschaft auf die Hilfeseite.

³⁶⁰ Die Kompatibilität zwischen den beiden Programmen wurde für die Vergrößerungssoftware „Lunar“ nachgewiesen.

Bei Lunar handelt es sich um ein Software-Paket zur Vergrößerung von DOS und Windows auf dem PC-Bildschirm. Es erlaubt die Definition von „hotkeys“ und menügesteuerten Einstellungsmöglichkeiten.

³⁶¹ Diese Elemente werden u. a. bereits auf der Verpackung als Gütekriterien hervorgehoben.

8 Das Internet - ein Unterrichtsmedium im integrativen Mathematikunterricht?

Ausgehend von der gesellschaftlichen Bedeutung, die das Medium Internet mittlerweile erreicht hat, werden spezifische Vorteile, die sich für blinde und sehbehinderte Menschen im Umgang mit diesem ergeben, aufgeführt.

Dem schließt sich eine kritische Analyse über Einsatzmöglichkeiten des Internets als Unterrichtsmedium bzw. zur Unterrichtsvorbereitung, respektive für das Fach Mathematik an. Akzentuiert wird dabei die Notwendigkeit einer didaktischen Konzeption.

Getrennt für blinde und sehbehinderte Schüler/innen erfolgt im Anschluss die Darstellung von Zugangsbarrieren, die den Betroffenen häufig die Nutzung (mathematischer) Web-Seiten verwehren.

Anknüpfend werden Möglichkeiten und Versuche aufgezeigt, die dazu beitragen können, dass sehgeschädigte ebenso wie normalsichtige Menschen von den im Internet angebotenen Informationen profitieren können. Grenzen diesbezüglicher Aktivitäten auf verschiedenen Ebenen werden dabei hervorgehoben. Die Relevanz der Darstellung ist nicht nur für professionelle Web-Seiten-Gestalter, sondern auch für Schüler/innen und Lehrkräfte gegeben, die z.B. eine eigene Schulhomepage gestalten wollen.

Ein Vorschlag für eine Unterrichtsreihe, die die begrenzte Nutzbarkeit mathematischer Web-Seiten für blinde und sehbehinderte Schüler/innen berücksichtigt, schließt sich dem an.

Das Internet ist ein weltweit verbreitetes dezentrales Computernetz. Durch die Einführung der Internetbrowser – diese Programme erlauben ein bequemes Abrufen von Speicherinhalten nach dem sogenannten http-Protokoll (s.u.) – wurde das Internet in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts einem breiten Publikum zugänglich.

Innerhalb nur weniger Jahre hat sich das Internet zu einem universellen Informationsaustausch- und verarbeitungssystem entwickelt. Es verbindet ganze Kontinente, erlaubt aber auch die Kommunikation auf kurze Distanzen, wie z.B. innerhalb einer Universität.

Das Internet hat bereits die Welt verändert, seine Folgen sind für den Laien und wohl selbst für Experten aber in vollem Umfang noch gar nicht abzusehen. Immer mehr Bereiche des Lebens werden erfasst.

Nahezu jede Auskunft kann über das weltweite Netz abgefragt werden. Dies gilt für Fahrplanauskünfte verschiedener Verkehrssysteme, Kontoauszüge, Hintergrundinformationen zu Fernsehberichten, Veranstaltungshinweise usw. usw..

Per Internet lassen sich Reisen buchen, sind Autos zu reservieren, können Geldgeschäfte abgewickelt werden, Katalogbestellungen durchgeführt werden. Aber auch private Internetseiten verbreiten sich rapide.

In Kombination mit Sprachausgabesystemen können Vorleседienste, wie z.B. das Vorlesen bestimmter Zeitungsartikel³⁶², in Anspruch genommen werden. An universitären Vorlesungen kann über das WWW teilgenommen werden, Programme lassen sich downloaden, ganze Zeitschriften und Bücher werden mittlerweile ins Netz gestellt. Die Liste könnte schier endlos fortgeführt werden.

Als Kommunikationsmittel ist das Internet genauso beliebt. Täglich werden Millionen von E-Mails sowohl im beruflichen als auch im privaten Bereich verschickt. Tausende von Newsgroups und Chatrooms werden weltweit zur zwischenmenschlichen Kommunikation genutzt. Auf dem Computer erzeugte Texte können über das Internet an Handys verschickt werden usw. usw..³⁶³

Ein Grund für seine atemberaubende Verbreitung ist wahrscheinlich in der Benutzerfreundlichkeit bezüglich des Konzeptes von WWW und dem dazugehörigen Dokumentenformat HTML (Hyper-Text Markup Language) zu sehen.

Mittels eines Web-Browsers können Web-Seiten aufgerufen und zugänglich gemacht werden. Indem sogenannte Links und/oder Hypertexte, das sind besonders hervorgehobene

³⁶² So bietet z.B. „Die Welt“ den Service an, dass sich Interessierte täglich den Leitartikel und vier weitere Artikel aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft vorlesen lassen können; <http://www.welt.de/audiowelt/>

³⁶³ Während der Erstellung der vorliegenden Arbeit habe ich das Internet besonders zu schätzen gelernt. Vor allem bei der Recherche von relevanten Informationen kann es hier große Dienste leisten. Zu einem angegebenen Stichwort stehen einem in Sekundenschnelle häufig Hunderte von Web-Seiten zur Verfügung, die in irgendeiner Weise mit dem eingegebenen Stichwort in Verbindung stehen. Das Problem ist es jedoch, aus diesem nahezu erschlagendem Informationsangebot genau die Fakten herauszukristallisieren, die benötigt werden.

Neben der Informationsrecherche konnte ich in dieser Zeit das Internet als Kommunikationshilfe einsetzen. Nachdem ich über dieses Medium Adressen von Sehbehinderten- und Blindenschulen in ganz Deutschland herausgefunden hatte, konnten viele Mathematiklehrer/innen, sofern die Schulen mit Internetanschlüssen ausgestattet waren, per E-Mail angeschrieben werden. Besonders bei Rückfragen erwies sich das Internet dabei als hilfreiches Medium.

Bildschirmelemente in Text-, Bild- oder Grafikform, angeklickt werden, öffnen sich weitere Dokumente.

Sämtliche aufgerufene Seiten können auf Festplatte gespeichert, weiterverarbeitet und ausgedruckt werden.

Mit verhältnismäßig geringem Aufwand und mit wenigen Kenntnissen können Computernutzer eigene Internetseiten im HTML Format erstellen. In Kombination mit anderen multimedialen Elementen können Verknüpfungen zwischen Ton, Sprache und (bewegten) Bildern erstellt werden. Die Webseiten können über einen WWW-Server weltweit verfügbar gemacht werden.

Nutzungsmöglichkeiten für Sehgeschädigte

Zusätzlich zu den aufgezeigten Vorteilen, die mit der Nutzung des Internets als Informations- und Kommunikationssystem verbunden sind, können sehgeschädigte Menschen in einem ganz besonderen Maße von diesem Medium profitieren. Diesbezügliche Chancen können unter den Stichworten „Gleichberechtigung“ und „Selbstständigkeit“ zusammengefasst werden.

Das Medium eröffnet ihnen die Gelegenheit, sich gleichberechtigt und selbstständig Informationen zu beschaffen, an die sie zuvor nur mit Hilfe anderer Menschen gelangen konnten. Als Beispiel sei auf die Möglichkeit der elektronischen Nachrichtenverschickung, des Telebankings, des Vorlesens von Zeitungsartikeln, des Fahrplanservices, oder der eigenständigen Suche nach Telefonnummern und Veranstaltungshinweisen verwiesen.

Damit leistet das Medium einen Beitrag zur Integration der Betroffenen und dezimiert die Gefahr der gesellschaftlichen Isolation innerhalb unserer Informationsgesellschaft.³⁶⁴

Leider können die aufgezeigten Vorteile nur dann genutzt werden, wenn die entsprechenden Internetseiten, wie unten aufgeführt, blinden- und sehbehindertengerecht gestaltet sind.

8.1 Das Internet als Unterrichtsmedium

Das Internet macht auch vor der Schule nicht halt. Immer mehr Schüler/innen nutzen in ihrer Freizeit das Medium, sei es als Mittel um sich Informationen zu beschaffen oder um zu kommunizieren. Die globale Vernetzung wird immer selbstverständlicher. Die

³⁶⁴ vgl. Grote 2000, S. 57

diesbezüglichen gesellschaftlichen Erwartungen nehmen zu. Es ist davon auszugehen, dass das Internet immer bedeutsamer wird. Eine Schule, die den Anspruch erhebt, ihre Schüler/innen auf das (Berufs-)leben vorbereiten und qualifizieren zu wollen, darf diese Entwicklung nicht ignorieren.

Mittlerweile ist demgemäß nicht mehr die Frage aktuell, ob das Internet in die Schule gehört, sondern wie die Schule das Internet nutzen kann.

Die Nutzung des Internets als Unterrichtsmedium setzt naturgemäß eine Vernetzung der Schule voraus. Schule und Kultusministerien sind dieser Forderung nachgekommen. Otto³⁶⁵ nennt die folgenden Zahlen: Im Januar 2000 hatten bereits ca. 16 000 der knapp 40 000 deutschen Schulen einen Internetzugang. Der größte Teil dieser Schulen wurde seit 1996 durch die Initiative „Schulen ans Netz“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter Unterstützung der Deutschen Telekom gefördert. Ziel dieser Initiative ist es, sämtlichen deutschen Schulen bis Ende des Jahres den Internetzugang zu ermöglichen. Nach Angaben der Autorin soll dieses Vorhaben Kosten von 100 000 Millionen DM verursachen.

Einzelne Modellschulen, wie z.B. das Arnoldinum in Steinfurt³⁶⁶, erproben seit geraumer Zeit einen intensiven Einsatz des Mediums in verschiedenen Unterrichtsfächern. Diese Schulinitiativen befinden sich weitgehend noch in der Testphase. Welche Lernerfolge der Einsatz des Mediums mit sich bringt, kann empirisch bisher jedoch noch nicht nachgewiesen werden.

8.1.1 Möglichkeiten und Grenzen des Internets als Unterrichtsmedium

Viele Argumente sprechen für den Einsatz des Mediums im Unterricht: Als größter Vorteil gegenüber herkömmlichen Unterrichtsmedien ist wohl die Möglichkeit der effektiven und zügigen Informationsbeschaffung zu sehen. Innerhalb von Sekunden stehen Web-Seiten zur Verfügung. Ein Web-basierter Unterricht kann in der Regel in kürzerer Zeit wesentlich mehr Quellmaterialien zur Verfügung stellen als dies im herkömmlichen Unterricht mit vergleichbarem Aufwand je möglich wäre.

Ein weiterer immenser Vorteil ist unter dem Stichwort der „Aktualität“ aufzuführen. Lässt man die Informationsmedien Fernsehen und Rundfunk einmal außer acht, so ist keines der

³⁶⁵ vgl. Otto 2000, S. 22

³⁶⁶ vgl. Otto 2000, S. 16 - 22

traditionellen Medien der Schule in der Lage, derart schnell aktuelle Informationen anzubieten. Während dieser Aspekt für das Fach Mathematik nicht unbedingt relevant ist, profitieren Fächer wie Politik, Biologie und Erdkunde eher von dieser Chance.³⁶⁷

Mittels des Einsatzes des Mediums Internet erfolgt die Befreiung des Lernens von Orts- und Zeitbeschränkungen. Soziales Lernen wird über regionale und kulturelle Grenzen hinweg gefördert.³⁶⁸

Unter Einbeziehung der Partner- und Gruppenarbeit, die sich besonders bei der Arbeit mit dem Medium anbietet, können auch innerhalb der Lerngruppe soziale Verhaltensweisen und ein kooperatives Miteinander erprobt und praktiziert werden.

Ebenso wie Lernprogramme (vgl. Kapitel 7.2) kann das Internet dabei Unterrichtsinhalte in neuen Formen präsentieren. Die Verknüpfung von Text, Bild und Ton, die Einbeziehung von Animationen und Simulationen kann sich positiv auf die Erfassung neuer Inhalte auswirken.

Der Einsatz des Internets als Kommunikationsmittel erlaubt den Austausch von Wissen und Erfahrungen. In nahezu allen Fächern kann ein derartiger Informationsaustausch, z.B. zwischen Schülerinnen und Schülern verschiedener Schulen, aber auch mit Experten stattfinden. Besonders für den Fremdsprachenunterricht ergeben sich hier neue Möglichkeiten zu einer realitätsnahen und motivierenden Sprachübung.

Die vorangestellten Argumente für den Einsatz des Internets als Unterrichtsmedium haben einen Idealzustand beschrieben. In der Schulpraxis sind jedoch erst einige Hürden zu überwinden, damit die geschilderten Vorteile zum Tragen kommen können.

Bevor ich diese aufführe, sollen aber auch Fachleute zitiert werden, die sich mit dem Einsatz des neuen Unterrichtsmediums kritisch auseinandersetzen und auf diesbezügliche Gefahren und Probleme hinweisen.

So warnt der Universitätsprofessor für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie Mandl³⁶⁹ vor einer Überforderung der Schüler/innen im Hinblick auf die verwirrend große Anzahl von Hyperlinks. Die unstrukturierte Informationswiedergabe im Internet könne ähnliche Effekte hervorrufen.

³⁶⁷ Man denke nur an die aktuelle Verbreitung von BSE und der Maul- und Klauenseuche. Das Internet kann hier wertvolle Informationen zum aktuellen Entwicklungsstand, aber auch Hintergrundwissen zur jeweiligen Thematik innerhalb kürzester Zeit liefern.

³⁶⁸ vgl. Mandl; Reinmann-Rothmeier 2000, S. 14

³⁶⁹ e.b.d.

Des Weiteren weist der Experte auf eine mangelnde Glaubwürdigkeit des Unterrichtsmediums Internet hin, die bei vielen Schüler/innen, auch als Folge der kommerziellen permanenten Werbung, zu registrieren sei.

Der amerikanische Professor für Technology Computer Science Weizenbaum³⁷⁰ geht sogar noch einen Schritt weiter. Für ihn werden Kinder durch den Computer zu „fantasielosen Befehlsempfängern“ degradiert. Zwar sieht der ehemalige Pionier der Computertechnik in diesem Medium ein Instrument, das der menschlichen Vorstellungskraft eine nie da gewesene Freiheit ermöglicht, setzt aber beim Nutzer/bei der Nutzerin das Vorhandensein einer emotionalen und intellektuellen Reife voraus. Nur so könne dieser/diese vor einem blinden und geistlosen Befolgen der von der technischen Maschine diktierten Befehle geschützt werden. Eine Nutzung des Mediums auf Kosten anderer Fächer steht er demgemäß äußerst kritisch gegenüber.

Das folgende Zitat von Mandl³⁷¹ fasst meiner Meinung nach Möglichkeiten und Grenzen des Internets im Unterricht prägnant zusammen: „Dass das Internet das Lernen automatisch besser, schneller und spaßiger macht, dürfte inzwischen als Mythos identifiziert sein. Weder ist die Qualität des Lernens vom Lernenden abzukoppeln, noch lassen sich Lernprozesse beliebig beschleunigen. Und anstrengend bleibt das Lernen allemal – ob mit oder ohne Internet.“

Aufgrund der oben beschriebenen Bedeutung und Stellung, die das Internet mittlerweile in unserer Gesellschaft gewonnen hat, muss die Schule angemessene didaktisch-methodische Konzepte entwickeln. Ziel desselben sollte ein verantwortungsvoller Umgang mit dem Medium sein, damit die oben genannten Gefahren so weit wie möglich dezimiert werden können. Diesbezügliche Voraussetzungen und Grundlagen werden nachfolgend erläutert.

8.1.1.1 Didaktische Konzepte

Der Umgang mit dem Internet, sei es zur Informationsbeschaffung oder Kommunikation, setzt spezifische Fähigkeiten voraus, die im Unterricht erworben werden sollten. Auch hier sollte Erwerb einer Medienkompetenz grundlegendes Ziel der diesbezüglichen Aktivitäten sein. Prinzipiell ist dabei das Internet unter dem Blickwinkel des Lernmediums, des Lerngegenstandes oder innerhalb der Sonderpädagogik auch als Hilfsmittel zu sehen.

³⁷⁰ vgl. Weizenbaum 2000, S. 15

³⁷¹ vgl. Mandl; Reinmann-Rothmeier 2000, S. 14

Das Internet als Lernmedium

Informationsbeschaffung

Das weltweite Faktenwissen nimmt in einem rasanten Tempo zu. Was heute noch aktuell ist, kann morgen bereits überholt und veraltet sein. Lebenslanges Lernen ist unvermeidlich.

Aufgrund seiner Aktualität ist das Internet als ein geeignetes Informationssystem zu sehen, das diesen Prozess unterstützen kann.

Sein erfolgreicher Einsatz setzt jedoch die Beherrschung äquivalenter Fertigkeiten und Fähigkeiten voraus. Der Unterricht kann den Schüler/innen dabei helfen, diese zu erwerben. Im einzelnen müssen geeignete Such-, Filter- und Strukturierungsstrategien entwickelt werden. Erfolgreich ist derjenige, der es gelernt hat passende Oberbegriffe zu finden, die die jeweilige Thematik konkret und umfassend umschreiben. Hilfreich und notwendig für den Erwerb dieser Fähigkeit ist die wiederholte und eigenständige Übung.

Im Vergleich zu didaktisch aufbereiteten Schulbüchern, die die Informationen zu einem Thema sortiert und strukturiert präsentieren, wird der Suchende bei der Recherche von gewünschten Informationen mit einer Fülle von Daten überschüttet. Auch die Eingrenzung der Suchbegriffe kann dies nicht immer verhindern. Die Informationsvielfalt und -menge wird durch zahlreiche, sich auf den jeweiligen Seiten befindliche Links, die auf weiterführende Webseiten hinweisen, zusätzlich vergrößert.

Nicht alle Informationen sind hilfreich und entsprechen der Intention des Nutzers. Häufig ist es notwendig, sich mittels geeigneter Links „vorzuarbeiten“, bevor man auf die gewünschten Informationen stößt. In jedem Fall ist deshalb eine Filterung und Strukturierung der aufgeführten Informationen notwendig.

Auch für diese Phase kann es hilfreich sein, wenn im Unterricht Kriterien, die es ermöglichen eine Webseite im Hinblick auf ihren Informationsgehalt zu bewerten, erarbeitet und ausprobiert werden. Übungs- und Reflexionsphasen sollten sich immer wieder anschließen.

Kommunikation

Wie bereits erwähnt, kann auch die Schule das Internet als Kommunikationsmedium sinnvoll nutzen. Dies könnte z.B., wie dies bei vielen Schulen bereits der Fall ist, mittels einer schuleigenen Homepage geschehen. Auf dieser stellt sich die Schule vor, beschreibt ihr Schulprofil oder veröffentlicht aufschlussreiche Unterrichtsprojekte. Über eine schuleigene E-Mail-Adresse können interessierte Schüler/innen, Eltern usw. leicht Kontakt aufnehmen.

E-Mail-Projekte mit den Schülerinnen und Schülern anderer (ausländischer) Schulen können u.a. den Fremdsprachenunterricht bereichern und kommunikative Fähigkeiten fördern.

Das Internet als Lerngegenstand

Die Vermittlung eines soliden Grundwissens über das Medium Internet steht dabei im Mittelpunkt diesbezüglicher Betrachtungen. Die Vermittlung relevanter Fachbegriffe sollte dabei ebenso selbstverständlich sein, wie die Erläuterung technischer Funktionszusammenhänge und Zugangsvoraussetzungen.

Wichtig ist ebenso die Thematisierung von Gefahren, die der Umgang mit dem Internet mit sich bringt. Hierbei sei z.B. auf die Gefahr der gesellschaftlichen Isolation verwiesen. Bereits heute gibt es Selbsthilfegruppe für Betroffene. Die Schüler/innen sollten deshalb immer wieder angeregt werden, ihr eigenes Verhalten im Umgang mit dem Medium kritisch zu reflektieren.

Das Internet als Hilfsmittel

Speziell für sehgeschädigte Schüler/innen bieten moderne Explorer viele Einstellungsmöglichkeiten, die ihnen die Erfassung von Internetseiten erleichtern können und unten aufgeführt werden. Im gewissen Sinne ist damit das Internet auch als Hilfsmittel zu bezeichnen.

Die Realisierung der genannten Ziele setzt natürlich die Erstellung eines didaktisch-methodischen Konzeptes und die Veränderungen von Lehrplänen, aber auch eine kritische Analyse traditioneller Beurteilungs- und Bewertungsmaßstäbe voraus. Zu überdenken wäre beispielsweise, ob die Bewertung von Einzelleistungen innerhalb der von einer Gruppe erbrachten Leistung überhaupt noch sinnvoll bzw. überhaupt möglich ist.

Das von der Schule erstellte Konzept sollte so entworfen werden, dass es den Schüler/innen die eigenständige Wissenserschließung innerhalb eines sozialen Gefüges ermöglicht³⁷², wobei es als Bereicherung und Ergänzung für traditionelle Lehrmethoden zu sehen ist und diese nicht verbannen darf. Die Erfüllung der Forderungen setzt ein adäquate Gestaltung der Lernumgebung voraus, die den Schüler/innen den Austausch von Informationen und das Lernen innerhalb einer Gruppe ermöglicht.

Die Notwendigkeit einer adäquate computertechnische Ausstattung der Schulen versteht sich von selbst. Infolge dieser oft weitgreifenden Veränderungen des traditionellen Unterrichts sind Konsequenzen für die Aus- und Weiterbildung der Lehrer/innen nicht zu umgehen.

³⁷² vgl. Mandl; Reinmann-Rothmeier 2000, S. 14

8.2 Das Internet als Medium im Mathematikunterricht

Einige der oben genannten Unterrichtsziele können auch im Mathematikunterricht verwirklicht werden. Schon heute existieren im WWW fachspezifische Seiten:

Insbesondere können Web-Seiten, die speziell für Schüler/innen bzw. Mathematiklehrer/innen gestaltet wurden, genutzt werden.

Die folgenden Kapitelteile geben allgemeine Nutzungsmöglichkeiten des Internets an. In welchem Umfang sich das Medium tatsächlich im Unterricht mit blinden und sehbehinderten Schüler/innen einsetzen lässt, hängt natürlich von der Art und Weise der Datenpräsentation auf den einzelnen Web-Seiten ab. Diese kann sich von Seite zu Seite unterscheiden und ist im Einzelfall zu überprüfen. Barrieren, die den genannten Nutzergruppen den Zugang zu Internetseiten verwehren, werden nachfolgend aufgeführt.

Mathematische Web-Seiten für Schüler/innen

In Archiven können Informationen zu sämtlichen Bereichen der Schulmathematik abgerufen werden. Es gibt Angebote zur Online-Nachhilfe, elektronische Kurse zur Abiturvorbereitung, in Chatrooms können Fragen gestellt werden, Büchertipps werden gegeben usw.. Die Angebote sind teils kostenlos, teilweise kostenpflichtig.

Interessant ist z.B. der Nachhilfedienst von Dr. Mathe³⁷³. Spezielle Fragen, die Schulmathematik betreffend, können hier per E-Mail gestellt werden. Die Antworten werden nach Aussagen des zuständigen Verlages von erfahrenen Mathematiklehrern innerhalb von 24 Stunden gegeben. Im dazugehörigen Archiv kann man selbst herumstöbern, dieses enthält Aufgaben aus dem Schulalltag, die nach Themen und Klassenstufen sortiert sind. Dabei ist jeweils die Frage einer Schülerin/eines Schülers aufgeführt und ihre Beantwortung. Des weiteren können in einem Lexikon Informationen über berühmte Mathematiker und „Mathe-Links“ zu relevanten Web-Seiten abgerufen werden.

³⁷³ vgl. Cornelsen; <http://www.a-site.at-wissen/message/20htm>

Mathematische Web-Seiten für Lehrer/innen

Besonders interessant ist die Nutzung des Internets bei der Unterrichtsvorbereitung. Die schnelle Verfügbarkeit und Aktualität von Daten ist mit keinem anderen Medium vergleichbar.

Insbesondere haben sich einzelne Server darauf spezialisiert, Materialien zur Unterrichtsvorbereitung für Lehrer/innen anzubieten. So stellt zum Beispiel die „Zentrale für Unterrichtsmedien im Internet“ (<http://www.aktivnetz.de/ZUM/>) eine Datenbank für Unterrichtsmaterialien jeglicher Art zur Verfügung.

Hierbei handelt es sich um eine private, überregionale Initiative, eingerichtet im Jahre 1996, die sich zur Zeit noch weitgehend ohne staatliche Zuschüsse organisiert. Informationsangebote, sortiert nach Fächern und Lehrplänen, können abgerufen und für den Unterricht genutzt werden. Des weiteren steht ein Diskussionsforum zur Verfügung. Innerhalb der Kategorie „Software-Umfrage“ sollen in Zusammenarbeit mit der Landesinstitut für Erziehung und Unterricht in Stuttgart Erfahrungen in bezug auf Softwareprogramme gesammelt und Interessierten zur Verfügung gestellt werden. Des weiteren werden Unterrichtsvorschläge zum Einsatz des Mediums Internet für verschiedene Fächer exemplarisch vorgestellt.³⁷⁴

Damit ist das fachspezifische Angebot für Mathematiklehrer/innen noch nicht ausgeschöpft. So existieren zum Beispiel im Internet Link-Sammlungen, die nach Schulfächern sortiert sind. Sie verweisen u.a. auf Web-Seiten, die sich mit mathematischen Sachverhalten auseinandersetzen.

Im einzelnen sind Materialsammlungen zum downloaden zu nennen. Diese enthalten neben Fachartikeln zu verschiedenen mathematischen Themen Folien für unterschiedliche mathematische Bereiche, Arbeitsblätter, sowie Examens- und Facharbeiten.

Verschiedene mathematische Programme oder Demoversionen können kostenlos aus dem Netz geladen werden. Mitunter werden sie sogar beschrieben und im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten im Unterricht bewertet.

Tauschbörsen stellen von Lehrern und Lehrerinnen erprobte Arbeitsblätter zur Verfügung. Newsletters geben aktuelle Fachveranstaltungen bekannt. Institutionen, wie z.B. die Gesellschaft für die Didaktik der Mathematik stellen auf ihrer Web-Seite ihre Ziele und Aufgaben dar, geben Tagungs- und Konferenztermine bekannt, veröffentlichen Fachartikel.

³⁷⁴ vgl. Fischbach (<http://www.aktivnetz.de/ZUM/>)

Verschiedene bekannte Schulbuchverlage haben sich zusammengetan und informieren innerhalb eines sortierten Gesamtkatalogs über Bücher, Software und Online-Produkte.

Des Weiteren findet man im Internet Erläuterungen zu mathematischen Forschungsprojekten, Diskussionsforen und Kataloge für Unterrichtsmaterialien.

Interessante Internetadressen, jeweils mit einer kurzen Inhaltsbeschreibung versehen, werden im Anhang aufgeführt.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass das Internet die Unterrichtsvorbereitung sehr viel effektiver im Hinblick auf die Informationsbeschaffung und –bearbeitung gestalten kann. Innerhalb kürzester Zeit stehen der Fachkraft etliche Informationen zur Verfügung.

Insbesondere lassen sich die angebotenen Daten zeitsparend für die Erstellung von Arbeitsblättern nutzen. Diese können z.B. komplett aus dem Internet übernommen werden oder als Auszüge in eigene Konzeptionen integriert werden. Zeitaufwendiges Abschreiben von Texten sowie das Ausschneiden und Kleben von Textauszügen, Grafiken usw. entfällt.

Beispiele einer möglichen web-orientierten Unterrichtsgestaltung

Die folgenden Beispiele sollen einen Einblick in mögliche Vorgehensweisen für die web-orientierte Unterrichtsgestaltung geben.

Prinzipiell bieten sich für den Unterricht zwei verschiedene Arbeitsweisen an. Konkrete Aufträge mit Angabe der entsprechenden Internetseiten bieten sich vor allem für Schüler/innen an, die kaum Erfahrung im Umgang mit dem Medium haben. Alternativ ist eine freie Internetrecherche zu vorgegebenen Unterrichtsthemen denkbar. Diese Möglichkeit setzt die Beherrschung von Suchstrategien und Erfahrungen im Umgang mit dem Internet voraus.

Lehmann berichtet von einem Einstieg in eine Unterrichtsreihe der Klasse 8, die dem Thema „Trapeze“ gewidmet war. Zunächst wurden im Internet Seiten zum Thema gesucht. Nach Aussagen des Lehrers erkannten die Schüler/innen sehr schnell, dass diese Figuren auch außerhalb des Mathematikunterrichts eine Rolle spielen. Insbesondere weckte dieser Umstand Interesse bei Schüler/innen, die der Mathematik nicht unbedingt positiv gegenüberstanden. Das Filtern fachirrelevanter und fachlicher Aspekte war für die weitere Arbeit obligatorisch. Nach Aussagen des Autors ist gerade die in der Arbeit mit dem Internet gegebene Notwendigkeit des Treffens von Entscheidungen als positiv und förderungswürdig zu sehen.

Wie gerade dieses Beispiel zeigt, können im Mathematikunterricht gerade in den ersten Stunden einer Unterrichtsreihe, Web-Seiten motivationsfördernd eingesetzt werden.

Darüber hinaus lassen sich auch Informationen zu bekannten Mathematikern (vgl. Kapitel 8.5.1) im Internet beschaffen.

Innerhalb von Web-Seiten³⁷⁵ kann man sich über die Geschichte der Brüche, angefangen bei den Stammbrüchen der Ägypter, über die Münz-Brüche der Römer, die Sexagesimalbrüche der Sumerer bis zu den Dezimalzahlen informieren.

8.3 Sehbehindertengerechte Web-Seiten

Die vorliegenden Ausführungen in Bezug auf die Nutzungsmöglichkeiten des Internets als Unterrichtsmedium haben Idealbedingungen beschrieben. Die tatsächliche Nutzung der Internetseiten ist natürlich auch hier von der blinden- und sehbehindertengerechten Web-Seiten-Gestaltung abhängig. Wie nachfolgend aufgezeigt wird, ist längst nicht jede mathematische Web-Seite für die Zielgruppe geeignet.

Da die Ausgangsvoraussetzungen blinder und sehbehinderter Schüler/innen sich stark unterscheiden, was unmittelbare Folgen für die adäquate Gestaltung einer Web-Seite mit sich bringt, erfolgt eine getrennte Analyse der Zugangsbarrieren und Lösungsansätze.

8.3.1 Zugangsbarrieren

Leider treten in der Realität immer wieder Probleme auf, die die Informationsbeschaffung via Internet für Sehbehinderte erheblich einschränken. Viele Web-Seiten sind für diese Nutzergruppe schlichtweg unzugänglich, bzw. nur eingeschränkt zu lesen.

Mehrere Gründe können für dieses Defizit angegeben werden.

Analog zu den Kriterien, die bei der Bewertung mathematischer Lernprogramme aufgeführt wurden, (vgl. Kapitel 7.6) kann die Beachtung einzelner Kriterien sehbehinderten Schülerinnen und Schülern die visuelle Erfassung der Seite erleichtern, muss es aber nicht unbedingt. Zudem ist nicht jedes Kriterium für jeden Betroffenen relevant, dies hängt von der individuellen Einschränkung des Sehvermögens ab.

Die folgenden Aspekte können für eine schlechte visuelle Erfassung der Web-Seite verantwortlich sein:

³⁷⁵ z. B. http://www.tu-berlin.de/~reitberger/lehre/bru_1_00.html

Die verwendete Schriftart ist schlecht zu erkennen. Schrifttypen mit Serifen oder Unterstreichungen erschweren die Identifikation einzelner Buchstaben zusätzlich.

Der Kontrast zwischen Text- und Hintergrundfarbe bzw. deren Grauwerte ist zu gering, um Buchstaben zu erkennen.

Bildelemente sind aufgrund mangelnder Kontraste zu geringen Größen usw. visuell kaum zu erfassen.

Animationen bereiten mitunter aufgrund ihrer schnellen Bewegungselemente besondere Probleme.

Überfrachtungen der Bildschirmgestaltung erschweren die visuelle Bildschirmerfassung.

Auch die Arbeit mit Vergrößerungssystemen kann die genannten Defizite nicht immer ausgleichen. Elemente wie Tabellen, Spalten u.ä., die als Ganzes erfasst werden müssen, können aufgrund der Vergrößerung kaum als solche erkannt werden.

8.3.2 Lösungsansätze

Maßnahmen, die sehbehinderten Internetnutzerinnen und –nutzern die visuelle Erfassung von Internetseiten erleichtern, sind auf zwei verschiedenen Ebenen zu betrachten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine wechselseitige Beziehung zwischen den einzelnen Ebenen besteht.

Ebene I: Modifikationen der Bildschirmpräsentation

Ebene II: Sehbehindertengerechte Web-Seitengestaltung

zu I Modifikationen der Bildschirmpräsentation

Mittlerweile sind technische Möglichkeiten entwickelt worden, die es ermöglichen, die Daten innerhalb einer Webseite zu modifizieren. Gemäß individueller Bedürfnisse können diese so adaptiert werden, dass die visuelle Erfassung derselben in vielen Fällen erleichtert wird. Nachfolgend werden diesbezügliche Möglichkeiten und Grenzen aufgezeigt. Diese basieren auf Einstellungsvarianten innerhalb moderner Internet-Browser.

Die nachfolgenden Möglichkeiten beziehen sich auf die Internet Explorer 4 und 5. Sie können auch von Personen mit geringen Computerkenntnissen vorgenommen werden.

Optimierungsmöglichkeiten gemäß der individuellen Sehleistungsbeeinträchtigung lassen sich bezüglich der Farbe, der Schriftart und –Größe realisieren.

Die Schriftgröße lässt sich mittels der Aktivierung des Internet-Explorers verändern. Unter dem Menüpunkt „Ansicht“, welcher in der Menüleiste erscheint, kann die Option Schriftgrad

aufgerufen werden. Zur Auswahl stehen 5 Schriftgrößen von „sehr groß“ bis „sehr klein“. Gemäß der Auswahl erfolgt die Darstellung aller Web-Seitentexte in dieser Darstellungsweise.

Sowohl der Schrifttyp als auch die Farben können unter dem Menüpunkt „Extras“ individuell eingestellt werden. Die Einstellung der Farben lässt sich getrennt für Vorder- und Hintergrund festlegen. Dies gilt ebenso für die farbliche Darstellung der Links.

Diese Adaptionen lassen sich allerdings nur durchführen, wenn der Autor der Web-Seite die jeweiligen Optionen nicht festgelegt hat. Sollte dies der Fall sein, so müssen diese zunächst deaktiviert werden, bevor die Wunscheinstellungen ausgeführt werden können. Die Deaktivierung der jeweiligen Festlegung erfolgt unter dem Dialogfeld „Eingabehilfen“ durch Anklicken der spezifischen Option.

In Abhängigkeit der Sehleistung mag es für einzelne Sehbehinderte günstiger sein, sich statt der integrierten Bilder und Animationen den hinterlegten Text anzeigen zu lassen.

Sämtliche Einstellungsveränderungen werden automatisch gespeichert und betreffen demgemäß alle zukünftig aufgerufenen Web-Seiten.

Hat eine Schülerin/ein Schüler mit Hilfe der Lehrkraft eine für sie/für ihn optimale Modifikation der Datendarstellung gefunden, so braucht diese nicht immer wieder neu eingestellt, sondern kann zukünftig von der gespeicherten Einstellungsvariante profitieren.

Leider sind die oben aufgeführten Adaptionen nicht immer problemlos durchzuführen. Dies liegt hauptsächlich an der Vorgehensweise bei der Erstellung einer Web-Seite.

Generell sind dabei zwei verschiedene Methoden zu unterscheiden.

HTML, die „Sprache“ des Internets beruht primär auf „logischen Formatierungen“³⁷⁶. Dabei wird z.B. eine Textstelle als „Überschriftenebene“ gekennzeichnet. Die logische Formatierung beschreibt nur den Inhalt („dies ist eine Überschrift“), nicht die Form (also z.B. nicht Schriftgröße und Farbe). Im Prinzip kann dann der Leser/die Leserin individuell für jede logische Formatierung die Form (das „Aussehen“; die „herkömmliche Formatierung“) selbst festlegen.

³⁷⁶ Diese Standards sind innerhalb der Seitenbeschreibungssprache HTML vom W3-Konsortium als zuständige Organisation für die Koordination der Web-Seiten-Programmierung festgelegt worden.

„Die einschlägige Literatur zur HTML-Einführung beinhaltet Hinweise zu den Standards des W3-Konsortiums. Professionelle Webmaster halten sich in der Regel an diese Vorgaben. Das jetzt gültige HTML 4 sieht ja sogar spezielle Stylesheets für Sprachausgaben und Brailledisplays vor. (Warnke 2000, S. 60)

In der Praxis will der Autor einer Web-Seite aber auch die volle Kontrolle über die Form. Hier müssen dann moderne Browser genutzt werden, die mittels eigener „Stylesheets“ die vom Autor vorgesehene Form überschreiben. Das setzt aber den korrekten Einsatz der logischen Formatierung auf Seiten des Autors voraus.

Grundsätzlich gilt, dass extrem „peppige“ Seiten, wie sie gerade von Profis für kommerzielle Zwecke erstellt werden, weniger auf logischen als auf herkömmlichen Formatierungen fußen. Im solchen Fällen kommt es vor, dass jeder Versuch, auf Seiten der Leser die Formatierungen zu ändern, zu höchst unerfreulichen Ergebnissen führt. So können Seitenelemente durcheinandergeraten oder auch komplett verschwinden. Mitunter ist dies mit dem Verlust wichtiger Informationen verbunden.

Ein ebenso elementares Problem stellen grafische Elemente dar. Sie lassen sich zur Zeit noch nicht modifizieren. Sind sie also beispielsweise zu klein, um von der sehbehinderten Schülerin/vom sehbehinderten Schüler visuell erfasst zu werden, können auch die oben aufgeführten technischen Möglichkeiten dieses nicht verändern. Hier ist es hilfreich, wenn Bilder generell mit einem Text versehen werden. Aufgrund des zunehmenden Trends auch Texte als „Bild“ darzustellen (vgl. Kapitel 8.4.1), trifft dieses Problem in verschärfter Form auf.

zu II Sehbehindertengerechte Web-Seitengestaltung

Die Eingliederungsstelle für Sehbehinderte in Basel³⁷⁷ fasst die zu beachtenden Kriterien bei der Erstellung von Web-Seiten, die sehbehinderten Nutzer/innen dem Umgang mit dem Internet erleichtern, in 3 Punkten zusammen.

I Es sollte auf eine gut zu erkennende Schriftart geachtet werden. Schrifttypen mit Serifen kommen nicht in Betracht. Klare dicke Buchstabenstrukturen sind visuell leichter zu erkennen und zu unterscheiden (vgl. Kapitel 6.1.2.1).

II Es ist auf einen guten Kontrast zwischen Text und Hintergrund zu achten. Bewährt habe sich dabei in der Praxis in vielen Fällen die inverse Darstellung, die hellen Text auf dunklem Hintergrund abbildet.

III Webseiten sollten grundsätzlich nicht mit Informationen überfrachtet werden. Besser ist ihre gut erkennbare Strukturierung und Verteilung auf mehreren Seiten.

³⁷⁷ vgl. Eingliederungsstelle für Sehbehindert Basel <http://www.es-base.ch/richtlin.htm>

Eine eingehaltene Mindestgröße von Buttons und deren Anordnung in einem ausreichenden Abstand vereinfacht das Anklicken.³⁷⁸

Meines Erachtens muss der Kriterienkatalog um die Forderung nach einer logischen und konsequenten Formatierung ergänzt werden. Nur sie erlauben die oben beschriebene individuelle Modifikation der Daten einer Web-Seite.

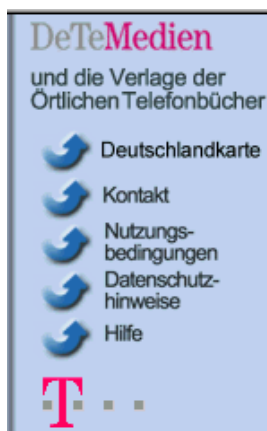
Diese Forderung ist um so leichter zu realisieren, da bereits kostenlose Programme (Beispiel Netscape Composer) aus dem Internet heruntergeladen werden können. Sie ermöglichen, auch ohne Programmiersprachenkenntnisse, die Erstellung von Web-Seiten gemäß definierter Standards.

Zudem sollten grafische Elemente grundsätzlich von Texten unterlegt werden, um sehbehinderten Menschen, die diese visuell nicht erfassen können, eine alternative Erfassungsmöglichkeit einzuräumen.

8.4 Blindengerechte Web-Seiten

Im Vergleich zu den Barrieren, die sehbehinderten Internetnutzer/innen und Nutzern den Umgang mit dem Medium erschweren, treten diesbezügliche Probleme in verschärfter Form für blinde Menschen zu. Auch hierfür sind viele unterschiedliche Gründe anzugeben:

8.4.1 Zugangsbarrieren



Blinde Internetnutzer/innen sind bei der Erfassung einer Internetseite auf Texte angewiesen. Um diese auf der Braillezeile oder mittels Sprachausgabe erfassen zu können, werden Screenreader eingesetzt. Diese können aber nur Textzeichen erkennen, die auf dem 7-Bit-ASCII-Zeichensatz basieren. Grafische und bildliche Elemente können von ihnen nicht erfasst werden (vgl. Kapitel 3.1). Da bisher noch keine technische Möglichkeiten entwickelt wurden, die Grafiken und Bildern für blinde Web-Nutzer/innen interpretieren,³⁷⁹ muss die blinde Internetnutzerin/der blinde Internetnutzer mit

Informationsverlusten rechnen.

³⁷⁸ vgl. Parslow 2000; <http://www.teamone.de/selfaktuell/artikel/blinde.htm>

³⁷⁹ Warnke in Grote 2000, S. 57

Davon betroffen sind vor allem Webseiten, die vorwiegend auf die optische Wahrnehmung ausgerichtet sind. Zur Zeit ist der Trend unaufhaltsam, die Webseiten mit Bildern und Animationen immer „grafiklastiger“ zu gestalten. Zunehmend mehr Designer nutzen die technische Möglichkeit Texte (wie zum Beispiel Überschriften) als „Bild“ aufzubauen. Beispielsweise wird die Überschrift nicht als Text, sondern sozusagen als „Foto“ präsentiert. Diese Methode wird eingesetzt, weil sie es ermöglicht, ganz besondere „kreative“ Effekte und Zeichen-Fonds zu benutzen (und sich so aus der Masse der Internetseiten abzuheben). Der Nachteil: Der Text taucht in der HTML-Datei nirgendwo mehr auf, es sei denn, der Autor benutzt freundlicherweise den ALT-Text.

Nebenstehend ein Beispiel: Obwohl es auf den ersten Blick nicht auffällt, besteht der gezeigte Ausschnitt der Internetseite nicht aus ASCII-Textzeichen, sondern aus 13 kleinen Bildern!

8.4.2 Lösungsansätze

Maßnahmen, die blinden Internetnutzerinnen und –nutzern die taktile vollständige Erfassung von Internetseiten ermöglichen, sind auf zwei verschiedenen Ebenen zu betrachten. Auch hier ist eine wechselseitige Beziehung nachzuweisen.

Ebene I: Blindengerechte Web-Seitengestaltung

Ebene II: Entwicklung technischer Möglichkeiten, die den Zugriff auf Web-Seiten ermöglichen

Zu I Blindengerechte Web-Seitengestaltung

Die folgenden Ausführungen nennen Kriterien, die bei der Erstellung von Web-Seiten zu berücksichtigen sind und deren Beachtung blinden Internetsurferinnen und -surfern einen barrierefreien Zugang zu Webseiten ermöglichen. In der Regel lassen sie sich ohne wesentlichen Mehraufwand realisieren. Sie schränken aber den Webdesigner in seine Möglichkeiten ein und dürften deshalb schwerlich durchsetzbar sein.

Überfrachtungen einer Web-Seite sind in jedem Fall zu vermeiden, Screenreader könnten hier Schwierigkeiten bekommen.³⁸⁰

³⁸⁰ vgl. Parslow 2000; <http://www.teamone.de/selfaktuell/artikel/blinde.htm>

Grafiken, Bilder und Animationen müssen in jedem Fall mit einem Text hinterlegt werden. Wie bereits erwähnt, lassen sich diese Darstellungselemente deaktivieren, so dass der Text alternativ erscheinen kann.

Links sollten immer als Textlinks konzipiert sein, aus der Beschreibung heraus muss der Inhalt der Zielseite klar hervorgehen. Aufgrund zu erwartender Probleme des Screenreaders ist ein ausreichender Linkabstand zu berücksichtigen.

Hänel³⁸¹ nennt Designkriterien, die sich auf die Frames-, Tabellen- und Image-Mapsgestaltung beziehen: Seines Erachtens ist eine framelose Seitendarstellung erstrebenswert. Da dies vom Designer oft nicht gewünscht wird, solle sich die Zahl der Frames auf maximal zwei pro Seite erstrecken. Dabei sei eine horizontale der vertikalen Seitenunterteilung vorzuziehen, weil diese von den genannten Ausgabemedien aufgrund der zeilenweisen Bildschirmlesung besser erfasst werden kann.

Tabellen werden von Normalsichtigen mit einem Blick erfasst. Dem blinden Surfer steht aufgrund der begrenzten Darstellungskapazität und zeilenweisen Auslesung der Braillezeile immer nur ein Ausschnitt zur Verfügung. Für ihn ist es daher viel schwieriger, sich eine gedankliche Vorstellung derselben aufzubauen.³⁸² Aufgrund der begrenzten Zeichenanzeige auf dem Braille-Display sollten sich die Tabellenspalten aus maximal 80 Zeichen zusammensetzen.

Image-Maps (Grafiken, die mit der Maus an einer speziellen Position angeklickt werden müssen) sollten textlich unterlegt werden, da sie sonst blinden Nutzerinnen und Nutzern nicht zugänglich sind.

Nicht alle Web-Seitengestalter beachten die aufgeführten Kriterien bzw. nutzen standardisierte HTML-Elemente.³⁸³ Dies ist zwar verständlich, weil sich in der Tat nicht alle Gestaltungsformen mit dieser Dokumentformatvorlage realisieren lassen, da der Trend aber immer mehr in Richtung der Nutzung multimedialer Informationspräsentation geht, wird häufig auf eine Web-Seitengestaltung im HTML-Format vollständig verzichtet.³⁸⁴ Für blinde Internetnutzer/innen hat dieses Verhalten jedoch zur Folge, dass immer mehr Seiten bzw. Seitenelemente ihnen vorenthalten bleiben.

³⁸¹ vgl. Hänel 2001 (<http://www.lynet.de/~mhaenel/waccess.html>)

³⁸² Auch der Textbrowser Lynx kann Tabellen nicht ordentlich auflösen. Der Autor empfiehlt die Nutzung des Internet-Explorers unter Windows, weil diese sämtliche HTML Tabellenbefehle korrekt auflöst.

³⁸³ Dokumente, die unter dem standardisierten HTML-Format erstellt wurden, können mit Hilfe der genannten Hilfsmittel von blinden Menschen genutzt werden.

³⁸⁴ vgl. Kahlisch 1999, S. 167

Hier bietet sich eine Kompromisslösung an, die die Eingliederungsstelle für Sehbehinderte in Basel³⁸⁵ empfiehlt. Eine Web-Seite sollte in zwei Versionen gestaltet werden. Wünschenswert wäre die Gestaltung einer Textversion ohne Frames, Grafiken und Bilder für blinde (und sehbehinderte) Nutzer/innen. Die Version für Normalsichtige kann dann ohne Einschränkungen, ganz nach den Wünschen und Vorstellungen des Web-Designers, gestaltet werden.

Nebenbei sei bemerkt, dass sich für besonders behindertengerechte Seiten bereits ein Symbol (Web Access Symbol) durchgesetzt hat. Möglicherweise kann es dazu beitragen, dass die Öffentlichkeit auf das Problem aufmerksam wird und in Zukunft immer mehr Web-Seiten für alle zugänglich gestaltet werden.³⁸⁶

Inzwischen existiert sogar eine Suchmaschine („Witch“), die speziell auf barrierefreie Webseiten ausgerichtet ist. Leider findet sie nur angemeldete Seiten.³⁸⁷

Zu II: Entwicklung technischer Möglichkeiten, die den Zugriff auf Web-Seiten ermöglichen und erleichtern

Alternativ neben Kriterien, die vom Designer bei der blindengerechten Darstellung von Web-Seiten zu beachten sind, wurden technische Möglichkeiten entwickelt, die blinden Nutzer/innen das Surfen im Internet erleichtern können:

Der Einsatz spezifischer Browser kann die Erfassung von Web-Seiten-Inhalten erleichtern³⁸⁸ oder die Navigation³⁸⁹ vereinfachen. So bietet z.B. der Internet Explorer die Möglichkeit der

³⁸⁵ vgl. Eingliederungsstelle für Sehbehindert Basel <http://www.es-base.ch/richtlin.htm>

³⁸⁶ vgl. Warnke 2000, S. 60

³⁸⁷ vgl. Hanke 2000, S. 131, 132

³⁸⁸ Mittels der Nutzung von entwickelten sogenannter Textbrowsern, wie z.B. Lynx, der eine Webseite nur in Textform (Fließtext) darstellt und sämtliche Seitenelemente, die nicht auf dem ASCII-Zeichensatz basieren, außer acht lässt, können Blinde den Inhalt einer Web-Seite erfassen (vgl. Sprich 2000, S. 13). Infolge des zunehmenden Trends Web-Seiten grafisch zu gestalten, kann auch diese Möglichkeit nicht als wirkliche Alternative gesehen werden.

³⁸⁹ Weitere Navigationshilfen beschreibt Hänel (vgl. 2000; <http://www.lynet.de/~mhaenel/waccess.html>) Einzelne Web-Browser ermöglichen mittlerweile bestimmte Einstellungen, so dass die Navigation innerhalb von Internetseiten über die Computertastatur ermöglicht wird. Damit kann der Screenreader unterstützt, aber nicht ersetzt werden. So ist beispielsweise das Springen von Link zu Link im MS Internet Explorer mittels der TAB-Taste möglich.

Der Screenreader JAWS, der von vielen Blinden eingesetzt wird, verwendet einen sogenannten „Virtuellen PC-Cursor“, der die zeilenweise Abarbeitung der Internetseiten mittels der Pfeiltasten auf der Computertastatur ermöglicht. Links werden dabei durch spezifische Ankündigungen auf der Braillezeile/Sprachausgabe gekennzeichnet. Die Sprachausgabe des Screenreaders informiert über die Anzahl der Rahmen und Verweise der jeweils aufgerufenen WEB-Seite.

Darstellung einer Link- oder Bilderliste, anhand derer gewünschte Menüpunkte ausgewählt werden können.³⁹⁰

Spezifische, im Handel erhältliche, Brückensoftwareprogramme können die oft schwierige „Zusammenarbeit“ zwischen Brückensoftware und Internetbrowser/Websites verbessern, weil sie z.B. mit Hilfe von Tools die Erfassung von Frames und Textspalten erleichtern.³⁹¹

Eine andere technische Entwicklung beschreibt Elberskirch.³⁹² Vor kurzem wurde ein neuer Internet Browser speziell für blinde Computernutzer/innen entwickelt. Der Homepage - Reader interpretiert nicht wie sonst üblich die Bildschirmdarstellung, sondern verarbeitet selbst die HTML-Darstellung der jeweiligen Webseite. In einem geteilten Fenster wird dabei eine Liste von Querverweisen erzeugt, bzw. der Text ohne Grafiken und Bilder dargestellt. Als Nachteil ist allerdings zu sehen, dass er nur reine HTML-Dokumente verarbeiten kann. Diese Formatsprache wird jedoch wohl zukünftig immer mehr von anderen Sprachen verdrängt werden, so dass dieser Browser auch keine wirkliche Alternative darstellt.

Da bisher noch keine technischen Möglichkeiten existieren, die Blinden bildliche und grafische Inhalte interpretieren könnten, ist es ziemlich sinnlos, diese auf der Webseite anzeigen zu lassen. Eine Deaktivierung hat zudem einen schnelleren Seitenaufbau zur Folge.

Blindengerechte Erstellung mathematischer Web-Seiten

Ebenso wie bei der Gestaltung von mathematischen Lernprogrammen (vgl. Kapitel 7.5) sind hier elementare Grenzen gesetzt, die einer blindengerechten Web-Seiten-Darstellung entgegenstehen. Infolge der im genannten Kapitel geschilderten Vorbedingungen bei der Erfassung von Braillezeichen müssten natürlich auch hier sämtliche grafische Mathematikschwarzschriftzeichen gemäß einer standardisierten Mathematikschrift für Blinde in eine Punktschrift transformiert werden. Da die Schwarzschriftdarstellung -wie bereits aufgeführt- von der traditionellen Darstellungsweise abweicht, ist es auch hier ziemlich utopisch anzunehmen, dass Webseitengestalter diese verwenden. Erschwerend kommt hinzu, dass sich die jeweiligen Autoren zunächst die spezifischen Notationsmerkmale und Regeln aneignen müssten. Beide Aspekte zeigen, wie unrealistisch die Verwirklichung der Forderung ist.

Zu empfehlen ist vor allem der WEB-Browser Lynx, weil er für verschiedene Betriebssysteme genutzt werden kann und den HTML-Standard-Code und die meisten Formulare unterstützt.

³⁹⁰ vgl. Sprich 2000, S. 15

³⁹¹ vgl. Interview c't / Warnke 2000, S. 60

³⁹² vgl. Elberskirch 2000, S. 12

Eine Nichtbeachtung der aufgestellten Forderung hat jedoch zur Folge, dass grafische Mathematikelemente innerhalb von Web-Seiten blinden Internetnutzern und –nutzerinnen über die Braillezeile oder Sprachausgabe nicht zugänglich gemacht werden können. Ihre Nutzung erübrigt sich demgemäß im Unterricht mit blinden Schülerinnen und Schülern.

8.5 Fazit – Das Internet als Medium im Integrationsunterricht

Obwohl ich von der Notwendigkeit der schulischen Vermittlung einer Medienkompetenz im Hinblick auf das Internet (vgl. Kapitel 8.1.1.1) überzeugt bin, halte ich das Fach Mathematik für das Erreichen der genannten Ziele derzeit als nur bedingt geeignet.

Die Gründe sind einerseits auf der inhaltlichen Ebene, andererseits aber auch auf der Ebene der Datenpräsentation zu suchen.

Im Gegensatz zu anderen Fächern, wie Politik, Biologie usw., die unter anderem von der Aktualität der Informationsbeschaffung des Mediums profitieren können, oder wie Fremdsprachenfächer, in denen das Internet als Kommunikationsgelegenheit den Unterricht bereichern kann, treffen diese Argumente für den Mathematikunterricht nicht zu. Nach der Analyse mathematischer Internetseiten komme ich zu dem Fazit, dass mathematische Inhalte durch das Medium Internet im Integrationsunterricht zur Zeit nicht unbedingt besser oder erfolgreicher als mit herkömmlichen Unterrichtsmedien zu vermitteln sind.

Handelt es sich z.B. um Aufgabensammlungen, so sind diese natürlich gemäss der herkömmlichen mathematischen Schreibweise gestaltet. Dies bedeutet für den größten Teil mathematischer Terme die Verwendung grafischer Mathematikzeichen. Damit sind sie für blinde Schüler/innen komplett, bzw. in Teilbereichen, nicht zugänglich. Natürlich existieren auch Web-Seiten mit mathematischen Inhalten, die keine bzw. kaum grafische Elemente enthalten. Hierbei handelt es sich jedoch um Ausnahmen. Wie bereits aufgeführt, (vgl. Kapitel 1.4.1) bestehen die meisten mathematischen Terme, die innerhalb der Schulmathematik verwendet werden, aus grafischen Elementen. Dieses Phänomen tritt mitzunehmender Jahrgangsstufe verstärkt auf.

Ob Webseiten für den Einsatz bei sehbehinderten Schülerinnen und Schülern akzeptabel sind, bleibt im Einzelfall anhand der oben aufgeführten Vorbedingungen und Kriterien zu überprüfen.

Zur Zeit wird das Internet im Unterricht noch selten eingesetzt. Keiner der von mir befragten Integrations- und Sonderpädagogen berichtete von diesbezüglichen Unterrichtsaktivitäten im

Fach Mathematik. Die Situation ist aber nicht auf alle Fächer übertragbar. Zu Recherchezwecken innerhalb der Gesellschaftswissenschaften, in Deutsch und Biologie wird das Internet an einigen Schulen aber sehr wohl eingesetzt. Als weitere Einsatzmöglichkeiten wurden Homepages und Internetchatten angegeben. Meines Erachtens ist auch die bereits beschriebene mangelhafte Computerausstattung (vgl. Kapitel 4.3.3) mit für die relativ geringe Nutzung des neuen Mediums mitverantwortlich zu machen.

Trotz der realen Situation möchte ich den Einsatz des Internets im mathematischen Unterricht für die Zukunft nicht ausschließen. Ich gehe sogar davon aus, dass das Internet in Zukunft in der Schule einen zunehmend größeren Stellenwert einnehmen wird. Möglicherweise wird es sogar herkömmliche Schulbücher zwar nicht vollständig verdrängen, aber vielfach ergänzen. Dies gilt wohl insbesondere bei der Beschaffung von Informationen.

Der Trend geht meines Erachtens bei Lernsoftware sogar dahin, dass diese nicht mehr als CD-ROM auf den Markt gebracht werden, sondern über das Internet zur Verfügung gestellt werden. Von dort können sie dann gebührenpflichtig aufgerufen werden.

Bereits heute sind einzelne Lernprogramme, wie z. B. die bekannte Nachhilfereihe „Addy“, in der Version 5.0 Version³⁹³ für verschiedene Fächer online abzurufen.

Falls die Entwicklung tatsächlich diese Richtung anstreben wird, müssen natürlich mathematische Internetseiten so gestaltet werden, dass ihre Inhalte blinden und sehbehinderten Schüler/innen zugänglich sind.

Notwendige Bedingung für diese Entwicklung ist meines Erachtens aber erst einmal eine Einigung auf eine Mathematikschrift für Blinde. Im Zeichen der zunehmenden Globalisierung wäre dabei eine internationale Einigung anzustreben. Es kann und darf nicht sein, dass hier verschiedene Mathematikschriften die Situation und damit auch die Kommunikation zusätzlich erschweren.

Ebenso wie bei der Produktion von Mathematikbüchern für blinde Schüler/innen müssten die relevanten Internetseiten blindengerecht gestaltet sein. Schwarzschriftvorlagen sind nach spezifischen Kriterien von Personen mit sonderpädagogischen Kenntnissen sorgfältig zu übertragen. Diesbezügliche Kriterien wurden bereits in Kapitel 6.2.1 aufgeführt. Die bei der Erstellung von mathematischen Arbeitsblättern aufgeführten Bedingungen sind analog auf die Gestaltung von mathematischen Internetseiten zu übertragen.

³⁹³ vgl. Feibel 2001, S. 198

Sollten diese Bemühungen in Zukunft erfolgreich sein, so kann das Internet zukünftig auch im integrativen Mathematikunterricht eine wesentlich größere Rolle spielen, als dies zur Zeit der Fall ist.

Im folgenden wird ein Ansatz beschrieben, der die Arbeit mit mathematischen Formeln im Hinblick auf die oben aufgeführten Forderungen erleichtern könnte. Dieser betrifft den Mathematikunterricht, möglicherweise aber auch mathematische Lernprogramme.

So hat das für die Standardisierung des Internet zuständige Gremium, das W3C-Konsortium, erst kürzlich einen Standard für die Darstellung von Mathematikformeln im Internet verabschiedet: MathML 2.0 (Mathematik Markup Language). Ähnlich wie bei Latex wird hier die logische Formatierung der Formeln in einem ASCII-Text kodiert.

Noch eine Mathematikschrift? Ja. Allerdings eine, die nun keineswegs für die direkte Eingabe in einem ASCII-Editor gedacht ist. Vielmehr handelt es sich um ein einfaches, universelles Austauschformat über das Internet. Für die Ein- und Ausgabe gibt es für jede Zielgruppe verschiedene Programme oder Programmmodule.

So wird der Sehende oder Sehbehinderte einen geeigneten visuellen Formeleditor benutzen, der Blinde benötigt einen geeigneten Editor, der die vom ihm benutzte Mathematikschrift in den neuen Standard MathML umsetzt. Da MathML in Zusammenarbeit mit der Softwareindustrie erarbeitet wurde, kann man hoffen, dass sich dieser Standard tatsächlich durchsetzt und bald jeder Webbrowser die MathML-Formeln darstellen kann (derzeit kommt damit nur der AMAYA-Browser klar). Gleiches gilt für Sprachausgaben und Braillezeilen – wobei für letztere das Problem „welche Mathematikschrift für Blinde“ durch MathML nicht gelöst wird.

8.5.1 Vorschlag für eine weborientierte mathematische Unterrichtsreihe

Unter der Voraussetzung, dass der Mathematikunterricht, ebenso wie andere Fächer, einen Beitrag zur oben beschriebenen Internetschulung leisten sollte, ergibt sich die Notwendigkeit fachlich relevante Web-Seiten zu finden, die gleichzeitig sehbehinderten- und blindengerecht gestaltet sein müssen. Die Suche gestaltet sich aufgrund des zur Zeit noch relativ geringen Angebotes adäquater mathematischer Web-Seiten als relativ mühsam.

Sozusagen als Kompromisslösung, bei der das Problem der blindengerechten Gestaltung mathematischer Terme umgangen wird, ist der folgende Vorschlag für eine Unterrichtsreihe über bedeutende Mathematiker zu sehen.

Die Unterrichtsreihe sollte sich dabei in die Phasen Informationsbeschaffung, Informationsaufbereitung und Informationspräsentation gliedern, die nachfolgend beschrieben werden.

Prinzipiell und in Abhängigkeit von der Anzahl der vorhandenen Computer ist sie als Einzel-, Partner-, oder Gruppenarbeit durchführbar, wobei die beiden letztgenannten Sozialformen in vielfacher Hinsicht zu bevorzugen sind (siehe unten).

Die Unterrichtsreihe ist als Vorschlag für Schüler/innen der Oberstufe zu sehen. Viele der aufgeführten Mathematiker sind ihnen vom Unterricht, zumindest dem Namen nach, vertraut. Demzufolge kann es für sie interessant sein, weitere Informationen über die Menschen zu erhalten. Historische Situationen, wie es zum Beispiel zur Beschäftigung mit dem Sachverhalt gekommen ist, wie die Umwelt reagierte usw. können nachvollzogen werden. Die Beschäftigung mit dieser Thematik kann so die Motivation der Schüler/innen für das Fach Mathematik fördern.

Die Planung der konkreten Unterrichtsreihe ist von der Lehrkraft allein oder gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern im Unterricht durchzuführen. In jedem Fall sollten sich die Schüler/innen über das, was von ihnen erwartet wird, im klaren sein. Hier gilt es zu überlegen und festzustellen, welche Ziele mittels der Arbeit im Internet und innerhalb der Gruppe zu erreichen sind. So muss beispielweise überlegt werden, ob sich die Schüler/innen eigenständig für sie interessante Mathematiker herausuchen dürfen, oder ob nur diejenigen in Frage kommen, deren Sätze, Beweise, Axiome usw. bereits im Unterricht thematisiert wurden.

Innerhalb der Unterrichtsreihe ist die Informationsbeschaffung, die Informationsaufbereitung und Präsentation über das Leben und Werk eines Mathematikers als grundlegendes Ziel anzugeben. Entsprechende Teilziele der einzelnen Phasen werden nachfolgend aufgeführt.

Informationsbeschaffung

Prinzipiell sind zwei verschiedene Vorgehensweisen denkbar. Entweder erhalten die Schüler/innen konkrete Web-Adressen oder sie müssen sich relevante Seiten selber suchen. Die Wahl des eingeschlagenen Wegs ist natürlich abhängig von den Lernvoraussetzungen, insbesondere den Vorerfahrungen im Umgang mit dem Internet. Im Hinblick auf die spezifischen Anforderungen an Web-Seiten in Bezug zur Zielgruppe ist es meines Erachtens an dieser Stelle sinnvoll, geeignete Seiten vorzugeben.

Gemäß der Thematik bieten sich die folgenden Seiten an:

www.ksreussbuehl.ch/faecher/mathematik/mathematiker.html

Diese Seiten wurden von einem Mathematiklehrer erstellt. Auf der Hauptseite sind nahezu 70 Mathematiker alphabetisch oder alternativ nach dem Geburtsdatum aufgelistet. Mittels Links lassen sich weitere Informationen über die Betroffenen aufrufen.

Auf der jeweiligen Seite kann man beispielsweise Informationen zum Lebenslauf, geschichtliche Hintergründe, Bedeutung der Person für die Mathematik und interessante Anekdoten des Mathematikers erhalten.

Ähnliche Informationen findet man unter der Internetadresse der Science Week Austria:

www.zahlenjagd.at/mathematiker.html

Informationen, sowohl in deutsch als auch in englisch, über einzelne ausgewählte bedeutende Mathematiker kann man unter der Adresse:

www.niester.de/p_mathe/p_index.html

abrufen. Auch sie wurde von einem Lehrer erstellt. Von der Hauptseite aus führen Links zu den entsprechenden Seiten. Eine fächerübergreifende Unterrichtsreihe würde sich hier anbieten.

Bis auf die Portraits der Mathematiker auf einigen Seiten, sind diese blindengerecht gestaltet, d.h. sie können über die Braillezeile/Sprachausgabe zugänglich gemacht werden.

Die angegebenen Seiten lassen eine Modifikation gemäß Farbe, Kontrast, Schriftgröße und Schrifttyp zu. Sehbehinderte Schüler/innen können diese gemäß individueller Bedürfnisse einstellen. Sind die Einstellungen bereits modifiziert (vgl. Kapitel), übernehmen die Seiten die automatische Veränderung der Standardeinstellung.

Die Internetseite der Universität Göttingen:

www.math.uni-goettingen.de/fakultaet/geschirchte/bedeutende-mathematiker

informiert ebenfalls über bedeutende Mathematiker, hat jedoch den Nachteil, dass häufig mathematisch – grafische Zeichen verwendet werden, die aus den oben genannten Gründen blinden Schüler/innen über die Braillezeile natürlich nicht zugänglich gemacht werden können.

Ziel innerhalb dieser Phase ist das Lesen und die Herausarbeitung der notwendigen Informationen. Das gemeinsame Arbeiten an einer Sache, die Kommunikation innerhalb der Gruppe und die gegenseitige Unterstützung sind als Teilziele der Unterrichtsreihe anzugeben.

Selbstverständlich muss der Lehrer/die Lehrerin immer zur Verfügung stehen, falls Probleme auftauchen, die die Schüler/innen nicht eigenständig lösen können.

Informationsaufbereitung

Es hat keinen didaktischen Wert, die gefundenen Informationen nur für sich selbst zu nutzen. Mittels der Ergebnispräsentation im Vergleich und im Gespräch mit anderen kann die jeweilige Arbeitsgruppe feststellen, ob sie die Thematik umfassend bearbeitet hat, ob die Wahl von Schwerpunkten angemessen war usw..

Die Vorbereitung einer Präsentation erfordert zudem eine ausführliche und weiterführende Auseinandersetzung mit der Thematik. Viele Lernziele können in dieser Phase erreicht werden. So müssen beispielsweise Informationen aufbereitet und strukturiert werden. Insbesondere müssen Sachverhalte in Beziehung gesetzt, Wesentliches von Unwesentlichem getrennt, Informationen nach Wertigkeit geordnet und Schwerpunkte gesetzt werden. Die Beschaffung von Zusatzinformationen kann notwendig sein. Bei der Veränderung von Texten und Grafiken, der Integration von Neuem in vorhandene Elemente, kann der Computer als arbeitserleichterndes Hilfsmittel erneut zum Zuge kommen. Ziel dieser Phase ist das Finden von Möglichkeiten, um den Sachverhalt so darzustellen, dass andere ihn verstehen und nachvollziehen können.

Die Gestaltung von Präsentationsmedien, sei es ein Vortrag, eine Internetseite, (ein Plakat, eine Ausstellung) usw. erfordert Überlegungen zur bestmöglichen Datendarstellung, Absprachen, welche Materialien benötigt werden, wer diese besorgt und wer welchen Präsentationsteil übernimmt.

Im Besonderen ist die Informationsaufbereitung natürlich an die Vorgabe geknüpft, diese in einer Art und Weise zu präsentieren, dass blinde bzw. sehbehinderte Schüler/innen diese auch erfassen können. Soll z.B. das Werk des Pythagoras vorgestellt werden, so bietet sich die Erstellung eines Modells an, das sowohl visuell als auch taktil zu erfassen ist.

In der Regel ist davon auszugehen, dass Schüler/innen, durch ihre Erfahrung im Umgang mit dem blinden oder sehbehinderten Mitschüler sensibel für behinderungsbedingte Bedürfnisse und Notwendigkeiten im Umgang mit Lern- und Lehrmaterialien sind. Eine adäquate Unterstützung durch die Lehrkraft kann und muss diesbezügliche Aktivitäten unterstützen.

Informationspräsentation

Die Präsentation der erarbeiteten Sachverhalte schließt den Prozess ab.

Gefördert wird in dieser Phase die Fähigkeit, einen Sachverhalt in angemessener Art und Weise vorzutragen. Dies gilt insbesondere, wenn die Ergebnisse in Form von Referaten dargestellt werden, aber auch bei der Präsentation von Plakaten, Internetseiten usw., die vorgestellt werden müssen.

Im Anschluss an die Präsentation sollte dabei immer ein Feedback gegeben werden. Dies ermöglicht einerseits die Nachfrage im Hinblick auf offen gebliebene Fragen, räumt aber auch Raum für (positive und negative) Kritik ein.

Der jeweiligen Gruppe dient es als Rückmeldung, die ihre Arbeit bestätigt oder ihnen noch auftretende Defizite und Lücken aufzeigt. Wichtig ist es dabei zu lernen, einerseits die Kritik sachlich vorzutragen, andererseits auf diese angemessen zu reagieren.

Wie aus diesem Beispiel ersichtlich ist, kann ein web-basierter Unterricht Lernziele auf verschiedenen Ebenen verwirklichen. Neben der Erfassung von Faktenwissen erwerben die Schüler/innen auch Kompetenzen im Hinblick auf das soziale Miteinander. Speziell in den ersten beiden Phasen müssen die Schüler/innen miteinander kooperieren. D.h. im einzelnen werden eigene Ideen vorgetragen und zur Diskussion gestellt, mittels angemessener Argumente können die Gruppenmitglieder überzeugt werden, daneben werden Argumente der anderen kritisch aufgegriffen, weitergeführt oder fallengelassen.

Die Beschaffung, Aufbereitung und Präsentation wird heute schon in vielen Berufen vorausgesetzt. Mit einer Zunahme derselben ist in Zukunft zu rechnen.

Meines Erachtens kann hier die Schule u.a. unter Einbeziehung des Internets einen wichtigen Beitrag zur Vorbereitung auf das Berufsleben leisten. Eine adäquate Gestaltung der Lernumgebung die diesbezügliche Aktivitäten zulässt und eine ausreichende Anzahl an Computern mit Internetanschluss werden dabei vorausgesetzt.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Gemäß der intendierten Zielsetzung der Arbeit konnten Grenzen und Möglichkeiten des Computereinsatzes im gemeinsamen Mathematikunterricht mit sehgeschädigten Jugendlichen aufgezeigt werden.

Die Gruppe sehgeschädigter Schüler/innen wurde in Abhängigkeit ihres Sehvermögens und der damit korrelierenden Art und Weise der Datenerfassung in zwei Gruppen unterteilt. Sehbehinderte Schüler/innen können Daten auf dem Bildschirm visuell erfassen, wahrnehmungserleichternde technische Maßnahmen sind dabei einbezogen. Davon abgegrenzt wurden blinde Schüler/innen, deren Sehvermögen eine visuelle Datenerfassung nicht zulässt und die demgemäß alternative Formen der Datenpräsentation benötigen.

Ausgehend von der multifunktionalen Bedeutung des Computers innerhalb unserer Gesellschaft stellte die Arbeit spezifische Einsatzmöglichkeiten desselben als Hilfsmittel für blinde und sehbehinderte Schüler/innen besonders heraus. Die enge Verzahnung zwischen seinem Einsatz als Hilfsmittel und seinem Gebrauch als Arbeits-, Lern- und Kommunikationsmittel wurde dabei berücksichtigt.

Die Verwendung des PCs innerhalb der genannten Zielgruppe ist an die Erfüllung spezifischer Vorbedingungen geknüpft, die sich unmittelbar aus der Einschränkung des individuellen Sehvermögens ergeben. Dies betrifft neben der Notwendigkeit der Entwicklung und Nutzung spezifischer Hilfsmittel insbesondere die Art und Weise der Datenpräsentation.

Diesbezügliche Hard- und Software wurde vorgestellt und im Hinblick auf ihre Möglichkeiten und Grenzen begutachtet.

Von der rasanten Entwicklung auf dem Computermarkt sind auch die genannten Hilfsmittel betroffen. So wird beispielsweise eine perfektionierte Sprachausgabe und Sprachsteuerung mittelfristig in die Betriebssysteme (für „jedermann“) integriert werden und daher preisgünstig zur Verfügung stehen. Andererseits könnte sich die „Grafiklastigkeit“ der Programme (z.B. in Form von dreidimensionalen Grafiken) noch verstärken und bestehende Barrieren sogar noch weiter erhöhen.

Digitalisierte Buchstaben, Ziffern und Satzzeichen lassen sich computerunterstützt problemlos in eine Punktschrift konvertieren. Diese können taktil über eine angeschlossene Braillezeile erfasst werden. Eine analoge Erfassung grafischer Zeichen- und damit impliziert der meisten mathematischen Zeichen- scheidet an spezifischen Voraussetzungen. Die Arbeit stellte verschiedenen Initiativen vor, die sich mit der diesbezüglichen Problematik auseinandersetzen und mittels der Entwicklung von Mathematikschriften Möglichkeiten fanden, blinden

Menschen mathematische Zeichen über die Braillezeile zugänglich zu machen. Die bekanntesten Notationen wurden dabei zunächst charakterisiert und im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten in der Blindenpädagogik und im Integrationsunterricht verglichen.

Leider konnte bis dato, wie eine durchgeführte Umfrage unter betroffenen Pädagoginnen und Pädagogen bestätigte, noch keine Einigung bezüglich einer einheitlichen Mathematiksschrift für den schulischen Unterricht gefunden werden. Die Arbeit führte Gründe auf, die dem Einigungsprozess im Wege stehen. Inwieweit Initiativen, wie z.B. die vorgestellten Marburger Bemühungen, den Einigungsprozess beschleunigen und zu einer allgemeingültigen und akzeptablen Einigung führen können, bleibt abzuwarten. Fraglich ist zudem, ob derartige Initiativen ausreichen oder ob nicht internationale Gremien aktiv werden müssten, um eine Balkanisierung auf Länderebene zu vermeiden.

Im Hinblick auf die Grenzen der computerunterstützten Datenpräsentation wurde die Notwendigkeit einer pädagogischen und blindengerechten Aufbereitung von Unterrichtsmaterialien (angemessene Beschreibung grafischer Inhalte, Erstellung taktil zu erfassender Zusatzmedien usw.) herausgestellt.

Bei der Diskussion über Einsatzmöglichkeiten des Computers für Sehbehinderte stand die Prämisse im Vordergrund, dass keine Sehbehinderung wie die andere ist und es demzufolge die optimale Datendarstellung für alle sehbehinderten Menschen nicht geben kann. Aus dieser Vorbedingung ergeben sich spezifische Anforderungen an eine computerunterstützte Datendarstellung. Wie aufgeführt wurde, muss es Ziel derselben sein, Vorlagen zu erstellen, die gemäss individueller Bedürfnisse (vom Leser) modifiziert werden können. Die Arbeit konnte beschreiben, innerhalb welcher Grenzen sich diese aufgestellten Forderung realisieren lässt. Einbezogen wurden dabei auch der Einsatz adäquate Hilfsmittel, wie z.B. Vergrößerungssysteme.

Herausgestellt werden muss, dass der Computereinsatz ein eingeschränktes Sehvermögen nur begrenzt kompensieren kann. Eine Erleichterung der visuellen Datenwahrnehmung lässt sich nur dann erzielen, wenn die betroffene Sehstörung im Zusammenhang mit Größe, Farbe, Kontrast und Buchstabengestalt steht, Komponenten der Datenpräsentation also, die computertechnisch leicht zu beeinflussen sind. Demzufolge kann der Computer in vielen Fällen die visuelle Datenerfassung erleichtern, dies gilt aber nicht per se für jede Sehbehinderung.

Als weitere Möglichkeiten des Computereinsatzes innerhalb der geschilderten Ausgangslage diskutierte die Arbeit Einsatzmöglichkeiten mathematischer Lernprogramme. Obwohl diesbezüglich eine positive Bilanz gezogen wurde, gestaltet sich ihre Nutzung im Unterricht

mit blinden und sehbehinderten Schüler/innen als problematisch. Ausführlich wurde dabei begründet, warum mathematische Lernprogramme zur Zeit nicht - bzw. nur in Ausnahmefällen - innerhalb der Blindenpädagogik eingesetzt werden können.

Analog konnten Zugangsbarrieren, die sehbehinderten Schüler/innen die Nutzung von Lernprogrammen erschweren, herausgestellt werden.

Das viele mathematische Lernprogramme für den Einsatz im Unterricht mit sehbehinderten Schülerinnen und Schülern nicht empfehlenswert sind, konnte exemplarisch anhand eines Lernprogramms für die Jahrgangsstufen 5 und 6 nachgewiesen werden. Anhand eines spezifischen Kriterienkatalogs, der im Hinblick auf die Ausgangssituation erstellt wurde, konnten Defizite mathematischer Lernprogrammen aufgedeckt werden.

Diese Ergebnisse erklären die tatsächliche Situation an vielen Schulen mit sehbehinderten und blinden Schüler/innen, wie sie durch eine Umfrage unter den dort tätigen Pädagogen ermittelt wurden. Während mathematische Lernsoftware im Unterricht mit sehbehinderten Schülerinnen und Schülern immerhin gelegentlich eingesetzt wird, ist dies in der Blindenpädagogik überhaupt nicht der Fall.

Eine Verbesserung der Situation für blinde Menschen gestaltet sich, wie die Arbeit ausmalen konnte, vielschichtig und ist an die Erfüllung mehrerer Vorbedingungen geknüpft. Diese betreffen u.a. die Notwendigkeit der Einigung auf eine Mathematikschrift und bei Nutzung der Lernsoftware im Integrationsunterricht die Entwicklung bzw. Verbesserung von Transformierungsprogrammen zur Optimierung der Schwarzschriftdarstellung. Grenzen, die dem Vorhaben entgegenstehen, wurden in den Aufführungen einbezogen.

Für sehbehinderte Schüler/innen gestaltet sich die Situation günstiger. Gezeigt wurde, dass prinzipiell einfache programmtechnische Modifikationen dieser Zielgruppe die Arbeit mit Lernprogrammen wesentlich erleichtern könnten.

Entsprechend, jedoch in ausgeprägterer Form, ist der unterrichtliche Einsatz mathematischer Internetseiten zu sehen. Dies ist umso bedauerlicher, da blinde und sehbehinderte Menschen in einem ganz besonderem Maße von diesem Kommunikations- und Informationssystem profitieren könnten. Leider verwehren in der Praxis häufig, und das gilt besonders für mathematische Web-Seiten, spezifische Zugangsbarrieren ihre Nutzung. Innerhalb der Arbeit wurden diesbezügliche Hürden aufgeführt und detailliert charakterisiert.

Des weiteren ist wohl die vergleichsweise relativ kurze Entwicklungszeit des Internets mit dafür verantwortlich, dass Pädagogen, (Schulbuch)-Verlage usw. das Medium noch nicht als Möglichkeit zur Veröffentlichung mathematischer Inhalte entdeckt haben. Es ist meines Erachtens jedoch davon auszugehen, dass sich dieser Zustand in Zukunft ändern wird und

immer mehr Unterrichtsmaterialien dem WWW entnommen werden können. Dies gilt insbesondere für Lernprogramme. Erste Exemplare lassen sich heute schon, wie aufgeführt wurde, aus dem Netz herunterladen bzw. online bedienen. Der Trend wird sich wahrscheinlich fortsetzen.

Bei der Webseitengestaltung sind insbesondere auch Sonderpädagoginnen und Sonderpädagogen gefragt. Durch ihre Initiative und ihr Engagement können sie richtungsweisend dazu beitragen, dass Web-Seiten zukünftig blinden- und sehbehindertengerecht gestaltet werden. Eine intensive Zusammenarbeit zwischen Pädagogen und Informatikern/Webgestaltern sowie sehgeschädigten Menschen wäre wünschenswert.

Kriterien für eine sehbehinderten- und blindengerechte Erstellung von Lernprogrammen und Internetseiten wurden in der Arbeit angegeben.

In absehbarer Zukunft ist damit zu rechnen, dass intermediale Dokumentverarbeitungssätze verstärkt auf XML-Basis aufgebaut sein werden und dass damit, wie in der Arbeit aufgezeigt wurde, eine parallele und problemlose Ausgabe auf Bildschirm, Braillezeile und mittels der Sprachausgabe durchführbar sein wird. Davon betroffen werden auch sämtliche mathematische Terme sein.

Nach wie vor sind dem Computer bei der Wiedergabe grafischer Elemente jedoch (unüberbrückbare?) Grenzen gesetzt.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die Nutzung des Computers innerhalb der Sehbehinderten- und Blindenpädagogik multifunktional ist. Neben seiner Einsetzbarkeit als Lehrmedium und Arbeitsmittel wird er überwiegend als Hilfsmedium genutzt, um behinderungsspezifische Beeinträchtigungen zu kompensieren. Oftmals ist eine enge Verzahnung zwischen den Komponenten feststellbar.

Dargestellt wurde, dass sehgeschädigte Schüler/innen einer Integrationsklasse im Vergleich zu ihren sehenden Mitschülerinnen und Mitschülern insbesondere bei der Erfassung bzw. Anfertigung von mathematischen Texten benachteiligt sind. Trotz der beschriebenen Nutzung arbeitserleichternder Hilfsmittel (Hardware und Software) benötigen sie mehr Zeit als Normalsichtige, müssen sich häufig stärker konzentrieren usw.. die Notwendigkeit pädagogische Konsequenzen, wie z.B. dem Einräumen von mehr Arbeitszeit, einem häufigen Arbeitsphasenwechsel, um Ermüdungserscheinungen zu kompensieren, usw. wurde aufgeführt.

Chancen der Nutzung des Computers als „Kommunikationsbrücke“ zwischen den Schüler/innen einer Integrationsklasse konnten angegeben werden. In wie weit diese in der

Praxis tatsächlich genutzt werden, ist pauschal nicht zu beantworten. Dies ist in der Realität von vielen verschiedenen Faktoren abhängig. Ganz sicher aber kann die betroffene Lehrkraft zur Förderung der fachlichen Kommunikation und damit zum sozialen Lernen beitragen, indem sie die beteiligten Schüler/innen immer wieder zu diesbezüglichen Aktivitäten anregt.

Wie überdies begründet wurde, ist die Nutzung des Computers im integrativen Mathematikunterricht an verschiedene Bedingungen geknüpft.

Zunächst einmal muss sich die Computerausstattung an den individuellen Bedürfnissen der blinden und sehbehinderten Schüler/innen orientieren.

Will man im integrativen Mathematikunterricht Lernprogramme und Internet als Unterrichtsmedien und zur Kommunikationsförderung zwischen den Schülerinnen und Schülern einsetzen, so müssen finanzielle Mittel zur Verfügung stehen, die die Anschaffung der notwendigen Medien (eine der Schülerzahl angemessene Ausstattung mit Computerarbeitsplätzen, mathematische Lernsoftware und Internetanschlüsse) zur Verfügung stehen.

Ein sinnvoller und pädagogisch vertretbarer Computereinsatz innerhalb der geschilderten Ebenen setzt in jedem Fall die Entwicklung didaktisch - methodischer Konzepte voraus. Diese müssen so gestaltet sein, dass computertechnische Möglichkeiten so optimal wie möglich zur Kompensation eines eingeschränkten Sehvermögens, aber auch zur Vermittlung fachlicher mathematischer Inhalte genutzt werden können.

Die Gestaltung einer adäquaten Lernumgebung, in der die innerhalb der Arbeit geschilderten Vorteile des Computers zum Tragen kommen können, ist dabei ebenso erforderlich, wie die Anpassung der Lehrerrolle an die veränderten Unterrichtsbedingungen.

Literaturverzeichnis

Abdelhamid, Rames:

Das Vieweg LATEX-Buch – Eine praxisorientierte Einführung
Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden 1992

Altermann-Köster, Marita; Holtappels, Heinz; Kanders, Günther; Pfeiffer, Michael; Hermann, de Witt, Claudia:

Bildung über Computer?
Informationstechnische Grundbildung in der Schule
Juventa Verlag, Weinheim und München 1990

Appelhans, Peter; Braband, Henning; Düe, Willi; Rath, Waltraud:

Übergang von der Schule ins Arbeitsleben
Bericht über ein Projekt mit sehgeschädigten jungen Menschen
Hamburger Buchwerkstatt 1992

Appelhans, Peter; Krebs, Eva:

Kinder und Jugendliche mit Sehschwierigkeiten in der Schule: eine Handreichung für Lehrer, Eltern und Schüler
Universitätsverlag C. Winter Heidelberg 1995

Arbeitskreis Blinden- und Sehbehindertenbildung Baden-Württemberg:

Empfehlungen zur Ausstattung von Arbeitsplätzen für sehbehinderte und blinde Schülerinnen und Schüler

In: blind/sehbehindert 2/1998, S. 95-100

Austermann, Michael:

„Viele Wege führen nach Rom“ – Einige Schlussfolgerungen zum sinnvollen Einsatz unterschiedlicher Blindenschriften zur Textproduktion und –rezeption

In: blind/sehbehindert 2/1999, S. 69-71

Becker-Mrotzek, Michael; Meißner, Hartwig:

Kriterien für die Bewertung von Computer-Lernprogrammen

In: Grundschule 10, 1995, S. 13-15

Betz, Brigitte; Kalina, Ulrich:

Welche Computer-Mathematiksschrift für Blinde soll in der Schule benutzt werden?

In: Kongressbericht zum 32. Kongress der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen Hannover 1998, S. 328 – 335

Bitzl, Constanze; Frank, Nikolaus:

Gute Lernsoftware?

Analyse und Bewertung von Lernsoftware

Pädagogische Welt; 1990, S. 376, 377

Boldt, Werner:

Fortschritt und Hinschritt

Beiträge zur Sehgeschädigtenpädagogik

Edition Bentheim, Würzburg 1993

Brailleschriftkommission der deutschsprachigen Länder (Hrsg.):

Das System der deutschen Blindenschrift; Deutsche Blindenstudienanstalt e.V.; Marburg/Lahn 1998

Brockhaus dtv-Lexikon
Mannheim 1989

Buser, Fritz:
Bestimmung der Sehleistung und Früherziehung
In: Verband der Blinde- und Sehbehindertenpädagogen e.V. – Arbeitsgemeinschaft Frühförderung sehgeschädigter Kinder (Hrsg.): Messen und Beobachten – Bewerten und Handeln, Würzburg 1998, S. 69-82

Decker, Markus:
Kinder vor dem Computer
Die Herausforderung von Pädagogen und Eltern durch Bildschirmspiele und Lernsoftware
KoPädVerlag München 1998

Degenhardt, Sven; Kalina, Ulrich; Rytlewski, Dirk:
Der Einsatz des Computers bei blinden und sehbehinderten Schülern,
Überblick, Stand und Perspektiven: Ergebnisse aus dem Modellversuch „Interaktive Informationstechniken für Sehgeschädigte in der Informationstechnischen Bildung“ (IRIS)
Hamburg, Hamburger Buchwerkstatt, 1996

Degenhardt, Sven:
Der Einfluss der Hilfsmittelentwicklung auf die berufliche Wirklichkeit blinder Menschen im Wandel der Zeit
In: blind/sehbehindert 3/1999, S. 165-173

Degenhardt, Sven (b):
Die gemeinsame Beschulung blinder und sehender Schülerinnen und Schüler in der allgemeinen Schule und Konsequenzen für die Lehrerbildung in Deutschland
In: horus 3 /1999, S. 125-129

Denninghaus Erwin (Hrsg.):
Die Bedeutung der Punktschrift für die schulische und berufliche Bildung Blinder und Sehbehinderter
VBS, Hannover 1998

Drave, Wolfgang; Wißmann, Klaus (Hrsg.):
Der Sprung ins kalte Wasser
Integration blinder Kinder und Jugendlicher an allgemeinen Schulen
Edition Bentheim, Würzburg 1997

Drolshagen, Birgit:
Studierende mit Sehschädigungen an bundesdeutschen Hochschulen
Eine Untersuchung zum Erleben des Studienbeginns und zur Situation bei der Literaturbeschaffung
Dissertation
Dortmund 1994

Duismann Gerhard H.; Meschemoser, Helmut:
Lernen mit Computern
Fernuniversität Fachbereich Erziehungs-, Sozial- und Geisteswissenschaften
Hagen 1998

Elberskirch, Ralf:
Home Page Reader und andere Fenster

In horus 1 / 2000, S. 12 -13

Euler, Dieter:

Didaktik des computerunterstützten Lernens - Praktische Gestaltung und theoretische Grundlagen
In: Holz, Heinz; Zimmer, Gerhard (Hrsg.); Multimediales Lernen in der Berufsbildung
BW Bildung und Wissen, Nürnberg 1992

Feibel, Thomas:

Außerirdisches Baumhaus
Addy-Lernsoftware runderneuert
In: c't magazin für computer technik 20001, S. 198

Fischer, Jürgen:

Neue Wege mit neuen Unterrichtstechnologien
In: horus 2/1994, S. 50 – 53

Freyermuth, Gundolf S.:

Revolution im Rückspiegel
Wie Multimedia-PCs und das WWW die Welt veränderten
In:c't magazin für Computer technik 5/2001, S. 254 -259

Fritsch, Franz:

Das Auge
Verein zur Förderung Sehbehinderter e. V
Waldkirch 2000

Gerull, Konrad:

Das Projekt SATIS Hilfen für sehbehinderte Computerbenutzer
In: horus 1/1998, S. 14-16

Gottke, Heinz-Jürgen:

Anforderungen an Lernsoftware aus sonderpädagogischer Sicht
In: Vierteljahresschrift für Heilpädagogik 66 1997,1, S. 23-42

Grote, Andreas:

Begebar – Webseiten-Gestaltung für Blinde
In: hours 2 /2000, S. 57, 58

Hahn, Eberhard:

Blindenschrift und Computertechnik
In: horus 4/1994, S. 132-141

Hanke, Franz-Josef:

Suchmaschine für barrierefreie Webseiten
In: horus 4 / 2000, S. 131, 132

Harres, Manfred:

Blindenschriftproduktion in Deutschland heute und morgen
In: horus 3 /1998, S. 99 - 102

Hudelmayer, Dieter; Rath, Waldtraud (Hrsg.):

Handbuch der Sonderpädagogik
Band 2: Pädagogik der Blinden und Sehbehinderten
Carl Marhold Verlagsbuchhandlung, Berlin 1985

Hertlein, Jürgen:
Die Brailleschrift – eine unverzichtbare Voraussetzung für Unterricht und Bildung bei der Beschulung
Blinder
In: horus 1/1998, S. 1-5

Hertlein Jürgen (Hrsg.):
Marburger Systematiken der Blindenschrift
Teil 6 Internationale Mathematikschrift für Blinde
Verlag der Deutschen Blindenstudienanstalt, Marburg/Lahn 1992

Heuer, Richard:
Änderungen im System der deutschen Blindenschrift 1998
Herausgeber: Brailleschriftkommission der deutschsprachigen Länder
Deutsche Blindenstudienanstalt e.V. Marburg/Lahn 1998

INBAS (Hrsg.)
Institut für berufliche Bildung, Arbeitsmarkt- und Sozialpolitik GmbH:
Lernen mit neuen Informations- und Kommunikationstechniken
Lernsoftware und Lernen mit dem Internet
Berichte und Materialien, Band 2
Frankfurt am Main 1999

Kahlisch, Thomas:
XML – Der Schlüssel zu multimedialen Informationsangeboten für blinde und sehbehinderte
Menschen
In: horus 4/1999, S. 165-173

Kalina, Ulrich:
Der Einsatz der Elektronik bestimmt den Schulalltag – wodurch wird der Einsatz der Elektronik
bestimmt?
In: Kongressbericht zum 30. Kongress der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen, Hannover 1988,
S. 113 - 117

Kalina, Ulrich:
LaTeX (nicht) nur eine Lösung für das Problem sehgeschädigter Computerbenutzer, Mathematik
schriftlich darzustellen
In: Blind/sehbehindert 2/1993, S. 86-89

Kalina, Ulrich:
Informationstechnische Bildung für Sehbehinderte – Überlegungen zum Hilfsmittel- und
Medienaspekt des Computers im Unterricht
In: Kongressbericht zum 31. Kongress der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen, Hannover 1994b,
S. 305 – 310

Kalina, Ulrich:
Einführung in die Nutzung grafischer Oberflächen bei Blinden und Sehbehinderten – methodische und
didaktische Aspekte
In: blind-sehbehindert 1/1996, S. 22- 30

Kalina, Ulrich:
 Welche Mathematiksschrift für Blinde soll in der Schule benutzt werden?
 Deutsche Blindenstudienanstalt Marburg, März 1997, S. 1-5

Kalina, Ulrich:
 Computer? – Hilfe!
 Betrachtungen zum Einsatz der Informationstechnologie in der Sehgeschädigtenpädagogik
 In: Kongressbericht zum 32. Kongress der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen, Hannover 1998,
 S. 509 – 516

Kalina, Ulrich:
 Welche Mathematiksschrift für Blinde soll in der Schule benutzt werden?
 In: Denninghaus Erwin (Hrsg.) Die Bedeutung der Punktschriftsysteme für die schulische und
 berufliche Bildung Blinden und Sehbehinderter
 VBS, Hannover 1998

Knappen, Jörg:
 Schnell ans Ziel mit LATEX 2ε
 R. Oldenbourg Verlag; München, Wien,, Oldenbourg 1997

Kosa, Uwe:
 EDV für Sehgeschädigte: Entwurf einer audiovisuellen Textverarbeitung
 Deutscher Studien Verlag, Weinheim 1995

Krauthausen, Günter:
 Software Entwicklung – eine komplexe Aufgabe
 In Mathematik lehren, N.92, 1999, S. 10-13

Landesinstitut für Schule und Weiterbildung (Hrsg.)
 Software-Ratgeber für die Sekundarstufe I, II
 Verlag für Schule und Weiterbildung, Soest 2000
 (Autoren: Frerich, Alwin, Gerharz, Günter u. a.)

Lang, Markus,; Austermann, Michael:
 Eurobraille in Ilvesheim
 In: blind/sehbehindert 2/1998, S. 91-94

Lang, Markus (b):
 Einführung von 8-Punkt-Braille (Eurobraille) in der ersten Klasse
 In: Verband der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen: Lebensperspektiven
 32. Kongress der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen, Nürnberg 1998, S. 326 ff

Lehmann, Eberhard:
 Neue Medien im Mathematik-Unterricht der Sek.I
 In: Mathematische Unterrichtspraxis; Zeitschrift für den MU
 21. Jg. Heft 3/ III Quartal 2000, S. 5-14

Lorenz, Ernst-Dietrich:
 Was sechs oder acht Punkte alles möglich machen – Eine vergleichende Zusammenstellung
 gebräuchlicher Blindenschriftsysteme

In: Denninghaus Erwin (Hrsg.) Die Bedeutung der Punktschriftsysteme für die schulische und berufliche Bildung Blinden und Sehbehinderter
VBS, Hannover 1998

Mandl, Heinz; Reinmann-Rothmeier, Gabi; Weizenbaum, Joseph:
Soll Internet Schulfach werden?
In: ZeitPunkte 1 /2000, S. 14

Mersi, Franz:
Pädagogische Sehschädigung: Definition, Konzept, Modell
In: Handbuch der Sonderpädagogik, Band 2
Rath, Waldtraut; Hudelmayer, Dieter (Hrsg.), Berlin 1985

Muskardin, Virgilio:
Universität Karlsruhe
Modellversuch „Informatik für Blinde“
Anleitung zum Umsetzen von mathematischen Symbolen und Formeln
25. November 1988

Nater, Paul:
Neuere Aspekte zum Konstrukt der Kompensation von Sehschädigungsfolgen
In 32. Kongressbericht der Blinden- und Sehbehindertpädagoginnen
Hannover 1998, S. 217 - 243

Nürnberger, Christian:
Lernen mit der Maus
Software für Kinder im Geo-Wissens-Test
In: Geo Wissen Denken, Lernen, Schule 1/1999, S. 1-19

Otto, Jeanette:
Adieu, Schultafel
Wenn der Computer die Klassenzimmer erobert, hat der Frontalunterricht ausgespielt.
Beobachtungen in einem Modellgymnasium
In: Zeitpunkte 1/2000, S. 16 - 22

Rath, Waldtraud:
Der neue Terminus: Low Vision
In: Sonderpädagogik 1986, S. 189 - 190
Rath, Waltraud:
Blindheit / Sehbehinderung
In: Zeitschrift für Heilpädagogik 10 / 1994, S. 658 - 663

Rath, Waltraud:
Ist der allgemeine Lehrplan ausreichend für Kinder und Jugendliche mit Sehschädigung?
In: Beilage zu blind/sehbehindert Jahr 1998, S. 51, 52

Richtlinien für die Schule für Blinde (Sonderschule) in NRW
Der Kultusminister des Landes NRW 1981
Greven Verlag Köln

Richtlinien für den Unterricht in der Schule für Sehbehinderte (Sonderschule) in NRW
RdErl. d. Kultusministers v. 1.2.1980

Schuhmacher, Hans Günter:
Blinde arbeiten mit Windows
In: horus 3/1998, S. 113

Schuster, Eva:
Neue Medien – Revolution im Klassenzimmer?
In: Mathematische Unterrichtspraxis; Zeitschrift für den MU
21. Jg. Heft 3/ III Quartal 2000, S. 1-4

Schweikhardt, Waldtraud:
Die Stuttgarter Mathematikschrift
Vorschlag für eine 8-Punkt-Mathematikschrift; Institutsbericht 9/1983

Schweikhardt, Waldtraud:
SMSB, die Stuttgarter Mathematikschrift für Blinde, eine 8-Punkt-Mathematikschrift
Institut für Informatik Universität Stuttgart, September 1999

Schweikhardt, Waldtraud:
REQUIREMENTS ON A MATHEMATICAL NOTATION FOR THE BLIND
Beitrag bei der ICCHP 2000, der International Conference on Computers Helping People with Special Needs

Sohnekind, Olaf:
Computer im Mathematikunterricht – fächerübergreifende Aufgaben (7-8)
In: Mathematische Unterrichtspraxis; Zeitschrift für den MU
21. Jg. Heft 3/ III Quartal 2000, S. 15-18

Sprich, Johannes:
So machen moderne Browser Web-Seiten zugänglicher
In: horus 1/2000 S. 13 –15

Strugholz, Yvonne:
unveröffentlichte Examensarbeit 2000

Tanner, Margarete:
Schrift, Schreiben und Lesen im Unterricht bei Sehbehinderten
In: In: Handbuch der Sonderpädagogik, Band 2
Rath, Waldtraud; Hudelmayer, Dieter (Hrsg.), Berlin 1985

Tully, Claus, J.:
Lernen mit Software
Information ist noch nicht Wissen (Teil 3)
In: Medien + Erziehung, J. 37, N.4, 1993, S. 241 – 245

Unterbruner, Gernot:
Interaktivität – einwichtiges Kennzeichen guter Lernprogramme
In: Mathematik lehrer, Heft 92 S. 43-45

Verband der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen und –pädagoginnen
AG Braille c/o Dr. Petra Gansauge, Einbecker Str. 66 b, D-10315 Berlin

Protokoll der Tagung der AG Braille im VBS, 12.-14. November 1999, Landesinstitut für Schule und Weiterbildung, Soest

Walther, Renate:
Förderschwerpunkt Sehen
In: Zeitschrift für Heilpädagogik 4/1999, S. 165 - 170

Warnke, Karsten:
Für gleiche Chancen in einer multimedial geprägten Informationsgesellschaft: Neue Herausforderungen und Aufgabenstellungen für die Blinden- und Sehbehindertenselbsthilfe
In: horus 2/1998, S. 49-53

Warnke, Karsten:
Ausgrenzungsgefahr noch nicht gebannt
Interview mit Karsten Warnke der Zeitschrift c't 3/2000, S. 200-203
In: hours 2 /2000, S. 59 - 61

Weigand, Hans-Georg:
Internet und Multimedia – Auf der Datenautobahn ins nächste Jahrtausend
In: Mathematik lehren, N 92, 1999, S. 4-9

Weizenbaum, Joseph:
Soll Internet Schulfach werden?
In: Zeitpunkte 1/2000, S. 15

Wolpers, Hans:
Konzepte zur Gestaltung von Lernsoftware
Lernprogramme im Vergleich
In: Mathematik lehren, N 92, 1999, S. 39-43

Zeun Ulrich (a):
Ergebnisse aus dem Projekt „Großdruck-Umsetzungsservice für Sehbehinderte“
In: blind/sehbehindert 1/1998, S. 194-200

Zeun, Ulrich (b):
Ergebnisse aus dem Projekt „Großdruck-Umsetzungsservice für Sehbehinderte“
In: horus 4/1998, S. 162-163

Ziehmann, Inge:
Eurobraille in der allgemeinen Grundschule
Einführung der Brailleschrift parallel zur Schwarzschrift
In: blind/sehbehindert 3/1999, S. 127-134

Internetseiten

Brockhaus-Gesundheit
<http://www.xipolis.de> (28.04.2001)

Cornelsen
Presseausendung

<http://www.a-site.at-wissen/message/20htm> (28.04.2001)

Degenhardt, Sven 1999

Evaluation von Schriftsystemen für blinde Schülerinnen und Schüler – Kurzbeschreibung des Projektes

<http://www.erzwiss.uni-hamburg.de/inst05/blindseh/forschung/braille/braille.htm> (28.04.2001)

Die Welt

<http://www.welt.de/audiowelt/> (28.04.2001)

Eingliederungsstelle für Sehbehindert Basel; Erstellen von Webseiten

<http://www.es-basel.ch/richtlin.htm> (28.04.2001)

Fischbach, Margit

Das World Wide Web als Lern- und LehrhilfeIn: LEUmedi@ 1/1997, S. 1-7

<http://www.aktivnetz.de/ZUM/> (28.04.2001)

Gesetzeslage zur schulischen Integration in den verschiedenen Bundesländern

www.behinderung.org/gesetze/intgestz.htm (28.04.2001)

Hänel 2001

ACCESSIBILITY-Page

Auch Blinde und Sehbehinderte befinden sich auf der Datenautobahn

<http://www.lynet.de/~mhaenel/waccess.html> (28.04.2001)

Heimann, G; König Klaus

8-Punkt-Braille als Erstschrift und Verkehrsschrift für Blinde

http://www.hh.schule.de/blindenschule/studsem/027_9.htm (28.04.2001)

Heimann, G. 1997

Computernutzung durch Sehgeschädigte

www.hh.schule.de/hblin/pczugang.htm (28.04.2001)

Kahlisch, Thomas

Verbesserte Informationsangebote für blinde Menschen unter besonderer Berücksichtigung moderner Konzepte des Elektronischen Publizierens

<http://www.elvis.inf.tu-dresden.de/icadd/artikel.html-22k> (28.04.2001)

Kahlisch, Thomas

Präsentation von sehgeschädigtengerechten computergestützten Studienmaterialien

www.dzb.de/staff/kahlisch/phd/k0402.html (28.04.2001)

Kalina 28.10.1999

Computer als Hilfsmittel für blinde und sehbehinderte Schülerinnen und Schüler

<http://www.bildung.hessen.de/sform/sonder/blind/hilfsmit.htm> (28.04.2001)

König, Klaus

<http://www.hh.schule.de/blindenschule/studsem/005.htm> (28.04.2001)

Österreichischer Blindenverband

http://www.oebv.at.englisch/1_5.htm (28.04.2001)

Parslow, Helga 2000

WWW-Design für Sehbehinderte

<http://www.teamone.de/selffaktuell/artikel/blinde.htm> (28.04.2001)

SATIS (Gerull, Konrad) 1998
 Software und Tipps zur Informationsverarbeitung für Sehbehinderte
<http://www.ub.uni-bielefeld.de/SATIS/> (28.04.2001)

Schulpflichtgesetz NRW 1995;
<http://www.behinderung.org/gesetze/intgestz.htm> (28.04.2001)

Sehbehinderten- und Blindenschule Hamburg 1996
 Informationstechnische Bildung an der Sehbehinderten- und Blindenschule Hamburg
<http://www.hh.schule.de/blindenschule/blind2.htm> (28.04.2001)

SODIS-Datenbank
<http://www.sodis.de> (28.04.2001)

Stolber, Hans-Joachim
 Computereinsatz bei sehbehinderten Schülerinnen und Schülern
<http://www.schule-amweinweg.de/mbz2/texte/einsatz.htm> (28.04.2001)

Weber 1996
 Mit der Braillezeile auf die Datenautobahn
<http://elvis.inf.tu-dresden.de/koll96/artikel8.html> (28.04.2001)

Universität Karlsruhe
 ASCII-Mathematikschrift
<http://www.elvis.inf.tu-dresden.de/asc2html/ams/h-000001.htm> (28.04.2001)

Wilhelm, Reinhard
 Sonderpädagogischer Förderbedarf für sehgeschädigte Kinder
<http://www.cisonline.at/sonderschule/sehgesch.htm> (28.04.2001)

CD-ROM

LexiROM 1995
 Microsoft Corporation und Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG

Lernpaket Mathematik, Klasse 5 und 6 für alle Schulformen
 Genehmigte Sonderausgabe: Tandem-Verlag, 2000

Pschyrembel - CD-ROM –
 Klinisches Wörterbuch
 258. Auflage
 Walter de Gruyter 1997

SODIS-Datenbank 2000
 Software Dokumentations- und Informationssystem
 Landesinstitut für Schule und Weiterbildung (Hrsg.)

Anhang

Exemplarische Beschreibung und Bewertung einer mathematischen Software

In Anlehnung an Kapitel 7 erfolgt hier die exemplarische Beschreibung und Bewertung der aufgeführten Lernsoftware:

CD-ROM: Lernpaket Mathematik, Klasse 5 und 6 für alle Schulformen

Genehmigte Sonderausgabe: Tandem-Verlag, 2000

Systemanforderungen: PC ab 486; 8 MB Ram 16 MB empfohlen; beliebige Windows-Version
Soundkarte, Lautsprecher VGA-Grafikkarte mit 256 Farben,

Gemäß der Ausführungen in Kapitel 7.1 muss das Lernprogramm der Kategorie der Übungsprogramme zugeordnet werden.

Meines Erachtens ist das ausgewählte Lernprogramm gut geeignet, um exemplarisch untersucht zu werden.

Infolge der zunehmenden Tendenz einer grafikorientierten Programmgestaltung, gibt es einen Einblick in diesbezügliche charakteristische Gestaltungspraktiken.

Beschreibung und Bewertung der Lernsoftware

Kriterienkatalog

Modifikationen der Standardeinstellungen

	immer erfüllt	meist erfüllt	teilw. erfüllt	selten erfüllt	nie erfüllt
Datengröße <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kann die Größe der Daten modifiziert werden? ➤ Wird die windowsinterne Lupenform übernommen? ➤ Werden Voreinstellungen, z.B. Modifikationen des Mausursors übernommen? ➤ Erlaubt das Programm den Einsatz von Vergrößerungssystemen? ➤ Kommt es zu Programmabstürzen, z.B. bei Videosequenzen? ➤ Können sämtliche Bildelemente vom Vergrößerungssystem erfasst werden? 				x	x x x
Farben/Kontraste <ul style="list-style-type: none"> ➤ Erlaubt das Programm eine individuelle Einstellung der Farben? ➤ Kann die individuelle Farbeinstellung des Vergrößerungssystems genutzt werden? 	x			x	
Schrifttyp <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lässt das Programm eine individuelle Schrifttypauswahl zu? ➤ Kann die individuelle Modifikation des Vergrößerungssystems genutzt werden. 					x x

Datenpräsentation

	immer erfüllt	meist erfüllt	teilw. erfüllt	selten erfüllt	nie erfüllt
Datengröße <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sind Textelemente gleichgroß dargestellt? ➤ Sind die Abstände zwischen den einzelnen Buchstaben und Wörtern gleichgroß? ➤ Sind zusammenhängende Daten als Einheit zu erkennen? 	x		x x		
Farben/Kontrast <ul style="list-style-type: none"> ➤ Heben sich Vorder- und Hintergrundfarbe kontrastreich voneinander ab? (Unterscheiden sich ihre Grauwerte deutlich voneinander?) ➤ Heben sich die Farben innerhalb von Grafiken und Animationen kontrastreich voneinander ab? ➤ Werden Farben sinnvoll zur Verdeutlichung wichtiger inhaltlicher Elemente eingesetzt? 		x		x x	
Textelemente <ul style="list-style-type: none"> ➤ Wird ein schnörkel- und serifenloser Schrifttyp verwendet? ➤ Sind Hervorhebungen gut zu erkennen? 		x	x		
Grafik- und Bildelemente <ul style="list-style-type: none"> ➤ Werden kontrastreiche Farben verwendet? ➤ Sind die Konturen klar hervorgehoben? ➤ Existieren textliche Unterlegungen der Elemente? ➤ Werden die Bildelemente zur Veranschaulichung mathematischer Inhalte eingesetzt? ➤ Besteht ein angemessenes Verhältnis zwischen Text und Bildelementen? 			x x	x x	x
Animationen <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ist die Frequenz der dargestellten Bilder hoch? ➤ Werden kontrastreiche Farben verwendet? ➤ Werden diese akustisch unterstützt? ➤ Dienen die Animationen der Veranschaulichung mathematischer Inhalte? ➤ Sind sie für das Verständnis des Stoffs notwendig? 	x	x	x		x x

Kriterien, die die Programmnutzung erleichtern

	ja			nein	
Allgemeine Kriterien <ul style="list-style-type: none"> ➤ Erfolgt der Programmstart automatisch nach Einlegen der CD-ROM? ➤ Lässt das Programm sowohl Einzel- als auch Gruppenarbeit zu? ➤ Kann die Anmeldung problemlos durchgeführt werden? 		X			X
	immer erfüllt	meist erfüllt	teilw. erfüllt	selten erfüllt	nie erfüllt
Bildschirmgestaltung und -aufteilung <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lässt die Bildschirmgestaltung eine klare, einheitliche Strukturierung bzw. Gliederung erkennen? ➤ Ist die präsentierte Datenmenge auf dem Bildschirm angemessen? ➤ Existiert eine Menüleiste, die Bedienungselemente enthält? ➤ Wird der gesamte Bildschirm (Restbildschirm) für die Darstellung der Inhalte ausgenutzt? ➤ Sind Texte und Grafiken linksbündig angeordnet? 		X			X
Dateneingabe und Navigation <ul style="list-style-type: none"> ➤ Heben sich die Eingabefelder kontrastreich vom Hintergrund ab? ➤ Sind die mit der Maus anzuklickenden Felder ausreichend groß und in einem angemessenen Abstand zueinander? ➤ Kann der Cursor alternativ über die Computertastatur gesteuert werden? ➤ Springt der Cursor nach der Eingabe automatisch in das nächste Eingabefeld? 			X	X	X

	immer erfüllt	meist erfüllt	teilw. erfüllt	selten erfüllt	nie erfüllt
Programmablauf <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kann der Schüler/die Schülerin aktiv in den Programmablauf eingreifen? ➤ Wird bei Wiederaufnahme des Programms die Abbruchstelle wieder aufgenommen? ➤ Existiert ein Inhaltsverzeichnis? ➤ Kann der Nutzer vom Inhaltsverzeichnis schnell jede gewünschte Programmseite aufrufen? ➤ Gibt es Hinweise zur aktuellen Position während des Programmablaufs? 	X X X				 X X
Hilfen <ul style="list-style-type: none"> ➤ Werden Hilfen automatisch bei auftretenden Fehlern angeboten? ➤ Ist das Abrufen einer Hilfefunktion möglich? ➤ Kann die Hilfefunktion alternativ über die Computertastatur aufgerufen werden? ➤ Erfolgt eine grafische Unterstützung der Erklärungen? ➤ Erfolgt eine akustische Unterstützung der Hilfefunktion? 	X X			 X X	 X
Rückmeldung <ul style="list-style-type: none"> ➤ Erfolgt die Einbeziehung optischer Elemente? ➤ Erfolgt die Einbeziehung akustischer Elemente? 	X		X		
akustische Elemente <ul style="list-style-type: none"> ➤ Werden Inhaltspräsentationen akustisch unterstützt? ➤ Ist die verwendete Sprache verständlich und spricht sie emotional an? ➤ Hören sich Betonung und Akzentuierung natürlich an? ➤ Sind Redefluss und Sprachrhythmus ansprechend? ➤ Ist die Geschwindigkeit der Sprache akzeptabel? ➤ Kann die Sprache abgestellt werden, ohne dass mit Informationsverlusten zu rechnen ist? 	 X X X X		X X		

Modifikationen der Standardeinstellungen

Bis auf die „Hilfeseite“ enthält keine der Seiten innerhalb der Lernsoftware eine Menüleiste.

Beim Hilfefenster handelt es sich um ein sogenanntes „Windows-help-file“. Im oberen Bereich befindet sich demgemäss eine Menüleiste, die die Durchführung einzelner Windowsfunktionen erlaubt. So kann unter drei Schriftgrößen (klein, Standard, groß) gewählt werden. Des weiteren ist die Wahl einer anderen Hintergrund- und Textfarbe möglich.

Leider beziehen sich die Modifikationsmöglichkeiten nur auf die Hilfeseite. Diesbezügliche Einstellungen werden von anderen Programmteilen nicht übernommen.

Dies gilt auch für Voreinstellungen des Betriebssystems, wie z.B. der Veränderung des Cursors in Bezug auf Größe und Gestalt. Diese werden zwar auf der Hilfeseite übernommen, leider aber nicht im eigentlichen Aufgabenteil und auf dem Arbeitsbildschirm.

Die Modifikation des Schrifttyps ist aber selbst auf dieser Seite nicht vorzunehmen.

Exemplarisch für die Möglichkeit der Nutzung von Vergrößerungssystemen wurde die Vergrößerungssoftware „Lunar“ verwendet.

Eine Kompatibilität zwischen der Lernsoftware und der verwendeten Vergrößerungssoftware ist gegeben. Konkret bedeutet das, dass sich die individuellen Modifikationsmöglichkeiten der Vergrößerungssoftware im Hinblick auf die Faktoren „Vergrößerung“, „Farbe“³⁹⁴, „Kontrast“ und „Helligkeit“³⁹⁵ auf das überprüfte Lernprogramm übertragen ließen. Diese Varianz war nicht für den Schrifttyp gegeben. Dieser lässt sich in keinsten Weise, weder im Hinblick auf Gestalt oder als Fettdruck usw. modifizieren.

Datenpräsentation

Datengröße

Textelemente sind in unterschiedlich groß gestaltet. Teilweise sind sie so klein, dass selbst Normalsichtige diese nur schwer entziffern können.

Die Abstände zwischen den einzelnen Buchstaben und Wörtern sind augenscheinlich gleich groß. Die zusammengehörigen Daten lassen sich insgesamt jedoch nicht immer als Einheit erkennen. Als Negativbeispiel kann eine Aufgabe aus der Bruchrechnung aufgeführt werden. Die Abstände zwischen Zähler, Bruchstrich und Nenner sind schon in der Standardeinstellung

³⁹⁴ Farben lassen sich gemäss den Möglichkeiten innerhalb der Vergrößerungssoftware auf vielfache Weise modifizieren. Anhand von aufgeführten Farbpaletten können Farben gemäss individueller Bedürfnisse ausgewählt werden. Alternativ können auch einzelne Farbtöne herausgefiltert werden. Damit impliziert ist die Möglichkeit der Kontrastverstärkung.

³⁹⁵ Sämtliche Farben lassen sich in einer großen Bandbreite verschiedener Helligkeitsstufen darstellen.

so groß, dass der Bruch kaum als solcher wahrgenommen werden kann. Entsprechend schwieriger ist seine Wahrnehmung infolge der Nutzung von Vergrößerungssoftware. Erschwerend kommt hinzu, dass der Bruchstrich nicht durchgängig ist, sondern aus zwei Teilstrichen besteht.

Farben

Im Aufgabenteil kann das Hintergrundbild aus verschiedenen Angeboten ausgewählt werden. Die Abhebung der Aufgabenfarbe vom jeweiligen Hintergrund variiert demgemäss. In den meisten Fällen ist sie jedoch nicht besonders gut vom Hintergrund zu unterscheiden.

Das Programm bietet eine Besonderheit: Indirekt kann der versierte Nutzer/die Nutzerin Einfluss auf die Farbgestaltung nehmen. Das ausgewählte Hintergrundbild im Aufgabenteil lässt sich manuell verändert. Dies gilt bezüglich Farben und der Möglichkeit der Einfügung zusätzlicher Bildelemente. Zudem kann auch ein eigenes eingescanntes Bild als Hintergrund verwendet werden. Anpassungen an individuelle Bedürfnisse sind also in eingeschränktem Maße möglich. Eingeschränkt deshalb, weil die Realisierung der geschilderten Möglichkeiten sehr zeitintensiv ist und einiges an computertechnischen Kenntnissen voraussetzt. Zudem werden für die Datenpräsentation viele unterschiedliche Farben benutzt. Wenn man Pech hat, lassen sich einzelne Daten trotz dieser Alternative nur schwer visuell erfassen.

Insgesamt wirkt die Farbauswahl recht unterschiedlich und lässt kein spezifisches Muster erkennen. Eine Verdeutlichung wichtiger Inhalte mittels einheitlicher Farben ist nicht zu erkennen.

Textelemente

Die Schrift ist klar und deutlich strukturiert, Schnörkel und Serifen werden nicht benutzt. Lediglich in der Einführung wird diese leicht schattiert dargestellt, so dass sie an dieser Stelle etwas schlechter zu erkennen ist.

Hervorhebungen erfolgen mittels Unterstreichungen. Eingabefelder sind farblich unterlegt. Sie heben sich teilweise jedoch kaum vom Hintergrund ab.

Grafik- und Bildelemente

Eine einheitliche Aussage über die kontrastreiche Farbauswahl innerhalb der Grafiken lässt sich nicht machen. Positiv- und Negativbeispiele halten sich in etwa die Waage. Konturen heben sich selten hervor. Manchmal wirken die Grafiken auf dem Bildschirm etwas verzehrt.

Die Möglichkeit zur manuellen Nachbearbeitung ist an dieser Stelle vom Programm nicht vorgesehen. Textliche Unterlegungen der grafischen Anteile existieren nicht.

Da das Aufgabenfeld immer mit einem Hintergrundbild unterlegt ist, gibt es viele bildliche Elemente, die nicht zur Veranschaulichung der Aufgabe eingesetzt werden, sondern lediglich der Motivation dienen. In der Regel handelt es sich bei diesen Hintergrundbildern um kontrastarme, mit wenig Konturen versehene Zusatzelemente.

Insgesamt werden Grafiken recht sparsam eingesetzt. Das gilt auch für Kapitel, in denen eine Grafik sich zur Veranschaulichung mathematischer Inhalte anbieten würde. Insbesondere trifft dieses Defizit auf die Hilfeseiten zu.

Animationen

Animationen werden hin und wieder eingesetzt. Sie dienen in keinster Weise dazu, mathematische Inhalte zu veranschaulichen.

Kriterien, die die Programmnutzung erleichtern

Allgemeine Kriterien

Mit dem Einlegen der CD startet das Programm automatisch. Zunächst erscheint das Eingangsbild mit der Maus „Martin“, die die Programmabläufe und Regeln erklärt. Das Programm kann in Einzelarbeit oder als Gruppe (maximal 4 Spieler) durchgeführt werden. Für die Anmeldung der Teilnehmer/innen müssen Spielkarten mit dem Mauscursor an bestimmte Bildschirmpositionen gezogen werden. Insgesamt ist das Eingangsbild relativ bunt gestaltet und erscheint recht unstrukturiert bzw. überladen.

Nach Beendigung der Anmeldung baut sich der sogenannte Lernomat auf. Von diesem Arbeitsbildschirm können wichtige Programmteile (Inhaltsverzeichnis, Aufgabenfenster, Hilfefunktion usw.) mittels der Aktivierung der entsprechenden Buttons aufgerufen werden.

Bildschirmgestaltung und -aufteilung

Lernomat und Aufgabenbildschirm zeigen einen relativ ähnlichen Bildschirmaufbau.³⁹⁶

³⁹⁶ Auf der rechten Seite befindet sich jeweils eine Funktionsleiste, mit verschiedenen Buttons bzw. Feldern. Teilweise sind sie mit Symbolen versehen (Fragezeichen, Pfeil, Plus- und Minuszeichen) bzw. beschriftet. Leider fehlen auf einzelnen Buttons sowohl Symbole als auch Beschriftungen. Im unteren Bildschirmbereich befindet sich eine Leiste, in der Hinweise zur Vorgehensweise erscheinen. Insbesondere der Button zur Eingabebestätigung bzw. Startbutton und der Hilfebutton heben sich farblich gut vom Hintergrund ab. Die benutzte Schrift, vor allem in der Leiste; ist relativ klein.

Im Aufgabenbildschirm kann der jeweilige Schüler bzw. die Schülergruppe das Motiv für das Hintergrundbild selbst aussuchen. In der Regel wird etwa 1/3 des Bildschirms für die Darstellung einzelner Motive benötigt. Der Restbildschirm dient der Aufgabenpräsentation. Auch er ist farbig und leicht strukturiert unterlegt.

Da immer nur eine einzige Aufgabe relativ groß auf dem Bildschirm dargestellt wird, wirkt dieser nicht überfrachtet. Anders gestaltet dies sich innerhalb der „Hilfeseite“, die kaum grafische Darstellungen, dafür aber sehr viel Text enthält.

Arbeits- und Aufgabenbildschirm werden im Vollbildmodus präsentiert. Menüleisten zur individuellen Einstellung von Schriftgröße, Schrifttyp, Farbgestaltung usw. existieren nicht.

Bei der Bildschirmdarstellungsgröße handelt es sich um eine Standardeinstellung, die unabhängig von der benutzten Monitorgröße präsentiert wird. Damit nicht ein wesentlicher Teil des Monitors als Rahmen ungenutzt bleibt, muss die Bildschirmauflösung dem jeweiligen benutzten Monitor angepasst werden. Die meisten Texte sind linksbündig angeordnet.

Dateneingabe und Navigation

Die Eingabefelder heben sich nicht immer gut vom Hintergrundbild ab.

Besonders im Inhaltsverzeichnis sind die mit der Maus anzuklickenden Buttons von extrem geringer Größe und nur mit einer geringen Zwischendistanz angeordnet.

Die Eingabe von Ziffern erfolgt über die Maus. Mit dem Mauscursor müssen die farbig unterlegten Eingabefelder einzeln angesteuert werden. Eine Rückmeldung und der Fortlauf des Programms erfolgt nur, wenn der „OK- Button“ innerhalb der Seitenleiste aktiviert wird.

Nur in Einzelfällen lassen sich Eingabefelder mittels der Computertastatur ansteuern, dann springt der Cursor auch automatisch in das nächste Eingabefeld.

In einzelnen Programmkapitel muss alternativ der Mauscursor auf eine der sich relativ schnell bewegendenden Lösungstafeln gezogen werden, die dann infolge der Aktivierung der linken Maustaste „abgeschossen“ wird.

Programmablauf

Die Aufgaben zu einem Thema werden blockweise präsentiert. Die Schülerin/der Schüler kann diese jederzeit abbrechen und zur Hauptseite zurückkehren. Von dort aus kann das Programm beendet, oder aber ein neues Aufgabengebiet geöffnet werden.

Bei jedem Neustart der Lernsoftware wird wieder die Einführungsseite präsentiert. Die konkrete Stelle, bei der das Programm abgebrochen wurde, wird jedoch nicht gespeichert. Hier muss die betroffene Schülerin/der betroffene Schüler jedes Mal wieder die übliche Vorgehensweise wiederholen.

Nach dem Verlassen der Eingangsseite erscheint ein Inhaltsverzeichnis. Mittels des Anklickens der links neben dem Text positionierten kleinen Buttons, können Unterkategorien

aufgerufen und ausgewählt werden. Hinweise zur aktuellen Programmposition existieren nicht.

Hilfen und Rückmeldung

Bei einer fehlerhaften Eingabe wird die falsch eingegebene Zahl in der Zwischen- oder Endlösung automatisch farblich anders unterlegt. Bei mehreren Fehleingaben innerhalb einer Aufgabe erfolgt dieser Hinweis nur bei der ersten Fehleingabe. Eine akustische Unterstützung erfolgt nur insofern die Maus einen Kommentar wie z. B. „leider falsch“ oder ähnliches verlauten lässt. Die Rückmeldung erfolgt immer akustisch. Teilweise werden grafische Elemente miteinbezogen. So schwenkt die kurz eingeblendete Maus z. B. eine Fahne, auf der das Wort „prima“ steht.

Eine Hilfeseite kann allerdings nur mittels der Maus aufgerufen werden.

Akustische Elemente

Die Schülerin/der Schüler kann sich Aufgabentexte, nicht aber die Aufgaben selbst, vorlesen lassen. Dazu muss mit der Maus der entsprechende Button aktiviert werden. Eine männliche und eine weibliche Stimme wechseln sich ab. Beide sprechen emotional an und sind gut verständlich. Betonung und Akzentuierung der Sprache, sowie Redefluss und Sprachrhythmus befinden sich im Rahmen des Normalen, lassen weder besonders negative noch besonders positive Auffälligkeiten erkennen.

Bei der Aufgabenpräsentation kann die Sprache abgestellt werden, ohne mit Informationsverlusten rechnen zu müssen. Dies gilt nicht für die Einführung sowie für die Rückmeldung bei den gelösten Aufgaben.

Bewertung der Lernsoftware

Bei der Bewertung der Lernsoftware sind drei Schülergruppen gemäss ihres Sehvermögens und damit korrelierend mit der Nutzung spezifischer Hilfsmittel zu unterscheiden.

- I Schüler/innen, die Vergrößerungssoftware benutzen
- II Schüler/innen, die auf die windowsinternen Modifikationen der Standardeinstellungen angewiesen sind
- III Schüler/innen, die die Bildschirmdateien ohne die beiden obigen Hilfsmittel, evtl. jedoch unter zu Hilfenahme optischer Hilfsmittel oder mittels der Nutzung von Großbildschirmen erfassen können

Die folgende Prämisse ist bei der Bewertung der Lernsoftware für alle drei Gruppen zu berücksichtigen.

Die Einsetzbarkeit eines Lernprogramm bei sehbehinderten Schülerinnen und Schülern ist abhängig von den jeweiligen individuellen Sehbeeinträchtigungen jedes Einzelnen (vgl. Kapitel 1.1.1). Insofern ist nicht möglich, allgemeingültige Aussagen über Nutzungsmöglichkeiten der beschriebenen Software im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten im Mathematikunterricht zu machen. Hier kann nur eine Tendenz angegeben werden, welche Faktoren die visuelle Datenerfassung erschweren bzw. verhindern könnten.

Letztendlich kann nur die Betroffene/der Betroffene selbst das entscheidende Urteil über die Qualität der Lernsoftware im Hinblick auf die Ausgangsfrage abgeben.

Vorteilhaft ist die Kompatibilität zwischen Lernsoftware und der Vergrößerungssoftware „Lunar“ einzustufen. Sie ermöglicht Schülerinnen und Schülern, die mit dieser Vergrößerungssoftware arbeiten, eine individuell ihren Bedürfnissen entsprechende Einstellung von Größe, Farbe, Kontrast und Helligkeit. Damit sind die wesentliche Anforderungen an die Einsetzbarkeit der Lernsoftware erfüllt. Einzelne der unten aufgeführten Defizite erschweren jedoch die Programmnutzung.

Leider ist diese Möglichkeit der individuellen Datenmodifikation für Schüler/innen, die aufgrund ihres Sehvermögens keine Vergrößerungssoftware benutzen aber auf die windowsinternen Veränderungen angewiesen sind, nicht gegeben. Da sich dieses Defizit auch nicht durch die Art und Weise der Text- und Bildgestaltung innerhalb der Programmseiten ausgleichen lässt (zu kleine Schrift, häufig wenig kontrastreiche Abhebung der Text- und Bildelemente, fehlende durchgängige akustische Unterstützung usw.) ist die Lernsoftware für diese Zielgruppe ungeeignet.

Die individuelle Auswahl des Hintergrundes mag zwar in Einzelfällen zu einer erleichterten visuellen Erfassung beitragen, kann aber das beschriebene Defizit nicht ausreichend ausgleichen. Ebenso ist die Möglichkeit der Einscannung eines eigenen Hintergrundbildes nicht als wirklich tragbare Alternative zu sehen. Der Arbeitsaufwand und die Notwendigkeit spezifischer Computerkenntnisse stehen in keinem Zusammenhang zum Ergebnis. Dies gilt um so mehr, da die Aufgaben recht unwillkürlich in verschiedenen Farben dargestellt werden. Eine kontrastreiche Abhebung von Vorder- und Hintergrund ist demzufolge auch mit dieser Alternative nicht immer zu erzielen.

Das Programm kann natürlich auch auf dem Großbildschirm benutzt werden. Zwar setzt die Anpassung der Software an die Bildschirmgröße diesbezügliche Computerkenntnisse voraus, dies ist aber kein spezielles Problem der Lernsoftware.

Inwieweit Schülerinnen und Schülern der dritten Gruppe die Arbeit mit dem Lernprogramm möglich ist, hängt, wie oben bereits erwähnt, von dem individuellen Sehvermögen ab. Welche

Programmeigenschaften sich dabei negativ bzw. positiv auf einen potentiellen Einsatz der Software auswirken, werden nachfolgend aufgeführt.

Die nachstehend dargestellten Aspekte betreffen alle drei Schülergruppen. Wie bereits erwähnt, sind dabei in Abhängigkeit zur individuellen Sehleistung nicht alle Kriterien für jede Schülerin/jeden Schüler relevant. Hier muss im Einzelfall überprüft werden, welche der Kriterien bedeutsam sind und ob die Nichtbeachtung derselben die Nutzung des Programms in Frage stellt.

Positiv ist die fast durchgängige Nutzung einer klar strukturierten, schnörkel- und serifenlosen Schrift zu werten. Leider wird dieser Vorteil durch Unterstreichungen, die das Erkennen einzelner Buchstaben für Sehbehinderte erschweren, wieder aufgehoben. Auch die farbliche Hervorhebung wichtiger inhaltlicher Elemente entspricht nicht den Wünschen. Man hat den Eindruck, dass diese recht unwillkürlich vorgenommen wurden, eine einheitliche Unterstreichung inhaltsgleicher Elemente konnte ich nicht erkennen. Zudem erschweren kontrastarme Farbkombinationen das Erkennen der Unterstreichungen.

Eine einheitliche Aussage über Grafiken als Unterstützung der Inhalte ist nicht zu machen. Teilweise sind diese wenig kontrast- und konturenreich gestaltet. Leider fehlt sämtlichen Elementen eine textliche Unterlegung, die einzelnen sehbehinderten Schülerinnen und Schülern die Erfassung der Inhalte erleichtern könnte.

Die meisten Bildelemente haben keine Beziehung zu mathematischen Inhalten. Sie dienen lediglich der Aufpeppung der Seite und dürften Nutzer/innen von Vergrößerungssystemen zusätzlich die Orientierung erschweren.

Dies gilt ebenso für die Animationen, die glücklicherweise jedoch in relativ geringer Anzahl im Programm enthalten sind. Sie sollen wohl motivationsfördernd wirken, können aufgrund ihrer hektischen und schnellen Bewegung kontrastarmen sehbehinderten Nutzerinnen und Nutzern den Umgang mit dem Programm wesentlich erschweren.³⁹⁷ Eine unterstützende akustische Unterlegung erfolgt auch hier nicht.

Ob sehbehinderte Schüler/innen in der Lage sind Lösungstafeln, die über den Bildschirm gezogen werden, mit der Maus abzuschließen bleibt sehr fraglich und kann nur im Einzelfall beantwortet werden. Meines Erachtens wird hier die Nutzung des Programms, die für

³⁹⁷ In einzelnen Programmabschnitten können die richtigen Lösungstafeln mittels des Mausursors und dem rechtzeitigen Anklicken der linken Maustaste angeschossen werden. Wird die Tafel getroffen, so erscheint die Aufgabentafel in der Aufgabe, womit diese gelöst ist.

Schüler/innen, die mit Vergrößerungssoftware arbeiten schon sehr mühsam ist, zusätzlich erschwert.

Der automatische Programmstart nach dem Einlegen der CD ist als positiv zu bewerten, er erspart der Zielgruppe eine mühsame und zeitaufwendige Suche im Explorer.

Ebenso positiv ist es zu sehen, dass das Lernprogramm sowohl die Einzel- als auch die Gruppenarbeit ermöglicht. Dies ist gerade für das angestrebte gemeinsame Lernen im Integrationsunterricht besonders wichtig.

Die Vorgehensweise bei der Anmeldung der „Mitspieler/innen“ ist für sehbehinderte Schüler/innen jedoch schon weitaus problematischer. Die Positionierung der Spielkarten auf spezifische Bildschirmbereiche dürfte sich aufgrund der überfrachteten und unstrukturierten Bildschirmgestaltung in vielen Fällen als ausgesprochen schwierig erweisen. Die jeweiligen Eingabefelder sind kaum auszumachen. Zudem müssen die Karten mittels des Cursors nahezu über den gesamten Bildschirm gezogen werden. Speziell bei Schüler/innen mit einem eingeschränktem Gesichtsfeld, die zudem noch mit Großschriftsystemen arbeiten müssen, dürften hier aufgrund des fehlenden Überblicks massive Orientierungsschwierigkeiten auftauchen.

Die relativ einheitliche Bildschirmgestaltung erleichtert die Orientierung. Positiv ist auch die Gestaltung der wichtigsten Buttons (rote Signalfarbe hebt sich gut vom Hintergrund ab, vergrößerte Darstellung) zu bewerten. Leider ist die Beschriftung der restlichen so klein, dass bereits bei Normalsichtige Probleme bei der visuellen Erfassung auftreten könnten. Dies gilt ebenso für die variierenden Aufforderungstexte innerhalb der unteren Bildschirmleiste.

Ein nicht geringer Teil des Bildschirms wird leider für die Darstellung von Sachverhalten verschwendet, der überhaupt nichts mit den eigentlichen Aufgaben gemeinsam hat und zudem die Orientierung auf dem Bildschirm zusätzlich erschwert. Dies gilt insbesondere für das eigentliche Aufgabenfeld. Hierbei handelt es sich in der Regel um unifarbene Hintergründe, die jedoch meist leicht strukturiert sind, was wiederum die Erkennbarkeit der Zahlen und Eingabefelder nicht unbedingt erleichtert.

Da immer nur eine einzige Aufgabe auf dem Bildschirm präsentiert wird, kann diese relativ groß dargestellt werden. Ob dies allerdings ausreichend ist, muss im Einzelfall jeweils überprüft werden.

Die Dateneingabe wird sehbehinderten Programmnutzerinnen und Nutzern infolge einer kontrastarmen und farblich kaum vom Hintergrund zu unterscheidenden Eingabefeldgestaltung erschwert. Ihre Ansteuerung mittels der Maus wird durch den geringen Abstand und die kleine Größe unnötig verkompliziert. Dies gilt ebenso für die Bestätigung

der Eingabe. Die Dateneingabe insgesamt könnte durch die alternative Nutzung von Computertasten wesentlich effektiver und einfacher gestaltet werden.

Wie bereits erwähnt, ist eine Cursorsteuerung teilweise bei der Aufgabenlösung möglich. Jedoch ist diese nicht immer nach didaktischen Kriterien gestaltet. So werden z. B. bei der Addition von Brüchen immer erst alle Zähler angesteuert und dann erst die Nenner.

Als vorteilhaft ist die Existenz des Inhaltsverzeichnisses zu sehen, von dem aus die einzelnen Kapitel aufgerufen werden können. Dies erspart den betroffenen Schülerinnen und Schülern die oft mühsame und zeitbeanspruchende Orientierung innerhalb des Programms. Jedoch kann ihr Aufrufen wiederum nur über die Positionierung des Mauscursors realisiert werden. Auch hier wirken sich die relativ kleinen Buttons als negativ für die Nutzergruppe aus. Zudem ist es wenig sinnvoll, dass nur der vorangestellte Button, nicht aber das Anklicken des Textes den Start des jeweiligen Unterkapitel auslöst.

Als positiver Lösungshinweis ist die farbliche Unterlegung fehlerhafter Ziffern zu sehen, leider heben sie sich häufig kaum von Hintergrund ab, so dass z.B. Schüler/innen mit einer geringen Kontrastsensitivität Erkennungsschwierigkeiten haben werden.

Als weitere Hilfeleistung ist wohl die Möglichkeit zu sehen, einmal pro Aufgabenblock einen „Tipp“ anzufordern zu können. Die komplette Aufgabenlösung mit Zwischenschritten blinkt ganz kurz auf. Schon Normalsichtige dürften Schwierigkeiten haben, hier irgendetwas zu erkennen, für Sehbehinderte verschärft sich das Problem entsprechend.

Aufgrund der windowskonformen Gestaltung der Hilfeseite können hier individuelle Modifikationen bezüglich Farben und Schriftgrößen vorgenommen werden. Leider wurden die diesbezüglichen Optionen von Windows nicht vollständig übernommen. So ist z.B. bei der Auswahl der Größe diese gegenüber der Windowsmöglichkeit erheblich eingeschränkt.

Für Sehbehinderte ist die akustische Gestaltung der Rückmeldung als positiv zu beurteilen. Leider können grafische Elemente, die wiederum nur kurzweilige aufblincken, kaum erkannt werden.

Als hilfreich für die potentielle Nutzergruppe erweist sich u.a. die zusätzliche akustische Unterstützung der Aufgabentexte. Warum sich diese allerdings auf die Texte beschränkt, die eigentlichen Aufgaben aber außer Acht lässt, ist mir nicht verständlich.

Gesamtbewertung

Aufgrund der oben aufgeführten Defizite des Programms im Hinblick auf die Erfüllung der zuvor aufgestellten Forderungen kann ich seinen generellen Einsatz im Unterricht mit sehbehinderten Schülerinnen und Schülern nicht empfehlen.

Zwar ermöglicht die Kompatibilität zwischen Lern- und Vergrößerungssoftware betroffenen Schüler/innen die Arbeit mit dem Programm, jedoch wird denjenigen, die auf windowsinterne Modifikationsmöglichkeiten angewiesen sind, die visuelle Datenerfassung durch die Nichtbeachtung dieser Notwendigkeit wesentlich erschwert bzw. sogar verwehrt.

Die Art und Weise der Datenpräsentation weist zu viele Mängel auf, als dass sie das beschriebene Defizit kompensieren könnte.

Insbesondere ist die hohe Grafikorientiertheit unter Missachtung sehbehindertenspezifischer Bedürfnisse als wesentliches Kriterium für die negative Beurteilung des Programms anzuführen. Dies ist um so bedauerlicher, da die meisten Bildelemente in keinerlei Beziehung zu fachlichen Inhalten stehen und deshalb viel Zeit und Mühe auf Nebensächliches verschwendet werden muss.

Einige Internetadressen für Mathematiklehrer/innen

Die Auflistung und Beschreibung der folgenden Web-Seiten ist exemplarisch zu verstehen. Mit ihnen kann ein Eindruck in die Vielfältigkeit der für Fachlehrer/innen interessante Internetseiten, die sich für die Unterrichtsvorbereitung nutzen lassen, gegeben werden.

<http://home.t-online.de/home/elschenbroich>

Die Materialsammlung für Mathematiklehrer/innen kann heruntergeladen werden. Sie enthält u. a. allgemeine Themen (z. B. zum visuellen Lernen), Fachzeitungsartikel (z.B. Thema Beweise), Folien (z.B. Geometrie), Aufgabenblätter (z.B. Herleitung des Satzes von Pythagoras mit Euklid und als Puzzle, Tabellekalkulationsblätter), sowie einzelne Facharbeiten und Examensarbeiten).

http://www.blume-programm.de/ab/boerse/b_10.htm

Die Tauschbörse enthält Arbeitsblätter, die vom Autor in einer Hauptschule erprobt worden sind.

<http://home.t-online.de/home/gerd.homberg/>

Die Linksammlung ist nach verschiedenen Themen und Fächern sortiert.

<http://www.learn-line.nrw.de/Themen/NeueMedien/medio.htm>

NRW-Lernen mit Neuen Medien – Software-Rezensionen

Hierbei handelt es sich um eine ausführliche Link-Sammlung zum Mathematikunterricht. Vorhanden ist zusätzlich eine Materialsammlung und Veranstaltungshinweise.

<http://kunden.swhamm.de/Geometriepage/index.html>

Diese Web-Seite enthält aktuelle Meldungen, Arbeitsblätter zum Herunterladen, einen Newsletter-Service sowie Anregungen für den Mathematikunterricht.

<http://www.zum.de>

Aktivitäten der ZUM wurden bereits innerhalb der Arbeit erläutert.

<http://members.aol.com/HeinzHeigl/schule.htm>

Die Linksammlung ist nach verschiedenen Themen und Fächern sortiert. Die Lehrerseite enthält u.a. Veranstaltungshinweise.

<http://did.mat.uni-bayreuth.de/ab/intro.htm>

Die Sammlung hält mathematische Aufgabe, die als Hypertexte vorliegen. Eigne Aufgaben können und sollen beigesteuert werden.

Kataloge

<http://www.ene.org/>

Der Katalog für Unterrichtsmaterialien ist für Mathematik und Naturwissenschaften konzipiert.

www.b-o.de

Verschiedene bekannte Schulbuchverlage haben ihr Angebot an Büchern, Software und Online-Produkten innerhalb eines Gesamtkatalogs zusammengestellt.

<http://www.lernsoftware.de>

Diese Webseite enthält einen ausführlichen Lernsoftwarekatalog zu verschiedenen Fächern.

Programme

<http://132.230.36.11/schule/Faecher/P/Bay/Kra/software/Pascal.html>

Unter dieser Adresse können Pascal-Programme, auch für die Unter-, Mittel- und Oberstufe für die Fächer Physik, Mathematik und Informatik heruntergeladen werden.

<http://www.asn-linz.ac.at/schule/derive/d.htm>

Innerhalb dieser Seite werden Einsatzmöglichkeiten des Mathematikprogramms DERIVE beschrieben.

Sonstiges

<http://www.uni-giessen.de/gdm>

Die Web-Seite wurde von der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik gestaltet und enthält neben Zielen und Aufgaben derselben Tagungs- und Konferenztermine, Publikationen zu verschiedenen Themen, Hinweise auf Institute für die Didaktik der Mathematik u. v. m..

<http://www.schule.de>

Die Web-Seite des Deutschen Bildungsservers gibt aktuelle Informationen für Lehrer/innen und enthält Hyperlinks auf Institute und Einrichtungen verschiedener Bundesländer.

<http://red.www.nsf.gov/EHR/RED/AAT/AATABS96.htm>.

Hier werden Forschungsprojekte erläutert.

http://www.tu-berlin.de/~reitberger/lehre/bru_1_00.html

Die Seiten beinhalten einen geschichtlichen Aufriss der Bruchzahlen und didaktische Bemerkungen zum Thema Brüche im Unterricht.