



Integration von Schülerinnen und Schülern mit einer
Sehschädigung an Regelschulen

Didaktikpool

Zählerfahrung und Grundrechnen bei sehbehinderten Kindern

Emmy Csocsán

2000

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>



Zahlerfahrung und Grundrechnen bei sehbehinderten Kindern

(Basiert auf dem Kapitel „Mathematik mit sehbehinderten Kinder“ des im Reinhardt Verlag erscheinenden Buches „Krug, F.K. unter Mitarb. von E. Csocsán (2001) : Didaktik für den Unterricht mit sehbehinderten Schülern“)

1. Vorerfahrungen und Fähigkeiten im Bereich Mathematik

Die Quantität und die Qualität der vormathematischen Erfahrungen eines Kindes beeinflussen wesentlich die Effektivität der mathematischen Lernprozesse in der Schule. Es ist deshalb entscheidend, sich zunächst anzusehen, in welchen Bereichen solche Erfahrungen gesammelt werden können.

Vorerfahrungen und Fähigkeiten des Kindes, auf denen mathematische Lernprozesse aufgebaut werden können, sind:

Vergleichen und *differenzieren* von Gegenständen und Personen anhand ihrer Eigenheiten - Formen, Farben und Dimensionen -, erst nach einem, später nach zwei bzw. drei Merkmalen,

Wahrnehmen von Änderungen an Gegenständen, Personen und Geschehnissen,

Gruppieren von Gegenständen und Personen nach Eigenschaften,

Klassifizieren von Gegenständen und Personen, Erstellen einer hierarchischen Gruppierung,

Reihen bilden, erst nach einer angegebene Regel (Nachmachen), dann nach selbst gebildeten Regeln; später Erkennen von Regeln in angegebenen Serien,

Zählen mit Zählprinzipien: Zählen ist ein komplexes Phänomen, in mathematischem Sinn kann man es auch als Funktion bezeichnen. Im Zählprozess bildet sich eine Relation, genauer eine eins zu eins Zuordnung zwischen den zu zählenden Elementen und den entsprechenden Worten der Zahlwortreihe (Radatz 1991, Maier 1990, Gelman & Gallistel 1978). Die Zählprinzipien sind:

- Eineindeutigkeitsprinzip: Jedem Gegenstand muss genau ein Zahlwort zugeordnet werden,
- Prinzip der stabilen Ordnung: Die Zahlwortreihe unterliegt einer festen Ordnung, so dass die Zählzahlfolge immer die gleiche ist,
- Kardinalzahlprinzip: Die Zahlwörter repräsentieren Mengen unterschiedlicher Mächtigkeit, wobei das letzte Glied der Zählreihe zugleich die Anzahl der Elemente der Menge angibt,
- Abstraktionsprinzip: Beliebige Elemente können unabhängig von ihren qualitativen Merkmalen gezählt werden, und
- Prinzip von der Irrelevanz der Anordnung: Die Anordnung der Zählobjekte und die Reihenfolge, in der sie gezählt werden, sind für das Zählergebnis ohne Bedeutung,

Relationen erkennen, bedeutet das Verständnis für die Beziehung zwischen den Elementen von zwei oder mehr Mengen,

das Verständnis der Relation „Teile im Ganzen“ ist die Voraussetzung der Abstraktion der Zahl,

Dimensionen vergleichen bzw. messen die Kinder, wenn sie sich mit den physikalischen Eigenheiten der Gegenstände und Dinge auseinandersetzen, wie Länge, Breite, Gewicht, Fläche, Volumen, zeitliche Ausdauer usw., über Eigenaktivitäten und über die Tätigkeiten von anderen *sprechen können*.

Allgemein gilt es zu berücksichtigen, dass sich die Vorerfahrungen der Kinder in Bezug auf Zahlen auf verschiedene Aspekte beziehen können, da Zahlen in vielen unterschiedlichen Kontexten verwendet werden.

Zahlaspekte	Beschreibung ggf. Unterteilung	Beispiele	Addition	Subtraktion
Kardinalzahl	Zahlen beschreiben die Mächtigkeit von Mengen, die Anzahl der Elemente	3 Äpfel 10 ³ Möglichkeiten	Mengenvereinigung	Restmengenbildung
Ordinalzahl	a) <i>Zählzahl</i> : Folge der natürlichen Zahlen, die beim Zählen durchlaufen werden b) <i>Ordnungszahl</i> : Gibt den Rangplatz eines Elementes in einer total geordneten Reihe an	eins, zwei, drei, ... Klaus ist beim Wettkampf Fünfter geworden.	Weiterzählen	Rückwärtszählen
Maßzahl	Natürliche Zahlen dienen als Maßzahlen von Größen (immer in Relation zu einer gewählten Einheit)	5 Meter 3 Stunden 4 kg 100 Schritte	Addition von Größen wird zurückgeführt auf das Aneinandersetzen zugehöriger Repräsentanten	Subtraktion von Größen wird zurückgeführt auf das Abtrennen zugehöriger Repräsentanten
Operatorzahl	Zahlen werden zur Bezeichnung einer Vielfachheit einer Handlung oder eines Vorganges benutzt	Nur noch dreimal Schlafen bis Weihnachten.	Verkettung von Operatoren (Hintereinanderausführung)	Aufsuchen des Umkehroperators
Rechenzahl	<i>Algebraischer Aspekt</i> : (N, +) ist eine alg. Struktur mit gewissen Eigenschaften <i>Algorithmischer</i>	3+4=4+3 wegen Kommutativität (27+18)+5=27+(18+5) wegen Assoziativität 534	Rechnen mit Ziffern im Gegensatz etwa zum halbschriftlichen Rechnen	Rechnen mit Ziffern im Gegensatz etwa zum halbschriftlichen Rechnen

	<i>Aspekt:</i> die natürlichen Zahlen lassen sich durch Ziffernreihen darstellen (Rechnen mit Ziffern)	$\frac{+209}{743}$		
Codierungszahl	Zahlen werden zur Bezeichnung von Objekten benutzt	57562 Herdorf Tel.: 643904 ISBN 348704900 Geheimnummern		

Eine Fertigkeit, die viele Kinder bereits vor Schulbeginn erwerben, ist die des Zählens. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass nicht alle Kinder, die für sich in Anspruch nehmen „Ich kann schon zählen!“, die fünf oben beschriebenen Prinzipien bereits verinnerlicht haben. Die Entwicklung des Zählens, in deren Verlauf eine Verknüpfung von kardinalen und ordinalen Zahlaspekt stattfindet, ist ein komplexer Prozess, der sich nach Karen C. Fuson (1992) in fünf Stadien darstellen lässt:

Stadien	Konzeptionelle Struktur innerhalb der Zahlwortreihe und Beziehungen zwischen den verschiedenen Zahlwortbedeutungen
1. Kette	Einszweidreivierfünfsechssieben <ul style="list-style-type: none"> ➤ Die korrekte Reihenfolge der Zahlwörter wird erlernt; sie wird i.d.R. einfach auswendig gelernt (wie z.B. das ABC) ➤ Worte werden nicht differenziert
2. ununterbrochene Kette	Eins-zwei-drei-vier-fünf-sechs-sieben <ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Worte innerhalb der Kette werden nun differenziert, so dass man die einzelnen Worte voneinander abgrenzen kann <p>Eins - zwei - drei - vier - fünf - sechs - sieben</p> <p>○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Jedem Zahlwort wird ein Gegenstand zugeordnet bzw. jedes Wort wird mit einem Gegenstand kombiniert (1-zu-1-Zuordnung) ➤ Der Zusammenhang zwischen Zahlwortreihe und Menge ist noch nicht erfasst (kein kardinales Ergebnis) <p>Eins - zwei - drei - vier - fünf - sechs - sieben => [sieben]</p> <p>○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Jedem Zahlwort wird ein Gegenstand zugeordnet ➤ Es wird erfasst, dass das letzte Zahlwort der Reihe die Anzahl der Elemente der Menge angibt, d.h. die gezählten Objekte haben ein kardinales Ergebnis
3. gebrochene Kette	[vier] => vier - fünf - sechs - sieben => [sieben] <p>○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○</p> <p>○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Der erste Summand (hier die vier) wird von dem kardinalen in den Zählzahlkontext übertragen und hier als letztes Wort in der Zahlwortreihe für den letzten Summanden verstanden ➤ Von hier aus wird um die Anzahl der Elemente des zweiten Summanden weitergezählt ➤ Das letzte Zahlwort wird wieder in den kardinalen Kontext übertragen und bezeichnet nun die Anzahl der Elemente der Gesamtsumme
<p>4. nummerierte Kette</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Zahlwörter repräsentieren nun selbst die Summanden, konkretes Anschauungsmaterial ist nicht mehr nötig ➤ Das Kind beginnt mit dem Wort des 1. Summanden und zählt um so viele Worte weiter, wie der 2. Summand angibt ➤ Das letzte Wort gibt das Ergebnis der Additionsaufgabe an
<p>5. Bidirektionale Kette / wirkliches Zählen</p>	<p>Eine Zahl mit allen möglichen Kombinationen:</p> <p>(5) (1, 4) (3, 2) (3, 2) (4, 1)</p> <p>(5) (7) 5+7=12</p> <p>+1 ↓ ↑ -1 weil:</p> <p>(6) (6) 6+6=12</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Kette wird nun als Aneinanderreihung von einzelnen Elementen gesehen, die gleichzeitig in eine Gesamtsumme eingebettet sind; jedes Element wird auch als Repräsentant einer Anzahl verstanden („kardinalisierte“ Zahlwortreihe) ➤ Die Kette kann in beide Richtungen durchlaufen werden ➤ Die Zahlen sind in ihrer Bedeutung und Beziehung verstanden / verinnerlicht: Zusammenhänge werden erkannt und Rechenvorteile genutzt
--	--

Die Fähigkeiten und Fertigkeiten, die gezielt im Mathematikunterricht gebildet werden sollen, sind:

- *Mathematisieren*, d.h. das Übersetzen von Problemen/Gegebenheiten aus der Umwelt in die Sprache der Mathematik und die Rückübersetzung der gefundenen Lösungen zur Erschließung der Umwelt,
- *Generalisieren*, d.h. das Abstrahieren der gefundenen Lösungen und Regelmäßigkeiten von konkreten Einzelfällen,
- *Konsequenzen ziehen*, d.h. das Schließen von bestimmten mathematischen Gesetzmäßigkeiten auf Lösungen, Regeln oder weitere Gesetze,
- *Regeln bilden und einhalten*, d.h. z. B. das Legen von Mustern nach einer festgelegten Regel,
- *Argumentieren*, d.h. Darlegen/Vertreten seiner Meinung oder Erkenntnis anderen gegenüber ,
- *Interpretieren*, d.h. das Betrachten und Bewerten von Lösungen und Zusammenhängen vor dem jeweiligen Kontext,
- *Erklären*, d.h. das Plausibelmachen der eigenen Lösungen und Erkenntnisse für die Anderen,
- *mit Algorithmen umzugehen*, d.h. der Erwerb der Grundrechenarten.

Daneben gilt es, die *allgemeinen Fähigkeiten und Fertigkeiten*, wie Reden, Schreiben, Lesen, präzise arbeiten, usw. zu entwickeln.

2. Auswirkung der Sehbehinderung auf die Lernprozesse in Mathematik

Es ist als Tatsache bekannt, dass Mathematik ein Unterrichtsfach ist, in welchem viele Probleme zwischen Lernenden und Lehrenden auftreten können. In den integrativen Klassen der allgemeinen Schule werden – wenn Lehrerinnen/Lehrer auf die Arbeit mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Schüler nicht vorbereitet sind oder wenig Praxis in diesem Bereich haben - die Schwierigkeiten oft mit der Sehschädigung des Schülers erklärt. Auf der Basis der Problemanalyse der Fallberichte aus der Unterrichtspraxis ist aber festzustellen:

- Die Sehschädigung verursacht nicht primär Probleme im Mathematikunterricht. Die Gründe der Schwierigkeiten sind in einem konkreten Fall immer komplex und brauchen eine sehr ausführliche Diagnostik.

- Es gibt einige Lernschwierigkeiten wie Dyslexie, unterentwickelte räumliche Vorstellung, links-rechts Verwechslung usw., die durch die Sehschädigung verschlechtert sein können.
- Die meisten Probleme im Mathematikunterricht bei Kindern mit Sehschädigung haben die selben Ursachen wie bei Kindern ohne Sehschädigung. Es sind: fehlende vielfältige Aktivitäten und Selbsttätigkeit, erschwerte Verarbeitung von Erfahrungen der Wahrnehmung, Konzentrationsschwierigkeiten und Probleme im Sprachverständnis.

Im Gegensatz zur Blindenpädagogik, hat die Sehbehindertenpädagogik wenig zuverlässige empirische Grundlagen in Bezug auf mathematische Leistungen von Kindern mit Sehbehinderung (Warren 1994). Basierend auf den Beobachtungen in der Schulpraxis können folgende Probleme mit größerer Häufigkeit vorkommen:

1. Verzögerung in der Zahlbegriffsentwicklung,
2. Schwierigkeiten im Zuordnen von räumlichen Beziehungen und Relationen,
3. Verlangsamte schriftliche Kommunikation,
4. Schwierigkeiten im "Mathematisieren".

Die Gründe der Schwierigkeiten beruhen in vielen Fällen auf der ungeeigneten Lernumgebung und darauf, dass die Erfahrungen der Kinder in den Lernprozessen in Mathematik nicht angewandt werden. Die Erwartungen orientieren sich an den Erfahrungen der Erwachsenen, die über wenig Verständnis und Wissen in Bezug auf die sensorische Organisation der Kinder mit einer Sehschädigung verfügen. Die sensorischen Vorerfahrungen sind sogar unerlässliche Elemente der Entwicklung mathematischer Konstruktionen, Begriffe und Fertigkeiten, bekommen aber ihre Bedeutung nur durch die Sprache der Mathematik. Der mathematische Spracherwerb beruht auf den verbalen Beschreibungen der Sinneserlebnisse, Handlungen und Tätigkeiten. Auch Personen, die unter ähnlichen sinnlichen Bedingungen leben, fällt es manchmal schwer, die richtigen Worte zu finden, um die Ereignisse so zu formulieren, dass daraus später mathematische Verallgemeinerungen entwickelt werden könnten. Die Schwierigkeit wird noch größer, wenn die Kommunikation zwischen Erwachsenen und Kindern abläuft. Eine weitere Schwierigkeit liegt in der Tatsache, dass die Erwachsenen und Kinder mit einer Sehschädigung unterschiedliche sensorische Erlebnisse haben. Oft habe diese Kinder Schwierigkeiten über ihre sinnlichen Erfahrungen zu sprechen.

Eine individuell gestaltete und fördernde Lernumgebung ermöglicht den Kindern mit einer Sehschädigung durch Eigenaktivitäten Erfahrungen zu sammeln, die später die Grundlage mathematischen Lernens bilden können.

3. Überlegungen zu ausgesuchten Fragestellungen

1. Im Vorschulalter und am Schulbeginn ist laut individuellem Förderbedarf die Unterstützung der Lernprozesse im Bereich der Wahrnehmung die Basis des mathematischen Lernens bei sehbehinderten Kindern.

Bereiche der sonderpädagogischen Förderung im Mathematikunterricht bei sehbehinderten Kindern in der Grundschule liegen:

a) im Bereich der visuellen Wahrnehmung:

Figur-Grund Wahrnehmung
 Simultanes Erfassen visueller Einheiten
 Strukturierung visueller Muster
 Form- und Farbwahrnehmung
 Räumliche Beziehungen, räumliche Relationen
 Visuelles Gedächtnis

b) im Bereich der visuell-motorischer Koordination:

Bewegung der Körperteile, Bewegung des eigenen Körpers,
 Bewegung mit anderen Personen
 Arbeit mit Werkzeugen: Falten, Schneiden mit der Schere, usw.
 Arbeit mit Schreib- und Malmaterialien: Malen, Schreiben, Zeichnen

c) im Bereich der sensorischen Integration (Ayres

1984, Neisser 1996)

Wahrnehmen von Gegenständen und Personen mit mehreren Sinnesorganen

2. Kinder mit einer Sehschädigung benötigen insbesondere in der **Entwicklung des Zahlverständnisses** eine gezielte pädagogische Förderung und eine individuell angepasste fördernde Lernumgebung.

Das Bewusstsein von der Struktur der Zahlen ist die Voraussetzung für die Entwicklung des Zahlverständnisses und der Abstraktion der Zahl. Viele Kinder haben aber ein sehr gutes Gedächtnis und können viele Zahlfakten erlernen und damit umgehen, ohne die Struktur der Zahlen zu kennen.

Eine Struktur der Zahl in der Entwicklungsphase der konkreten Operationen bedeutet, dass das Kind eine Vorstellung von den Relationen der Zahlen untereinander in einem Zahlenraum hat, aber auch, dass es die Relation Teile im Ganzen beherrscht, also Zahlen zerlegen kann. Dies bedeutet weiterhin, dass es ein einfaches Verständnis von den grundlegenden Rechenoperationen - Addieren und Subtrahieren hat.

Wie bereits erwähnt, können die natürlichen Zahlen als Modell dienen, um verschiedene mathematische oder auch alltägliche Sachverhalte zu verstehen. Der Einsatz vom Modell der natürlichen Zahlen ist nur sinnvoll und erfolgreich, wenn die Kinder die Struktur der Zahlen schon entwickelt haben. Wenn das Kind die Erfahrung mit und eine Vorstellung von der Zahl "Tausend" hat, kann es verstehen, wie ein Raum mit der Anordnung von zehn Mal zehn Stühlen "aussieht", oder wie lang ein Zug ist, der fünfzehn Waggons hat, wobei jeder Waggon 15 Meter lang ist, usw.

Bei der Unterstützung der Entwicklung des Zahlverständnisses ist wichtig, dass jedes Kind ein für sich - den Verhältnissen von Wahrnehmung entsprechendes - "Hauptmodell" zum "Homogenisieren" hat. Homogenisieren bedeutet, die gegebenen

konkreten Probleme der Umgebung durch dieses Hauptmodell zu ersetzen und damit mathematische Operationen zu verwirklichen. Einige sehbehinderte Kinder ziehen ihre Finger, die andere die Perlenkette oder die Wendeplättchen oder andere Lernmittel vor.

Bei Kindern, die mittels ihrer visuellen Wahrnehmung viele Eindrücke vom Alltag bekommen, haben die simultan "greifbaren" strukturierten Muster die größte Bedeutung in Bezug auf Zahlbegriffsentwicklung. Blinde und hochgradig sehbehinderte Kinder bekommen die meisten Impulse zur Mengen- und Zählerfahrung durch das Gehör und Tasten. Beide Sinnesorgane erlauben nur begrenzte Möglichkeiten, mehrere Elemente einer Menge simultan zu erfahren. Viele Kinder können mit Übung die Speicherkapazität ihres akustischen Gedächtnisses erweitern und längere strukturierte Ton- und Rhythmenmuster in ihrem Kurzzeitgedächtnis behalten. Diese Fähigkeit ist eine große Hilfe, die „Teile im Ganzen“-Relation akustisch zu erleben und diese Erfahrungen in der Mathematik zu verwenden.

3. Als **didaktische mathematische Modelle** bezeichnen wir Lehrmittel, die mathematische Begriffe, Relationen und Strukturen anschaulich machen und es ermöglichen, qualitative und quantitative Verhältnisse zwischen Gegenständen, Personen, Ereignissen usw. zu entdecken und mit ihnen nach den Regeln der Mathematik eigenaktiv umzugehen.

Die folgenden Beispiele zeigen nur einige Bereiche, die anhand von Modellen erarbeitet werden können:

1. Erfassen der Struktur der natürlichen Zahlen:
Erkennen und Vergleichen von kardinalem, ordinalem und Maßzahlaspekt
2. Erkennen der Struktur unterschiedlicher Zahlssysteme und Verstehen ihres Aufbaus
3. Aufzeigen der Struktur des Zehnerzahlensystems
4. Aneignen und Durchführungen der Grundoperationen
5. Entwickeln eines Verständnisses für Bruchverhältnisse und Bewältigen einfacher Bruchrechnungen
6. Entdecken räumlicher Beziehungen
7. Umgang mit Dimensionen und Erfassen der Relation zwischen Maßzahl und Maßeinheit

Auf die Aspekte der Auswahl geeigneter Lernmaterialien für sehbehinderte Schülerinnen und Schüler wird in einem späteren Abschnitt eingegangen.

Die Vergleiche von Dimensionen (Länge, Breite, Fläche, Volumen, Umfang, Gewicht, Zeit) und das Messen mit Maßeinheiten liefern den Kinder wichtige Informationen über die natürlichen Zahlen, aber auch über Bruchzahlen in dem Fall, wenn das Messergebnis mit natürlichen Zahlen nicht darstellbar ist.

Ein wichtiges Modell unter den Lernmaterialien ist auch der eigener Körper der Kinder. Die Körperteile helfen kleinen Kindern die Zahlen zu erleben. Die Bewegung,

wiederholte Tätigkeiten wie Schritte können helfen, Distanzen zu begreifen und zu vergleichen. Die Position des eigenen Körpers hilft räumliche Orientierung zu erlernen und Relationen zu bilden.

4. Die ersten Erfahrungen über geometrische Formen entwickeln sich aus den **Eigenaktivitäten der Kinder mit Gegenständen und Bildern**. Bei Kindern mit einer Sehschädigung ist es besonders wichtig mit Lernmaterial zu arbeiten, bei dem die Formen auch farblich und nach Kontrast gut strukturiert sind und sich von einander charakteristisch unterscheiden. Bei Kindern, die ein eingegengtes Gesichtsfeld haben, können Schwierigkeiten beim Vergleichen von Teilen und Eigenheiten eines geometrischen Körpers auftreten. Oft ist es für sie schwierig, die Beziehung zwischen dreidimensionaler Form und der Zweidimensionalität einer Seite des Körpers wahrzunehmen. Die Arbeit mit Körpern aus Pappkarton, wie z. B. auseinander-schneiden, zusammenkleben usw. hilft bei diesen Lernprozessen. Weiterhin empfehlenswert ist es, alle Grundbegriffe von den Aktivitäten der Kinder her abzuleiten. Zum Beispiel erleben und begreifen die Kinder die spezielle Eigenheit der Kreislinie, wenn sie sich davon spielerisch selbst überzeugen können. Hierzu nehmen zwei Kinder ein Springseil je an einem Ende. Während ein Kind sein Ende in den Boden (Sand, Erde) steckt und dort festhält, läuft das andere Kind um seinen Mitschüler herum, so dass das Seil gespannt ist und mit dem Griff des Seils eine Spur auf dem Boden hinterlassen wird. Bei hartem Boden (Klassenraum, Schulhof) kann auch Kreide am Ende des Seils befestigt werden, um eine Spur zu erhalten.

5. Die angeführten methodischen Überlegungen gelten für die **Lern- und Lehrprozesse in allen Unterrichtsorganisationsformen**. Im gemeinsamen Unterricht setzen die heterogenen Lernbedingungen der Schülerinnen und Schüler eine Form der Freiarbeit voraus. In allen Entscheidungen müssen die Effektivität und die individualisierte Vorgehensweise der Kinder dominieren. Das langsamere Schreibtempo der sehbehinderten Schüler verhindert die Leistungsgleichheit in einigen gegebenen Aufgaben. In diesem Fall ist es zu überlegen, ob mit Hilfe von anderen Medien - akustische Datenträger oder Computer - die Gefahr der Behinderung des Schülers eliminiert werden kann.

Oft haben die Kinder Schwierigkeiten beim Lernen mit Schulbüchern. Weil die individuell angepasste Modifizierung der Bücher - auch in Zukunft - eine utopische Erwartung ist, müssen die Lehrer einige Fragen bei der Umsetzung überlegen, wie etwa:

- welche Teile, Texte, Abbildungen oder Bilder bleiben nach der Vergrößerung mit dem Original identisch?
- welche Teile, welche Aufgaben können in anderen Medien (akustisch, taktil) umgesetzt werden?
- welche mathematischen Problemen können die Kinder in Form der Partnerarbeit oder Gruppenarbeit gemeinsam lösen und die Aufgabe so verteilen, dass jedes Kind davon profitieren kann?

4. Mathematisch-didaktische Aspekte zur Auswahl und Modifikation von Lernmaterialien

(Basiert auf einer Arbeit von Hogefeld / Terbrack 1997)

4.1 Arbeitsmittel zur Darstellung von Zahlen und zum anschaulichen Rechnen im Mathematikunterricht der Primarstufe mit sehbehinderten Kindern

Die Problematik von Arbeitsmitteln im Mathematikunterricht mit sehbehinderten Schülern ist aufgrund der kontradiktorischen Situation des Lehrmittelangebots auf dem mathematischen und sehbehindertenspezifischen Sektor von aktueller Bedeutung. Auf der einen Seite „wird der Mathematikunterricht der Grundschule von einer wachsenden Flut von Anschauungs- und Arbeitsmitteln überschwemmt“ (Wittmann 1993, 394), die zu Unsicherheit und Verwirrung führt. Auf der anderen Seite gibt es in den Schulen kaum sehbehindertenspezifische Arbeitsmittel für den mathematischen Unterricht.

Die zwiespältige Sachlage bezüglich der Arbeitsmittel lässt es notwendig erscheinen zu überprüfen, welche der zahlreichen mathematischen Mittel sowohl unter didaktischer als auch unter spezifischer Perspektive für den mathematischen Unterricht mit sehbehinderten Kindern geeignet sind. Ziel dieses Textes ist daher die Vorstellung von Kriterien zur Bewertung von Arbeitsmitteln unter mathematisch-didaktischen und sehbehindertenspezifischen Gesichtspunkten, worauf sich die Überprüfung bereits vorhandener Arbeitsmittel gründet. Zur praktischen Umsetzung dienen Hinweise für sehbehindertenspezifische Modifikationen sowie Empfehlungen für den konkreten Einsatz geeigneter Materialien.

4.2 Bedeutung und Funktion von Arbeitsmitteln im Mathematikunterricht mit sehbehinderten Kindern

Arbeitsmittel werden hier als strukturierte Mittel verstanden, die den Lernprozess unterstützen und die den Schüler zum handelnden Umgang mit ihnen auffordern. Da sie Stützen der Anschauung bilden, sollten sie das Lerninteresse steigern, das Begreifen erleichtern, das Behalten fördern und somit Hilfe bei der Verinnerlichung des Lerngegenstandes geben. Darüber hinaus schaffen Arbeitsmittel für das individuelle Lernen der Schüler eine eigene Handlungs- und Einsichtsbasis. Durch die Verwendung von Mitteln besteht die Möglichkeit der Selbsttätigkeit, Individualisierung und Differenzierung. Dadurch ergibt sich für jedes Kind ein Freiraum zum Beobachten, Erkunden, Entdecken und Begründen, in dem es auf seiner Entwicklungsstufe und in seinem Lerntempo eigenverantwortlich, angstfrei und ohne Druck handeln sowie Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten entwickeln kann. Voraussetzung für dieses entdeckende Lernen ist ein offener Unterricht, in dem die Kinder Arbeitsmittel frei wählen dürfen und über sie zur Kommunikation gelangen können.

Diesen offenen Rahmen bietet im Mathematikunterricht der Grundschule das aktiv-entdeckende Lernen des Programms ‚mathe 2000‘ von Müller und Wittmann. Hier

nehmen Materialien eine zentrale Stellung ein und unterstützen dieses Unterrichtsprinzip, da durch sie nicht mehr die Vermittlung von Wissen durch den Lehrer, sondern die Selbsttätigkeit des Schülers im Vordergrund steht. Sie unterstützen das Entdecken von eigenen Rechenwegen und das Begründen der Lösungen (vgl. Floer 1993b, 209-211; 1996, 51).

Nach Piaget sind für die Gewinnung von Vorstellungsbildern Handlungen unabdingbar. Das konkrete Handeln bedarf im mathematischen Unterricht Arbeitsmitteln, die durch den Umgang mit ihnen mathematische Einsichten vermitteln. Die Tatsache, dass Lernen sich über Handlungen vollzieht, die zu Vorstellungsbildern führen, worauf sich im mathematischen Bereich die Arbeit mit Symbolen und das Aufstellen von Beziehungen gründen, macht spezielle Mittel erforderlich. Diese müssen Grundstrukturen für Denkprozesse aufweisen, damit der Transfer zwischen Handlungen, Bildern und Symbolen erleichtert wird. Die Effektivität der Materialien hängt von der Art und Weise ab, wie sie arithmetische Ideen und Gesetzmäßigkeiten verdeutlichen und wie sie Einsicht in Zahlbeziehungen und Rechenoperationen ermöglichen (vgl. Floer 1993b, 209f.; 1995, 21).

Der Handlungsaspekt als Voraussetzung für den Aufbau von Vorstellungsbildern nimmt speziell bei sehbehinderten Kindern eine besondere Stellung ein. Somit kommen Mitteln, die konkrete Erfahrungen und somit den Ausgleich visueller Defizite ermöglichen, eine zentrale Bedeutung zu. Darüber hinaus sind sie die eigentlichen Repräsentanten der Anschauung. Dabei ist das Prinzip von Normalität und Spezialität von Mersi zu berücksichtigen (1976, 198): „Unterrichtsmittel für sehbehinderte Schüler sollten so speziell wie nötig sein, d.h. eine Sichtbarkeit zu erreichen suchen, durch die Überforderung und Entmutigung vermieden werden. Sie müssen aber in der Tendenz auf den zunehmenden Abbau der Besonderheiten gerichtet sein und sollten daher von Anfang an so normal wie möglich bleiben.“

Allerdings bewirken Arbeitsmittel im Unterricht auch Probleme. Sie weisen nicht von sich aus auf den intendierten Lerninhalt hin. Die Struktur jedes Materials muss von den Lernenden erarbeitet werden und stellt somit zusätzlichen Lernstoff dar. Zudem ist die Effektivität von Lernprozessen nicht primär abhängig von den Materialien an sich, sondern von den möglichen Handlungen mit dem Material (vgl. Floer 1993a, 120; Schipper 1996, 26). Aus diesen Gründen ist es erforderlich, eine bewusste Auswahl von geeigneten Mitteln zu treffen.

4.3 Vorstellung von Kriterien zur Bewertung von Arbeitsmitteln unter mathematisch-didaktischen und sehbehindertenspezifischen Gesichtspunkten

Die Wahl der Arbeitsmittel darf nicht willkürlich geschehen, sondern sollte auf der Grundlage von mathematisch-didaktischen und sehbehindertenspezifischen Kriterien geschehen.

Die Kriterien für Arbeitsmittel im Mathematikunterricht der Grundschule sind angelehnt an Radatz (1991, 46f.), Schipper (1996a, 39-41) und Wittmann (1993, 395f.) und werden von E. Hogefeld und J. Terbach auf der Basis von generellen und fachlichen Anforderungen entwickelt.

- generelle Anforderungen: Berücksichtigung der Vorerfahrungen; Einbezug der Lebenssituation der Kinder; problemhaltige Situationen; Selbsttätigkeit, Kreativität; Argumentationsfähigkeit; Differenzierung und Individualisierung

- fachliche Anforderungen: Zahlen von 1 bis 10 und die Rechenoperationen in diesem Zahlenraum als Grundlage für den gesamten Mathematikunterricht; ausbaufähige und vielfältige Zahlvorstellungen durch konkrete Handlungen; mathematisches Begriffsverständnis; Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division bis zum Zahlenraum bis 1 Million und darüber hinaus; flexible Rechenstrategien; produktives Üben; Konzentration auf die mathematischen Grundideen; Ausführung und Beobachtung von Handlungen und Transformationen; Übertragung auf andere Inhalte und Abstraktionsgrade; Möglichkeit verschiedener Lösungswege; Einsicht in Beziehungen

Ebenso basieren die Kriterien für Arbeitsmittel im Unterricht mit Kindern mit einer Sehschädigung auf generellen und sehbehindertenspezifischen Anforderungen.

- generelle Anforderungen: Differenzierung und Individualisierung; Lernen mit allen Sinnen; soziales Lernen; Berücksichtigung der Lernvoraussetzungen; Selbsttätigkeit; Entdeckungen; anschauliches Vorgehen, vielfältiges Angebot von Mitteln; häufiger Wechsel der Vermittlungs-, Erarbeitungs- und Organisationsformen; Zeitzugaben
- sehbehindertenspezifische Anforderungen: Vergrößerung; deutliche Farbkontraste; deutliche Konturen; Verbesserung des Schriftbildes; optimale Beleuchtungsverhältnisse; konsequente Farbgebung bei gleichen Elementen; Anpassung an die individuellen Wahrnehmungsmöglichkeiten; sehbehindertenspezifische Ausstattung des Umfelds

Für die Entwicklung von Kriterien unter mathematisch-didaktischen und sehbehindertenspezifischen Gesichtspunkten besteht die Notwendigkeit der Verbindung beider Perspektiven. Daher sind in manchen Bereichen inhaltliche Reduzierungen und bei bestimmten Anforderungen Akzentuierungen vorzunehmen. Daraus ergibt sich folgender Kriterienkatalog:

Didaktische Kriterien:
1) Ist das Mittel übersichtlich strukturiert?
2) Ist das Mittel vielfältig einsetzbar, d.h. für verschiedene mathematische Inhalte und Abstraktionsstufen nutzbar und auf größere Zahlenräume erweiterbar?
3) Ermöglicht das Mittel eine simultane oder eine durch eine vorgegebene Struktur erleichterte Zahlauffassung?
4) Stellt das Mittel eine Hilfe bei der Ablösung des zählenden Rechnens dar?
5) Ermöglicht das Mittel, auch bei gleichen Aufgaben eigene und verschiedene Lösungswege zu entdecken und zu entwickeln?
6) Ermöglicht das Mittel den Kindern, sich arithmetische Operationen im Kopf vorzustellen?
7) Ermöglicht das Mittel Übertragungen in eine graphische Darstellung?
Spezifische Kriterien:
8) Ermöglicht das Mittel, mit verschiedenen Sinnen zu lernen?

9) Weist das Mittel deutliche Farbkontraste auf?
10) Weist das Mittel deutliche Konturen auf?
11) Ist das Mittel in geeigneter Größe vorhanden?
12) Weist das Mittel bei Zeichen ein verbessertes Schriftbild auf?
13) Weist das Mittel bei gleichen Elementen eine konsequente Farbgebung auf?
Unterrichtsorganisatorische Kriterien:
14) Ermöglicht das Mittel eine leichte Handhabung und Praktikabilität?
15) Ist das Mittel strapazierfähig?
16) Ist ein Exemplar des Mittels für jeden Schüler vorhanden?
Ökonomische Kriterien:
17) Ist das Mittel preiswert?
18) Ist das Mittel umweltgerecht hergestellt?

Weiterführende Literatur und Unterrichtswerke

(Kognitive) Entwicklung und Zahlbegriffsentwicklung

Ayres, Jean: Bausteine der kindlichen Entwicklung. Berlin: Springer, 184.

Bideand, J.; C. Meljac & J.P. Fischer (Hg.): Pathways to Number. Children's Developing Numerical Abilities. Hillsdale (NJ): Laurence Erlbaum Associates, 1992.

Brissiaud, R.: A tool for number construction: finger symbol set. In: Bideand, J.; C. Meljac & J.P. Fischer (Hg.): Pathways to Number. Children's Developing Numerical Abilities. Hillsdale (NJ): Laurence Erlbaum Associates, 1992.

Fuson, Karen C.: Relationships Between Counting and Cardinality From Age 2 to Age 8. In: Bideand, J.; C. Meljac & J.P. Fischer: Pathways to Number. Children's Developing Numerical Abilities. Hillsdale (NJ): Laurence Erlbaum Associates, 1992.

Fuson, Karen, C. & James W. Hall: The Acquisition of Early Number Word Meanings: A Conceptual Analysis and Review. In: Herbert P. Ginsburg: The Development of Mathematikal Thinking. New York: Academic Press, 1983, S. 49-107.

Gelman, R. & C.R. Gallistel: The Child's Understanding of Number. Cambridge (Mass.): Harvard Univ. Press, 1978.

Ginsburg, Herbert: The Development of Mathematikal Thinking. New York: Academic Press, 1983.

Ginsburg, H. & S. Opper: Piagets Theorie der geistigen Entwicklung. 7. Aufl. Stuttgart: Klett-Cotta, 1993.

Glaserfeld, E. von: Reflecionson Number and Counting. In: S.T. Boysen und E.J. Capaldi (Hgs.): The development of Numerical Competence. Animal and Human Models. Hillsdale (NJ): Laurence Erlbaum Associates, 1993.

Neumann, D.: The origin of arithmetic skills. A phenomenographic approach. Acta Universitatis Gothoburgensis, Göteborg, 1987.

Piaget, Jean: Die Genese der Zahl beim Kind. In: Froese: Rechenunterricht und Zahlbegriff. Braunschweig: Westermann, 1970, S. 50-72.

Piaget, Jean: Rechenunterricht und Zahlbegriff. 4. Auflage. Braunschweig: Westermann, 1970.

Pulaski, M.-A.: Piaget – eine Einführung in seine Theorien und Werke. Ffm, 1978.

Mathematikdidaktische Beiträge

Becker, Gerhard: Unterrichtshilfen und Gestaltungsmittel im Mathematikunterricht. In: Der Mathematikunterricht. 31. Jg. 6/1985.

Besunden, Heinrich: Gegenwärtige Tendenzen im Mathematikunterricht der Grundschule. In: Sachunterricht und Mathematikunterricht in der Primarstufe. 9. Jg. 11/1981, S. 443-445.

Dröge, Rotraut: Fördermaßnahmen im Mathematikunterricht. In: Grundschule. 30. Jg. 3/1998, S. 30-31.

Eberle, G. & R. Kornmann: Fachtagung „Probleme mit elementaren Anforderungen des Mathematikunterrichts in Grund- und Sonderschulen. Möglichkeiten der Vermeidung und Überwindung.“ In: Sonderpädagogik. 24. Jg. 1/1994, S. 52-55.

Falkenburg, Katja: Puzzle im Geometrieunterricht. In: Die Grundschulzeitschrift. 7. Jg. Heft 62, 1993, S. 26/27.

Floer, J.: Lernmaterialien als Stützen der Anschauung im arithmetischen Unterricht. In: J.-H. Lorenz (Hg.): Mathematik und Anschauung. Köln: Aulis, 1993a.

Floer, J.: „Vom Einmaleins zum Einmaleins?“ – Entwicklungen und Perspektiven im Mathematikunterricht der Grundschule. In: D. Haarmann (Hg.): Handbuch Grundschule. Bd. 2: Fachdidaktik: Inhalte und Bereiche grundlegender Bildung. Weinheim: Beltz, 1993b, S. 204-225.

Floer, J.: Wie kommt das Rechnen in den Kopf? Verauschaulichen und Handeln im Mathematikunterricht. In: Die Grundschulzeitschrift. 9. Jg. Heft 82, 1995, S. 20ff.

Floer, J.: Mathematikwerkstatt. Lernmaterialien zum Rechnen und Entdecken für die Klassen 1 bis 4. Weinheim: Beltz, 1996.

Grassmann, M.: Geometrische Fähigkeiten der Schulanfänger. In: Grundschulunterricht. 43. Jg. 5/1996, S. 25-27.

Grassmann, M. & Mirwald, E.: Arithmetische Kompetenz von Schulanfängern – Schlußfolgerungen für die Gestaltung des Anfangsunterrichts. In: Sachunterricht und Mathematikunterricht in der Primarstufe. 23. Jg. 7/1995, S. 302-321.

Knappstein, K. & H. Spiegel: Testaufgaben zur Erhebung arithmetischer Vorkenntnisse zu Beginn des 1. Schuljahres. In: Müller & Wittmann (Hg.): Mit Kindern rechnen, Beiträge zur Reform der Grundschule. Bd. 96. Frankfurt am Main: Beltz, 1995.

Krauthausen, Günter: Allgemeine Lernziele im Mathematikunterricht der Grundschule. In: Die Grundschulzeitschrift. 12. Jg. 119. Heft, 1998, S. 54-61.

Krauthausen, Günter: Kopfrechnen, halbschriftliches Rechnen, schriftliche Normalverfahren, Taschenrechner: Für eine Neubestimmung des Stellenwertes der vier Rechenmethoden. In: Journal für Mathematik-Didaktik. 14 Jg. 3/4 1993, S. 189-219.

Kultusministerium des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen. Mathematik. Greven, Köln, 1985.

Kultusministerkonferenz KMK: Empfehlungen zum Förderschwerpunkt Sehen. Bonn, 1998.

Lorenz, J.-H.: Anschauung im Mathematikunterricht der Eingangsklassen. In: G. Eberle & R. Kornmann (Hg.): Lernschwierigkeiten und Vermittlungsprobleme im Mathematikunterricht an Grund- und Sonderschulen. Möglichkeiten der Vermeidung und Überwindung. Weinheim: Deutscher Studienverlag, 1996, S. 65-84.

Lorenz, J.-H.: Anschauung und Veranschaulichungsmittel im Mathematikunterricht. Göttingen: Hogrefe, 1992.

Lorenz, J.-H.: Arithmetischen Strukturen auf der Spur. Funktion und Wirkweise von Veranschaulichungsmitteln. In: Die Grundschulzeitschrift. 9. Jg. Heft 82, 1995, S. 9-12.

Lorenz, J.-H.: Kinder entdecken die Mathematik. Braunschweig: Westermann, 1997.

Lorenz, J.-H.: Materialhandlungen und Aufmerksamkeitsfokussierung zum Aufbau interner arithmetischer Vorstellungsbilder. In: J.-H. Lorenz (Hg.): Störungen und Mathematiklernen. Schüler, Stoff und Unterricht. Köln: Aulis, 1991, S. 53-73.

Lorenz, J.-H.: Veranschaulichungsmittel im arithmetischen Anfangsunterricht. In: J.-H. Lorenz (Hg.): Mathematik und Anschauung. Köln: Aulis, 1993, S. 122-146.

Maier, Hermann: Didaktik des Zahlbegriffs. Ein Arbeitsbuch zur Planung des mathematischen Erstunterrichts. Hannover: Schroedel, 1990.

Müller, G. N. und Erich Ch. Wittmann (Hg.): Mit Kindern rechnen. Beiträge zur Reform der Grundschule. Bd. 96. Frankfurt am Main: Beltz, 1995.

Müller, G. N., H. Steinbring & E. Ch. Wittmann: 10 Jahre „mathe 2000“. Bilanz und Perspektiven. Düsseldorf: Klett-Grundschulverlag, 1997.

Neber, F.: Elemente entdeckenden Lernens. Konzeptionelle Aspekte und deren Realisierung. In: Verband Deutscher Sonderschulen e.V. (Hg.): Lernen mit Behinderten in einer sich verändernden Welt. Beiheft der Zeitschrift für Heilpädagogik. 39. Jg. 14/1988, S. 59-65.

- Neisser**, U.: Kongnition und Wirklichkeit. 2. Aufl. Stuttgart: Klett Cotta, 1996.
- Radatz**, H. & K. Rickmeyer: Handbuch für den Geometrieunterricht an Grundschulen. Hannover: Schroedel, 1991.
- Radatz**, H.: Hilfreiche und weniger hilfreiche Arbeitsmittel im mathematischen Anfangsunterricht. In: Grundschule. 23. Jg. 9/1991, S. 46-49.
- Radatz**, H.: Sag` mir was soll es bedeuten?“ Wie Schülerinnen und Schüler Veranschaulichungen verstehen. In: Die Grundschulzeitschrift, 9. Jg. Heft 82. 1995, S. 50/51.
- Scherer**, Petra: Fördern durch Fordern – Aktiv-entdeckende Lernformen im Mathematikunterricht der Schule für Lernbehinderte. In: Zeitschrift für Heilpädagogik. 45. Jg. 11/1994, S. 761-773.
- Scherer**, Petra: Produktives Lernen für Kinder mit Lernschwächen: Fördern durch Fordern. Bd. 1: Zwanzigerraum. Stuttgart: Klett, 1999.
- Scherer**, Petra: Zahlenketten. Entdeckendes Lernen im 1. Schuljahr. In: Die Grundschulzeitschrift. 10. Jg. 96. Heft, 1996, S. 20-23.
- Schipper**, Wilhelm: Arbeitsmittel für den Arithmetischen Anfangsunterricht. Kriterien zur Auswahl. In: Die Grundschulzeitschrift. 10. Jg. 96. Heft, 1996, S. 26-41.
- Schipper**, Wilhelm: Vom Abakus zum Computer? In: Grundschule, 18. Jg. 4/1986, S. 20-24.
- Seidel**, Gertrud: Zahlbegriffsentwicklung und Erstrechenunterricht. Überprüfung eines Stufenmodells zur Entwicklung des Zahlbegriffs und der Rechenfähigkeit, 1973.
- Selter**, Christoph: Argumente für ein Rechnen auf eigenen Wegen. In: Die Grundschulzeitschrift. 11. Jg. 110/1997, S. 54-56.
- Selter**, Christoph: Offenheit gegenüber dem Denken der Kinder. In: Grundschule. 29. Jg. 3/1997, S. 12-16.
- Selter**, Christoph: Zur Fiktivität der „Stunde null“ im arithmetischen Anfangsunterricht. In: Mathematische Unterrichtspraxis. Zeitschrift für den Mathematikunterricht. 16. Jg. 2/1995, S. 11-20.
- Wember**, Franz B.: Die sonderpädagogische Förderung elementarer mathematischer Begriffsbildung auf entwicklungspsychologischer Grundlage. In: Zeitschrift für Heilpädagogik, 40. Jg. 7/1989, S. 433-443.
- Winter**, H.: Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht. In: Grundschule. 16. Jg. 4/1984, S. 26-29.

Wittmann, E. Ch.: „Weniger ist mehr“: Anschauungsmittel im Mathematikunterricht der Grundschule. Beiträge zum Mathematikunterricht. Bad Salzdetfurth: Franzbecker, 1993, S. 394-397.

Wittmann, E. Ch.: Wider die Flut der bunten Hunde und der grauen Päckchen: Die Konzeption des aktiv-entdeckenden Lernens und des produktiven Übens. In: E. Ch. Wittmann & G. N. Müller: Handbuch produktiver Rechenübungen. Bd. 1. 2. überarbeitete Aufl. Stuttgart: Klett, 1994.

Wynn, K.: Addition and Subtraction by human infants. *Nature* 358, 1992, S. 749-750.

Sehgeschädigtenspezifische Beiträge

Ahlberg, A.: the sensuous and simultaneous experience of numbers. IPD-reports Göteborg University, Göteborg, 2000.

Ahlberg, A. & E. Csocsán: Grasping numerosity among blind children. Report no. 1994:04. Department of Education and Educational Research. Göteborg University, 1994.

Ahlberg, A. & E. Csocsán: Wie blinde Kinder rechnen und die Zahlen erfahren. In: *Heilpädagogische Forschung*. 22. Jg. 3/1996, S. 105-110.

Ahlberg, A. & E. Csocsán: Blind children and their experience of numbers. *Specialpedagogiska rapporter*, Nr. 8, Sept. 1997, Göteborgs universitet.

Ahlberg, A. & E. Csocsán: How children who are blind experience numbers. In: *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 93. Jg. 9/1999, S. 549-560.

Awad, Michael & Joe Wise: Mainstreaming Visually Handicapped Students in Mathematics Classes. In: *Mathematics Teacher*. 77. Jg. 9/1984, S. 438-441.

Bielik, Lara: Förderung des Zahlerlebens in der Einführungs- und ersten Klasse bei sehbehinderten Kindern. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt für Sonderpädagogik. Universität Dortmund, Fachbereich 13: Sondererziehung und Rehabilitation der Sehbehinderten, 1997.

Csocsán, E.: The origin of mathematical competence of children who are blind. ICEVI European Conference, Cracow, 2000.

Csocsán, E.: Az érzékszervi tanulás organizációja az iksolai tanulási folyamatokban (Wahrnehmung und schulisches Lernen). Medicina Budapest, 2001. (vorgenommen)

Csocsán-Horváth, E.: Die Lehr- und Lerneigenheiten im Mathematikunterricht der Grundphase an der Schule für Blinde. In: *blind, sehbehindert*. 105. Jg. 3/1985, S. 120-127.

Frostad, P.: Mathematical achievement of hearing impaired student in Norway. In: European Journal of Special Needs Education. 11. Jg. 1/1996, S. 66-80.

Frostad, P.: Deaf childrens` use of cognitive stragegies in simple arithmetic problems. Educational Studies in Mathematics. 40 Jg. 2/1999, S. 129-153.

Hahn, Volker F.: Handlungsorientierung als didaktischer Kern der Anschauung im Mathematikunterricht mit blinden Kindern – ein Theorie-Praxis-Exemplar. In: Verband der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen (Hg.):Lebensperspektiven. Kongressbericht zum XXXII Kongress der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen. Hannover: VzFB, 1999, S. 336-345.

Hahn, Volker F. & Erdmuthe Meyer zu Bexten: LaTeX oder Mathematikschrift für blinde und sehbehinderte Studierende. In: blind, sehbehindert. 120. Jg. 4/2000, S. 219-228.

Hahn, Volker F.: Mathematisches Zeichnen und Geometrieunterricht bei Blinden. Auch eine Herausforderung an dei Lehrerkompetenz! In: Ganzheitlich Bilden, Zukunft gestalten. 31. Kongress der Blinden- und Sehbehindertenpädagogen. Marburg, 26.-30. Juli 1993. Hannover, VzFB: 1993. S. 424/425.

Hogefeld, Ellen & Judith Terbrack: Anschauungs- und Arbeitsmittel im mathematischen Unterricht der Schule für Sehbehinderte. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung (unveröffentlicht). Universität Dortmund, November 1997.

Korz, Claudia-Andrea: Geometrieunterricht mit blinden Kindern unter Berücksichtigung von Anschauungs- und Lernmaterialien. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt für Sonderpädagogik. Universität Dortmund, November 1998.

Kultusministerium des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Richtlinien für die Schule für Sehbehinderte (Sonderschule) in Nordrhein-Westfalen. 1. Auflage 1980.

Kultusministerium des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Richtlinien für die Schule für Blinde (Sonderschule) in Nordrhein-Westfalen. 1. Auflage 1981.

Lewis, Marian: Must visually handicapped students be low achievers in Math? In: Education of the visually handicapped. 2. Jg. Heft 2, May 1970, S. 60/61.

Mersi, F.: Sehbehindertendidaktik. In: K.-J. Kluge (Hg.): Einführung in die Sonderschuldidaktik. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1976, S. 184-212.

Meyer, Anne: Didaktisch-methodische Ansätze zum Mathematikunterricht in der 1. Klasse der Blindenschule. In: Kongreßbericht vom XXIX. Kongress für Sehgeschädigtenpädagogik in Würzburg, 1983, S. 254-257.

Neugebauer, H.: Mathematischer Anfangsunterricht in der Blindenschule – Entwicklung und gegenwärtiger Stand. Heidelberg, 1972, S. 2-11.

Schmücker, Monika: Zur Diskussion des Einsatzes ausgewählter Arbeitsmittel aus dem Konzept des aktiv-entdeckenden Lernens im Mathematikunterricht an der Schule für Blinde. Unveröffentlichte schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt für Sonderpädagogik. Universität Dortmund, 2000.

Sicilian, S.P.: Development of counting strategies in congenitally blind children. In: Journal of Visual Impairment & Blindness, 82. Jg. 10/1988, S. 331-335.

Warren, D.H.: Blindness and Children. An individual differences approach. Cambridge: University Press, 1994.

Praktische Anregungen für den Unterricht

Ramacher-Faasen, Nicole: Rechenschwierigkeiten – und nun? Ein Praxisleitfaden für Lehrer und Therapeuten. Heinsberg: Dieck, 1999.

Wittmann, E. Ch. & G. N. Müller: Das Zahlenbuch. Mathematik im 1. Schuljahr. Schülerbuch, Übungsheft, Lehrerbuch für die Schuljahre 1, 2, 3 und 4. Stuttgart: Klett, 1994.

Wittmann, E. Ch. & G. N. Müller: Handbuch produktiver Rechenübungen. Bd 1: Vom Einspluseins zum Einmaleins. Stuttgart: Klett, 1994a.

Wittmann, E. Ch. & G.N. Müller: Handbuch produktiver Rechenübungen. Bd. 2: Vom halbschriftlichen zum schriftlichen Rechnen. Stuttgart: Klett, 1994.