

Schriftenreihe der Didaktischen
Lern- und Forschungsstelle des
Instituts für Sonderpädagogik

Julius-Maximilians-

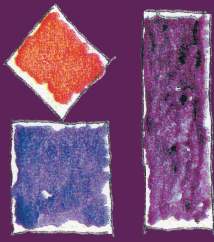
**UNIVERSITÄT
WÜRZBURG**

LFS online

Annika Sigmund

Beeinträchtigungen der
handmotorischen
Funktionen bei
Schülerinnen und
Schülern mit einer
Cerebralparese im Fach
Mathematik

Band 3



LFS online

Schriftenreihe der Didaktischen Lern- und Forschungsstelle des Instituts für Sonderpädagogik

Die Didaktische Lern- und Forschungsstelle (LFS) hält eine Fülle von Lehr-Lernmedien zum Einsatz in Theorie und Praxis bereit. Die LFS deckt die Arbeitsschwerpunkte Lehre, Studium und Forschung ab und ist als Schnittstelle für Didaktische Fragestellungen am Institut für Sonderpädagogik konzipiert. Gegründet wurde die LFS (bis 2021: Lehr-Lernwerkstatt) von Dr. Walter Goschler. Die Schriftenreihe LFS online publiziert Beiträge, die im Rahmen von Studienarbeiten, Projekten oder Seminaren entstanden sind. Ziel ist es, praxisnahe und -relevante wissenschaftliche Arbeiten zu veröffentlichen, um sie für den weiteren Diskurs zugänglich zu machen. Dabei liegen die Schwerpunkte sowohl auf bildungsrelevanten Themen (z.B. auf der Verknüpfung der Fachdidaktiken mit sonderpädagogischen Inhalten) – als auch auf Förder- und Unterstützungsmöglichkeiten für den Unterricht von heterogenen Lerngruppen. Die Schriftenreihe ist ein Angebot für alle im Bildungs- und Erziehungsbereich tätigen Personen. Sie erfüllt eine Brückenfunktion, indem wertvolle wissenschaftliche Auseinandersetzungen aus dem Institut für Sonderpädagogik der Universität Würzburg heraus in die Fachöffentlichkeit transportiert werden.

Herausgeber:
Institut für Sonderpädagogik

Schriftleitung:
Holger Wilhelm

Betreuender Dozent:
Helmut Kirsch

Zitiervorschlag:

Sigmund, Annika: Beeinträchtigungen der handmotorischen Funktionen bei Schülerinnen und Schülern mit einer Cerebralparese im Fach Mathematik – Kriterienkatalog für den Umgang mit Arbeitsmitteln im Erststufenunterricht. LFS online, Band 3 (2022). DOI: 10.25972/OPUS-25325

© Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Didaktische Lern- und Forschungsstelle
Institut für Sonderpädagogik
Wittelsbacherplatz 1
97074 Würzburg
Tel.: +49 931 31-84664
lfs.sonderpaedagogik@uni-wuerzburg.de
<https://go.uni-wue.de/lfs>
Alle Rechte vorbehalten.
Würzburg 2022.

Dieses Dokument wird bereitgestellt durch
den Publikationsservice der Universität
Würzburg.

Universitätsbibliothek Würzburg
Am Hubland
D-97074 Würzburg
Tel.: +49 931 31-85906
opus@bibliothek.uni-wuerzburg.de
<https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de>

ISSN: 2750-6347



This document is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0): <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>. This CC license does not apply to third party material (attributed to another source) in this publication.

Beeinträchtigungen der handmotorischen Funktionen bei Schülerinnen und Schülern mit einer Cerebralparese im Fach Mathematik

**Kriterienkatalog für den Umgang mit Arbeitsmitteln im
Erstrechenunterricht**

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, anhand von theoretischen Inhalten der Handmotorik bei Schülerinnen und Schülern (SuS) mit einer Cerebralparese, Kriterien abzuleiten, um die Handhabbarkeit von Erstrechenmaterialien feststellen zu können. Weiterhin werden theoretische Grundlagen des Erstrechenunterrichts, bezogen auf die mathematische Entwicklung, erläutert. Diese Inhalte werden verknüpft, indem die Bedeutung der Handmotorik für die Entwicklung mathematischer Kompetenzen für den Erstrechenunterricht im Kontext empirischer Studien erläutert wird. Die Verbindung der mathematischen Entwicklung mit der Handmotorik bei SuS mit einer Cerebralparese wird in der Folge erläutert.

Es werden geeignete Kriterien erstellt, um ausgewählte Arbeitsmittel des Erstrechenunterrichts der didaktischen Lern- und Forschungsstelle der Universität Würzburg dahingehend zu bewerten, ob sie für SuS mit einer Beeinträchtigung der Handmotorik in Folge einer Cerebralparese handhabbar und somit eigenständig verwendbar sind. Daher richtet sich diese Arbeit speziell an Studierende des Lehramts und (angehende) Lehrkräfte.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	5
2	Motorische Entwicklung	6
3	Grundlagen der Handmotorik	7
3.1	Definitionen grundlegender Begriffe der Handmotorik	7
3.1.1	Handgeschicklichkeit	8
3.1.2	Funktionen der Handmotorik	9
3.1.3	Hausmodell der feinmotorischen Fähigkeiten.....	10
3.1.4	Ziele handmotorischer Tätigkeiten.....	12
3.2	Entwicklung der Handmotorik	12
4	Behinderungsbild der Cerebralparese	17
4.1	Manifestationsformen	18
4.1.1	Spastik	18
4.1.2	Athetose.....	19
4.1.3	Ataxie	19
4.2	Auswirkungen und Begleitstörungen	19
4.3	Handmotorik bei Kindern mit Cerebralparese.....	20
5	Theoretische Grundlagen zur Entwicklung mathematischer Kompetenzen für den Erstrechenunterricht	25
5.1	Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski.....	25
5.2	Vorläuferfähigkeiten für den Erwerb mathematischer Kompetenzen	28
5.3	Zählentwicklung	29
6	Bedeutung der Handmotorik für die Entwicklung mathematischer Kompetenzen. 30	
6.1	Theorie der „Embodied Numerosity“	31
6.2	Zusammenhang zwischen Handmotorik und der Entwicklung mathematischer Kompetenzen bei Kindern mit Cerebralparese.....	33
7	Erstrechenunterricht im schulischen Setting	35
7.1	Bedeutung der Handlungsorientierung.....	36
7.2	Funktionen von mathematischen Arbeitsmitteln und Veranschaulichungen	37
7.3	Arbeitsmittel im Erstrechenunterricht bei Kindern mit einer Cerebralparese.....	38
8	Kriterienkatalog für die Handhabbarkeit von mathematischen Arbeitsmitteln im Erstrechenunterricht	39
8.1	Operationalisierung	39

8.2	Ableiten geeigneter Kriterien	40
8.2.1	Kriterien für mathematische Arbeitsmittel in gegenständlicher Form.....	40
8.2.2	Kriterien für Erstrechenmaterialien als Printmedien.....	46
8.3	Kriterienkatalog	47
8.4	Bewertung von mathematischen Arbeitsmitteln des Erstrechenunterrichts	47
8.5	Zusammenfassung	54
9	Schlussgedanken	55
10	Literaturverzeichnis.....	56
11	Anhang	59

1 Vorwort

Die Arbeit spezialisiert sich auf Kinder mit einer Cerebralparese im Zusammenhang mit Arbeitsmitteln des Erstrechenunterrichts. Dieses Behinderungsbild repräsentiert eine sehr heterogene Schülerschaft, wodurch die Notwendigkeit einer individuellen Anpassung und Auswahl von Arbeitsmitteln an die vorhandenen handmotorischen Fähigkeiten deutlich wird. Durch eine gelungene Auswahl oder Adaptation von Arbeitsmitteln im Erstrechenunterricht kann einerseits ein erfolgreiches Lernen ermöglicht und andererseits Frustration bei der Verwendung vermieden werden. Die Auswahl an Arbeitsmitteln für diesen Unterricht ist groß, teilweise unüberschaubar und sehr verschieden. Sie stellt daher für Lehrkräfte jeder Schulart im Unterrichtsalltag eine große Herausforderung dar.

Die vorliegende Arbeit soll daher eine Hilfestellung bei der Auswahl leisten, indem eine Bewertung anhand eines eigens erstellten Kriterienkatalogs für die Handhabbarkeit von Arbeitsmitteln des Erstrechenunterrichts vorgelegt und theoretisch begründet wird.

Diese Arbeit setzt sich gleichzeitig das Ziel keine Schülergruppe auszuschließen und kann somit auch bei grundsätzlichen Einschränkungen der Handmotorik eine Hilfe bieten. Der Kriterienkatalog kann zudem auf alle Art von Arbeitsmitteln, bei denen die Hände gebraucht werden, angewandt werden.

Würzburg im August 2021

Annika Sigmund

2 Motorische Entwicklung

Für den Begriff der „Motorik“ gibt es in der Literatur zahlreiche Definitionsversuche. Häufig werden die Begriffe Bewegung und Motorik ähnlich verwendet.

Für BÖS und MECHLING (1983, 30f.) werden beide Begriffe als miteinander agierend betrachtet. Bewegung wird als eine selbst ausführende, von außen sichtbare Handlung des Menschen beschrieben. Motorik hingegen beinhaltet die Gesamtheit aller Funktionen von Bewegung, sowie die durch das Gehirn koordinierte Bewegung. GROSCHWALD et al. (2018, 8) erwähnen weiterhin den Aspekt der Haltung und beschreiben Motorik als „alle körperlichen Funktionen von Haltung und Bewegung“. Die Steuerung von Bewegungen geschieht durch das zentrale Nervensystem bewusst und wird daher als Willkürmotorik bezeichnet. Die Steuerung durch das periphere Nervensystem geschieht unbewusst (vgl. ROSENKÖTTER 2012, 21).

Die motorische Entwicklung vollzieht sich als ein Reifungsprozess verbunden mit dem zentralen Nervensystem. Dieser Prozess ist genetisch determiniert und kann von außen wenig beeinflusst werden, denn er reguliert sich größtenteils selbst (vgl. LEYENDECKER 2005, 57).

Aus den zu Beginn noch unkontrollierten Bewegungen des Säuglings werden mit der Zeit und, sofern keine Schädigungen vorhanden sind, ausdifferenziertere und abgestimmte Bewegungen. Diese können unter Kontrolle gebracht werden und vorhandene frühkindliche Reflexe verschwinden oder werden in Reaktionsabläufe integriert. Nach LEYENDECKER (2005, 59) dauert die motorische Entwicklung bis in das Jugendalter an. Dabei werden zwei Entwicklungsrichtungen verfolgt. Einerseits entwickelt sich die Körpermotorik von oben nach unten, das heißt die Kontrolle wird zuerst über den Kopf gewonnen und anschließend über die Schultern, die Brust und den Bauch bis hin zur Aufrichtung des Beckens und hinab zu den Füßen. Das sich entwickelnde Kind versucht mit seinen Kräften gegen die Schwerkraft anzukommen und sich selbst mehr und mehr aufzurichten. Andererseits entwickelt sich die Motorik von der Körpermitte nach außen. Zunächst kann die Rumpfmuskulatur kontrolliert werden, bevor die Muskulatur der Arme und einzelne Bewegungen der Hände, sowie die der Beine und Füße willkürlich bewegt werden. Die grobmotorischen Bewegungen entwickeln sich vor den feinmotorischen Bewegungen der Extremitäten (vgl. LEYENDECKER 2005, 59). Das Kind erlangt im Laufe der Entwicklung immer differenziertere motorische Kompetenzen und wird fähig, Bewegungen besser zu koordinieren, indem sich die Gleichgewichtsfunktion reguliert (vgl. VÖLKER 2010, 82).

Die durch die körperliche und motorische Entwicklung entstehenden kontrollierbaren Bewegungen und Funktionen haben für den Menschen eine große Bedeutung. Das alltägliche Leben wird von Bewegungen bestimmt.

In der frühen Entwicklung hat die eigenständige Bewegung vor allem eine explorative Bedeutung. Der Säugling und später das Kleinkind möchte die Umwelt erkunden und kennenlernen, sowie seine Grenzen erfahren. Nicht nur die Umwelt, sondern auch der eigene Körper wird durch Bewegungen und Tätigkeiten erkundet. Dadurch stellt der Körper und seine Bewegungsfähigkeit während des gesamten Lebens des Menschen mit oder ohne eine Behinderung, auch einen Bezugspunkt der Wissensaneignung über das Selbst und die Umwelt dar. Die Bewegungen der Hände und Finger spielen dabei eine besondere Rolle.

Im Folgenden wird die Handmotorik in ihren Grundlagen, Funktionen und ihrer Entwicklung erläutert.

3 Grundlagen der Handmotorik

Das Zusammenspiel vieler Entwicklungsschritte und Fähigkeiten ermöglicht dem Menschen komplexe Bewegungsmöglichkeiten und eine selbständige Gestaltung des Alltags und des Lebens. Für alltägliche Arbeiten und Tätigkeiten spielen die Hände eine große Rolle. Sie sind täglicher Begleiter und führen eine Vielzahl von unterschiedlichen Bewegungen aus, welche „zu den kompliziertesten Bewegungen, zu denen der Mensch fähig ist, gehören“ (PAULI und KISCH 2019, 37).

Im Folgenden wird versucht eine für diese Arbeit als relevant angesehene Auswahl von Begriffen der Handmotorik zu definieren, die grundlegend für die Auseinandersetzung der Handmotorik bei Kindern mit einer Cerebralparese im Kontext der Schule sind, um anschließend mögliche Besonderheiten bei Kindern und Jugendlichen mit Cerebralparese zu beleuchten.

3.1 Definitionen grundlegender Begriffe der Handmotorik

In Kapitel 2 der motorischen Entwicklung wird erwähnt, dass die Entwicklung der grobmotorischen Bewegungen beginnt und nach und nach die feinmotorischen Bewegungen der Hände und der Finger präziser und zielgerichteter werden. Es ist zu beachten, dass sich diese Fähigkeiten nicht getrennt voneinander entwickeln, sondern stets eingebettet sind in die

Entwicklung der gesamten Körpermotorik des Kindes, der kognitiven sowie emotionalen Entwicklung (vgl. BRUNI 2011, 15).

In der Literatur wird häufig zwischen Grob- und Feinmotorik unterschieden. Unter Grobmotorik wird die „Bewegung und Koordination von Rumpf und Extremitäten“ (GROSCHWALD et al. 2018, 8) verstanden. Meist werden als Feinmotorik die Bewegung und Haltung der Finger und Hände genannt, jedoch häufig auch Bewegungen der Augen. Nach MICHAELIS (2017, 104) erscheinen die Begriffe der Grob- und Feinmotorik nicht mehr passend, da die Bewegungen dadurch nicht ausreichend beschrieben werden. Grobmotorische Bewegungen in Bezug auf die Fortbewegung oder das Gleichgewicht müssen ebenfalls sehr differenziert und fein durch den Körper abgestimmt sein. Auch der Begriff der Feinmotorik schließt nicht nur die Bewegung und Koordination der Hände und Finger, sondern durchaus viel feiner abgestimmte Bewegungen, wie die der Mimik oder der Augen mit ein. Aufgrund dessen werden die Begriffe der Körper- und Handmotorik vorgeschlagen, da somit die Lokalisation der Extremitäten eindeutig bestimmt ist. In dieser Arbeit wird anhand dieser Begründung die Bezeichnung der Handmotorik verwendet, wobei alle Bewegungen der Hände und Finger miteingeschlossen sind. GROSCHWALD et al. (2018, 9) schließen sich dieser Bezeichnung an und beschreiben die Handmotorik als „Haltung und Bewegung der Hände, besonders die Bewegungen mit den Handgelenken und den Fingern“. Gleichzeitig kann von Feinmotorik der Hände und Finger gesprochen werden. MICHAELIS (2017, 109) spricht von Handmotorik-Fingermotorik und beschreibt diese als „Fähigkeiten des Greifens und des Agierens der Hände und Finger, meist unter visueller Kontrolle“. Auf den Umfang der Bewegung gehen PAULI und KISCH (2019, 37) ein und beschreiben den Begriff der Feinmotorik der Hände und Finger als eine Bewegung, „die sich in kleinräumigen, besonders differenzierten Bewegungen“ äußert. Ebenfalls weisen sie auf den Aspekt der Gezieltheit und Koordination der Bewegungen hin.

3.1.1 Handgeschicklichkeit

Der Aspekt der Handgeschicklichkeit wird von GROSCHWALD et al. (2018, 8) verwendet. Dieser bezeichnet die Koordination von intentionalen Bewegungen der Hände, der Handgelenke und der Finger, welche auf kleinem Raum und differenziert ausgeführt werden.

Zu den Grundlagen der Handgeschicklichkeit gehört einerseits eine präzise Koordination. Sobald dies unter visueller Kontrolle stattfindet, kann von visuomotorischer Koordination oder

auch Auge-Hand-Koordination gesprochen werden (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 9). Andererseits muss eine gewisse Ausdauer vorhanden sein, um die nötige Kraft und eine angepasste Muskelanspannung hervorzubringen und somit verschiedene handmotorische Tätigkeiten adäquat ausführen zu können. Die Beweglichkeit ist ebenfalls grundlegend für die Handgeschicklichkeit, genauso wie die Schnelligkeit bei bestimmten Bewegungsausführungen und -reaktionen.

Weitere Grundlagen, die die Handgeschicklichkeit beeinflussen, sind eine stabile Sitzhaltung und damit einhergehend die Fähigkeit, die Rumpfmuskulatur zu kontrollieren. Oftmals ist es wichtig die Arme und Hände auf einer Unterlage abstützen zu können, um mehr Stabilität und Kontrolle zu erlangen. Außerdem agieren bei Tätigkeiten der Hände, stets die Schultern und Arme mit den Händen zusammen. Das beidhändige Zusammenarbeiten der Hände ist ebenfalls grundlegend (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 9).

Eine gute Handgeschicklichkeit setzt auch innerphysische Zusammenhänge voraus, unter anderem die Kooperation zwischen dem sensorischen und motorischen System. Das sensorische System „des Fühlens und der Körperwahrnehmung“ (ROSENKÖTTER 2013, 21) und das motorische System arbeiten zusammen, indem sie gegenseitig Informationen des anderen Systems verarbeiten. Dabei geht es um das Spüren verschiedener Oberflächen und Eigenschaften sowie um das angepasste Ausüben von Druck und Muskelkraft, um in spezifischen Situationen eine angemessene Reaktion oder Manipulation mit den Händen und Fingern ausführen zu können (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 9; ROSENKÖTTER 2013, 21).

3.1.2 Funktionen der Handmotorik

Zur Ausführung von Tätigkeiten lassen sich drei allgemeine Funktionen der Handmotorik beschreiben. Zum einen die Opposition zwischen Daumen und Zeigefinger. Diese stellt eine Gegenbewegung dar, bei der ein Gegenstand mit der Spitze des Daumens und des Zeigefingers ergriffen und gehalten werden kann (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 10). Weiterhin stellt die Rotation der Hand und der Finger eine wichtige Drehbewegung dar, mit Hilfe derer zum Beispiel Flaschen und Schlösser geöffnet werden können. Schlussendlich stellt die In-Hand-Manipulation eine wichtige handmotorische Funktion dar. Dabei können kleinere Gegenstände von der Handfläche in Richtung der Finger verschoben werden (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 10).

Weiterhin werden Fertigkeiten der Handmotorik des Reichens und Zeigens, des Greifens, Tragens und willkürlichen Loslassens beschrieben. Unter komplexen Fertigkeiten werden ergänzend die beidhändigen Fertigkeiten genannt. Dabei agieren beide Hände zusammen, wobei es sowohl gleichartige als auch unterschiedliche Bewegungen mit einer Halte- und einer Aktionshand geben kann (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 78).

3.1.3 Hausmodell der feinmotorischen Fähigkeiten

BRUNI (2011, 15) beschreibt weiterhin das „Hausmodell der feinmotorischen Fähigkeiten“ (vgl. Abb.1). Der Begriff der Feinmotorik wird hier lediglich auf die Bewegung der Hände und Finger reduziert, weshalb er im Folgenden mit dem Begriff der Handmotorik gleichgesetzt werden kann. Das Hausmodell gliedert sich in drei Stockwerke. Das Fundament bildet die Grundlage für die Handmotorik und stellt die Voraussetzung für das Erdgeschoss dar. Diese beiden Ebenen stellen wiederum die Voraussetzung für das Erste und gleichzeitig letzte Stockwerk dar.

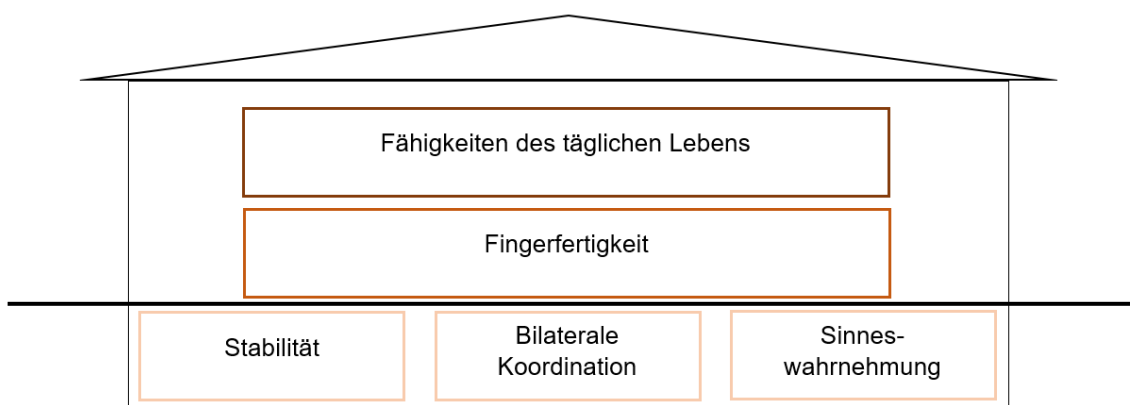


Abb. 1: Hausmodell der feinmotorischen Fähigkeiten. (In Anlehnung an: BRUNI 2011, 16)

Das Fundament besteht aus drei verschiedenen Fähigkeiten. *Stabilität* ermöglicht die Ausübung von Kraft mit Balance zu vereinen. Somit kann ein Teil des Körpers bewegt werden, während ein anderer Teil ruht und der Körper nicht aus dem Gleichgewicht gerät. Als weitere fundamentale Fähigkeit wird die *bilaterale Koordination* aufgeführt, welche durch beidhändige Tätigkeiten beschrieben werden kann. Es stellt sich oft eine Hand als dominant heraus wodurch die Händigkeit, also eine Präferenz der linken oder rechten Hand, festgestellt werden kann. Den

dritten Teil des Fundaments stellt die *Sinneswahrnehmung* in Bezug auf die Hand dar. Es geht um den Tastsinn, aber auch um das Wahrnehmen und Empfinden des eigenen Körpers und seiner Position (vgl. BRUNI 2011, 17).

Einen Stock höher wird für das Erdgeschoss die *Fingerfertigkeit* beschrieben, welche sich entwickelt, sobald ein Kind in der Lage ist etwas mit der Hand und den Fingern zu halten. Es handelt es sich um kleine und präzise Bewegungen der Hände, die zielgerichtet und geschickt ausgeführt werden können und mit der oben beschriebenen Handgeschicklichkeit gleichgesetzt werden kann (vgl. BRUNI 2011, 18). Sie setzt sich zusammen aus Bewegungen des Handgelenks, sodass sich die Hand für eine bestimmte Bewegung in der richtigen Position befindet. Dies kann geschehen durch Auf- und Abwärtsbewegungen, sowie Bewegungen nach rechts und links, aber auch durch Bewegungen mithilfe des Ellenbogens für Drehungen des Unterarms und folglich der Handflächen. Des Weiteren setzt sich die *Fingerfertigkeit* aus der Fingerkoordination, also aus einzelnen absichtlichen Bewegungen der Finger zusammen, sowie der Fähigkeit Gegenstände zu greifen, zu halten und willkürlich loszulassen. Als vierten Bestandteil lässt sich die Fähigkeit zur Ausführung des Pinzettengriffs und einer vorausgesetzten Daumenkontrolle erwähnen, welche im nächsten Kapitel zur Entwicklung der Handmotorik erläutert werden (vgl. BRUNI 2011, 85).

Es ist anzumerken, dass sich auch das Fundament stetig verbessert, während sich die *Fingerfertigkeit* weiterentwickelt. Die einzelnen Fähigkeiten stellen demnach einerseits Voraussetzungen dar, die eine positive Entwicklung fördern und bedingen sich gleichzeitig gegenseitig.

Der oberste Stock des Hausmodells stellt schließlich die *Fähigkeiten des täglichen Lebens* dar. Darunter zählen alle Selbsthilfefähigkeiten, wie das Ankleiden, die eigene Körperpflege und die Nahrungsaufnahme. Bezogen auf die schulischen Fähigkeiten gibt es zahlreiche Tätigkeiten im Anfangsunterricht, wofür handmotorische Fähigkeiten vorausgesetzt sind: das Schreiben, Malen, Basteln und Ausschneiden aber auch das Arbeiten mit Medien (vgl. BRUNI 2011, 15). Wie oben erwähnt zählt dazu auch die Verwendung von Arbeitsmitteln im Erstrechenunterricht.

3.1.4 Ziele handmotorischer Tätigkeiten

Die Tätigkeiten der Handmotorik folgen bestimmten Zielen im alltäglichen Leben, welche im erörterten „Hausmodell der feinmotorischen Fähigkeiten“ durch das oberste Stockwerk beschrieben werden.

Ein übergreifendes Ziel ist die direkte Haltung und Bewegung der Hände und Finger, oft im Zusammenspiel mit der Gesamtmotorik. Es werden Tätigkeiten ausgeführt, wie beispielsweise während einer Kommunikation auf etwas zeigen, jemandem zuwinken, die Seiten eines Buches umblättern oder einen Flaschendeckel aufdrehen. Darüber hinaus spielt der Körperkontakt zu sich selbst aber auch zu anderen Menschen eine Rolle, indem sich Menschen die Hände schütteln, jemanden umarmen oder sich selbst pflegen. Schlussendlich dienen handmotorische Tätigkeiten auch zum Gebrauch von Werkzeugen und Materialien (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 10). Spezifisch auf die Kindheit und die Schulzeit bezogen, sind hier die Verwendung von Werkzeugen im Sinne von Schreib-, Mal- und Bastelwerkzeugen aufzuführen, ebenso wie die Verwendung von konkreten Arbeits- und Darstellungsmitteln.

Folglich stellen die Grafo- und Schreibmotorik Ziele der Handmotorik dar. Die Grafomotorik beschreibt zunächst nur den Gebrauch von Schreib- und Malwerkzeugen, wie Stifte und Pinsel und setzt eine gute Hand- und Visuomotorik voraus (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 9). Dadurch entsteht die „Produktion von grafischen Zeichen mittels der Hand“ (PAULI und KISCH 2019, 37), welche sich durch ein eher langsames Malen von Zeichen und Buchstaben von dem eigentlichen Schreibprozess unterscheidet, somit aber die motorische Grundlage für das Schreibenlernen bietet. Als Schreibmotorik wird ein „komplexer motorischer Prozess als Grundlage einer flüssigen Handschrift“ (PAULI und KISCH 2019, 38) bezeichnet. Der Übergang dazu erfolgt flüssig und während der Aneignung der Rechtschreibregeln, da die Bewegungen in der grafomotorischen Phase in der Regel schon automatisiert wurden. Die Ziele dieser beiden handmotorischen Fertigkeiten stellen die Produktion von Buchstaben, Zahlen und weiterführend in Bezug auf die Schule, das schriftliche Lösen von mathematischen Aufgaben dar.

3.2 Entwicklung der Handmotorik

Die handmotorische Fähigkeitsentwicklung beginnt schon in der frühen Kindheit und zieht sich mehrere Jahre bis in das frühe Erwachsenenalter hinein (vgl. BRUNI 2011, 20). Während des ersten Lebensjahres verläuft die Entwicklung der Handmotorik und -geschicklichkeit in einem

sehr raschen Tempo, wobei sich viele Entwicklungsschritte gegenseitig bedingen. Dies führt dazu, dass bei einem Auslassen einzelner Schritte oder unzureichendem Lernen bestimmter Fertigkeiten, die Grundlagen zur Entwicklung weiterer Fertigkeiten und Fähigkeiten fehlen oder nicht ausreichend vorhanden sein können (vgl. PAULI und KISCH 2016, 21).

Im Folgenden werden einzelne Entwicklungsschritte der Hand- und Fingermotorik nach Monaten dargestellt. Es findet eine Orientierung an dem Meilensteinkonzept der Entwicklung der Handmotorik statt. Bei diesem Konzept beziehen sich die Zeitangaben auf die durchschnittliche Entwicklung, wenn also 50 % aller Kinder die definierten handmotorischen Fähigkeiten erworben haben. Dadurch stellt es lediglich eine Orientierungshilfe und kein diagnostisches Instrument dar, da die Interindividualität nicht ausreichend beachtet werden kann (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 50). Für eine umfassendere Beschreibung werden weitere Entwicklungsaspekte außerhalb der Meilensteine aufgeführt. Dabei ist anzumerken, dass die Monatsangaben stets interindividuell eine Schwankungsbreite von vier Monaten haben können (vgl. ROSENKÖTTER 2013, 55).

Bis zum dritten Lebensmonat ist die Handmotorik durch den Handgreifreflex gekennzeichnet, welcher durch ein Drücken auf die Handfläche ausgelöst wird. Gegenstände, die dem Säugling in die Hand gegeben werden, können gegriffen und gehalten werden, ein willkürliches Loslassen ist mit Bestehen des Handgreifreflexes allerdings noch nicht möglich. Sobald sich dieser nach wenigen Monaten verliert, tritt das bewusste und gezielte Greifen ein. Am Ende des dritten Lebensmonats wird dem Kind bewusst, dass die Bewegungen der Hände mit den Augen gesteuert werden können, was den Anfang der Auge-Hand-Koordination darstellt und zu willkürlichem Greifen führt (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 22f.). Dies stellt einen fließenden Übergang von der Spontanmotorik zur willkürlichen Handmotorik dar (vgl. SCHLACK 2012, 9). Die Entwicklung der Handmotorik erfolgt nun innerhalb zwei verbundener Reifungsprozesse. Wie bei der bereits dargestellten allgemeinen, motorischen Entwicklung, erfolgt die Entwicklung von der Körpermitte zur Körperperipherie. Auf die Handmotorik bezogen bedeutet dies zunächst die Entwicklung der Schulter-, der Oberarm- und anschließend der Unterarm- und der Handmuskulatur. Der zweite Reifungsprozess folgt dem Entwicklungsprinzip von dem Handgelenk über die Handfläche zu den Fingerspitzen (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 22f.).

Ab dem vierten Lebensmonat wird die Hand nach einem Gegenstand ausgestreckt, welcher gegriffen und betrachtet, sowie zum Mund geführt wird. Das Greifen wird immer gezielter. Außerdem spielen die Hände in der Körpermitte miteinander, wodurch die wichtige Hand-Hand-Koordination beginnt und Gegenstände beidhändig betastet werden können. Der Daumen kann noch nicht isoliert bewegt und anderen Fingern gegenübergestellt werden, weshalb der palmare Griff mit der ganzen Handfläche bis circa sechs Monate angewandt wird. Durch die Koordination der Hände mithilfe der Augen werden ebenfalls die Sinnessysteme während des Greifens bei gleichzeitigem Sehen, Hören, Spüren und Bewegen verknüpft. Gegenstände werden dann in den Händen gedreht und von allen Seiten betrachtet und ertastet. Anhand dessen entwickelt das Kind Vorlieben für gewisse Gegenstände und deren Eigenschaften und lehnt andere ab (vgl. PAULI und KISCH 2016, 22). Das Kleinkind beginnt nun den Daumen zu opponieren. Die Fähigkeit zur Opposition wird nach GROSCHWALD et al. (2018, 22f.) als wichtigstes Entwicklungsziel gesehen. Dabei wird ausgehend von dem Faustgriff, die Daumenkuppe der Zeigefingerkuppe gegenübergestellt. Im weiteren Entwicklungsverlauf können dem Daumen alle anderen Finger der gleichen Hand opponiert werden. Mit dieser Fähigkeit kann das Kind zunehmend mit Daumen, Zeige- und Mittelfinger greifen. Zunächst erfolgt dies im Scherengriff mit ungefähr sieben bis neun Monaten, wobei die Finger gestreckt sind und ohne ein Berühren der Handfläche kleine Gegenstände gegriffen werden. Das Kind fängt an mit Spielzeugen zu hantieren und Objekte oder Gegenstände zueinander in Bezug zu setzen, indem diese zum Beispiel gegeneinandergeschlagen werden. Außerdem können die Hände nun bewusst geöffnet und somit Gegenstände fallen gelassen werden (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 24f.). Die Hand-Hand-Koordination wird während des beidhändigen Agierens immer sicherer und stellt die Voraussetzung für die spätere Entwicklung einer Arbeits- und Haltehand und somit auch der Händigkeit dar (vgl. PAULI und KISCH 2016, 22). Der Pinzettengriff löst ab circa zehn Monaten den Scherengriff ab und bei vollständigem Beherrschen des Pinzettengriffs opponiert der Daumen dem Zeigefinger (vgl. Abb. 2). Die Beherrschung des Pinzettengriffs wird als wichtiger Meilenstein in der Entwicklung der Handmotorik angesehen (vgl. ROSENKÖTTER 2013, 55). Bei dem Spitz- oder Zangengriff, welcher sich zwischen dem zehnten und zwölften Lebensmonat herausbildet, stehen sich die Kuppen des Daumens und Zeigefingers gegenüber, wodurch sehr kleine Dinge wie Krümel oder Rosinen gegriffen werden können (vgl. Abb. 2).



Abb. 2: Greifarten. Von links nach rechts: Pinzettengriff, Spitzgriff, Dreipunktgriff. (M&I-FACHKLINIK BAD LIEBENSTEIN 2019)

Ab dem Beginn des zweiten Lebensjahres werden Objekte durch visuelle Steuerung gegriffen, gestapelt und gezielt losgelassen. Dies wird mit dem Spielen verbunden, indem beispielsweise Objekte kombiniert, Klötze gestapelt oder eine Puppe auf einen Stuhl gesetzt wird (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 24f.). Das Kind interessiert sich ab circa fünfzehn Monaten immer mehr für die Funktionen von Gegenständen, betastet und unterscheidet Oberflächen und Materialien. Es probiert aus, wiederholt Tätigkeiten und übt sich in Variationen. Außerdem beginnt das Kleinkind differenziertere Bewegungen mit dem Zeigefinger auszuführen, indem es an etwas kratzt oder bohrt. Dadurch können komplexere Bewegungen ausgeführt werden (vgl. PAULI und KISCH 2016, 26). Weiterhin wird der Pinzettengriff immer häufiger eingesetzt.

Ab dem zweiten Lebensjahr können schon komplexere Tätigkeiten, wie das Auffädeln von größeren Perlen auf eine Schnur, ausgeführt werden. Dabei wird durch das Verwenden einer Halte- und einer Arbeitshand die Bevorzugung einer Hand sichtbar. Voraussetzung für das Auffädeln von Perlen ist eine ausgeprägte Auge-Hand-Koordination, sowie eine gereifte Daumen-Zeigefinger-Opposition (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 26). Außerdem gelingen nach und nach Rotationsbewegungen, welche als besondere Bewegungsabläufe der Handmotorik angesehen werden. Nach den ersten Versuchen einen Drehverschluss zu lösen, gelingt ab circa 25 Monaten das Aufschrauben einer Flasche und etwas früher das Drehen einer Kurbel (vgl. ROSENKÖTTER 2013, 56). Bezogen auf die Malentwicklung fangen Kinder mit circa 19 Monaten an auf Papier zu kritzeln und ab zwei Jahren werden erste Spiral- und Kreisformen gemalt, sowie Flächen ausgemalt (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 26). Die Steuerung der Bewegungen erfolgt zunehmend aus dem Ellenbogen und dem Handgelenk (vgl. PAULI und KISCH 2016, 29).

Ab ungefähr dem dritten Lebensjahr werden bis zu fünf Klötze aufeinandergestapelt, aber auch nebeneinander gereiht. Es können mehrere kleine Gegenstände gleichzeitig gehalten und zur Handfläche transportiert werden, was die In-Hand-Manipulation beschreibt. Außerdem können einfache Kleidungsstücke an- und ausgezogen werden. Es wird mit verschiedenen Materialien,

wie Sand, Wasser und Steinen hantiert und gespielt und somit die Beziehung zwischen den Materialien und Objekten gezielter erforscht, indem sie zum Beispiel betastet, aus Behältern gekippt oder umgegossen werden. Ein Kind beginnt nun einen Stift im Dreipunktgriff (vgl. Abb. 2) zu halten und es entstehen mehreckige Formen und Kreuze (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 26; PAULI und KISCH 2016, 31). In dieser Zeit beginnt ebenfalls das erfolgreiche Schneiden mit einer Schere (vgl. ROSENKÖTTER 2013, 56).

Mit drei Jahren hat ein Kind bei normalem Entwicklungsverlauf die wesentlichen Muster der Handmotorik gelernt. Ab dem vierten Lebensjahr werden die Fähigkeiten zunehmend besser koordiniert, automatisiert und in ihrem Krafteinsatz verfeinert. Außerdem wird die Händigkeit immer besser abgestimmt. Die Kinder sind immer mehr an dem Spiel und an den Eigenschaften von Objekten und ihrem eigenen Körper interessiert. Dabei ist es wichtig, den Kindern anregende, interessante und erkundbare Spielumgebungen zu bieten, „die haptisches, visuelles und motorisches Neugierverhalten wecken und nähren“ (GROSCHWALD et al. 2018, 26 f.).

Zwischen vier und fünf Jahren können einfache Brettspiele gespielt und einzelne Spielfiguren gezielt aufgestellt, sowie mit „Duplo“ gebaut werden. Mit einer Hand können mehrere Gegenstände gesammelt werden und die Bewegungen der Finger werden exakter, sodass Schnipsspiele und Techniken wie Sticken vollzogen werden können. Außerdem sollte die Händigkeit bis circa zu dem fünften Lebensjahr gefestigt sein (vgl. PAULI und KISCH 2016, 34). Zwischen fünf und sechs Jahren führt ein Kind einfache Faltarbeiten aus, schneidet Formen aus und bindet seine Schuhe selbständig mit Schleifen. Die Fähigkeit die Finger isoliert bewegen zu können, sowie eine gute Auge-Hand-Koordination mit einer sicheren Richtungswahrnehmung, ermöglicht dem Kind verschiedene Werktechniken zu erlernen und auszuführen, beispielsweise eine Kordel zu drehen (vgl. PAULI und KISCH 2016, 35f.).

Mit circa sieben Jahren werden die Bewegungen der Hände und Finger immer dynamischer und aus dem Handgelenk geführt. Es können einfache graphische Muster erfasst und die richtige Größe und Lage im Raum wiedergegeben werden. Außerdem können Zahlen und Druckbuchstaben erfasst und wiedergegeben werden, während der Schreibprozess in der Schule begonnen wird. In Bezug auf den Alltag kann Besteck selbständig während des Essens verwendet werden (vgl. PAULI und KISCH 2016, 37).

Mit sieben bis acht Jahren sind die Fähigkeiten der Handmotorik und die Handgeschicklichkeit schon sehr ausdifferenziert. Die Kinder erkunden und experimentieren im freien Spiel,

sammeln Raum-Lage-Erfahrungen und erlernen das Basteln und Werken. Dies geschieht jedoch nicht lediglich aus Neugier und der Lust zu experimentieren. Kinder brauchen wie oben erwähnt eine stets anregende Umwelt. In der weiteren Entwicklung finden weitere Verfeinerungen und Differenzierungen in den handmotorischen Kompetenzen statt und Bewegungs- und Handlungsabläufe werden zunehmend automatisierter (vgl. PAULI und KISCH 2016, 39).

4 Behinderungsbild der Cerebralparese

Im Bereich der Körperbehindertenpädagogik und am Förderzentrum für körperliche und motorische Entwicklung (kmE) bildet die Gruppe der SuS mit einer Cerebralparese, auch cerebrale Bewegungsstörung genannt, den größten Anteil (vgl. BERGEEST et al. 2019, 104). Allgemein handelt es sich um eine Körperbehinderung, die sich als Bewegungsstörung äußert und durch eine Schädigung des zentralen Nervensystems verursacht wird.

KALLENBACH (2006) gibt eine umfassendere Beschreibung des Behinderungsbildes der cerebralen Bewegungsstörung als eine bleibende Schädigung, die durch:

„Veränderungen oder Fehlentwicklungen der zentralen bewegungssteuernden Systeme Gehirn und Rückenmark (Zentralnervensystem, insbesondere motorische Zentren) entstanden ist und im wesentlichen zu sensomotorischen Störungen und Ausfällen bei der Haltungs- und Bewegungsfähigkeit, der Bewegungskontrolle und -koordination und beim Muskeltonus führt“ (KALLENBACH 2006, 61).

Der Entstehungszeitpunkt der Schädigung ist hierbei nicht mit inbegriffen und schließt demnach alle Fälle mit ein. Es wird der Entstehungsort und die für diese Arbeit wichtigen Auswirkungen einer Cerebralparese beschrieben.

Die cerebrale Bewegungsstörung kann nicht auf eine Ursache zurückgeführt werden, sondern meist auf eine heterogene Ursachenkette, welche vor der Geburt (pränatal), während der Geburt (perinatal) oder nach der Geburt (postnatal) entstehen kann. Eine Hauptursache stellt Sauerstoffmangel dar (vgl. KALLENBACH 2006, 62). Je nach Schädigungsort im Gehirn entwickeln sich unterschiedliche Formen der Cerebralparese, welche sich in ihren Auswirkungen unterscheiden. Diese werden im Folgenden erläutert.

4.1 Manifestationsformen

Für die Manifestationsformen der Cerebralparese werden je nach Funktion und Disziplin verschiedene Einteilungen und Klassifikationen herangezogen. In dieser Arbeit sind vor allem die handmotorischen Funktionen von Belang. Deshalb wird eine Einteilung herangezogen, die nach funktionell-topographischen Kriterien bewertet und die drei Manifestationsformen Spastik, Athetose und Ataxie unterscheidet. Die genannten Formen treten eher selten als reine Formen auf, sondern häufig als Mischformen. Des Weiteren ist die Lokalisation der Schädigung am Körper von Bedeutung, welche nach peripheren-topographischen Kriterien eingeteilt werden kann. Bei einer Tetraplegie sind alle vier Gliedmaßen, genauso wie Rumpf, Hals und Kopf betroffen. Sofern die unteren Extremitäten stärker betroffen sind, wird von einer Diplegie gesprochen. Bei einer Paraplegie sind entweder die oberen oder die unteren Extremitäten betroffen, wohingegen bei einer Hemiplegie eine Körperseite mit Arm und Bein betroffen ist. Die Betroffenheit eines Armes oder Beines wird als Monoplegie bezeichnet (vgl. KALLENBACH 2006, 63).

4.1.1 Spastik

Die Spastik tritt unter den drei Manifestationsformen mit über 80 % am häufigsten auf (vgl. BERGEEST et al. 2019, 106) und ist gekennzeichnet von einer durchgehend zu hohen Muskelspannung. Sie ist die einzige, welche häufig als reine Form auftritt. In Situationen, in denen das hypertone Kind Leistungsdruck erfährt, aufgeregt ist oder auch Eigenaktivität gefordert ist, erhöht sich der Muskeltonus unkontrolliert, was auf die Störung der Willkürmotorik zurückzuführen ist. Die dauerhaft zu hohe Muskelspannung hat nicht nur Auswirkungen auf die eigenständige Ausführung von Bewegungen, sondern auch auf die allgemeine Körperhaltung. Bei einer ausgeprägten Spastik sind die Arme gebeugt und an den Körper gedrückt, „während die Unterarme einwärtsgedreht abstehen“ (KALLENBACH 2006, 64). Die unteren Gliedmaßen sind eher von einer Streckung geprägt.

Allgemein sind Menschen mit einer Spastik in ihrer allgemeinen Bewegungsfähigkeit, -planung und -koordination, sowie der Quantität an vorhandenen Bewegungsformen eingeschränkt und es kostet sie Anstrengung auch nur kleine Bewegungen auszuführen.

4.1.2 Athetose

Die Athetose kommt nur zu circa 6 % als reine Form vor und tritt hingegen häufig als Mischform mit einer Spastik auf. Kennzeichnend für eine Athetose ist ein stark schwankender Muskeltonus, der sich vor allem in Bewegung zeigt, wohingegen in Ruhe ein eher schwacher Grundtonus herrscht. Menschen mit einer Athetose fällt es aufgrund des wechselnden Muskeltonus von hyperten zu hypoton schwer, ihre Bewegungen im Bereich des gesamten Körpers zu koordinieren. Charakteristisch sind schwankende, langsame, aber auch ausfahrende und bizarre Bewegungsabläufe (vgl. KALLENBACH 2006, 64f.). Demnach fällt es schwer die Stabilität des eigenen Körpers aufrecht zu erhalten. Folglich ist auch bei Menschen mit einer Athetose sowohl die gesamte Körperhaltung als auch die Bewegungsfähigkeit meist bei allen Extremitäten eingeschränkt.

4.1.3 Ataxie

Die letzte, hier aufgeführte Form der Cerebralparese ist die Ataxie. Sie leitet sich aus dem Griechischen ab und bedeutet „ohne Ordnung“. Die Ataxie kommt als reine Form nur bei circa 2 % vor und äußert sich überwiegend als Tetraplegie (vgl. BERGEEST et al. 2019, 107).

Bei diesem Behinderungsbild ist die Koordination von willkürlichen Bewegungen gestört, ebenso wie die Ausführung von Zielbewegungen. Folglich sind ursprünglich gezielte Bewegungen ausfahrend oder danebenzeigend. Das allgemeine Bewegungsbild zeichnet sich durch zittrige, verwackelte und unflüssige Bewegungen aus. Der Muskeltonus bei Menschen mit einer Ataxie ist allgemein eher hypoton, die Muskulatur ermüdet daher schnell. Dadurch haben die Menschen Schwierigkeiten den Rumpftonus aufrechtzuerhalten. Außerdem fällt es schwer, schnelle antagonistische Bewegungen auszuführen, schnell eine Richtung zu wechseln oder eine Bewegung zu beschleunigen. Dies wird als Dysdiadochokinese bezeichnet (vgl. BAUMANN et al. 2018, 127).

4.2 Auswirkungen und Begleitstörungen

Die allgemeinen Auswirkungen und Folgen des Behinderungsbildes der Cerebralparese sind vielfältig und können je nach Schädigungsbild und Ausprägung des Schweregrads variieren. Durch die sensomotorische Störung sind die Aufnahme, Verarbeitung und Abgabe von Reizen an die Muskelzellen gestört. Daraus resultieren abnorme Muskelspannungen und ein eingeschränkter Aufbau der Willkürmotorik, welcher durch eine fehlende Hemmung von

unwillkürlichen Bewegungen und persistierenden frühkindlichen Reflexen gestört wird. Die Bewegungsplanung kann weiterhin durch sogenannte Totalsynergien beeinflusst werden, das heißt ein Bewegungsimpuls in Form von Beuge- oder Streckbewegungen wird ungehemmt ausgeführt. Dabei können weitere Bewegungen entstehen, die nicht unterdrückt werden können und sich in Verkrampfungen oder spezifischer in einer Fausthaltung äußern können.

Zu den Hauptbegleitstörungen zählen Nahrungsaufnahme- und Schluckstörungen, sowie Störungen des Sprechens, Sehens und Hörens. Weiterhin können Epilepsien, Auffälligkeiten der kognitiven Entwicklung, in der Wahrnehmung, sowie der sozial-emotionalen Entwicklung auftreten. Durch abnorme Muskelspannungen kann es zu Fehlstellungen und Versteifungen an den Gelenken kommen. Hüft- und Fußfehlstellungen sind ebenfalls häufig, genauso wie eine Neigung zur Skoliose. Durch vermehrte Inaktivität des Körpers kann es zu Gewebeschwund an den Extremitäten kommen (vgl. BERGEEST et al. 2019, 110ff.).

Für diese Arbeit ist es wichtig, das Behinderungsbild der Cerebralparese mit seinen motorischen Einschränkungen und Fähigkeiten zu kennen, um so den Unterricht für die SuS bestmöglich zu adaptieren. Allgemein dürfen die Kinder mit einer Cerebralparese jedoch nicht auf deren Behinderung und die entstandenen Schädigungen reduziert werden. Es ist zweifellos von großer Wichtigkeit die Lernfähigkeit der SuS nicht zu untergraben oder anzunehmen, denn sie besitzen alle die „Lernfähigkeit für Willkürmotorik, Kontrolle der Körperhaltung, Wahrnehmungsintegration“ (BERGEEST et al. 2019, 113) und diese gilt es bestmöglich im Unterricht und in der Therapie zu unterstützen.

4.3 Handmotorik bei Kindern mit Cerebralparese

Für die motorische Entwicklung bei Kindern mit einer Cerebralparese lässt sich generell eine Entwicklungsverzögerung feststellen, die je nach Schweregrad der Behinderung mehr oder weniger stark ausgeprägt sein kann. Vor allem fällt die Verzögerung in der Entwicklung von motorischen Funktionen, die das Gleichgewicht betreffen, auf. Grund für eine Stagnation der Entwicklung stellen häufig die anhaltenden tonischen Reflexe dar, welche, ausgelöst durch eine bestimmte Bewegung des Kopfes, eine muskuläre Reaktion in Form von Mitbewegungen, meistens von Streckungen oder Beugungen anderer Körperteile, auslösen. Solche Reflexe bleiben bei einer cerebralen Bewegungsstörung häufig länger bestehen und beeinflussen die motorische Weiterentwicklung, sowie die selbständige Exploration maßgeblich. Vor allem die Aufrichtung aus der Bauchlage zum Stehen kann dadurch verzögert oder sogar verhindert

werden und somit auch die Gehfähigkeit. Eine mangelnde Kopfkontrolle beeinflusst oder verhindert das Beobachten und Agieren der Hände in Bauchlage, sowie aktives Beobachten der Umgebung. Vor allem Kinder und Jugendliche mit wechselndem Muskeltonus haben im Sitzen mit Instabilität zu kämpfen und können sich nur schwer mit den Armen zum Ausgleich abstützen (vgl. BAUMANN et al. 2018, 72).

Die Entwicklung der Handmotorik bei Kindern mit einer Cerebralparese läuft ebenfalls interindividuell ab, jedoch lassen sich die Entwicklungsverläufe aufgrund der hohen Variabilität der Schweregrade, sowie Manifestationsformen der Cerebralparese weniger verallgemeinern. Nach BOBATH und BOBATH (1998, 11f.) können die Meilensteine zwar näherungsweise vorhergesagt werden, jedoch sind sie zwischen den verschiedenen Formen sehr unterschiedlich und es ist wichtig, den Blick nicht nur auf das Erreichen der Meilensteine zu legen. Dadurch kann die Gefahr bestehen eine eingeschränkte Sichtweise zu entwickeln und die individuelle Anpassungsfähigkeit, sowie das Zusammenspiel und Ineinandergreifen von veränderten Bewegungs- und Koordinationsmustern und deren Weiterentwicklung außer Acht zu lassen.

In Bezug auf die Handmotorik wird im Folgenden auf häufige und typische Merkmale und Fähigkeiten bei Kindern mit einer Cerebralparese, aufgeteilt auf die drei oben beschriebenen Ausprägungsformen, eingegangen.

Grundsätzlich sind die Arme und Hände bei Menschen mit einer Cerebralparese normal angelegt. Die Funktionseinschränkungen stellen die Folge des zentralen Schadens dar, welcher zu sichtbaren und unsichtbaren Veränderungen, wie beispielsweise Deformitäten oder auch einer Schwäche der Muskulatur oder einem fehlenden Gebrauch der Extremitäten, führt. Mit zunehmendem Wachstum verfestigen sich diese Einschränkungen meist. Störungen der Hand- und Armmotorik treten vorwiegend bei einer spastischen Halbseitenlähmung und bei beidseitigen Paresen, also bei unvollständigen Lähmungen auf beiden Körperhälften, auf.

Die Funktionen der Handmotorik sind abhängig von den weiteren Funktionen der gesamten Körpermotorik und vor allem der Motorik der Arme und der Schultern. Durch eine adduzierte, das heißt an den Körper angelegte, sowie innenrotierte Schulter, werden verschiedene Alltagsfunktionen, wie den Arm auf einen Tisch abzulegen oder sich mit dem Arm abzustützen, beeinflusst und eingeschränkt. Durch einen pronierten, also einwärtsgedrehten Unterarm zeigt die Handfläche nach unten und kann somit nicht mehr nach oben gedreht werden. Dadurch wird

das Greifen von Gegenständen, sowie das beidhändige Arbeiten beeinträchtigt (vgl. BAUMANN et al. 2018, 48). Störungen des Zusammenspiels von Schulter-, Ellenbogen-, Hand- und Fingergelenken, bedingt durch eine gestörte Tonusregulation, wirken sich beeinträchtigend auf die feinen handmotorischen und grafomotorischen Bewegungen aus. Sofern die Regulierung des Muskeltonus gestört und Bewegungen nicht willkürlich ausgeführt werden können, werden sehr kleinräumige Bewegungen der Hände und Finger zu stark aus den Schulter- und Ellenbogengelenken ausgeführt, wodurch diese eher kantig und großräumig sind und eine feine und koordinierte Dosierung schwierig und sehr anstrengend sein kann. Dies wirkt sich auch auf das Schreiben aus, welches möglicherweise langsamer und ungenau ausgeführt wird (vgl. PAULI und KISCH 2019, 43).

Bei der Ausprägungsform der Spastik ist der Muskeltonus grundsätzlich zu hoch. Die Beweglichkeit kann dadurch stark eingeschränkt und verlangsamt sein. Beeinflusst werden großräumige und schnelle Bewegungen der Schultern und Ellenbogen. Die Beweglichkeit der Handgelenke kann aufgrund verschiedener Faktoren stark eingeschränkt sein. Häufig gelingt die Streckung und Beugung des Unterarms nicht vollständig, genauso wie die Dysdiadochokinese des Unterarms. Das heißt schnell aufeinanderfolgende Bewegungen, zum Beispiel ein schnelles Hin- und Herdrehen des Unterarms gelingen nicht oder nur erswert. Dadurch sind verschiedene Schraub- und Drehbewegungen nicht oder nur schwer möglich (vgl. PAULI und KISCH 2019, 44f.). Häufig werden die Handgelenke in einer starren Beugestellung gehalten und können nicht oder nicht vollständig gestreckt werden. Dies kann sich auch in anhaltenden Fehlstellungen der Hände äußern. Häufig wird von einer spastisch gefausteten Hand gesprochen, bei der das Handgelenk und die Finger maximal gebeugt sind und der Daumen oft zusätzlich eingeschlagen ist. Bei der sogenannten spastischen Greif- oder Krallenhand sind die Handgelenke bei gleichzeitiger Beugung der Finger gestreckt. Daraus ergeben sich Folgen für den Alltag und vor allem für schulische Aktivitäten. Beim Malen fällt es oft schwer, die Richtung mit Hilfe des Handgelenks zu wechseln. Es wird versucht den ganzen Oberkörper oder das Papier zu drehen. Wenn die Fingergelenke stark gebeugt sind, beeinträchtigt dies die Tätigkeiten des Malens und Schreibens, denn schnelle und wechselnde Bewegungen sind eventuell nicht möglich (vgl. PAULI und KISCH 2019, 44). Sofern intendierte Bewegungen mit den Händen ausgeführt werden, wie das Greifen von bestimmten Gegenständen, oder auch das Schreiben und Malen, erhöht sich bei einer Spastik die Muskelspannung zusätzlich, was das Ausführen der Bewegungen ebenfalls stark beeinflussen

kann (vgl. KALLENBACH 2006, 69). Die Bewegungen sind im Allgemeinen eher verlangsamt, nicht fließend und wirken eckig. Außerdem strengen sie die betroffenen Kinder sehr an, wodurch diese schnell ermüden und eventuell enttäuscht über nicht gelungenen Tätigkeiten sind (vgl. PAULI und KISCH 2019, 44f.).

Bei einem anhaltend zu niedrigen Muskeltonus, wie es bei dem Behinderungsbild der Athetose der Fall ist, wirkt das Kind insgesamt eher kraftlos und schwach und hat folglich wenig Erfahrung mit schnellen und kräftigen Bewegungsausführungen (vgl. PAULI und KISCH 2016, 12). Der Haltungshintergrund reicht daher bei vielen Bewegungen nicht aus, das bedeutet es fällt schwer den Rumpf aufrecht zu erhalten und es wird versucht dies auszugleichen, indem mehr Körperspannung aufgebaut wird, was zu Verkrampfungen und einer eingeschränkten Bewegungsfähigkeit führen kann. Diese Instabilität wird häufig mit dem Abstützen der Arme kompensiert, um den Oberkörper aufrecht zu erhalten. Sofern dies durch den bevorzugten Arm geschieht, können handmotorische Tätigkeiten und Bewegungen der Hand- und Fingermotorik erschwert werden. Die Schultern werden häufig kompensatorisch nach oben gezogen, wodurch große Armbewegungen blockiert werden können. Großräumige Bewegungen während des Schreibens und Malens, zum Beispiel größere Schwungbewegungen, können beeinträchtigt werden. Für den Ellenbogen gelingt häufig die Balance zwischen einer Beugung und Streckung nicht, wodurch Greif- und Zeigebewegungen beeinflusst werden können. Die Zusammenarbeit zwischen den Ellenbogen- und Schultergelenken ist somit erschwert und fließende Bewegungsübergänge des Armes, zum Beispiel während des Schreibens oder Zeichnens von Strichen, ist nur schwer möglich. Betroffen sind ebenfalls die Handgelenke. Die Beweglichkeit ist grundlegend nicht eingeschränkt, jedoch sind die Gelenke durch den zu geringen Muskeltonus eher überbeweglich. Dadurch werden häufig auch die Handgelenke kompensatorisch verkrampft, um genügend Spannung bei schnelleren oder kraftvolleren Bewegungen aufzubauen. Durch Verkrampfungen, aber auch durch die Kraftlosigkeit und die geringe Stabilität sowie Ausdauer, führt das Schreiben und Malen häufig zu Problemen, sofern nicht genug Druck auf das Werkzeug ausgeübt werden kann, oder kleinräumige Bewegungen schlicht nicht möglich sind. Oftmals wird versucht diese Bewegungen aus dem Oberkörper mit Hilfe des ganzen Armes und der Schulter auszuführen, wodurch diese meist anstrengend und undynamisch sein können. Bei gebeugten Handgelenken werden die Hände oftmals offengehalten. Die Beweglichkeit der Fingergelenke ist eingeschränkt, denn sie sind oft überstreckt und gespreizt. Das Manipulieren und Hantieren mit den Händen und Fingern kann

beeinträchtigt sein, genauso wie die Zielsicherheit (vgl. BERGEEST et al. 2019, 107; BAUMANN et al. 2018, 127). Diese Zielunsicherheit äußert sich stärker, wenn es zu zielgerichteten Bewegungen kommen soll, wodurch insgesamt exakte, zielgerichtete und kleinräumige Bewegungen schwer bis kaum möglich sind (vgl. KALLENBACH 2006, 69).

Bei der Ataxie herrscht ein wechselhafter und instabiler Muskeltonus. Eine Muskelspannung, die für bestimmte Tätigkeiten benötigt wird, kann daher nur kurzzeitig aufgebaut werden, wodurch die motorische Leistungsfähigkeit sehr stark schwanken kann (vgl. PAULI und KISCH 2019, 44). Bei handmotorischen Bewegungen kann es schwer fallen die richtige Dosierung z.B. beim Schreiben und Malen, aber auch beim Greifen von Gegenständen zu finden. Die Zielsicherheit ist hierbei am stärksten beeinträchtigt, das bedeutet das Ansteuern von Objekten, aber auch auf Objekte zu zeigen, kann erschwert sein. Dies gilt weiterhin für das Schreiben oder das präzise (Aus-) Malen auf und innerhalb von Linien und Formen. Bei intendierten Bewegungen setzt oftmals ein Intentionstremor in den Armen und Händen ein, das heißt bei zielgerichteten Bewegungen fangen diese an zu zittern (vgl. BERGEEST et al. 2019, 107).

Für eine bessere Übersicht wurden die drei reinen Manifestationsformen der Cerebralparese isoliert beschrieben. Wie jedoch schon erwähnt wurde, treten die Formen, ausgenommen der Spastik oft in Mischformen auf und es finden sich stets individuelle Schweregrade. In dieser Arbeit geht es nicht darum, eine Diagnostik für die verschiedenen Ausprägungsformen bezogen auf die Handmotorik durchzuführen. Es soll auf verschiedene, mögliche Beeinträchtigungen der Hand- und Fingermotorik aufmerksam gemacht werden, die es im schulischen Alltag und speziell im Umgang mit Erstrechenmaterialien zu beachten gilt, um daraus individuelle Anpassungen treffen zu können und eine Teilhabe sowie ein erfolgreiches Lernen im Unterricht zu gewährleisten.

Weiterhin wirken persistierende frühkindliche Reflexe einschränkend auf die Handmotorik. Bei einer Auslösung des asymmetrisch-tonischen-Nackenreflexes wird die Hand zu einer Faust geballt und somit das Greifen nicht mehr möglich gemacht. Dieser wird ausgelöst, wenn der Kopf zu einer Seite gedreht wird. Auf der Seite der Blickrichtung strecken sich die Extremitäten, während sie auf der anderen Seite gebeugt werden. Die gleiche Auswirkung zeigt der Tonische Labyrinthreflex, bei dem bei einer Beugung des Kopfes nach hinten eine Streckung des ganzen Körpers erfolgt. Wird der Kopf nach vorne gebeugt, erfolgt eine Beugung des ganzen Körpers und die Hände werden gefaustet (vgl. BAUMANN et al. 2018, 72).

Durch die Einschränkungen der Willkürmotorik und der isolierten Verwendung der Finger ist die Auge-Hand-Koordination gestört. Wenn Tätigkeiten nicht oder nur schwer mit den Händen ausgeführt werden können, kann dieser Entwicklungsschritt, in dem die Hände mithilfe der Augen koordiniert werden, schwerer oder verzögert zu erreichen sein. Das Hantieren beider Hände miteinander in der Mittellinie und somit auch das Überkreuzen der Hände kann ebenfalls erschwert werden (vgl. KALLENBACH 2006, 68).

Wie sich diese Fähigkeiten und möglichen Einschränkungen der Handmotorik bei Kindern mit einer cerebralen Bewegungsstörung auf den Erstrechenunterricht auswirken können, wird erläutert, nachdem die grundlegenden theoretischen Hintergründe des Erstrechenunterrichts in dem folgenden Kapitel dargestellt wurden.

5 Theoretische Grundlagen zur Entwicklung mathematischer Kompetenzen für den Erstrechenunterricht

Der Begriff des Erstrechenunterrichts wird in dieser Arbeit synonym mit dem Anfangsunterricht in der Grundschulstufe in Mathematik gebraucht.

Dem Anfang des Lernens von mathematischen Inhalten wird in mehreren Quellen eine große Bedeutung zugeschrieben. Nach KRAJEWSKI et al. (2016) haben frühe numerische Basisfertigkeiten, wie Zählfertigkeiten, Zahlenkenntnis, Verknüpfung von Mengen und Zahlen eine wichtige Bedeutung für die späteren mathematischen Leistungen während der Grundschulzeit. Der Erstrechenunterricht kann demzufolge als wichtigen Anknüpfungspunkt gesehen werden. Weiterhin stellt der Anfangsunterricht in Mathematik eine wichtige Grundlage für das Erlernen späterer mathematischer Kompetenzen in der Schullaufbahn dar. Das Wissen der Lehrkraft beschränkt sich demnach nicht nur auf die aktuellen Lerninhalte des Erstrechenunterrichts, sondern ebenfalls auf die vorherige Entwicklung früher mathematischer Kompetenzen.

5.1 Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski

Die Entwicklung der mathematischen Kompetenzen und Fähigkeiten beginnt nicht erst mit dem Eintritt in die Schule. Die SuS bringen individuell unterschiedliche mathematische und numerische Fähigkeiten zum Eintritt in die Grundschule mit.

Vor allem bei SuS mit einer Cerebralparese können die zuvor gemachten Erfahrungen und mathematischen Vorkenntnisse stark variieren (vgl. BENZ et al. 2015, 5). Die Aufgabe der

Lehrkraft besteht darin, nach Schuleintritt den aktuellen Stand dieser zu identifizieren, um bestmöglich an dem vorhandenen Wissen, sowie den motorischen Fähigkeiten anzuknüpfen und zu fördern. Daher ist es von Bedeutung, die Entwicklung numerischer Kompetenzen vor der Grundschulzeit zu kennen. Durch mögliche Entwicklungsverzögerungen oder einer veränderten Aneignung mathematischer Inhalte durch motorische Beeinträchtigungen, kann es wichtig sein, zunächst basale Erfahrungen im Anfangsunterricht in Mathematik zu ermöglichen. Im Folgenden wird daher das Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach KRAJEWSKI et al. (2016, 25) (siehe Tabelle 1), vorgestellt.

Tabelle 1: Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski (2013) (erstellt n. KRAJEWSKI et al. 2016, 25)

Ebene		Entwicklung	
1	Basisfertigkeiten	Größenunterscheidung	Zahlwörter/ Ziffern ohne Größenbezug Zahlwortkenntnis → Exakte Zahlenfolge
2	einfaches Zahlenverständnis	Größenrelationen Nicht-numerisch: Teil-Ganzes Zu-Abnahme	Verknüpfung von Zahlwörtern/ Ziffern mit Größen: Größenrepräsentation von Zahlen a) Unpräzise Größenrepräsentation wenig (eins, zwei, drei) viel (zwanzig, acht) b) Präzise Größenrepräsentation 1 – eins ● 2 – zwei ●●
3	tiefes Zahlenverständnis	Verknüpfung von Zahlwörtern/ Ziffern mit Größenrelationen: Zahlrelationen - Zusammensetzung und Zerlegung einer Zahl ($5 = 2 + 3$) - Differenz zwischen zwei Zahlen	

Das Modell ist im deutschsprachigen Raum weit verbreitet und wird deshalb an dieser Stelle angeführt. Es beschreibt die Entwicklung mathematischer Kompetenzen bis zum Eintritt in die Grundschule mit Übertragung auf das Sekundarstufenalter auf drei Kompetenzebenen. Dabei wird beschrieben, wie sich das Verständnis für Größen mit dem von Zahlwörtern und Ziffern verknüpft, also die Entwicklung der Zahl-Größen-Kompetenzen. Mit dem Begriff der „Größe“ werden die Größen Fläche und Volumen, Gewicht und Zeit eingeschlossen. Es wird betont, dass nicht automatisch ein Zahlbezug zu Größen hergestellt werden muss, sondern auch ohne

Zahlwörter Operationen vollzogen werden können, beispielsweise mit Vergleichen wie „mehr“ oder „weniger“ (vgl. KRAJEWSKI et al. 2016, 26).

Die erste Ebene bezieht sich auf zwei *Basisfertigkeiten*. Einerseits werden Mengen- bzw. Größenunterschiede, die durch ihre Ausdehnung in Fläche oder Volumen sichtbar werden, wahrgenommen. Andererseits können Zahlwörter und die exakte Zahlenfolge aufgesagt werden. Grobe Unterschiede zwischen der Ausdehnung von Mengen können festgestellt werden. Eine Verknüpfung zwischen den Zählfertigkeiten bzw. Zahlen und Mengen findet jedoch noch nicht statt (vgl. KRAJEWSKI et al. 2016, 26f.).

Auf der zweiten Ebene geht es um das einfache *Zahlverständnis*. Zahlwörter werden nun mit Mengen bzw. Größenrepräsentationen verknüpft und es entsteht eine „Mengen-/Größenbewusstheit von Zahlen“ (KRAJEWSKI et al. 2016, 27). Dieser Erwerb vollzieht sich in zwei Phasen. Zunächst entwickelt sich die unpräzise Größenrepräsentation, das heißt Zahlwörter werden groben Kategorien von Mengen bzw. Größen zugeordnet. Zahlen wie eins, zwei oder drei werden als „wenig“ bezeichnet, wohingegen Zahlen wie acht oder zwanzig „viel“ und hundert „sehr viel“ sind. Dies entdecken Kinder in der Erfahrung beim Zählen, indem sie herausfinden, dass für verschiedene Zahlen unterschiedlich lange gezählt werden muss. Es wird erkannt, dass Zahlen eine Mächtigkeit repräsentieren, die zunächst in grobe Kategorien eingeteilt werden. Zahlen die nahe beieinanderliegen können noch nicht in ihrer Größe unterschieden werden (vgl. KRAJEWSKI et al. 2016, 28). Diese Tatsache ändert sich in der zweiten Erwerbsphase, wenn sich eine präzise Größenrepräsentation entwickelt. Zahlen werden nun eindeutig der entsprechenden Menge zugeordnet und das Kind erlangt die Einsicht, dass die exakte Zahlenfolge durch aufsteigende Mengen repräsentiert werden kann. Die Kinder verfügen nun über ein Kardinalzahlkonzept, indem sie einem Zahlwort die exakte Menge zuordnen können sowie die Fähigkeit Vorgänger und Nachfolger von Zahlen in ihrer Größe zu unterscheiden. Das Verständnis von Mengen entwickelt sich ebenfalls weiter, jedoch zunächst ohne einen Bezug zu Zahlen herzustellen. Kinder erkennen, dass sich Mengen nur dann verändern, sobald etwas dazugegeben oder weggenommen wird. Außerdem kommen sie zu der Erkenntnis, dass sich Mengen sowohl zerlegen als auch wieder zusammensetzen lassen (vgl. KRAJEWSKI et al. 2016, 30).

In der dritten und letzten Ebene wird schließlich ein *tiefes Zahlverständnis* aufgebaut. Der auf der zweiten Ebene noch fehlende Zusammenhang zwischen den Mengenrelationen und Zahlen,

kann nun hergestellt werden und Kinder verstehen, dass die Teil-Ganzes-Beziehungen zwischen Mengen auch mit Zahlen dargestellt werden können. Zahlen und Mengen können zusammengesetzt und zerlegt und die einzelnen Teile können mit Hilfe von Zahlen beschrieben werden. Im Zuge dessen gelangen sie zu der Einsicht, dass die Differenz zwischen zwei Zahlen durch eine weitere Zahl dargestellt werden kann, wodurch der Grundstein für einfache Rechnungen gelegt ist (vgl. KRAJEWSKI et al. 2016, 31).

Das Modell kann für eine „Einstufung des Entwicklungsniveaus eines Kindes im Vorschulalter“ (KRAJEWSKI et al. 2016, 32) herangezogen werden und bietet sich an, den mathematischen Entwicklungsstand zu überprüfen. Jedoch muss dabei stets eine genaue Analyse der Aufgabenformate vorgenommen werden, um fehlerhafte Rückschlüsse zu vermeiden. KRAJEWSKI et al. (2016) betonen daher, dass es schwierig ist, ein Kind auf genau eine Ebene einzustufen. Es ist immer möglich, dass sich ein Kind in seiner Entwicklung auf mehreren Ebenen gleichzeitig bewegt. Die Kompetenz eines Kindes steht in Abhängigkeit mit der vorgegebenen Form der Zahlen, der Größe des Zahlenraumes, sowie der Repräsentationsform der Zahlen, z.B. welche Anschauungsmittel verwendet werden (vgl. KRAJEWSKI et al. 2016, 32). Unter Verwendung von konkreten Arbeitsmitteln kann ein Kind eventuell schon Aufgaben der dritten Ebene zu den Anzahlrelationen lösen, wohingegen derartige bildlich oder symbolisch dargestellte Aufgaben, erst auf der zweiten Ebene gelöst werden können. Geeigneten Veranschaulichungsmitteln kommen daher eine besondere Bedeutung zu (vgl. KRAJEWSKI et al. 2016, 33).

5.2 Vorläuferfähigkeiten für den Erwerb mathematischer Kompetenzen

Aufgrund etwaiger Entwicklungsverzögerungen bei SuS mit Cerebralparese kann es von Vorteil sein Vorläuferfähigkeiten, die den Erwerb mathematischer Kompetenzen im Anfangsunterricht bedingen und vorhersagen können zu kennen, um unter Umständen dort ansetzen zu können und eine Lerngrundlage für den Anfangsunterricht zu schaffen.

KRAJEWSKI (2002) beschreibt anhand einer Prognosestudie bedeutsame Vorläuferfähigkeiten für die mathematischen Kompetenzen in den ersten beiden Grundschuljahren (vgl. BARTH 2010, 60f.; KRAJEWSKI 2002).

Mengenbezogenes Vorwissen:

- *Seriation*: Fähigkeit Objekte anhand ihrer Größe oder Mengen nach ihrer Mächtigkeit in auf- oder absteigender Reihe zu ordnen.
- *Mengenvergleiche und Invarianz*: Wissen um die Unveränderlichkeit von Mengen in Bezug auf ihre räumliche Veränderung.
- *Operieren mit Eins-zu-Eins Zuordnungen*: Durch die Zuordnung eines Objekts zu genau einem Zahlwort besteht die Möglichkeit, Reihenfolgen mit Objekten zu bilden und zwei Mengen zu vergleichen.
- Fähigkeit die Fragen nach „größer oder kleiner“ anhand von *Längenvergleichen* zu beantworten.

(vgl. BARTH 2010, 60; KRAJEWSKI 2002, 128 f.).

Zahlbezogenes Vorwissen:

- *Zählfertigkeit* bis zehn und bis zwanzig
- *arabisches Zahlwissen*: visuelle Kennen und Erkennen von Zahlbildern bis zehn.
- *Rechenfertigkeit mit konkretem Material*: z.B. das Lösen von einfachen Sachaufgaben oder das Addieren zweier Würfelbilder

(vgl. BARTH 2010, 60f.; KRAJEWSKI 2002, 133ff.).

Mit dieser Studie kann nachgewiesen werden, dass sich die Leistungen der ersten beiden Grundschuljahre im Erststreckenunterricht „ein halbes Jahr vor der Einschulung durch ihre Leistungen im Mengen- und Zahlenwissen signifikant vorhersagen ließen“ (BARTH 2010, 61).

5.3 Zählentwicklung

Vor allem aus dem Bereich der Zahlen und Operationen spielen die frühen mathematischen Kompetenzen eine „tragende Rolle“ (BENZ et al. 2015, 155), denn sie bilden eine wichtige Grundlage für einen erfolgreichen Erwerb weiterer mathematischer Kompetenzen im Anfangsunterricht. Aufgrund dessen wird im Folgenden näher auf die Zählentwicklung, sowie den Erwerb des Zahlbegriffs eingegangen. Kinder fangen mit dem Erlernen der Sprache ebenfalls an das erste Mal zu zählen. Nicht nur die erlernte Zahlfolge, sondern auch die Einsicht

in sogenannte Zählprinzipien sind von Bedeutung für den erfolgreichen Aufbau von Zählkompetenzen.

Diese Zählprinzipien wurden von GELMAN und GALLISTEL (1978) entwickelt (zit. nach LORENZ 2012, 24). Zu der Frage wann sich die einzelnen Zählprinzipien in Bezug auf den Erwerb der Zahlwortreihe entwickeln, gilt mittlerweile die „Prinzipien-vorher-Theorie“ als erwiesen, da das Erlernen der Zahlwortreihe „von Zählprinzipien geleitet wird“ (LORENZ 2012, 24). Um ein konkretes Zählverständnis zu erlangen, muss eine Einsicht in die folgenden Zählprinzipien erlangt werden. Die ersten drei Prinzipien beschreiben wie Mengen gezählt werden und stellen somit die Grundlage des Zählens dar.

Bei dem *Prinzip der Eins-zu-Eins-Zuordnung* wird „jedes zu zählende Objekt mit genau einem Zahlwort belegt.“ (LORENZ 2012, 24). Bei dem *Prinzip der stabilen Ordnung* liegen die Zahlwörter während des Zählens stets in gleicher Ordnung vor, welche stabil, also wiederholbar ist (vgl. MOSER OPITZ 2008, 68). Das *Kardinalzahl-Prinzip* besagt, dass das letztgenannte Zahlwort die Anzahl der gezählten Menge benennt. (vgl. LORENZ 2012, 25).

Die nächsten beiden Prinzipien sind der eigentlichen Zählhandlung übergeordnet und beschreiben was gezählt werden kann. Dabei können verschiedene Operationen kombiniert werden, wodurch die Grundlage des Rechnens gebildet wird (vgl. MOSER OPITZ 2008, 68). Mit dem Erwerb des *Abstraktionsprinzips*, auch Irrelevanz der Items genannt, erlangen Kinder die Einsicht, dass sie beliebige Objekte und Dinge, ungeachtet ihres Erscheinungsbildes zählen können. Darauf aufbauend wird erkannt, dass nicht nur konkrete Dinge, sondern auch etwas Abstraktes gezählt werden kann, beispielsweise Zahlen. Diese Einsicht ist wichtig für die späteren Rechenoperationen der Addition und Subtraktion. Bei dem *Prinzip der Irrelevanz der Anordnung* kann die Anordnung der zu zählenden Teile beliebig sein. (vgl. LORENZ 2012, 24 ff.; MOSER OPITZ 2008, 68).

6 Bedeutung der Handmotorik für die Entwicklung mathematischer Kompetenzen

Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen mit der Zählentwicklung und den Voraussetzungen durch die Vorläuferfähigkeiten entwickeln sich unter anderem durch das eigenständige Auseinandersetzen mit der Umwelt und verschiedenen Materialien, sowie in sozialer Interaktion und durch das Lernen am Modell. Die handmotorischen Tätigkeiten spielen dabei eine große Rolle, denn Kinder verbringen bis zu 60 % des Schultags in der Grundschule

mit handmotorischen Tätigkeiten und bis zu 80 % mit mal- oder schreibbasierten Aufgaben (vgl. MCGLASHAM et al 2007, 30).

Die Erfahrungsorientierung und das konkrete Handeln sind demnach im Erstrechenunterricht von großer Wichtigkeit. Die Aufgabe der Lehrkraft besteht darin, verschiedene Möglichkeiten für die SuS zu schaffen, um das Sammeln von eigenen Erfahrungen möglich zu machen. Für SuS mit einer Cerebralparese gilt die Bewegungsförderung im Unterricht als zentrales Bildungselement und die körperlichen und sensomotorischen Erfahrungen erlangen dabei eine besondere Bedeutung (vgl. LEHRPLANPLUS KME ISB BAYERN 2019, 40). Welche Bedeutung die Handmotorik dabei hat und wie dadurch mathematische Denkstrukturen aufgebaut werden können, soll in den nächsten Kapiteln erläutert werden.

6.1 Theorie der „Embodied Numerosity“

Die Welt der Mathematik mit ihren Zahlen als Symbolen wird häufig als ein rein abstraktes Konstrukt angesehen und Zusammenhänge zwischen handmotorischen Fähigkeiten und der Entwicklung mathematischer Fertigkeiten erscheinen zunächst nicht eindeutig. Die Auseinandersetzung mit mathematischen Sachverhalten findet jedoch schon im frühen Kindesalter eher unbewusst im Alltag statt, wenn das Kind anfängt, Objekte zu greifen und neugierig zu erkunden. Unter anderem setzen sich FISCHER et al. (2018) mit der Frage auseinander, welcher Zusammenhang zwischen Mathematik und Handmotorik besteht und wie sich körperliche Erfahrungen vor allem im frühen Kindesalter auf das mathematische Denken auswirken. Grundlegend für diese Überlegungen ist die Theorie der „Embodied Numerosity“, der „verkörperten Numerosität“ (FISCHER et al. 2018, 8). Diese Theorie besagt grundsätzlich einen Zusammenhang von körperlichen Interaktionen und mathematischen Konzepten, beispielsweise des Zusammenhangs zwischen Mengen und Zahlen. Ein häufig aufgeführtes Beispiel dafür sind fingerbasierte Darstellungen (vgl. FISCHER et al. 2018; MOELLER et al. 2012). Es wird angenommen, dass einerseits die ordinale Abfolge der Finger während des Fingerzählens die Zahldarstellung beeinflusst. Andererseits wird die Darstellung durch den kardinalen Aspekt, durch das jeweilige Fingermuster beeinflusst. Dadurch wird ein systematischer Zusammenhang zwischen der mentalen Repräsentation von Zahlen und den Fingern angenommen (vgl. MOELLER et al. 2012, 272). Solche fingerbasierten Zahldarstellungen können dann, zusammen mit anderen numerischen Darstellungen, aktiviert werden und zu einem besseren Verständnis beitragen. Sofern Erfahrungen mit Zahlen gemacht

und mit den Fingern assoziiert werden, wird angenommen, dass dies zu einer fingerbasierten verkörperten Darstellung von Zahlengrößen führt. Zusammenfassend wird angenommen, dass fingerbasierte Zahlendarstellungen eindeutig sind, automatisch aktiviert werden und somit ein Zusammenhang zwischen Fingern und Zahlen erklärt werden kann (vgl. MOELLER et al. 2012, 272f.).

Anhand verschiedener Studien, die mit und durch FISCHER et al. (2018) vorgestellt werden, soll ebenfalls ein möglicher Zusammenhang zwischen den Fähigkeiten der Handmotorik und mathematischen Leistungen aufgezeigt werden. Es ist dabei wichtig zu erwähnen, dass einzelne Zusammenhänge gefunden wurden, die Ursprünge derer jedoch bislang ungeklärt sind (vgl. FISCHER et al. 2018, 9).

Es wird zunächst zwischen verschiedenen Aufgaben in der Mathematik, die sich auf die Handmotorik beziehen, unterschieden. Zum einen gibt es fingerbasierte Aufgaben, z.B. das Fingerzählen, das Darstellen von Mengen durch die Finger und das Rechnen mithilfe der Finger. Andererseits gibt es nicht-fingerbasierte numerische Aufgaben, wie das bloße Zählen und Abzählen von Objekten. Bei den ersten Zähl- und Rechenversuchen benutzen fast alle Kinder ihre Finger, welche in dieser Zeit ein „sinnvermittelndes Arbeitsmittel“ (FISCHER et al. 2018, 8) darstellen. Somit wird der Handmotorik eine besondere Rolle für das Zählen und Rechnen mit den Fingern zugeschrieben, da sowohl die Bedeutung von Mengen und Zahlen als auch ein grundlegendes Verständnis für Rechenoperationen gelernt werden können und nicht zuletzt wichtige Merkmale des Zählvorgangs, wie die Eins-zu-Eins-Zuordnung erkannt werden können. Wie schon erwähnt sind allerdings die Wirkmechanismen zwischen dem Fingerzählen und den Leistungen in der Mathematik bislang ungeklärt. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass das Agieren der Finger während des Zählens und Rechnens als eine Art Bindeglied zwischen Handmotorik und mathematischen Leistungen fungiert (vgl. FISCHER et al. 2018, 9). Des Weiteren wird anhand einer Längsschnittstudie mit Kindern von zunächst fünf Jahren und zwei Jahre später berichtet, dass die Fingerbeweglichkeit mit den Rechenfertigkeiten zusammenhängt und die spätere Additionsleistung am Ende der ersten Klasse vorhersagt.

Grundsätzlich verdeutlichen die Studien den Zusammenhang zwischen Handgeschicklichkeit und mathematischen Fertigkeiten, da diese bedeutsam sind für das Zählen und Rechnen mithilfe der Finger und oftmals den ersten Zugang in die Zahlenwelt darstellen (vgl. FISCHER et al. 2018, 10).

Auch die Studie von DI LUCA und PESENTI (2011) untermauert die Aussage, dass die Eigenschaften der natürlichen Zahlen durch die Anordnung der Finger beim Fingerzählen und -rechnen gelernt und internalisiert werden können. Dadurch können sich numerische Konzepte entwickeln, zum Beispiel das Verständnis für die Kardinalität und Ordinalität von Zahlen, sowie das Prinzip der Vorgänger und Nachfolger von Zahlen (vgl. DI LUCA und PESENTI 2011, 1). Hierbei wird das Fingerzählen als eine Stufe beschrieben von dem groben Zahlensinn hin zu einem weiterentwickelten Zahlenkonzept, welches symbolisch repräsentiert ist. Durch dieses Zusammenspiel hängt die Handmotorik mit den arithmetischen Kompetenzen zusammen. DI LUCA und PESENTI (2011, 2) nehmen weiterhin an, dass die Zahldarstellungen durch die Finger das Verständnis des Zahlkonzeptes repräsentieren und verbessern können. Jedoch machen sie ebenfalls darauf aufmerksam, dass die Fingerdarstellungen andere Repräsentationen von Zahlen, zum Beispiel durch abstrakteres Material während des Lernprozesses, nicht ersetzen können und nicht behauptet werden kann, dass ohne die Fähigkeit des Fingerzählens kein genaues Zahlkonzept entwickelt werden kann. Es bestehe die Möglichkeit, dass Fingerzählaktivitäten im frühen Kindesalter zu einem tieferen Verständnis des Zahlkonzeptes beitragen können, jedoch keine Voraussetzung dafür sind.

6.2 Zusammenhang zwischen Handmotorik und der Entwicklung mathematischer Kompetenzen bei Kindern mit Cerebralparese

In mehreren Studien von VAN ROOIJEN et al. (vgl. VAN ROOIJEN et al. 2011; VAN ROOIJEN et al. 2012; VAN ROOIJEN et al. 2015; VAN ROOIJEN et al. 2016) wird der Zusammenhang der Handmotorik und der Entwicklung mathematischer Kompetenzen bei Kindern mit einer Cerebralparese in mehreren Jahren untersucht.

VAN ROOIJEN et al. (2011, 204) berichten zunächst von einigen Studien, die die numerische und arithmetische Entwicklung bei Kindern mit einer Cerebralparese untersuchen. Vorab lässt sich sagen, dass noch sehr wenige Studien speziell mit Kindern mit einer Cerebralparese existieren und deshalb keine eindeutigen und endgültigen Aussagen getroffen werden können, sondern eher von Vermutungen gesprochen werden kann. Grundsätzlich wird berichtet, dass Kinder mit einer Cerebralparese im Vergleich zu der Gruppe von Gleichaltrigen ohne Beeinträchtigungen eher verspätet anfangen zu zählen. Weiterhin wird festgestellt, dass SuS mit einer Cerebralparese die Grenze beim Erkennen von Mengen beim Subitizing, also die Fähigkeit eine Menge von Objekten auf einen Blick zu erkennen, ohne sie zu zählen, niedriger ist als bei

Gleichaltrigen. Allerdings ist der altersbedingte Anstieg der Grenze wiederum vergleichbar bei beiden Gruppen. Daraufhin wird geschlussfolgert, dass Kinder mit Cerebralparese keinen qualitativ unterschiedlichen Entwicklungsverlauf zeigen, sondern dieser lediglich verspätet stattfinden kann. Als möglichen Grund dafür werden visuell-räumliche Störungen angeführt, die dazu führen können, dass räumliche Muster schwieriger wahrgenommen und gelernt werden können (vgl. ARP et al. 2006, 405-9 zit. nach VAN ROOIJEN et al. 2011, 204).

Die Verbindung zwischen handmotorischen und neuropsychologischen Funktionen bei Kindern mit einer Cerebralparese wird ebenfalls untersucht. Dabei wird keine Beziehung zwischen der allgemeinen Intelligenz und den handmotorischen Fähigkeiten festgestellt. Allerdings wird festgestellt, dass eine Beeinträchtigung der linken Hand positiv mit den rechnerischen Fähigkeiten korreliert. Als einen möglichen Grund dafür werden visuell-räumliche Fähigkeiten genannt, welche üblicherweise mit den Funktionen der rechten Hemisphäre gekoppelt und notwendig für den Aufbau eines mathematischen Verständnisses sind (vgl. DELLATOLAS et al. 2005, 161 – 82; KIESSLING et al. 1983 zit. nach VAN ROOIJEN et al. 2011, 207).

Es stellt sich die Frage, wie die Entwicklung der Rechenfähigkeit von Kindern mit einer Cerebralparese mit Blick auf den Ansatz der verkörperten Numerosität verbessert werden kann. Es wird angeführt, dass der Gebrauch der Finger als ergänzendes Instrument für die Entwicklung einer mentalen Darstellung der Zahlen dient, sowie den Lernvorgang des Zählens und des Rechnens unterstützen kann. Die Verwendung der Finger kann ebenfalls als visuelles Repräsentationssystem dienen, um das Arbeitsgedächtnis zu entlasten. Weiterhin wird argumentiert, dass das Lehren von mathematischen Kompetenzen auf verkörperten Lernen gründen sollte. Dabei gilt, dass die ausgeführte Aktion als Lernen betrachtet wird (vgl. VAN ROOIJEN et al. 2011, 208).

In einer Studie von VAN ROOIJEN et al. (2015) wird die Handmotorik als ein Prädiktor für die frühe Numerik bei Kindern mit einer Cerebralparese herausgefunden. In der zweijährigen Langzeitstudie in den Niederlanden wird die Entwicklung des Zahlenverständnisses untersucht, sowie die Frage, ob die arithmetische Leistung mit kognitiven und motorischen Faktoren zusammenhängen. TeilnehmerInnen waren 56 Kinder mit einer diagnostizierten Cerebralparese und einem durchschnittlichen Alter von sechs Jahren an Grundschulen mit dem Förderschwerpunkt kmE. Neben kognitiven Faktoren, wie dem verbalen Arbeitsgedächtnis,

werden auch die Feinmotorik der Hände, die frühe Rechenleistung, die Zählfähigkeit und die arithmetische Leistung untersucht. Grundsätzlich wird von einer generellen Verspätung bei Kindern mit einer Cerebralparese, beim Erlernen von arithmetischen Fähigkeiten ausgegangen, im Vergleich zu Gleichaltrigen ohne Beeinträchtigungen. Die Ergebnisse zeigen, dass Rechenleistungen in der frühen Kindheit die arithmetischen Leistungen im Folgejahr beeinflussen. Weiterhin korrelieren die Arbeitsgedächtnisleistung, das Zählen und die Feinmotorik der Hände ein Jahr später positiv mit der frühen Rechenleistung (vgl. VAN ROOIJEN et al. 2015, 49).

VAN ROOIJEN et al. (2016) finden in einer weiteren Studie erneut heraus, dass neben dem Arbeitsgedächtnis die feinmotorischen Fähigkeiten der Hände positiv und signifikant mit frühen numerischen Leistungen verbunden sind. Allerdings weisen sie darauf hin, dass diese Befunde mit Vorsicht zu genießen sind. Kinder mit einer Cerebralparese, deren körperliche Beeinträchtigung schwerwiegender ist, haben ebenfalls häufiger kognitive Schwierigkeiten. Dabei ist es möglich, dass die manuellen Einschränkungen die Kinder daran hindern können, relevante Lernmöglichkeiten zu erhalten (vgl. VAN ROOIJEN et al. 2016, 744). Auch hier wird auf den Bedarf an weiterer Forschung hingewiesen.

GROSCHWALD et al. (2018, 68) weisen weiterhin darauf hin, dass bisher lediglich Vermutungen angestellt werden und ein direkter Zusammenhang zwischen Handmotorik und der allgemeinen Kognition bisher nicht durch wissenschaftliche Belege nachgewiesen wurde. Demnach sind SuS mit einer Verzögerung der handmotorischen Entwicklung nicht grundsätzlich in ihrem Schulerfolg gefährdet. Es kann jedoch sein, dass schulische Tätigkeiten dadurch erschwert ausgeführt werden können und somit ein Risiko für eine verzögerte Entwicklung besteht (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 68).

7 Erstrechenunterricht im schulischen Setting

Nachdem die theoretischen Grundlagen zur Entwicklung mathematischer Kompetenzen in Bezug auf den Anfangsunterricht erläutert wurden und anhand von Studien und Theorien auf die Bedeutung und den Zusammenhang der Handmotorik in Verbindung mit der Entwicklung mathematischer Fähigkeiten beschrieben wurden, soll nun eine Verbindung zur Praxis des schulischen Unterrichts hergestellt werden.

Der Mathematikunterricht soll dazu beitragen, im Alltag Probleme strukturiert zu lösen, sowie mathematische Situationen zu erkennen, zu verstehen und schlussendlich zu beurteilen. Dadurch kann eine Teilhabe am gesellschaftlichen Leben und eine eigenverantwortliche Lebensgestaltung gesichert werden. Auf die Zukunft bezogen, trägt sie speziell zu einer „erfolgreichen Integration in das Berufsleben“ (LEHRPLANPLUS ISB BAYERN Förderschwerpunkt Lernen Fachprofile 2019, 1) bei.

7.1 Bedeutung der Handlungsorientierung

Eine für den mathematischen Anfangsunterricht sehr häufig vertretene und angewandte didaktische Vorgehensweise, um ein Verständnis für mathematische Inhalte und Operationen aufzubauen, stellt das Lernen auf verschiedenen Darstellungsebenen u.a. nach dem sogenannten EIS-Prinzip nach Jerome Bruner (1974) dar. Dieses Prinzip kann als theoretische Begründung für die Bedeutung der Handmotorik im Erstrechenunterricht dar. Die drei Ebenen der enaktiven, ikonischen und symbolischen Darstellung beeinflussen sich gegenseitig und können in flexibler Reihenfolge angewandt werden (vgl. KÄPNICK 2014, 53).

Die enaktive Ebene beschreibt die Ausführung von konkreten Handlungen. Dafür können ausgewählte Materialien oder Gegenstände, wie zum Beispiel Plättchen, Stäbe oder Steine für die Einführung von Zahlen verwendet werden, um konkret an ein mathematisches Problem heranzuführen. Diese Ebene stellt daher eine theoretische Begründung für die Wichtigkeit der Handlung an und mit Materialien im Mathematikunterricht dar. Vor allem in dieser Handlungsphase kann der Gebrauch der Hände bei dem Einsatz von Erstrechenmaterialien eine wichtige Rolle spielen. Auf der ikonischen Ebene werden Bilder, Grafiken oder zeichnerische Abbildungen zur Darstellung des mathematischen Sachverhalts verwendet. Auf der symbolischen Ebene geht es schließlich um die Darstellung mathematischer Sachverhalte mithilfe abstrakter Symbole (vgl. KÄPNICK 2014, 53; MILZ 2004, 93f.).

HASEMANN und GASTEIGER (2014, 66) betonen, dass mathematische Probleme stets in einem Interaktionsprozess ausgehandelt werden und die mathematischen Begriffe ständig rekonstruiert werden, bis sich klare und verknüpfte Denkstrukturen entwickeln. Ziel des Durchlaufens der Darstellungsebenen ist das Verinnerlichen der zunächst konkreten Handlung, über die Darstellung in Bildern und schließlich in Symbolen, zu Denkhandlungen und somit dem Aufbau oder der Erweiterung von kognitiven Strukturen (vgl. HASEMANN und GASTEIGER 2014, 68).

7.2 Funktionen von mathematischen Arbeitsmitteln und Veranschaulichungen

Ein Anfangsunterricht in Mathematik ist ohne mathematische Arbeitsmittel und Veranschaulichungen kaum denkbar. Diese kommen vor allem für die Einführung neuer mathematischer Sachverhalte zum Einsatz. Die übergeordneten Ziele für den Einsatz mathematischer Arbeitsmittel sind die Unterstützung der Verinnerlichung von konkreten Handlungen zu Denkhandlungen und die Ermöglichung eines flexiblen gedanklichen Umgangs mit Rechnungen, Zahlen, Figuren und Strukturen ohne einen Rückgriff auf Hilfsmittel.

Funktionen und Nutzen:

- Hilfe, mentale Bilder zu konstruieren und somit den Begriffserwerb zu fördern
- mathematische Strukturen und Beziehungen werden verdeutlicht und mit Verwendung von konkretem Material (wieder-)erkannt, wodurch einerseits neue Denkstrukturen aufgebaut und andererseits vorhandenes Wissen abgerufen und daran angeknüpft werden kann (vgl. HASEMANN und GASTEIGER 2014, 69; 110).
- neue Sachverhalte können Erkenntnisse hervorrufen und durch die Verinnerlichung der oben genannten Denkhandlungen kann sich neues Wissen bilden
- kommunizieren und diskutieren über mathematische Sachverhalte, wodurch ebenfalls Strukturen und neue Erkenntnisse entwickelt werden können (vgl. PIKAS 2018, 49).

Zu beachten:

- selbständige Denken wird durch das Handeln nicht ersetzt
- Durchführung der Handlungen muss bewusst, mithilfe gedanklicher Anstrengung geschehen und verbalisiert werden (vgl. HASEMANN und GASTEIGER 2014, 110) → in sozialer Interaktion
- Einführung der Materialien durch die Lehrkraft
- stetige Reflexion des Einsatzes der Arbeitsmittel
- Individuelle Anpassung an Schülerschaft und Thema

Das Handeln und die Auseinandersetzung mit konkretem Material und Gegenständen ist demnach grundlegend für die Verinnerlichung der getätigten Handlungen und somit für den Aufbau mathematischen Verständnisses und mathematischer Kompetenzen.

7.3 Arbeitsmittel im Erstrechenunterricht bei Kindern mit einer Cerebralparese

Einflussnehmend auf das Lernen „sind die Exploration und der funktionelle Erfahrungsraum mit einem hohen Stellenwert der Motorik“ (FRIES und MOOSECKER 2006, 33). Erfahrungen und Explorationen können durch eine eingeschränkte Willkürmotorik bei Kindern mit einer cerebralen Bewegungsstörung möglicherweise nicht ausreichend oder verspätet gemacht werden. Solch ein Erfahrungsmangel kann jedoch ebenfalls begünstigt werden durch einen Mangel an Erfahrungsmöglichkeiten und -angeboten. Der Anfangsunterricht in Mathematik muss sich diese Beseitigung des Mangels an Angeboten zur Aufgabe machen und geeignete sowie angepasste mathematische Arbeitsmittel zur Verfügung stellen, um ein erfolgreiches Lernen zu ermöglichen. Ungeeignete und unangepasste Materialien könnten schnell zu demütigenden Erfahrungen führen, woraus Motivationslosigkeit, oder sogar Angst im Mathematikunterricht entstehen kann.

Für Kinder mit einer cerebralen Bewegungsstörung sollten konkrete Situationen, in denen Handlungen durchgeführt und erlebt werden können immer die Grundlage für mathematisches Wissen sein. Das eigene Erleben der SuS soll unterstützt werden, um mathematisch bedeutsame Inhalte „spürbar, erlebbar, sichtbar“ (WIECZOREK 2005, 237) zu machen. Wenn die Inhalte nicht erlebt und gefühlt werden können, werden Zahlen als bedeutungs- und inhaltslos erlebt.

Vor einem Übergang zu Abstraktionen und der Arbeit mit verinnerlichtem mathematischen Sachverhalten sollte zuvor ausreichend Zeit gegeben werden mit konkretem Material zu handeln und wenn möglich eigene Aktivitäten durchzuführen oder beobachten zu können (vgl. WIECZOREK 2005, 235ff.). Die persönliche Bedeutsamkeit mathematischer Inhalte sollte im Vordergrund stehen und darauf aufbauend passend Arbeitsmittel ausgewählt und eventuell adaptiert und somit handhabbar gemacht werden.

Um eine Auswahl und Adaption von mathematischen Arbeitsmitteln zu erleichtern, wird im Folgenden der Kriterienkatalog für die Handhabbarkeit von mathematischen Arbeitsmitteln vorgestellt.

8 Kriterienkatalog für die Handhabbarkeit von mathematischen Arbeitsmitteln im Erstrechenunterricht

Im Folgenden werden Kriterien in Bezug auf die handmotorischen Fähigkeiten von Kindern mit einer Cerebralparese hauptsächlich mithilfe der Kapitel zwei und drei abgeleitet und anschließend tabellarisch in einem übersichtlichen Katalog zusammengefasst.

8.1 Operationalisierung

Bei der Erstellung eines Kriterienkatalogs für die Handhabbarkeit von Arbeitsmitteln für SuS mit einer Cerebralparese und einer Beeinträchtigung der handmotorischen Funktionen, soll eindeutig aufgezeigt werden, welche handmotorischen Funktionen notwendig sind, um die Materialien erfolgreich verwenden zu können. Diese Funktionen werden durch die Kriterien beschrieben.

Für die Ableitung der Kriterien werden allgemeine handmotorische Funktionen betrachtet, die notwendig sind, um mit Gegenständen im Allgemeinen, bzw. mit mathematischen Arbeitsmitteln umzugehen. Weiterhin werden die handmotorischen Fähigkeiten bei Kindern mit Cerebralparese betrachtet und mit den oben genannten Aspekten abgeglichen. Es stellt sich die Frage, welche handmotorischen Bewegungen im Umgang mit Arbeitsmitteln Kindern mit Cerebralparese Schwierigkeiten bereiten können.

Mit Hilfe des Kriterienkatalogs soll ein Bewusstsein dafür geschaffen werden, wie individuell die handmotorischen Fähigkeiten sein können und wie wichtig es ist, die Erstrechenmaterialien vor Gebrauch daraufhin zu untersuchen, ob eine erfolgreiche Verwendung stattfinden kann. Andererseits sollen die teilweise sehr unterschiedlichen Kriterien darauf hinweisen, dass die

handmotorischen Fähigkeiten vielfältig sein können und auch bei einer Beeinträchtigung stets Teilbereiche individuell betrachtet werden müssen. Außerdem soll der Kriterienkatalog eine Grundlage darstellen, um Erstrechenmaterialien für den Unterricht mit den SuS mit Cerebralparese bestmöglich auf die handmotorischen Fähigkeiten adaptieren zu können.

Im Anschluss werden ausgewählte Arbeitsmittel des Erstrechenunterrichts der didaktischen Lern- und Forschungsstelle anhand der Kriterien bewertet. Dazu werden hauptsächlich Materialien der Klassen eins und zwei, sowie teilweise der Klassen drei und vier der Regel- und Förderschulen ausgewählt.

8.2 Ableiten geeigneter Kriterien

Die Kriterien werden für zwei verschiedene Medien abgeleitet. Zum einen werden Kriterien für gegenständliche, manipulierbare Arbeitsmittel, zum anderen für Printmedien, also Hefte, Bücher oder Arbeitsblätter erstellt.

8.2.1 Kriterien für mathematische Arbeitsmittel in gegenständlicher Form

Kriterium 1: Greifbarkeit

Das Kriterium, die *Greifbarkeit* von Materialien, gilt als Hauptkriterium für die Handhabbarkeit von Erstrechenmaterialien. Die Hand- und Fingermotorik wird unter anderem auch als Fähigkeit des Greifens beschrieben (vgl. MICHAELIS 2017, 109). Bei diesem Kriterium geht es um die Frage, ob die Fähigkeit Gegenstände zu greifen, für die Verwendung des Materials vorhanden sein muss. Das Kriterium wird anschließend weiter untergliedert und präzisiert.

Bei SuS mit einer Cerebralparese kann das Greifen grundsätzlich durch eine veränderte Muskelspannung beeinträchtigt sein. Sehr präzise und kleinräumige Griffe wie der Pinzetten- oder Spitzgriff können nur schwer ausgeführt werden. Durch die anhaltenden frühkindlichen Reflexe können vor allem zielgerichtete Greifbewegungen erschwert oder verhindert werden. Speziell durch den bestehenden Handgreifreflex können Gegenstände zwar gegriffen, jedoch nicht losgelassen werden. Totalsynergien können die Fähigkeit zu Greifen ebenfalls negativ beeinflussen, indem durch nicht unterdrückbare und unkontrollierte Bewegungen die Hände nicht zu dem zu greifenden Objekt geführt werden können. Dabei können Mitbewegungen entstehen, wodurch das Greifen von Gegenständen ebenfalls erschwert werden kann. Bei einem pronierten Unterarm mit einer nach unten zeigenden Handfläche, kann es ebenfalls zu

Schwierigkeiten beim Ausführen des Greifens kommen, da die Gegenstände möglicherweise mit weniger Eigenkontrolle gegriffen und sie nur erschwert angeschaut oder weiter manipuliert werden können. Deformitäten wie die spastisch gefaustete Hand oder auch die Greif- oder Krallenhand behindern das Greifen ebenfalls. Da das Greifen in Verbindung mit Rechenmaterialien meist intendiert ist, können Schwierigkeiten entstehen mit diesen Verkrampfungen der Hände Greifbewegungen auszuführen.

Bei der Ausprägungsform der Athetose können vor allem ausfahrende Bewegungen das Greifen von Gegenständen erschweren. Bei einem zu niedrigen Muskeltonus besteht die Gefahr von einer Überbeweglichkeit der Handgelenke. Einerseits kann nicht genug Kraft für das Greifen und Halten von Gegenständen aufgebracht werden, andererseits wird häufig versucht die Muskeln anzuspannen, um eine stärkere Muskelspannung aufzubauen, was allerdings zu Verkrampfungen führen kann. Weiterhin werden die Hände häufig offengehalten, sobald das Handgelenk gebeugt wird. Bei intendierten Bewegungen erhöht sich die Zielunsicherheit beim Greifen von Gegenständen.

Bei SuS mit einer ataktischen Form der Cerebralparese sind vor allem zielgerichtete Bewegungen erschwert, die eher ausfahrend und in Folge oft danebenzeigend sind. Die Muskelspannung kann je nach Schweregrad nur kurzzeitig aufgebaut werden, was dazu führen kann, dass die Spannung für längerfristige Bewegungen nicht ausreicht. Bei zielgerichteten Bewegungen setzt zudem häufig ein Intentionstremor ein.

Aus diesen Beschreibungen können folglich, für das Kriterium *Greifbarkeit*, weitere Unterkriterien abgeleitet werden, um ein präziseres Beschreiben möglich zu machen und die verschiedenen Handfunktionen in Bezug auf das Greifen zu berücksichtigen.

Für die *Greifbarkeit* ist die *Größe* der Gegenstände ein wichtiges Unterkriterium. Die zu greifenden Materialien sollten tendenziell eher größer sein, da sehr kleine und präzise Bewegungen der Finger oft schwer ausführbar sind. Außerdem sollte genügend Platz zwischen den einzelnen zu greifenden Gegenständen sein, falls eher mit den Finger- und Handflächen gegriffen wird. Bei einem pronierten Unterarm kann es ebenfalls von Vorteil sein, wenn die Gegenstände etwas größer sind, um sie besser zu ertasten. Bei einer erhöhten Zielunsicherheit, sowie zitterigen Bewegungen kann es einfacher sein, etwas größere Gegenstände zu fassen, da diese mehr Fläche bieten, um sie zu ergreifen. Die Gegenstände sollten demnach so groß sein, dass sie gut in die Handfläche des Kindes passen und mithilfe des Faustgriffes verwendet

werden können. Das heißt jedoch auch, dass die Gegenstände nicht zu groß sein sollten, da sie sonst mit der Handfläche nicht mehr gegriffen werden können.

Das Kriterium *Größe* wird demnach für einzelne Gegenstände in drei Stufen aufgeteilt: *klein, mittel, groß*.

Bei *kleinen* Gegenständen oder zu geringen Abständen zwischen den Gegenständen ist ein präziser Pinzetten- oder Spitzgriff mit den Fingerkuppen notwendig. *Mittlere* Gegenstände können besser gegriffen werden, allerdings sollten dafür einzelne Finger teilweise isoliert verwendet werden, sodass zum Beispiel ein Scherengriff angewandt werden kann. *Große* Gegenstände sind gut greifbar, da sie nicht ganz mit der Hand umschlossen und somit leichter mit der ganzen Hand gegriffen werden können. Je nach Gewicht und Form können sowohl ein Faustgriff, aber auch großräumigere Griffe mithilfe der Daumenopposition gegriffen werden. Die Greifmöglichkeiten sind bei großen Gegenständen demnach am vielfältigsten.

Aus dem Kriterium *Größe* werden weiterhin das ergänzende Kriterium *Materialbeschaffenheit* mit den Unterteilungen in *leicht* und *stabil* angeführt. Sobald die Materialien sehr leicht sind, sind sie mit größeren Handbewegungen und einer erschwerten Bewegungskoordination schwieriger zu fassen und zu greifen. Deshalb ist es von Vorteil, wenn die Gegenstände etwas stabiler und schwerer sind, beispielsweise aus Holz oder stärkerem Plastik. Weniger geeignet sind zum Beispiel Formen aus dünnem Papier, Folie oder anderen leichten Materialien.

Weiterhin werden für das Kriterium *Greifbarkeit* als Unterkriterien die verschiedenen häufig angewandten *Greifformen* aufgeführt: *Faustgriff, Scherengriff, Pinzettengriff*. Auf den Spitzgriff wird verzichtet, da er dem Pinzettengriff sehr ähnlich ist.

Kriterium 2: Zielgerichtetheit

Bei dem Kriterium *Zielgerichtetheit* soll zwischen *zielgerichtetem Greifen* und *zielgerichtetem Zeigen* unterschieden werden. Grundsätzlich beschreibt die Zielgerichtetheit die Ausrichtung einer Tätigkeit auf ein bestimmtes, konkretes Ziel. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist die selbständige Steuerung der Willkürmotorik und demnach eine erfolgreiche Bewegungsplanung und -koordination.

Das *zielgerichtete Greifen* beschreibt die Fähigkeit, einen konkret bestimmten Gegenstand direkt mit den Händen und Fingern anzusteuern und greifen zu können. Eine Anwendung dafür kann das Sortieren mehrerer Steine oder Holzformen nach ihren Farben sein.

Bei dem *zielgerichteten Zeigen* geht es ebenfalls um das Ansteuern eines Gegenstandes oder Objektes mithilfe der Hand. Im besten Falle kann ein Finger abgespreizt von den anderen Fingern bewegt werden, um zielgenau auf das bestimmte Objekt zeigen zu können, womit das *feine zielgerichtete Zeigen* beschrieben wird. Sofern mit der ganzen Hand oder Faust eine zielgerichtete Bewegung ausgeführt wird, wird von *grobem zielgerichtetem Zeigen* gesprochen. Dafür muss das angesteuerte Objekt groß genug sein, um eine eindeutige Zuordnung feststellen zu können.

Die Ausführung zielgerichteter Bewegungen bei SuS mit einer Cerebralparese kann vor allem durch eine Störung der Willkürmotorik beeinträchtigt sein, wodurch die Bewegungen der Hand- und Fingergelenke nicht mehr adäquat geplant und koordiniert werden können. Vor allem präzise und kleinräumige Bewegungen werden dadurch nur schwer möglich. Einige Faktoren in Bezug auf das zielgerichtete Greifen wurden schon für das Kriterium der Greifbarkeit beschrieben, da das Greifen von Gegenständen meist zielgerichtet erfolgt.

Kriterium 3: Rotationsbewegungen

Rotationsbewegungen gelten als besonders wichtige Bewegungsabläufe der Handmotorik. Dazu gehören beispielsweise das Lösen eines Drehverschlusses oder das Drehen einer Kurbel, sowie das Aufschließen mit einem Schlüssel (vgl. ROSENKÖTTER 2013, 56). Die Steuerung der Willkürmotorik ist hierbei ebenfalls eine Voraussetzung für die erfolgreiche Ausführung. Weiterhin muss das Handgelenk flexibel genug sein, um eine Drehbewegung nach außen und innen vollziehen zu können. In Verbindung mit Materialien, die rotiert werden sollen, muss ebenfalls das Kriterium der *Greifbarkeit* erfüllt sein.

Sofern Deformitäten der Hand, wie sie oftmals bei der spastischen Cerebralparese vorkommen, bestehen, kann die Fähigkeit, Rotationsbewegungen auszuführen, erschwert sein. Durch eine vorhandene Dysdiadochokinese können schnelle antagonistische und richtungswechselnde Bewegungen möglicherweise nicht ausgeführt werden, was Rotationsbewegungen ebenfalls erschwert.

Das Kriterium *Rotationsbewegungen* bezieht sich demnach direkt auf die Anforderungen des Materials und kann mit *erforderlich*, wenn Rotationbewegungen notwendig sind oder mit *teilweise erforderlich*, wenn das Material nur bei Teilaufgaben Rotationsbewegungen erfordert, beantwortet werden.

Kriterium 4: Beidhändigkeit

Die *Beidhändigkeit* beschreibt Tätigkeiten, bei denen beide Hände miteinander agieren und zusammenarbeiten. Dies können je nach Betätigung gleichartige, oder auch unterschiedliche und sich ergänzende Bewegungen sein. Eine Hand handelt häufiger als Arbeits- oder Aktionshand, also führt die komplizierteren und häufigen Bewegungen aus, während die andere Hand meist als Hilfs- oder Haltehand agiert (vgl. GROSCHWALD et al. 2018, 26; 78). Solche beidhändigen Tätigkeiten werden als sehr komplexe Fertigkeiten beschrieben, da es einerseits die Koordination durch die Augen voraussetzt und andererseits zunächst einige Entwicklungsschritte in Bezug auf die einzelnen Hände vorausgehen, um erfolgreich mit beiden Händen agieren zu können.

Bei SuS mit einer Cerebralparese kann die Ausführung von beidhändigen Tätigkeiten erschwert sein. Einerseits spielen auch hier die Störung der Willkürmotorik, sowie anhaltende frühkindliche Reflexe eine grundsätzliche Rolle, wodurch die Hände in der Körpermitte durch unkontrollierte Bewegungen weg von der Körpermitte und nicht zusammengeführt werden können. Weiterhin wird bei einer Hemiplegie die nicht betroffene Körperhälfte meist bevorzugt und die betroffene Hälfte mit der betroffenen Hand demnach nicht verwendet (vgl. BERGEEST 2019, 107). Grundsätzlich wird das beidhändige Arbeiten immer beeinträchtigt, sobald eine Hand durch eine Fehlstellung oder durch einen veränderten Muskeltonus eingeschränkt ist. Zudem kann die Auge-Hand-Koordination durch eingeschränkte Bewegungsmöglichkeiten eine verzögerte oder erschwerte Entwicklung vollziehen und somit die Ausführung beidhändiger Tätigkeiten erschweren. Bei einem zu geringen Muskeltonus kann es schwerfallen einen angemessenen Rumpftonus aufrechtzuerhalten. Zur Kompensation dessen wird häufig versucht, sich wenn möglich mit den Armen oder einem Arm im Sitzen abzustützen. Dies verhindert jedoch auch das gemeinsame Agieren beider Hände.

Das Kriterium *Beidhändigkeit* bezieht sich auf die Möglichkeiten des jeweiligen Mediums. Es wird mit *erforderlich* beantwortet, wenn das Material nur mithilfe beidhändiger Fertigkeiten, selbständig verwendet werden kann. Die Antwort *teilweise erforderlich* wird gewählt, wenn das Material sowohl beidhändige als auch einhändige Tätigkeiten erlaubt (z.B., wenn das Material einen größeren Pool an Aufgaben und Tätigkeiten beinhaltet), sodass einzelne Aufgaben oder Übungen je nach Fähigkeiten ausgewählt werden können. Dieses Kriterium wird ebenfalls angekreuzt, wenn vermutet wird, dass das Material einhändig eher schwerer zu verwenden und eine Haltehand von Vorteil ist, beispielsweise, wenn Holzplättchen in

Vertiefungen gesteckt, oder wieder herausgenommen werden sollen und dies eine gewisse Präzision erfordert.

Kriterium 5: In-Hand-Manipulation

Bei dem Kriterium *In-Hand-Manipulation* geht es um das Manipulieren oder Bewegen von Gegenständen auf der Handfläche mit der gleichen Hand. Dies kann angewendet werden, wenn mit einer Hand mehrere kleine Gegenstände, beispielsweise Holzwürfel, eingesammelt und anschließend einzeln in ein Gefäß gelegt werden sollen. Dabei muss der einzelne Gegenstand von der Handfläche ausgehend mithilfe der Finger zu den Fingerspitzen transportiert, gehalten und anschließend losgelassen werden. Dabei ist meist noch eine Drehung des Handgelenks nach unten notwendig.

Voraussetzend dafür sind die Fähigkeiten isolierte Bewegungen der Finger auszuführen und eine gute Bewegungsplanung und -koordination. Es muss eine Beugung und Streckung der Finger stattfinden können, sowie die Fähigkeit einzelne Finger gebeugt zu lassen, während andere Finger, meist Daumen und Zeige- oder Mittelfinger, eine Beuge- und Streckbewegung ausführen, um die Gegenstände nach oben zu transportieren.

Die *In-Hand-Manipulation* kann ebenfalls hilfreich sein für das Schreiben mit einem Stift. Dabei wird die Fähigkeit beschrieben den gehaltenen Stift mit den Fingern einer Hand auf- und ab zu bewegen, um die richtige Position des Stiftes zu finden.

Die *In-Hand-Manipulation* stellt sehr komplexe und fein abgestimmte Bewegungen der Hände und Finger dar. Durch eine eingeschränkte Willkürmotorik und Bewegungsplanung können solche feinen Bewegungen von SuS mit Cerebralparese möglicherweise nur sehr schwer auszuführen sein. Durch häufige Fehlstellungen der Hände, die spastische Fausthaltung und einen generellen zu hohen oder zu niedrigen Muskeltonus, ist die *In-Hand-Manipulation* möglicherweise nicht möglich.

Hierbei ist auf das Kriterium *Greifbarkeit* mit dem Unterkriterium *Größe* hinzuweisen. Die *In-Hand-Manipulation* von Gegenständen kann schwieriger sein je kleiner die Gegenstände sind.

In Bezug auf das jeweilige Material wird das Kriterium *In-Hand-Manipulation* mit *erforderlich* beantwortet, sofern das Material diese Fertigkeiten für die Verwendung verlangt.

8.2.2 Kriterien für Erstrechenmaterialien als Printmedien

Im Folgenden werden zwei Kriterien vorgestellt, die für die Verwendung von Printmedien angewendet werden können. Es handelt sich um Printmedien, wenn der Arbeitsauftrag auf einem Blatt Papier ausgeführt werden soll. Meist geschieht dies in Verbindung mit Schreib-, Mal- oder Bastelwerkzeugen.

Sofern die Kriterien *Beidhändigkeit* und *In-Hand-Manipulation* durch die Kinder und Jugendlichen erfüllt werden können, sind für die Verwendung von Printmedien gute Voraussetzungen geschaffen. Bei der Fähigkeit beidhändig zu arbeiten, ist es den SuS möglich mit einer Hand zu schreiben und mit der anderen Hand das Blatt oder das Heft festzuhalten, sodass es sich während des Schreibens nicht verschieben kann. Bei der *In-Hand-Manipulation* sind die Fähigkeiten gegeben, ein Schreibwerkzeug zu halten und richtig zu positionieren.

Kriterium 1: Verwendung eines Schreibwerkzeuges

Bei Erstrechenmaterialien, in Form eines Printmediums, geht es zumeist darum ein Schreibwerkzeug, also einen Stift zu verwenden, um damit Aufgaben auf einem Blatt Papier zu lösen.

Kriterium 2: Größe

In Bezug auf die Darstellung der gegebenen Aufgaben wird das Kriterium *Größe* aufgeführt. Dabei geht es spezifisch um die Größe der gegebenen Kästchen oder Linien, in denen geschrieben, gerechnet oder angekreuzt oder gemalt wird.

Da SuS mit Cerebralparese ihre Bewegungen teilweise nicht ausreichend planen und koordinieren können, fallen ihnen kleinräumige und präzise Schreib- und Malbewegungen möglicherweise schwer. Weiterhin sorgen veränderte Muskeltoni zu Verkrampfungen der Finger oder auch zu einer Schwäche der Muskulatur, sodass es in beiden Fällen Schwierigkeiten bereiten kann ein Schreibwerkzeug festzuhalten, zu führen und den nötigen Druck auf das Papier auszuüben. Daher ist es wichtig die Medien tendenziell großflächiger zu gestalten, sodass für die Schreib- und Malbewegungen genügend Platz zur Verfügung steht.

Das Kriterium wird in drei Stufen unterteilt: *klein, mittel, groß*.

Dabei sind einerseits die Abstände zwischen Linien und die Seitenlängen von Formen gemeint, aber auch die Größe der Kästchen. Das Kriterium *klein* bezieht sich auf eine Länge von kleiner

oder gleich 1 cm und einer Fläche von 1 cm² oder kleiner. Das Kriterium *mittel* bezieht sich auf eine Länge von 2 cm, bzw. auf eine Fläche von 4 cm². Dafür werden Schreib- und Malbewegungen etwas mehr Raum und Fläche gegeben, jedoch sollten dafür eine gute Stifthaltung und -führung gegeben sein. Das Kriterium *groß* bezieht sich auf eine Länge ab 3 cm oder größer.

8.3 Kriterienkatalog

Der Kriterienkatalog besteht aus zwei Tabellen (vgl. Anhang 4), einerseits für Arbeitsmittel des Erstrechenunterrichts in gegenständlicher Form und andererseits für Printmedien. In die jeweilige Spalte des Kriteriums kann ein Kreuz gesetzt werden, sofern das Kriterium auf das Arbeitsmittel zutrifft.

8.4 Bewertung von mathematischen Arbeitsmitteln des Erstrechenunterrichts

Die Bewertung der mathematischen Arbeitsmittel erfolgt anhand der Verwendung des Kriterienkatalogs. Die Verwendung dessen darf jedoch nicht isoliert erfolgen, sondern stets im Zusammenhang mit den aktuellen Bedürfnissen und (handmotorischen) Fähigkeiten des jeweiligen Kindes im Erstrechenunterricht.

Bei der Bewertung wird bewusst auf eine schlussfolgernde Analyse nach „geeignet“ oder „nicht geeignet“ verzichtet, da dies die Heterogenität der SuS mit einer Cerebralparese nicht berücksichtigen würde. Des Weiteren könnte dadurch der Unterstützungsaspekt wegfallen, wenn beispielsweise das Kriterium der Beidhändigkeit nur schwer bei einem Kind möglich ist und deshalb bewusst mit einem Material gefördert werden soll.

Im Folgenden werden drei ausgewählte Arbeitsmittel spezifischer beschrieben und anschließend im Kriterienkatalog (vgl. Tabelle 1) bewertet. Alle weiteren untersuchten Arbeitsmittel finden sich ebenfalls im Kriterienkatalog.

Arbeitsmittel (1): „Ten Frame Numeration Board“ (Verlag: SI Manufacturing)

Das Arbeitsmittel besteht aus Schaumstoff und ist daher sehr leicht. Die rot-blauen Zylinder sind am besten mit zwei Fingern zu greifen, wenn es danach reingesteckt oder herausgenommen werden soll. Um die Zylinder herauszunehmen, wird etwas mehr Kraft benötigt, da sie sich verkanten können. Eine Haltehand ist dabei vonnöten.

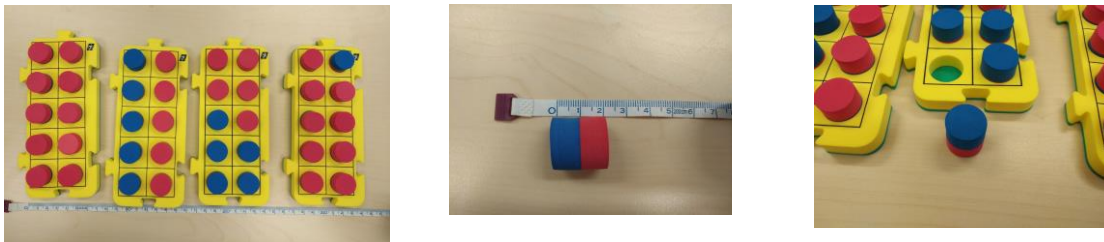


Abb. 3: Rechenschiffchen aus Schaumstoff

Arbeitsmittel (2): „Die Rechenschiffchen“ (Verlag: mathe konkret, Spectra)

Die Schiffchen bestehen aus Holz und sind jeweils 12 cm lang. Als Einzelteil kann es gut hin- und hergeschoben, sowie gegriffen werden. Die Plättchen in Zylinderform können am besten mit einem Pinzetten- oder Spitzgriff gegriffen werden. Vor allem für das Herausnehmen und Umstecken müssen die Fingerspitzen verwendet werden, da zwischen den Plättchen nur wenige Millimeter liegen.

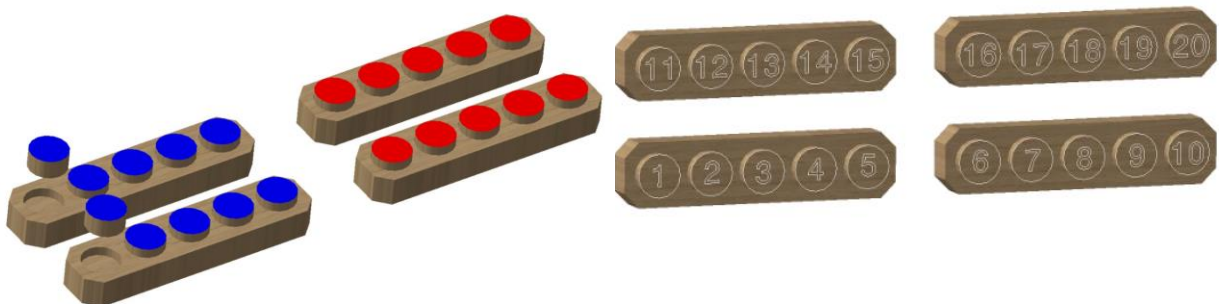


Abb. 4: Rechenschiffchen aus Holz

Arbeitsmittel (3): „Rechenschiffchen für den Start in die Welt der Zahl“

Schroedel Vertrieb Spectra

Diese Rechenschiffchen sind vergleichbar mit Arbeitsmittel (2), jedoch bestehen diese komplett aus Pappkarton, sowohl die Schiffchen als auch die runden Plättchen. Der Karton ist nur wenige Millimeter dick. Um die Plättchen zu greifen, sie in die Aussparungen des Schiffchens zu legen oder herauszunehmen müssen die Fingerspitzen, also ein Pinzette- oder Spitzgriff angewandt werden.

Tabelle 2: Kriterienkatalog für gegenständliche Arbeitsmittel

Mathematische Arbeitsmittel in gegenständlicher Form		(1) Greifbarkeit			Größe		Material-beschaffenheit		Greifformen			(2) Zielgerichtetheit	zielgerichtetes Greifen	feines zielgerichtetes Zeigen	grobes zielgerichtetes Zeigen	(3) Rotationsbewegungen	erforderlich	teilweise erforderlich	(4) Beidhändigkeit	erforderlich	teilweise erforderlich	(5) In-Hand-Manipulation	erforderlich
		klein	mittel	groß	leicht	stabil	FG	SG	PG														
(1)	„Ten Frame Numeration Board“ - SI Manufacturing	x			x						x								x				
(2)	„Die Rechenschiffchen“ - mathe konkret, Spectra Material	x				x					x										x		
(3)	„Rechenschiffchen für den Start in die Welt der Zahl“ - Schroedel Vertrieb Spectra	x			x						x								x				
(4)	"Rechenschieber" - Verlag unbekannt	x				x					x		x										
(5)	"Abacolino" - SCHUBI Lernmedien AG (2011)	x				x							x								x		
(6)	"MS 24 Mathe-Schiff" - Spectra - Lernspiel	x				x					x												

(7)	"Am Geobrett Geometrie entdecken. Ein Grundkurs in Geometrie" - Mildenberger Verlag		x	x			x		x	x							x		
(8)	"Einmal-Eins-Trainer" - Verlag unbekannt			x		x			x								x		
(9)	"Schauen und Bauen. Geometrische Spiele im Quadern" - Klett Verlag				x	x		x	x										
(10)	"50 Steckwürfel zur Demonstration" - Mildenberger Verlag				x		x	x	x						x		x		
(11)	"Zahlenfahnder. Ein Rechenspiel auf der Hunderter-Tafel" - Kallmeyer Lernspiele		x				x			x					x			x	
(12)	"Das Zahlenbuch - Spielmaterial 1/2" - Klett Verlag		x			x	x		x	x					x			x	
(13)	"Farbige Cuisinaire-Stäbe" - SCHUBI		x				x			x									
(14)	"Die Spectra Rechenstäbe" - mathe konkret, Spectra Verlag		x				x			x									
(15)	"Das Hunderterbrettchen" - mathe konkret, Spectra Verlag			x			x			x		x						x	
(16)	"Rechenkasetn 1x1. Einmaleins zum Anfassen" - JAKO-O			x			x			x		x							

(17)	"Logico Primo" - Finken Verlag		x				x			x							x		
(18)	"Die Rasmus-Rechentreppe" - Rasmus Lehrmittel-Verlag				x		x	x		x							x		
(19)	"Zahlen-Fühl-Domino" - Verlag unbekannt			x			x		x										
(20)	"Zahlentreppe" - Cornelsen Verlag			x	x		x	x	x										
(21)	"Rechenzug" - Lydia Kutzer Verlag			x			x	x	x									x	
(22)	"Paletti ZWO" - Spectra		x				x			x									
(23)	"Perlensortierkasten" – Toys for Life		x				x			x							x		
(24)	"Getalspel Number game" - educu		x				x			x									
(25)	"Spectra Lernspiel: Flic-Flac"			x			x												
(26)	"Das kleine Denkspielbuch. Probieren und Kombinieren" - programm mathe 2000		x	x						x								x	
(27)	"Mengen, zählen, Zahlen. Die Welt der Mathematik verstehen" (Förderbox) - Cornelsen Verlag		x	x	x	x	x			x	x							x	
(28)	"Finger, Bilder, Rechnen. Förderung des Zahlverständnisses im Zahlenraum bis 10" - Vandenhoeck & Ruprecht Verlag			x			x			x	x							x	

(29)	"Mathematik bauen und begreifen mit Duplo" - Schulverlag		x		x	x	x		x	x					x		x	
------	--	--	---	--	---	---	---	--	---	---	--	--	--	--	---	--	---	--

Tabelle 3: Kriterienkatalog für Printmedien

Mathematische Arbeitsmittel als Printmedium		Beidhändigkeit durch Schüler* In möglich	In-Hand- Manipulation durch Schüler* In möglich	(1) Verwendung eines Schreibwerkzeuges erforderlich	(2) Größe		
					klein (<= 1 cm)	mittel (1,5 – 2,5 cm)	groß (> 3 cm)
(30)	„ZAUBERmini“ - Susanne Schäfer			x	x		
(31)	„Anfangsunterricht Mathematik Pränumerik“ - Persen Verlag			x	x	x	
(32)	„Den Zahlenrum bis 10 aktiv entdecken“ - Persen Verlag			x	x	x	
(33)	„Die Zwanziger-Tafel“ - Persen Verlag			x	x		
(34)	„Mathe an Stationen“ - Auer Verlag			x		x	x

8.5 Zusammenfassung

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit besteht in der Erstellung geeigneter Kriterien, um Arbeitsmittel für den Erstrechenunterricht für SuS mit einer Beeinträchtigung der Handmotorik, zu bewerten und folglich passende auszuwählen.

In Bezug auf die Handmotorik lässt sich die Fähigkeit mit verschiedenen Greifarten zu greifen als eine der wichtigsten hervorheben, um mit Materialien aller Art umgehen zu können. GROSCHWALD et al. (2018, 22f.) führen an, dass die Fähigkeit zur Opposition des Daumens als wichtigstes Entwicklungsziel angesehen werden kann, welches die Grundlage für die präzisen Greifarten, wie den Pinzetten- oder Spitzgriff darstellt. Weiterhin spielen Dreh-, sowie isolierte Fingerbewegungen eine wichtige Rolle. Für das Behinderungsbild der Cerebralparese mit einer Beeinträchtigung der Handmotorik, stellt sich aus den theoretischen Inhalten heraus, dass diese Fähigkeiten durch eine grundsätzliche Bewegungseinschränkung, häufig nur erschwert oder langsamer, bis gar nicht möglich sein können. Bei der Bewertung der Arbeitsmittel wurde jedoch das Kriterium des zielgerichteten Greifens mit 24 Kreuzen am häufigsten ausgewählt. Eine Verwendung des Pinzettengriffs wurde mit 22 Kreuzen am zweithäufigsten angekreuzt. Es ist auffällig, dass das Kriterium der In-Hand-Manipulation bei keinen gegenständlichen Arbeitsmitteln angewandt werden muss, ebenso wie das Kriterium des groben zielgerichteten Zeigens und der Rotationsbewegungen-erforderlich. Bei den Printmedien überwog das Kriterium Größe-klein (vgl. Abb. 6).

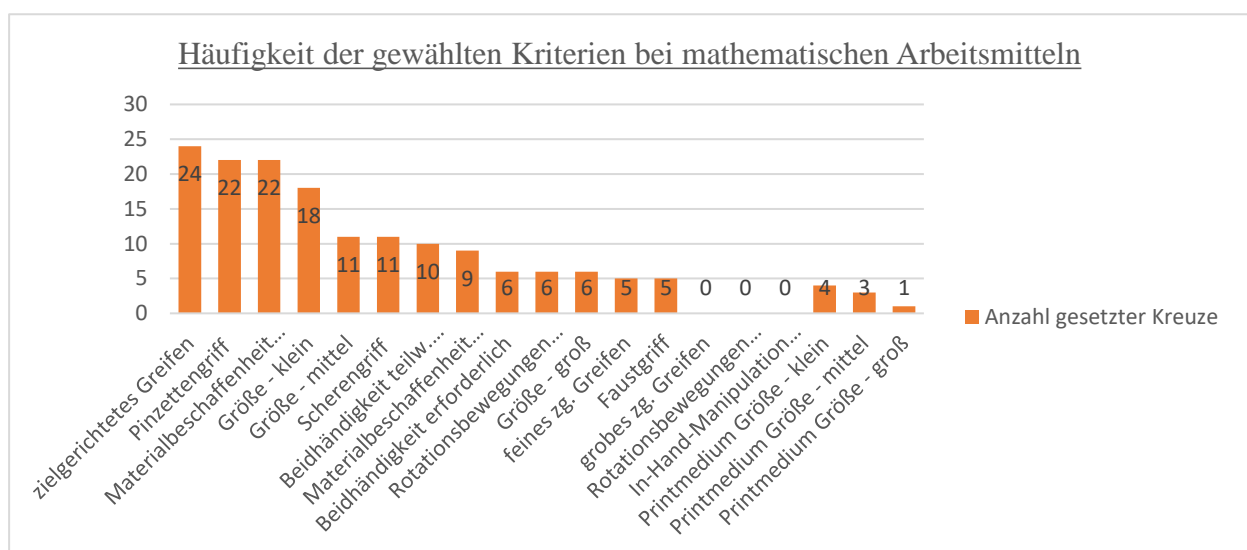


Abb. 5: Häufigkeit der gewählten Kriterien bei mathematischen Arbeitsmitteln

9 Schlussgedanken

Der Kriterienkatalog kann einen ersten Schritt darstellen, um einen Überblick über ausgewählte mathematische Arbeitsmittel der didaktischen Lern- und Forschungsstelle der Universität Würzburg und deren Eigenschaften in Bezug auf die Handhabbarkeit zu erlangen. Weiterhin können Kriterien kennengelernt und ein Bewusstsein für diese geschaffen werden. Darauf aufbauend sind stetige Weiterentwicklungen der Kriterien möglich.

Wünschenswert wäre außerdem eine empirische Überprüfung der Kriterien in der schulischen Praxis, in welcher die bewerteten Materialien in der praktischen Auseinandersetzung und Verwendung von einzelnen SuS angewendet werden können, sodass eine eindeutige Eignung oder Nicht-Eignung festgestellt werden kann. Vor allem das Kriterium *Größe* für Printmedien sollte gezielt getestet werden, um herauszufinden, welche Größen von Kästchen und Linien für SuS mit einer Cerebralparese geeignet und weniger geeignet sind. Dies gilt ebenfalls für die Unterkriterien *Größe - klein* und *Greiformen - Pinzettengriff* des Kriteriums *Greifbarkeit*. Es wäre hilfreich in einer praktischen Testung herauszufinden, inwieweit Materialien in kleiner Größe verwendet werden können und bis zu welcher Größe ein Pinzettengriff angewandt werden muss. Materialien könnten somit noch konkreter ausgewählt oder sogar spezifisch erstellt und weiterentwickelt werden.

Der Zusammenhang zwischen Handmotorik und der Entwicklung mathematischer Kenntnisse bei SuS mit einer Beeinträchtigung der Handmotorik aufgrund einer Cerebralparese, stellt eine Aufgabe für zukünftige Untersuchungen dar, um die Art und Richtung des Zusammenhangs präziser herausfinden und definieren zu können. Dadurch könnten weitere Fördermöglichkeiten, die die Handmotorik in Verbindung mit dem Anfangsunterricht in Mathematik betreffen, untersucht und abgeleitet werden.

Die Verwendung von Arbeitsmitteln bietet Möglichkeiten für die allgemeine und speziell für die mathematische Entwicklung der SuS mit einer Cerebralparese. Diese Tatsache ist daher für jede Lehrkraft des Erststufenunterrichts von Bedeutung. Es sollte jedoch gleichzeitig ein Anreiz geschaffen werden, weitere Schritte der Forschung und der Entwicklung in Bezug auf die Handhabbarkeit von Erststufenmaterialien bei SuS mit einer Cerebralparese zu gehen. Die Individualität der Schülerschaft sollte stets die Grundlage für die Auseinandersetzung mit den Kriterien, sowie für die Vorbereitung des Unterrichts sein, um eine bestmögliche Entwicklung unterstützen zu können.

10 Literaturverzeichnis

BARTH, Karlheinz (2010): Früherkennung und Prävention schulischer Lernstörungen im Übergangsbereich Kindergarten – Grundschule. In: LENART, FRIEDERIKE/ HOLZER, NORBERT/ SCHAUPP, HUBERT (Hrsg.): Rechenschwäche – Rechenstörung - Dyskalkulie. Erkennung : Prävention : Förderung. Graz, 52 – 67.

BAUMANN, Thomas/ DIERAUER, Stefan/ MEYER-HEIM, Andreas (2018): Zerebralparese. Diagnose, Therapie und multidisziplinäres Management. Stuttgart.

BENZ, Christiane/ PETER-KOOP, Andrea/ GRÜßING Meike (2015): Frühe mathematische Bildung: Mathematiklernen der Drei- bis Achtjährigen. Berlin.

BERGEEST, Harry/ BOENISCH, Jens (2019): Körperbehindertenpädagogik. Grundlagen – Förderung – Inklusion. 6. Auflage, Bad Heilbrunn.

BRUNI, Maryanne (2011): Feinmotorik. Ein Ratgeber zur Förderung von Kindern mit Down-Syndrom. 3. Auflage, Zirndorf.

BOBATH, Berta/ BOBATH, Karel (1998): Die motorische Entwicklung bei Zerebralparesen. 5. Auflage, Stuttgart.

BÖS, Klaus/ MECHLING, Heinz (1983): Dimensionen sportmotorischer Leistungen. Band 17, Schorndorf.

DI LUCA, Samuel/ PESENTI, Mauro (2011): Finger numeral representations: more than just another symbolic code. In: *Frontiers in psychology* 2, Artikel 272.

FISCHER, Ursula/ STÖGER, Heidrun/ RÖSCH, Stefanie (2018): Mit geschickten Händen besser rechnen. Die Relevanz der Feinmotorik für die Entwicklung mathematischer Fertigkeiten. In: *begabt & exzellent. Zeitschrift für Begabtenförderung und Begabungsforschung* (2018) Heft 46 Ausgabe 2, 8–12.

FRIES, A.; MOOSECKER, J.: Lernbeeinträchtigung bei körperbehinderten Kindern – Eine Zusammenstellung fokussiert auf Kinder mit Infantiler Zerebralparese (ICP). In: *Sonderpädagogik in Bayern*, 49 (2006) 4, S. 28–39.

GROSCHWALD, Anne/ ROSENKÖTTER, Henning/ SCHUH, Dagmar (2018): Handmotorik bei Kindern: wahrnehmen, beobachten, fördern. Freiburg.

HASEMANN, Klaus/ GASTEIGER, Hedwig (2014): Anfangsunterricht Mathematik. 3. Aufl, Berlin u.a.

KALLENBACH, Kurt (2006): Infantile Cerebralparese (ICP) – frühkindliche cerebrale Bewegungsstörungen. In: KALLENBACH, Kurt (Hrsg.): Körperbehinderungen. Schädigungsaspekte, psychosoziale Auswirkungen und pädagogisch-rehabilitative Maßnahmen. Bad Heilbrunn, 2. Auflage, 59 – 90.

- KÄPNICK, Friedhelm (2014): Mathematiklernen in der Grundschule. Berlin u.a.
- KRAJEWSKI, Kristin/ KÜSPERT, Petra/ SCHNEIDER, Wolfgang (2016): Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen. Paderborn.
- KRAJEWSKI, Kristin (2002): Vorhersage von Rechenschwäche in der Grundschule. Dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg. In: Schriftenreihe. Studien zur Kindheits- und Jugendforschung Band 29, Hamburg.
- LEHRPLANPLUS ISB BAYERN, Förderschule Grundschulstufe mit dem Förderschwerpunkt Lernen
<https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/foerderschule/1/mathematik/foerderschwerpunkt/lernen> Aufgerufen am 25.07.20.
- LEHRPLANPLUS ISB BAYERN Förderschwerpunkt körperliche Entwicklung Fachprofile 2019.
<https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachprofil/foerderschule/mathematik/foerderschwerpunkt/kme> Aufgerufen am 25.07.20.
- LEYENDECKER, Christoph (2005): Motorische Behinderungen. Grundlagen, Zusammenhänge und Förderungsmöglichkeiten. Stuttgart.
- LORENZ, Holger Jens (2012): Kinder begreifen Mathematik. Frühe mathematische Bildung und Förderung. Stuttgart.
- MICHAELIS, Richard (2017): Entwicklung und Entwicklungsbeurteilungen. In: MICHAELIS, RICHARD/ NIEMANN, GERHARD/ BERGER, Renate/ WOLFF, Markus (Hrsg): Entwicklungsneurologie und Neuropädiatrie. Stuttgart, 5. Auflage, 94 – 148.
- MILZ, Ingeborg (2004): Rechenschwächen erkennen und behandeln: Teilleistungsstörungen im mathematischen Denken neuropädagogisch betrachtet. 6. Aufl. Dortmund.
- MOELLER, Korbinian/ FISCHER, Ursula/ LINK, Tanja/ WASNER, Mirijam/ HUBER, Stefan/ CRESS, Ulrike/ NUERK, Hans-Christoph (2012): Learning and development of embodied numerosity. Tübingen. In: Cognitive Processing 13, 271 – 274.
- MOSER OPITZ, Elisabeth (2008): Zählen – Zahlbegriff – Rechnen. Theoretische Grundlagen und eine empirische Untersuchung zum mathematischen Erstrechenunterricht in Sonderklassen. 3. Aufl. Bern.
- PAULI, Sabine/ KISCH, Andrea (2016): Geschickte Hände: Handgeschicklichkeit bei Kindern: spielerische Förderung von 4 – 10 Jahren. Dortmund.
- PAULI, Sabine/ KISCH, Andrea (2019): RAVEK: Ravensburger Erhebungsbogen fein- und grafomotorischer Kompetenzen – Befunderhebung von 4 – 10 Jahren. 2. Auflage, Dortmund.
- PIKAS Deutsches Zentrum für Lehrerbildung Mathematik (2018). Dortmund
https://pikas.dzlm.de/pikasfiles/uploads/upload/Material/Haus_3_-

[_Umgang_mit_Rechenschwierigkeiten/FM/modul_3.5_darstellungsmittel_200411.pdf](#)
Aufgerufen am 24.06.20.

ROSENKÖTTER, Henning (2013): Motorik und Wahrnehmung im Kindesalter. Eine neuropädagogische Einführung. Stuttgart.

SCHLACK, Hans (2012): Motorische Entwicklung im frühen Kindesalter. In: KiTa Fachtexte. https://www.kita-fachtexte.de/fileadmin/Redaktion/Publikationen/KiTaFT_SchlackIII_MotEntw_2012.pdf
Aufgerufen am 05.07.20.

SCHNEIDER, Wolfgang (Hrsg.) / KÜSPERT, Petra/ KRAJEWSKI Kristin (2013): Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen. Paderborn.

VAN ROOIJEN, Maaïke/ VERHOEVEN, Ludo/ SMITHS, Dirk-Wouter/ KETELAAR, Marjolijn/ BECHER, Jules G./ STEENBERGEN, Bert (2012): Arithmetic performance of children with cerebral palsy: The influence of cognitive and motor factors. In: Research in Developmental Disabilities 33, 530 – 537.

VAN ROOIJEN, Maaïke/ VERHOEVEN, Ludo/ STEENBERGEN, Bert (2011): Early numeracy in cerebral palsy: review and future research. In: Developmental Medicine and Child Neurology 53 (3), 202 – 209.

VAN ROOIJEN, Maaïke/ VERHOEVEN, Ludo/ STEENBERGEN, Bert (2015): From numeracy to arithmetic: Precursors of arithmetic performance in children with cerebral palsy from 6 till 8 years of age. In: Research in Developmental Disabilities 45 – 46, 49 – 57.

VAN ROOIJEN, Maaïke/ VERHOEVEN, Ludo/ STEENBERGEN, Bert (2016): Working memory and fine motor skills predict early numeracy performance of children with cerebral palsy. In: Child Neuropsychology 22 (6), 735 – 747.

VÖLKER, Steffen (2010): Körperwahrnehmung und schulisches Lernverhalten. Oberhausen.

WIECZOREK, Marion (2005): Zur Problematik des Mathematikunterrichts bei Schülern mit Körperbehinderungen – Methodisch-didaktische Zugangswege. In: Zeitschrift für Heilpädagogik (2005) Ausgabe 6, 235 – 241.

11 Anhang

1 Abbildungsverzeichnis	60
2 Tabellenverzeichnis.....	60
3 Kriterienkatalog.....	61

1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Hausmodell der feinmotorischen Fähigkeiten. (In Anlehnung an: BRUNI 2011, 16)..	10
Abb. 2: Greifarten. Von links nach rechts: Pinzettengriff, Spitzgriff, Dreipunktgriff. (M&I-FACHKLINIK BAD LIEBENSTEIN 2019)	15
Abb. 3: Rechenschiffchen aus Schaumstoff.....	48
Abb. 4: Rechenschiffchen aus Holz	48
Abb. 5: Häufigkeit der gewählten Kriterien bei mathematischen Arbeitsmitteln.....	54

2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski (2013) (erstellt n. KRAJEWSKI et al. 2016, 25)	26
Tabelle 2: Kriterienkatalog für gegenständliche Arbeitsmittel	50
Tabelle 3: Kriterienkatalog für Printmedien	53

3 Kriterienkatalog

Abkürzungen: FG: Faustgriff; SG: Scherengriff; PG: Pinzettengriff

		Mathematische Arbeitsmittel in gegenständlicher Form			
(1) Greifbarkeit					
Größe	klein				
	mittel				
	groß				
Materialbeschaffenheit	leicht				
	stabil				
Greiformen	FG				
	SG				
	PG				
(2) Zielgerichtetheit					
zielgerichtetes Greifen					
feines zielgerichtetes Zeigen					
grobes zielgerichtetes Zeigen					
(3) Rotationsbewegungen					
erforderlich					
teilweise erforderlich					
(4) Beidhändigkeit					
erforderlich					
teilweise erforderlich					
(5) In-Hand-Manipulation					
erforderlich					

	Mathematische Arbeitsmittel als Printmedium		
Beidhändigkeit durch Schüler*In möglich			
In-Hand-Manipulation durch Schüler*In möglich			
(1) Verwendung eines Schreibwerkzeuges			
erforderlich			
(2) Größe			
klein (≤ 1 cm)			
mittel (1,5 – 2,5 cm)			
groß (> 3 cm)			