



universität  
wien

# Diplomarbeit

## Die Entwicklung und Erfassung der mathematischen Fähigkeiten im Vorschulalter

Verfasserin

Martina Danis

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Februar 2010

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Ass. Prof. Dr. Pia Deimann



# Vorwort

Ich möchte all jenen danken, die mir sowohl während des Studiums als auch während der Diplomarbeitsphase tatkräftig zur Seite standen.

Als Erstes gilt mein Dank meinen beiden Diplomarbeitsbetreuerinnen, Frau Ass. Prof. Dr. Pia Deimann und Frau Ass. Prof. Dr. Kastner-Koller für die Unterstützung und nette Betreuung.

Des Weiteren möchte ich meiner Familie einen herzlichen Dank aussprechen, die mir das Psychologiestudium erst ermöglicht hat. Danke für euer Vertrauen, die emotionale und finanzielle Unterstützung.

Ein besonderer Dank gilt den Kindergartenleiterinnen, -pädagoginnen und Kinderbetreuerinnen, die mich in der Zeit meiner Datenerhebung tatkräftig unterstützt und mich während dieser Zeit herzlich in den Kindergärten aufgenommen haben.

Ein großes DANKESCHÖN an all die Kinder die an der Untersuchung teilnahmen und deren Eltern für das Einverständnis und Interesse an der Teilnahme. Ohne sie/euch wäre diese Diplomarbeit nicht zustande gekommen. Es war eine sehr schöne Zeit mit euch und ich hoffe ihr hattet genauso viel Freude wie ich.

Last but not least möchte ich meinen Freunden danken, die mich während des Verfassens der Diplomarbeit emotional unterstützt haben und mir in schwierigeren Zeiten immer mit einem aufmunternden Wort zur Seite standen. Danke für das Korrekturlesen der Diplomarbeit: Cornelia Granl, Barbara Häusler, Matthias Leimer, Mag. Sigrid Manhart und Birgit Schmidt.

**VIELEN DANK!!!**



# Inhaltsverzeichnis

|                              |                                                                                        |           |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INHALTSVERZEICHNIS</b>    |                                                                                        | <b>I</b>  |
| <b>A) THEORETISCHER TEIL</b> |                                                                                        | <b>1</b>  |
| <b>1</b>                     | <b><u>EINLEITUNG</u></b>                                                               | <b>2</b>  |
| <b>2</b>                     | <b><u>PRÄVERBALE FÄHIGKEIT ZUR ZÄHLERFASSUNG</u></b>                                   | <b>3</b>  |
| 2.1                          | VERGLEICH VON MENGEN UNTERSCHIEDLICHER GRÖßE                                           | 3         |
| 2.2                          | PRÄVERBALE ARITHMETIK                                                                  | 6         |
| 2.3                          | ERKLÄRUNGSANSÄTZE FÜR PRÄVERBALE NUMERISCHE REPRÄSENTATIONEN                           | 9         |
| <b>3</b>                     | <b><u>ZÄHLEN LERNEN</u></b>                                                            | <b>12</b> |
| 3.1                          | ERLERNEN DER ZAHLWORTREIHE                                                             | 13        |
| 3.2                          | DIE ZÄHLPRINZIPIEN NACH GELMAN UND GALLISTEL                                           | 13        |
| 3.2.1                        | DAS PRINZIP DER EINS-ZU-EINS-ZUORDNUNG                                                 | 13        |
| 3.2.2                        | DAS PRINZIP DER STABILEN REIHENFOLGE                                                   | 17        |
| 3.2.3                        | DAS PRINZIP DER KARDINALITÄT                                                           | 18        |
| 3.2.4                        | DAS ABSTRAKTIONSPRINZIP                                                                | 23        |
| 3.2.5                        | DAS PRINZIP DER IRRELEVANTEN REIHENFOLGE                                               | 25        |
| <b>4</b>                     | <b><u>MENGENVERGLEICHE IM VORSCHULALTER</u></b>                                        | <b>28</b> |
| <b>5</b>                     | <b><u>ZUSAMMENHÄNGE DES RECHNERISCHEN DENKENS MIT ANDEREN KOGNITIVEN BEREICHEN</u></b> | <b>31</b> |

|                 |                                                                                                              |                  |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>5.1</b>      | <b>SPRACHE UND RECHNERISCHES DENKEN</b>                                                                      | <b>31</b>        |
| <b>5.2</b>      | <b>ARBEITSGEDÄCHTNIS UND RECHNERISCHES DENKEN</b>                                                            | <b>36</b>        |
| 5.2.1           | ZENTRALE EXEKUTIVE                                                                                           | 37               |
| 5.2.2           | PHONOLOGISCHER SPEICHER                                                                                      | 38               |
| 5.2.3           | VISUELL-RÄUMLICHER NOTIZBLOCK                                                                                | 39               |
| <b>5.3</b>      | <b>LOGISCHES UND RECHNERISCHES DENKEN</b>                                                                    | <b>40</b>        |
| <b>5.4</b>      | <b>RÄUMLICHES VORSTELLUNGSVERMÖGEN UND RECHNERISCHES DENKEN</b>                                              | <b>40</b>        |
| <b><u>6</u></b> | <b><u>UNTERSCHIEDE ZWISCHEN VERSCHIEDENEN GRUPPEN IN BEZUG AUF RECHNERISCHES DENKEN</u></b>                  | <b><u>43</u></b> |
| <b>6.1</b>      | <b>UNTERSCHIEDE DURCH DEN SOZIOÖKONOMISCHEN STATUS</b>                                                       | <b>43</b>        |
| <b>6.2</b>      | <b>GESCHLECHTSUNTERSCHIEDE</b>                                                                               | <b>43</b>        |
| <b><u>7</u></b> | <b><u>ARITHMETIK</u></b>                                                                                     | <b><u>46</u></b> |
| <b>7.1</b>      | <b>ADDITIONEN UND SUBTRAKTIONEN IM VORSCHULALTER</b>                                                         | <b>47</b>        |
| <b>7.2</b>      | <b>DAS VERSTÄNDNIS VON INVERSIONSAUFGABEN IM VORSCHULALTER</b>                                               | <b>50</b>        |
| <b>7.3</b>      | <b>BEARBEITEN VON TEXTAUFGABEN IM VORSCHULALTER</b>                                                          | <b>52</b>        |
| <b>7.4</b>      | <b>RECHNEN MIT BRUCHSTÜCKEN IM VORSCHULALTER</b>                                                             | <b>54</b>        |
| <b>7.5</b>      | <b>DAS VERSTÄNDNIS VON ADDITION, SUBTRAKTION UND DEREN ZUSAMMENHANG IM SCHULALTER</b>                        | <b>56</b>        |
| <b><u>8</u></b> | <b><u>DIAGNOSTIK DER MATHEMATISCHEN LEISTUNGEN IM VORSCHULALTER</u></b>                                      | <b><u>60</u></b> |
| <b>8.1</b>      | <b>VORHERSAGEKRAFT SPEZIFISCHER MATHEMATISCHER VORLÄUFERFERTIGKEITEN</b>                                     | <b>60</b>        |
| <b>8.2</b>      | <b>DIAGNOSTISCHE VERFAHREN ZUR ERHEBUNG DER MATHEMATISCHEN ENTWICKLUNG IM VORSCHULALTER</b>                  | <b>62</b>        |
| 8.2.1           | OSNABRÜCKER TEST ZUR ZAHLENBEGRIFFSENTWICKLUNG                                                               | 62               |
| 8.2.2           | SUBTEST „RECHNEN“ DER KAUFMAN-ASSESSMENT BATTERY FOR CHILDREN                                                | 63               |
| 8.2.3           | DIE BASISKOMPETENZ „ZAHLEN- UND MENGENWISSEN“ DES SCREENINGS FÜR KOGNITIVE BASISKOMPETENZEN IM VORSCHULALTER | 64               |
| 8.2.4           | TEST ZUR ERFASSUNG MATHEMATISCHER KOMPETENZEN IM VORSCHULALTER                                               | 64               |
| 8.2.5           | SUBTEST „ANGEWANDTES RECHNEN“ DES ADAPTIVEN INTELLIGENZDIAGNOSTIKUMS 2                                       | 65               |

|                                   |                                                                                                 |           |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 8.2.6                             | KINDERGARTENVERSION DER NEUROPSYCHOLOGISCHEN TESTBATTERIE FÜR<br>ZAHLENVERARBEITUNG UND RECHNEN | 66        |
| 8.2.7                             | SUBTEST „RECHNEN“ DES WIENER ENTWICKLUNGSTESTS                                                  | 67        |
| <b><u>B) EMPIRISCHER TEIL</u></b> |                                                                                                 | <b>69</b> |
|                                   |                                                                                                 |           |
| <b><u>9</u></b>                   | <b><u>ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNGEN</u></b>                                                   | <b>70</b> |
|                                   |                                                                                                 |           |
| <b>9.1</b>                        | <b>FRAGESTELLUNGEN</b>                                                                          | <b>70</b> |
| 9.1.1                             | TESTTHEORETISCHE ANALYSEN ZUR SUBSKALA „RECHNEN“                                                | 71        |
|                                   |                                                                                                 |           |
| <b><u>10</u></b>                  | <b><u>UNTERSUCHUNGSABLAUF</u></b>                                                               | <b>72</b> |
|                                   |                                                                                                 |           |
| <b><u>11</u></b>                  | <b><u>BESCHREIBUNG DER EINGESETZTEN VERFAHREN</u></b>                                           | <b>73</b> |
|                                   |                                                                                                 |           |
| <b>11.1</b>                       | <b>DER WIENER ENTWICKLUNGSTEST (WET; KASTNER-KOLLER &amp; DEIMANN, 2002)</b>                    | <b>73</b> |
| 11.1.1                            | SUBTEST „LERNBÄR“                                                                               | 74        |
| 11.1.2                            | SUBTEST „TURNEN“                                                                                | 74        |
| 11.1.3                            | SUBTEST „BILDERLOTTO“                                                                           | 74        |
| 11.1.4                            | SUBTEST „NACHZEICHNEN“                                                                          | 75        |
| 11.1.5                            | SUBTEST „SCHATZKÄSTCHEN“                                                                        | 75        |
| 11.1.6                            | SUBTEST „ZAHLEN MERKEN“                                                                         | 75        |
| 11.1.7                            | SUBTEST „BUNTE FORMEN“                                                                          | 75        |
| 11.1.8                            | SUBTEST „GEGENSÄTZE“                                                                            | 75        |
| 11.1.9                            | SUBTEST „QUIZ“                                                                                  | 76        |
| 11.1.10                           | SUBTEST „WÖRTER ERKLÄREN“                                                                       | 76        |
| 11.1.11                           | SUBTEST „PUPPENSPIEL“                                                                           | 76        |
| 11.1.12                           | SUBTEST „FOTOALBUM“                                                                             | 76        |
| 11.1.13                           | ELTERNFRAGEBOGEN                                                                                | 76        |
| 11.1.14                           | SUBTEST „RECHNEN“                                                                               | 76        |
| 11.1.15                           | ERWEITERUNG DES SUBTESTS „MUSTER LEGEN“                                                         | 78        |

|                  |                                                                                         |                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b><u>12</u></b> | <b><u>STICHPROBENBESCHREIBUNG</u></b>                                                   | <b><u>79</u></b>  |
| <b>12.1</b>      | <b>LEISTUNGEN DER GESAMTSTICHPROBE</b>                                                  | <b>80</b>         |
| <b>12.2</b>      | <b>ERGEBNISSE EINIGER UNTERGRUPPEN DER GESAMTSTICHPROBE</b>                             | <b>82</b>         |
| 12.2.1           | UNTERSCHIEDE ZWISCHEN ÖSTERREICHISCHEN KINDERN UND KINDERN MIT<br>MIGRATIONSHINTERGRUND | 82                |
| 12.2.2           | UNTERSCHIEDE ZWISCHEN KINDERN DIE DEN KINDERGARTEN HALBTAGS ODER GANZTAGS<br>BESUCHTEN  | 84                |
| 12.2.3           | GESCHLECHTSUNTERSCHIEDE                                                                 | 85                |
| <b><u>13</u></b> | <b><u>ERGEBNISSE</u></b>                                                                | <b><u>86</u></b>  |
| <b>13.1</b>      | <b>ZUSAMMENHÄNGE DES SUBTESTS „RECHNEN“</b>                                             | <b>86</b>         |
| 13.1.1           | KORRELATIONEN ZWISCHEN DEM SUBTEST „RECHNEN“ UND DEN WEITEREN SUBTESTS DES<br>WET       | 87                |
| 13.1.2           | KORRELATIONEN MIT DEN FUNKTIONSBEREICHEN DES WET                                        | 90                |
| 13.1.3           | KORRELATION MIT DEM GESAMTENTWICKLUNGSSCORE DES WET                                     | 91                |
| <b>13.2</b>      | <b>FAKTORENANALYSE</b>                                                                  | <b>92</b>         |
| <b>13.3</b>      | <b>RELIABILITÄTSANALYSE</b>                                                             | <b>95</b>         |
| <b>13.4</b>      | <b>ANALYSE AUF ITEMBASIS</b>                                                            | <b>96</b>         |
| 13.4.1           | SCHWIERIGKEITSINDIZES DER EINZELNEN ITEMS                                               | 96                |
| 13.4.2           | TRENNSCHÄRFEN DER ITEMS DER SKALA „RECHNEN“                                             | 98                |
| <b><u>14</u></b> | <b><u>DISKUSSION</u></b>                                                                | <b><u>100</u></b> |
| <b><u>15</u></b> | <b><u>ZUSAMMENFASSUNG/ABSTRACT</u></b>                                                  | <b><u>105</u></b> |
| <b><u>16</u></b> | <b><u>LITERATURVERZEICHNIS</u></b>                                                      | <b><u>107</u></b> |
| <b><u>17</u></b> | <b><u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u></b>                                                     | <b><u>116</u></b> |

|                  |                                                                             |                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b><u>18</u></b> | <b><u>TABELLENVERZEICHNIS</u></b>                                           | <b><u>117</u></b> |
| <b><u>19</u></b> | <b><u>ANHANG</u></b>                                                        | <b><u>118</u></b> |
|                  | <b>B) NORMALVERTEILUNGSÜBERPRÜFUNG DER SUBTESTS DES WET</b>                 | <b>119</b>        |
|                  | <b>C) PUNKTBISERIALE KORRELATIONEN FÜR DIE BERECHNUNG DER TRENNSCHÄRFEN</b> | <b>120</b>        |



## **A) Theoretischer Teil**

# 1 Einleitung

Rechenstörungen treten etwa gleich häufig auf wie Lese- und Schreibstörungen, jedoch sind die Kenntnisse über die mathematische Entwicklung vergleichsweise gering (Fritz & Ricken, 2005). Um eine gezielte Frühförderung setzen zu können ist es wichtig, Vorläuferfertigkeiten mathematischen Wissens zu entlarven um diagnostische Verfahren zu entwickeln, die diese erfassen.

Nach Weinhold Zulauf, Schweiter und Von Aster (2003) baut mathematisches Wissen auf Vorwissen und Fähigkeiten auf, die schon im Kleinkind- und Kindergartenalter erworben werden. Eine differenzierte Erfassung dieser Vorläuferfertigkeiten stellt die Voraussetzung für eine mögliche Vorhersage späterer Schulleistungsstörungen und die Entwicklung präventiver Frühfördermethoden dar (Weinhold-Zulauf et al., 2003).

Das Thema der vorliegenden Arbeit entstand im Rahmen einer Normierungsstudie für die dritte Auflage des Wiener Entwicklungstests (WET, Kastner-Koller & Deimann, in press). Die Neuauflage wurde um den Subtest „Rechnen“ erweitert. Aus diesem Grund behandelt die Diplomarbeit die mathematische Entwicklung im Vorschulalter.

Im ersten Teil wurde kurz auf die präverbale numerische Entwicklung des Säuglings eingegangen. Zusätzlich zur Entwicklung des Zählens wurden die arithmetischen Fähigkeiten von Kindergartenkindern abgehandelt. Es folgt eine kurze Darstellung der arithmetischen Entwicklung in der Schule. Den Abschluss des theoretischen Teils bildet die Aufzählung und Beschreibung einiger Testverfahren zur Erfassung mathematischer Konstrukte im Kindergarten- und Vorschulalter.

Des Weiteren wurde auf Zusammenhänge des rechnerischen Denkens im Vorschulalter mit weiteren kognitiven Bereichen eingegangen. Im empirischen Teil sind die Zusammenhänge zwischen diesen Untertests des Wiener Entwicklungstests beschrieben. Außerdem wurden testtheoretische Analysen zur Konstruktvalidität und zur Reliabilität des Subtests „Rechnen“ durchgeführt.

## **2 Präverbale Fähigkeit zur Zahlerfassung**

Jüngste Forschungsergebnisse zeigen, dass Kinder schon im ersten Lebensjahr in der Lage sind Zahlen zu erfassen (Dehaene, 1999). Um die präverbalen, numerischen Kompetenzen zu untersuchen, wurden Habituationsexperimente eingesetzt. Dabei wird dem Säugling ein bestimmter Reiz so oft dargeboten, bis er das Interesse daran verliert, er habituiert. Im Anschluss wird dem Säugling der gleiche Reiz abwechselnd mit einem neuen Stimulus gezeigt. Wird durch den neuen Stimulus das Interesse des Säuglings wieder erweckt, d. h. er dishabituert, so geht man davon aus, dass er Unterschiede zwischen den beiden Reizen erkennt (Kavšek, 2004). Die Reaktivierung des Interesses zeigt sich in längeren Fixationszeiten.

### **2.1 Vergleich von Mengen unterschiedlicher Größe**

Starkey, Spelke und Gelman (1990) zeigten, dass 6 bis 9 Monate alte Kinder Bilder mit 2 Objekten von Bildern mit 3 Objekten unterscheiden konnten. Nach der Habituation betrachteten die Kinder länger die Bilder mit der neuen Anzahl an Objekten, sie dishabituerten. Nicht-numerische Eigenschaften, wie die Helligkeit, Oberflächengröße und die Gesamtkonturausdehnung der Gegenstände wurden kontrolliert, sodass die Reaktion der Säuglinge auf die verschiedenen Anzahlen an Objekten zurückgeführt werden konnte. Säuglinge können auch Bilder mit größeren Mengen voneinander unterscheiden. Im Experiment von Brannon, Abbott und Lutz (2004) unterschieden 6 Monate alte Kinder Bilder mit 8 Punkten von Bildern mit 16 Punkten. Durch ein Kontrollexperiment konnten die Autoren nachweisen, dass die Unterscheidung auf der numerischen Information der Bilder basierte und nicht auf der gesamten Oberflächengröße der Punkte (die bei 16 Punkten um das Doppelte größer war als bei 8 Punkten). Säuglinge gleichen Alters konnten jedoch Bilder mit 8 und 12 Punkten nicht erfolgreich diskriminieren (Xu & Spelke, 2000), wodurch gezeigt werden konnte, dass die Unterscheidungsfähigkeit vom Verhältnis der Größe der zu unterscheidenden Mengen abhängt.

5 Monate alte Säuglinge konnten sogar zwei von vier sich bewegende Gruppen voneinander unterscheiden. Die Gruppen bestanden jeweils aus 3 Elementen, die sich unabhängig voneinander in ihrer Gruppe bewegten. Die Gruppen selbst zogen in der Habituationsphase vertikal über einen Bildschirm und in der Testphase horizontal. Die Kinder sahen die einzelnen Elemente einer Gruppe als eine Einheit an, konnten die Menge der Einheiten aus der visuellen Information abstrahieren und diskriminieren (Wynn, Bloom & Chiang, 2002).

Die Unterscheidung von verschiedenen Reizen auf Basis der numerischen Information im Säuglingsalter ist nicht auf visuelle Stimuli beschränkt. Van Marle und Wynn (2009) zeigten, dass 7 Monate alte Säuglinge eine Sequenz mit 2 Tönen von einer Sequenz mit 4 Tönen voneinander unterscheiden konnten. Dazu wurde eine Puppe auf einer kleinen Bühne präsentiert, in deren Bauch ein Lautsprecher integriert war, der die Töne abspielte. Die Säuglinge betrachteten die Puppe länger, wenn sie eine neue Anzahl an Tönen spielte, als die Anzahl mit der sie habituiert wurden. Konfundierende Variablen, wie das Tempo, die Gesamtsequenzdauer und die Melodik der Tonsequenzen wurden kontrolliert, weshalb angenommen wurde, dass die Kinder aufgrund der Anzahl der Töne diskriminierten. Lipton und Spelke (2003) konnten auf die gleiche Art nachweisen, dass 6 Monate alte Kinder auch zwischen Sequenzen mit 8 und mit 16 Tönen erfolgreich unterscheiden konnten, das Verhältnis der beiden Mengen betrug also 1:2. Sie konnten jedoch nicht zwischen Sequenzen mit 8 und 12 Tönen unterscheiden, einem Verhältnis von 2:3. 9 Monate alte Kinder schafften es Tonsequenzen, die sich in ihrer Anzahl an Tönen in einem Verhältnis von 2:3 unterschieden, erfolgreich zu diskriminieren, jedoch nicht zwischen Sequenzen mit 8 und 10 Tönen. Die Unterscheidungsfähigkeit zwischen Mengen verschiedener Größen an auditiven Stimuli ist, genauso wie bei visuellen Reizen, vom Verhältnis der Mengengrößen abhängig und verbessert sich zwischen 6 und 9 Monaten, noch lange bevor der Spracherwerb einsetzt.

Säuglinge im Alter von 5 bis 8 Monaten sind in der Lage, numerische Informationen aus Stimuli verschiedener sensorischer Modalitäten zu extrahieren. Ebenso können sie erfolgreich Mengen aus verschiedenen Modalitäten miteinander in Beziehung setzen und gleich große Mengen erkennen. Starkey, Spelke und Gelman (1990) zeigten in ihrer Untersuchung, dass Säuglinge die Fähigkeit besitzen eine Korrespondenz zwischen

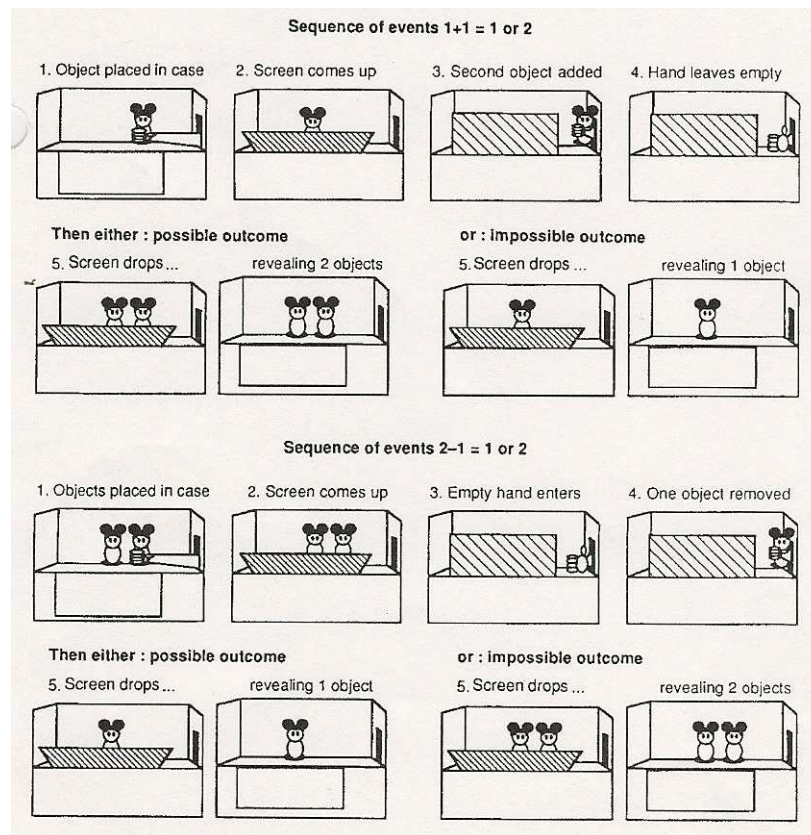
Mengen die visuell und auditiv geboten wurden, zu erkennen. Den Kindern wurde gleichzeitig ein Bild mit zwei Gegenständen und ein Bild mit drei Gegenständen gezeigt. Simultan wurden Tonsequenzen entweder mit zwei oder drei Trommelschlägen präsentiert. Die Säuglinge schauten länger auf das Bild, das die gleiche Menge an Elementen zeigte, wie Trommelschläge gespielt wurden. Sie entdeckten also die numerische Äquivalenz der auditiven und visuellen Stimuli, sowohl bei simultan als auch bei sequenziell dargebotenen Reizen. Säuglinge betrachteten Bilder ebenfalls länger, wenn diese die gleiche Menge an Elementen zeigten, wie die von ihnen zuvor abgetasteten Gegenstände (Fèron, Gentaz & Streri, 2006). Der cross-modale Transfer der numerischen Information wurde also auch zwischen taktilen und visuellen Stimuli nachgewiesen. Säuglinge sind dazu in der Lage eine Eins-zu-Eins Korrespondenz vorzunehmen.

Noch aussagekräftiger als die Ergebnisse des zuvor beschriebenen *cross-modal-matching-Paradigmas* sind die Ergebnisse des *visuellen-Erwartungsparadigmas*, welches in der folgend beschriebenen Studie eingesetzt wurde. Canfield und Smith (1996) wiesen nach, dass 5 Monate alte Kinder in der Lage sind, aufgrund numerischer Information die Lokalisation eines Bildes vorherzusagen. Dazu wurden den Säuglingen vier Bilder gezeigt, wobei die ersten drei nacheinander auf der linken Seite erschienen und das vierte Bild auf der rechten Seite einer Leinwand. Gemessen wurde die Latenz der Augenbewegungen. Wenn die Kinder innerhalb von 200 Millisekunden nach dem letzten links präsentierten Bild den Blick von der linken auf die rechte Seite schwenken, kann angenommen werden, dass sie das nächste Bild aufgrund der numerischen Information auf der rechten Seite erwarten. In einer Kontrollgruppe wurden den Kindern die Bilder auf eine unsystematische Weise auf der linken und rechten Seite präsentiert. Die 5 Monate alten Kinder der Experimentalgruppe waren dazu in der Lage das letzte Bild auf der rechten Seite zu erwarten, die Kinder der Kontrollgruppe nicht. Dies weist darauf hin, dass 5 Monate alte Kinder zu einer präverbalen sequenziellen Aufzählung von Elementen fähig sind.

## 2.2 Präverbale Arithmetik

1992 konnte Wynn mit einem Aufsehen erregenden Experiment zeigen, dass Kinder im ersten Lebensjahr in der Lage sind, einfachste arithmetische Schlussfolgerungen zu ziehen. Hierzu wurde eine kleine Puppenbühne gebaut. In die Mitte der Bühne wurde, für das Kind sichtbar, eine Mickeymaus gesetzt. Vor der Bühne befand sich eine Platte, die hochgezogen werden konnte. Nach der Platzierung der ersten Mickeymaus wurde diese Platte hochgezogen, sodass die Mickeymaus für das Kind nicht mehr sichtbar war. Dann wurde eine zweite Mickeymaus von der Seite her hinter die Platte bewegt. Die Kinder konnten sehen, dass die zweite Maus hinzukam, konnten aber beide Mäuse nicht gleichzeitig sehen, da sich direkt vor diesen die Platte befand. Dies stellte die Addition  $1 + 1$  dar. Danach wurde die Platte wieder hinuntergelassen und die Kinder konnten entweder eine Puppe (die andere wurde durch eine Falltüre von der Bühne entfernt) oder zwei Puppen auf der Bühne vorfinden (Abb. 2.1). 5 Monate alte Säuglinge fixierten das arithmetisch falsche Ergebnis (eine Puppe auf der Bühne) im Durchschnitt um eine Sekunde länger als das erwartete richtige Ergebnis (zwei Puppen auf der Bühne). Nun könnte der Schluss gezogen werden, dass die Kinder eine Puppe interessanter finden als zwei identische Puppen und deshalb länger auf dieses Ergebnis sahen. Dies wurde jedoch mit einer weiteren Versuchsanordnung, in der die Subtraktion  $2 - 1$  dargestellt wurde, widerlegt. Die Säuglinge fixierten in diesem Fall das falsche Ergebnis, zwei Puppen auf der Bühne, länger als eine resultierende Mickeymaus. In einem weiteren Experiment von Wynn (1992) wurde nachgewiesen, dass 5 Monate alte Kinder das präzise Ergebnis erkennen. Es wurde die Aufgabe  $1 + 1$  mit den beiden Ergebnissen 2 und 3 mit den Mickeymäusen dargestellt. Auch hierbei betrachteten die Säuglinge länger das falsche Ergebnis (drei Puppen auf der Bühne). Wynn (1992) interpretierte diese Ergebnisse dahingehend, dass Säuglinge in der Lage sind präzise Resultate von einfachen Rechnungen zu kalkulieren.

Abb. 2.1: Wynn's (1992) Experiment zur präverbalen Arithmetik



2004 versuchten Kobayashi, Hiraki, Mugitani und Hasegawa nachzuweisen, dass 5 Monate alte Kinder zur intermodalen Arithmetik fähig sind. Dazu verwendeten sie einen Monitor, mit dem sie visuelle und auditive Stimuli vereinten. In der Gewöhnungsphase erschienen nacheinander zwei oder drei Puppen am oberen Rand des Monitors und bewegten sich in die Mitte des Bildschirms. Während eine Puppe erschien und sich bewegte, erklang ein Ton. In der Testphase erschien eine Puppe und bewegte sich in die Mitte des Monitors, diese wurde von einem blauen Bildschirm verdeckt. Danach erklangen ein oder zwei Töne (abhängig von der Bedingung), der blaue Bildschirm verschwand, so dass das Ergebnis sichtbar wurde. Die Kinder schauten signifikant länger auf unerwartete, falsche Ergebnisse, also bei  $1 \text{ Objekt} + 1 \text{ Ton} = 3 \text{ Objekte}$  und bei  $1 \text{ Objekt} + 2 \text{ Töne} = 2 \text{ Objekte}$ . Die Forscher schlossen darauf, dass die Kinder eine Erwartung über die Menge gebildet haben, indem sie die visuelle und auditive Information integrierten.

Wakeley, Rivera und Langer replizierten 2000 erfolglos das Experiment von Wynn (1992). Die 5 Monate alten Kinder fixierten die korrekten und inkorrekten Ergebnisse gleich lange. Sie untersuchten ebenfalls das Gegenstück zu Wynn's  $1 + 1 = 2$  oder 3 Experiment. Sie stellten die Aufgabe  $3 - 1 = 2$  oder 1 mit den Mickymäusen dar. Auch hier zeigten die Säuglinge keine Präferenz für ein bestimmtes Ergebnis.

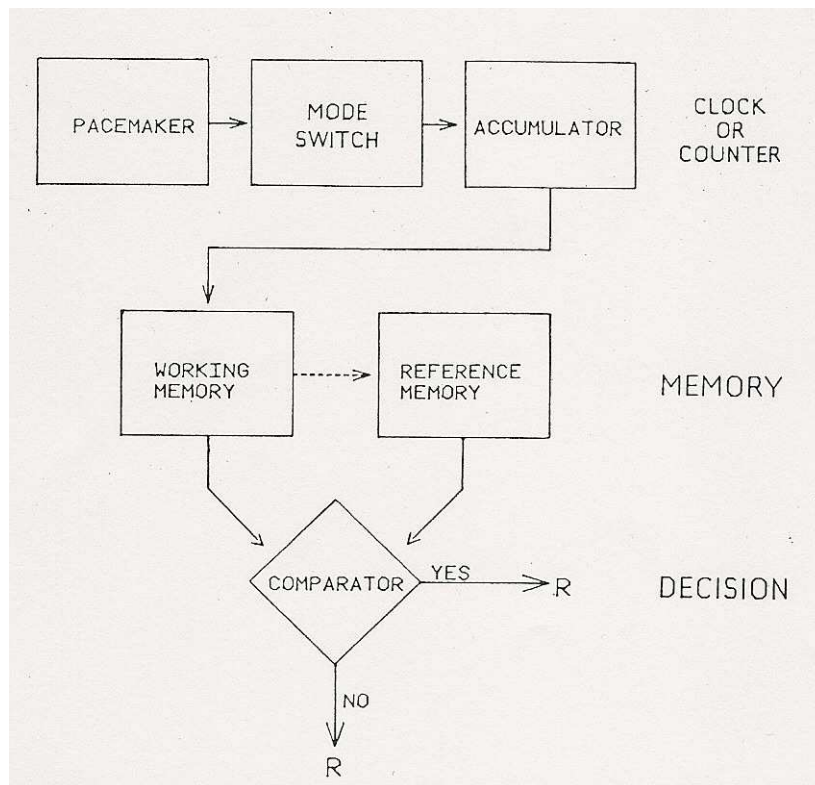
Langer, Gillette und Arriaga (2003) konnten Wynn's Experiment bei 11, 16 und 21 Monate alten Kindern ebenfalls nicht replizieren. Kinder keiner Altersgruppe fixierten die arithmetischen Ergebnisse unterschiedlich lang. Sie konnten jedoch nachweisen, dass 21 Monate alte Kinder bei einfachsten Additions- und Subtraktionsaufgaben sensumotorisch richtige Ergebnisse produzieren können. Das Experiment war folgendermaßen aufgebaut: Bei den Additionsaufgaben gab der Testleiter einen Ball in eine Eierschachtel und forderte das Kind dazu auf diesen Ball von der Eierschachtel in eine undurchsichtige Box zu geben. Der Testleiter holte daraufhin einen weiteren Ball aus einem Sack und gab diesen ebenfalls in die Box. Danach wurde das Kind dazu aufgefordert, alle Bälle – einen nach dem anderen – aus der Box zu holen. Die Box wurde so manipuliert, dass immer nur ein Ball für die Kinder zu ergreifen war. Bei den Subtraktionsaufgaben gab der Testleiter zwei Bälle in die Eierschachtel und forderte das Kind auf alle Bälle – einen nach dem anderen – von der Eierschachtel in die Box zu geben. Danach zog der Testleiter einen Ball wieder aus der Box und gab diesen in einen Sack. Das Kind wurde dazu aufgefordert wieder alle Bälle aus der Box zu holen. Beobachtet wurde die Anzahl der Griffe, welche die Kinder in die Box tätigten. Die Anzahl der Griffe der Kinder war überzufällig oft exakt richtig und meistens ordinal richtig. Bei der Additionsaufgabe griffen die Kinder meist öfter als einmal in die Box und bei der Subtraktionsaufgabe einmal oder gar nicht. Die Forscher schlossen darauf, dass 21 Monate alte Kinder über die pragmatischen Konsequenzen der Addition und Subtraktion eines Elementes Bescheid wissen.

## 2.3 Erklärungsansätze für präverbale numerische Repräsentationen

Es wurde nachgewiesen, dass Kinder im ersten Lebensjahr kleine Anzahlen (1-3) in verschiedenen Modalitäten (visuell, auditiv, taktil) repräsentieren können (Feigenson, Carey & Hauser, 2002; Féron, Gentaz & Streri, 2006; Starkey, Spelke & Gelman, 1990; Van Marle & Wynn, 2009). Säuglinge können auch größere Mengen voneinander unterscheiden und so auch repräsentieren (Brannon, Abbott & Lutz, 2004; Feigenson, Carey & Hauser, 2002; Lipton & Spelke, 2003; Van Marle & Wynn, 2009; Xu, 2003; Xu & Spelke, 2000). Es herrscht jedoch noch Unklarheit darüber, wie die Zahlen repräsentiert werden und ob kleine und große Zahlen auf die gleiche Weise repräsentiert werden. (Vgl. Kapitel 2.1)

Gallistel und Gelman (1992) gehen davon aus, dass präverbale numerische Informationen mental über analoge Größen repräsentiert werden, ähnlich wie Balken, die umso größer sind, je größer die Menge ist. Bei der Unterscheidung zweier Mengen mit großen Zahlen (über 3) ist der Erfolg vom Verhältnis der Größe der beiden Mengen abhängig. Die Unterscheidungsfähigkeit folgt dem Weber'schen Gesetz. Säuglinge können Mengen mit großen Anzahlen differenzieren, wenn sie sich in einem Verhältnis von 2:1 unterscheiden (Brannon, Abbott & Lutz, 2004; Lipton & Spelke, 2003; Xu & Spelke, 2000). Kinder im ersten Lebensjahr schätzen anscheinend die Größe der Menge ab, die Größen sind in mentalen analogen Größen repräsentiert und können bei einem Verhältnis von 2:1 auch erfolgreich diskriminiert werden (Xu, 2003). Bei dem Experiment von Xu (2003) konnten 5 Monate alte Kinder erfolgreich Bilder mit 4 Punkten von Bildern mit 8 Punkten unterscheiden, nicht jedoch die beiden Mengen 2 und 4. Meck & Church (1983) postulierten das *Akkumulator Modell*, indem sie erklärten, wie die Anzahl einer Menge in eine präverbale mentale Repräsentation umgewandelt werden kann (Abb. 2.2). Das Modell besteht aus einem Impulsgenerator, einer Klappe durch die die Impulse gesendet werden und einem Akkumulator in dem die Impulse summiert werden. Durch die Klappe gelangen genauso viele Impulse, wie Elemente zu zählen sind. Die Summe aus dem Generator wird dann ins Kurzzeitgedächtnis weitergeleitet, wo die beiden Mengen miteinander verglichen werden können.

Abb. 2.2: Das präverbale Zählmodell (Akkumulatormodell) nach Meck & Church (1983)



Bei Anzahlen von 1 bis 3 trifft das Weber'sche Gesetz nicht zu. 6 Monate alte Säuglinge können auch zwischen einer Menge von 2 und 3 unterscheiden, was einem Verhältnis von 2:3 entspricht (Clearfield, 2004; Feron, Gentaz & Streri, 2006; Starkey, Spelke & Gelman, 1990). Es wird angenommen, dass bei kleineren Anzahlen bis zu drei Elementen ein weiterer Mechanismus zum Einsatz kommt, das so genannte *object-file System* oder *token-System*. Nach Simon (1997) können Säuglinge, aufgrund eines *subitizing*-ähnlichen Prozesses, kleine Anzahlen unterscheiden. Subitizing ist ein schneller Wahrnehmungsprozess von kleinen Mengen (Mandler & Shebo, 1982). Anzahlen von 1 bis 3 können in 50 Millisekunden richtig wahrgenommen werden, ein Phänomen, das bei Erwachsenen, Säuglingen und bei Tieren auftritt. Simon (1997) geht nun davon aus, dass Säuglinge diese kleinen Mengen durch einen subitizing-ähnlichen Wahrnehmungsprozess aufnehmen. Jedes einzelne Element der kleinen Menge wird als Symbol (oder Token) im Kurzzeitgedächtnis repräsentiert und durch eine Eins-zu-Eins-Zuordnung mit einer

sichtbaren Menge verglichen, um eine Entscheidung über Äquivalenz oder Diskriminanz zwischen den Mengen vorzunehmen.

Xu & Spelke (2000) gehen auch davon aus, dass kleinere Zahlenmengen bis zu 3 Elementen bei Säuglingen via *object-file-System* repräsentiert sind und größere Anzahlen durch einen Abschätzmechanismus verglichen werden. Feigenson, Carey & Hauser (2002) wiesen in ihrem Experiment ebenfalls nach, dass 10 bis 12 Monate alte Kinder zwar 1 von 2 und 2 von 3 Elementen unterscheiden konnten, nicht jedoch 3 von 4, 2 von 4 und 3 von 6 Elementen. Sie gehen ebenfalls von zwei verschiedenen Repräsentationsarten aus, eine für Anzahlen bis 3 und eine für größere Anzahlen, die sich möglicherweise gegenseitig hemmen.

Zusammenfassend zeigen die Forschungsergebnisse, dass Säuglinge ab 5 Monaten Zahlen repräsentieren und verschiedene Anzahlen miteinander vergleichen und diskriminieren können (Abbott & Lutz, 2004; Canfield & Smith, 1996; Fèron, Gentaz & Streri, 2006; Lipton & Spelke, 2003; Starkey, Spelke & Gelman, 1990; Wynn, Bloom & Chiang, 2002; Van Marle & Wynn, 2009; Xu & Spelke, 2000), sowohl bei kleinen als auch bei großen Anzahlen. Bei großen Anzahlen ( $> 3$  Elemente) folgt der Diskriminationserfolg dem Weber'schen Gesetz: Wenn der Unterschied zwischen den beiden zu unterscheidenden Mengen groß genug ist, können die Kinder diese erfolgreich diskriminieren (Brannon, Abbott & Lutz, 2004; Lipton & Spelke, 2003; Xu, 2003; Xu & Spelke, 2000). Bei kleineren Mengen ist es den Kindern auch möglich zwei Mengen zu diskriminieren, die sich nur um ein Element unterscheiden. Dies deutet auf zwei verschiedene Repräsentationsarten von Zahlen im Säuglingsalter hin: große Zahlen werden durch einen Abschätzmechanismus (Akkumulator Modell) repräsentiert und miteinander verglichen, kleinere Mengen werden via *object-file-system* repräsentiert (Canfield, 2004; Feron, Gentaz & Streri, 2006; Starkey, Spelke & Gelman, 1990). Wynn (1992) und Kobayashi et al. (2004) konnten sogar zeigen, dass Säuglinge in der Lage sind einfachste arithmetische Probleme zu lösen. Dies konnte jedoch durch andere Studien nicht repliziert werden (Langer, Gillette & Arriaga, 2003; Wakeley, Rivera & Langer, 2000).

### 3 Zählen lernen

Gelman und Gallistel (1978) definierten in ihrer „counting principles theory“ fünf Zählprinzipien. Kinder besitzen nach dieser Theorie ein angeborenes Zahlenkonzept und erlernen die Bedeutung von Zahlwörtern, indem sie nach und nach die Zählprinzipien verstehen, durch die der Prozess des Zählenlernens geleitet wird. Die ersten drei Zählprinzipien, bestehend aus den Prinzipien der Eins-zu-Eins Zuordnung, der stabilen Reihenfolge und der Kardinalität, beschreiben, wie das Zählen funktioniert (*how to count principles*). Das Abstraktionsprinzip und das Prinzip der irrelevanten Reihenfolge beschreiben, unter welchen Umständen die ersten drei Prinzipien anzuwenden sind. Das Erlernen des Zählens ist nicht einfach, Kinder müssen nicht nur die Zahlwortsequenz lernen, sondern auch verstehen, dass Zahlen einen ordinalen, nominalen und kardinalen Wert haben (Graham, 1999). Um die Zählprinzipien anwenden zu können, müssen die Kinder die ersten Wörter der Zahlwortreihe beherrschen.

Nach Le Corre & Carey (2007) eignen sich Kinder ab etwa 3 Jahren die Zählprinzipien durch das Erlernen der Bedeutung der ersten drei bis vier Zahlen an. Dies geschieht durch einen so genannten *enriched parallel individuation* Prozess. Kleine Mengen aus bis zu 4 Elementen werden in Symbole umgewandelt, das heißt jedes Kind kreiert sein eigenes Symbol für jedes Objekt, um die Anzahl zu repräsentieren, einen Dualmarker, einen Trialmarker und möglicherweise einen Marker für die Anzahl Vier. Diese werden im Langzeitgedächtnis gespeichert. Bei jeder weiteren Auseinandersetzung mit numerischen Informationen werden diese Marker herangezogen, um sie mit der aktuellen Anzahl an Elementen zu vergleichen via Eins-zu-Eins Zuordnung. In diesem Sinne erlernen die Kinder die Zählprinzipien über die ersten vier Anzahlen. Größere Zahlen werden mit den mentalen analogen Größenrepräsentationen in Verbindung gebracht.

### 3.1 Erlernen der Zahlwortreihe

Früh im dritten Lebensjahr lernen Kinder die Zahlwortreihe in der richtigen Reihenfolge aufzusagen. Nach Le Corre, Van de Walle, Brannon und Carey (2006) wissen Kinder in diesem Stadium jedoch noch nicht über die numerische Bedeutung der Wörter Bescheid. Sie erlernen die Liste wie andere Listen mit einer stabilen Reihenfolge, wie zum Beispiel das Alphabet. Als Erstes sagen die Kinder die Zahlwortreihe auf wie einen Reim. Die Zahlwörter in der Liste fungieren anfänglich als Platzhalter für die Repräsentationen von Zahlen. Die numerische Bedeutung der Zahlwörter wird durch die Anwendung der „*counting principles*“ nach Gelman und Gallistel (1978) erworben.

### 3.2 Die Zählprinzipien nach Gelman und Gallistel

#### 3.2.1 Das Prinzip der Eins-zu-Eins-Zuordnung

Das Eins-zu-Eins Prinzip besagt, dass jedem Item ein Zeichen zugeordnet werden muss. Bei der Eins-zu-Eins Zuordnung laufen parallel zwei Prozesse ab. Auf der einen Seite muss ein Item nach dem anderen gezählt werden und dabei die zu zählenden Items in schon gezählte und noch zu zählende eingeteilt werden (*partitioning*). Gleichzeitig muss jenem Item, das gerade gezählt wird, und von den noch zu zählenden Items zu den schon gezählten Items wechselt, ein Wort (Zahlwort) zugeordnet werden (*tagging*). Folgende Fehler können bei den Prozessen geschehen:

- Partitioning-Fehler zeigen sich darin, dass ein Item ausgelassen oder zu viel gezählt wird. Diese treten bei 4-jährigen Kindern kaum mehr auf.
- Tagging-Fehler: Das mehrfache Benutzen eines Zahlwortes, beziehungsweise das doppelte Benennen eines Objekts, treten ab einem Alter von 3 Jahren seltener auf.

2-jährige Kinder benutzen oft noch eigene Zuordnungslisten wie zum Beispiel A, B oder sie verwenden Zahlwörter, die sie schon kennen, in einer unkonventionellen Reihenfolge. 3-jährige Kinder benutzen im Zählprozess nur mehr Zahlwörter. Beim spontanen Zählen von 2 und 3 Objekten konnten 2-Jährige in der Untersuchung von Gelman und Gallistel (1978) zu 80 Prozent fehlerfreie Eins-zu-Eins-Zuordnungen vornehmen. 3- und 4-jährige Kinder erbrachten die gleiche Leistung bei bis zu 5 Items. Das Prinzip der Eins-zu-Eins-Zuordnung wird ab etwa 2½ Jahren verstanden. (Vgl. Gelman & Gallistel, 1978)

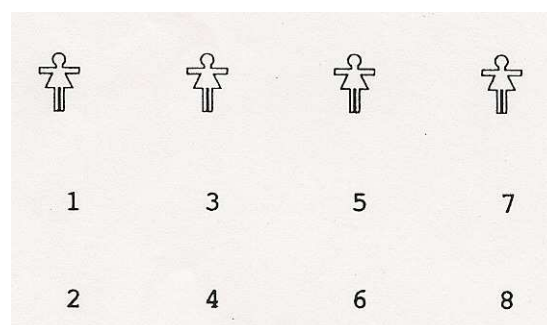
Kinder gewinnen Informationen über die Eins-zu-Eins-Zuordnung vor allem in Interaktionen mit Menschen. Mix (2002) konnte in einer Tagebuchstudie über ihren Sohn zeigen, dass eine Verteilung von Dingen an Personen in der frühen Kindheit am häufigsten und am frühesten auftritt, nämlich schon mit 13 Monaten. Die Zuordnung von Objekt zu Objekt tritt spontan am seltensten auf. Am Besten gelingt die Verteilung, wenn Kinder Objekte an Individuen verteilen können, deren Namen sie kennen. So ist die Anzahl besser im Gedächtnis verfügbar. Des Weiteren hilft eine funktionale Verbundenheit zwischen Verteilungsobjekt und Subjekt. Es macht zum Beispiel Sinn, Kekse an Hunde zu verteilen. Eine Brücke zwischen dem Verständnis der Verteilung von Objekten an Personen und dem Verständnis der Zuordnung von Objekt zu Objekt, scheint die Eins-zu-Eins-Zuordnung von Objekten an für sie bestimmte freie Stellen zu sein. Hierbei können Kinder leichter zwischen Gleichheit und Ungleichheit der beiden Mengen entscheiden. Wenn sie zum Beispiel Eier in eine Eierschachtel geben, können sie erkennen, ob noch Eier fehlen oder übrig bleiben, oder ob es genauso viele Eier wie freie Stellen sind.

#### 3.2.1.1 Viele – zu – Eins Zuordnung

Becker (1993) führte ein Experiment durch, in dem 4- und 5-jährige Kinder mehrere Items einer Puppe zuordnen mussten. Er stellte fest, dass Vorschulkinder die Fähigkeit besitzen, Zahlwörter für numerische Schlussfolgerungen zu nutzen. Er verwendete dazu zwei Aufgabenarten und teilte die Stichprobe in drei Altersgruppen (4-, 4½- und 5-Jährige). In der *hidden items task* mussten die Kinder die Items, die sie vom Testleiter bekamen, auf vier Puppen aufteilen, entweder in einer 2:1-Zuordnung oder in einer 3:1-Zuordnung. Der Testleiter gab ihnen die genaue Anzahl an Items, die sie für die Aufteilung benötigten. Danach wurden die verteilten Items verdeckt und die Kinder gefragt, wie viele Teile sie

benötigen, um den Puppen jeweils 2 oder 3 davon zu geben. Viele Kinder gaben richtige Antworten, wobei sich die Leistungen mit der Altersgruppe steigerten. Fast keines der 4-jährigen Kinder konnte Viele-zu-Eins-Zählprozesse durchführen, jedoch die Hälfte der 4½-jährigen und fast alle 5-jährigen Kinder konnten richtige Antworten geben. Bei einem Viele-zu-Eins-Zählprozess zählen die Kinder die Items aus, indem sie pro Puppe entweder zwei oder drei Zahlwörter in fortlaufender Sequenz verwenden (Abb. 3.1). Die Leistungen waren in der 2:1- Zuordnung besser als in der 3:1- Zuordnung, was daran liegen kann, dass es den Kindern leichter fällt den Überblick über eine 2:1-Zuordnung zu behalten als über eine 3:1-Zuordnung. Die zweite Aufgabe, die Becker (1993) den Kindern vorgab, nannte er *needed items task*. Die Kinder mussten feststellen, wie viele Items sie benötigen, um vier Puppen jeweils 2 oder 3 Items geben zu können. Die häufigsten Fehler bei der Aufgabe bestanden in einer Eins-zu-Eins-Zuordnung. Die Kinder zählten die Puppen aus, teilten jedoch die vier resultierenden Items in einer Viele-zu-Eins-Aufteilung auf. Die Kinder verstanden also das Prinzip der Aufgabe, wussten den Zählprozess jedoch noch nicht richtig einzusetzen, um die Aufgabe zu lösen. Auf eine weitere Frage, ob ihnen noch Items fehlen, zählten sie die Puppen, die noch keine Items hatten erneut in einer Eins-zu-Eins-Zuordnung aus, so lange bis alle Puppen die gleiche Anzahl hatten. Viele der 4½-jährigen und fast alle der 5-jährigen Kinder zeigten, dass sie Zahlwörter und den Zählprozess dazu verwenden können, um eine nicht existierende Verteilung zu antizipieren, da nur die vier Puppen sichtbar waren. Das Verständnis durch Zählen zur Lösung eines Aufteilungsproblems zu kommen, entwickelt sich demnach im Alter zwischen 4 und 5 Jahren.

Abb. 3.1: Ein Beispiel für einen richtigen Viele-zu-Eins Zählprozess (Becker, 1993)



|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 1                                                                                   | 3                                                                                   | 5                                                                                   | 7                                                                                     |
| 2                                                                                   | 4                                                                                   | 6                                                                                   | 8                                                                                     |

### *3.2.1.2 Die Funktion von Gesten beim Zählen lernen*

Kinder erzielen bessere Leistungen beim Zählen, wenn sie auf die Objekte zeigen oder diese berühren können. Alibali und Di Russo (1999) ließen 4½-jährige Kinder Objekte unter verschiedenen Bedingungen zählen. In einer Bedingung bekamen sie keine Anweisung, um zu sehen, ob sie spontan gestikulieren oder nicht. In den weiteren Bedingungen mussten sie während des Auszählens der Objekte entweder auf die Objekte zeigen, diese berühren, oder durften nicht gestikulieren. In zwei weiteren Bedingungen mussten die Kinder die Objekte auszählen, während eine Puppe auf die Objekte zeigte oder diese berührte. Die besten Leistungen erzielten die Kinder, wenn sie oder die Puppe die Objekte berührten. Die Kinder erbrachten auch gute Zählleistungen, wenn sie oder die Puppe auf die Items zeigten. In der Bedingung, in der sie nicht gestikulieren durften, wurden die schlechtesten Leistungen erzielt. Die meisten Kinder gestikulierten während des Zählprozesses spontan, das heißt ohne Aufforderung. Auch bei Becker (1993) zeigten 4- und 5-jährige Kinder auf die Plätze, auf die ein Item hinzulegen war. In Graham's (1999) Experimenten zeigten ebenfalls 93 Prozent der 2- bis 4-jährigen Kinder auf die Items, während sie diese zählten. 4-Jährige gestikulierten jedoch seltener bei 2 als bei 6 zu zählenden Objekten. Das heißt, dass sie bei der geringeren Anzahl die Hilfe der Gestikulierung nicht mehr benötigten, um eine akkurate Eins-zu-Eins-Zuordnung vorzunehmen.

Kindern dient das Hinzeigen oder Berühren der zu zählenden Objekte als Hilfestellung für einen korrekten Zählprozess (Alibali & Di Russo, 1999; Graham, 1999). Da es keine Unterschiede zwischen den Leistungen in den Bedingungen mit und ohne Anweisung gab, kann daraus geschlossen werden, dass es hilfreich ist den Kindern den Rat zu geben auf die zu zählenden Objekte zu zeigen oder diese zu berühren, um ihren Zählprozess zu optimieren (Alibali & Di Russo, 1999). Gesten helfen den Kindern die Aufmerksamkeit auf die noch zu zählenden Dinge zu richten und eine korrekte Eins-zu-Eins-Zuordnung vorzunehmen (Alibali & Di Russo, 1999; Graham, 1999). Bei vielen der 2- und 3-jährigen Kinder stimmt die Anzahl des Zeigens auf die Items noch nicht mit der Anzahl der Items überein, im Gegensatz zu den 4-Jährigen. 4-jährige Kinder konnten auch besser als die 2-

bis 3-jährigen Kinder die richtige Anzahl an Zahlwörtern nennen. Die jüngere Gruppe sagte oft ein Zahlwort mehr oder weniger, als Items vorhanden waren.

Das Berühren der zu zählenden Items dürfte den Kindern dabei helfen, die Objekte voneinander zu trennen und dadurch die Eins-zu-Eins-Zuordnung zu erleichtern (Alibali & Di Russo, 1999; Briars & Siegler, 1984; Shipley & Shepperson, 1990). Das Gestikulieren dürfte auch den limitierten Kapazitäten des Kurzzeitgedächtnisses entgegenwirken. Durch das Hinzeigen oder Berühren wissen die Kinder welche Items schon gezählt wurden und welche noch nicht, ohne diese Information im Kurzzeitgedächtnis behalten zu müssen. Dadurch können sie sich besser auf die richtige Zahlwortreihe konzentrieren (Alibali & Di Russo, 1999; Graham, 1999).

### **3.2.2 Das Prinzip der stabilen Reihenfolge**

Das Prinzip der stabilen Reihenfolge besagt, dass die Zeichen, die für den Zählprozess verwendet werden, immer in einer bestimmten Reihenfolge benutzt werden. Jüngere Kinder gebrauchen oft noch eigene Bezeichnungen. Ein Verständnis für dieses Prinzip zeigt sich jedoch, sobald die Kinder über eine bestimmte Zeit die gleiche Reihenfolge der Zeichen anwenden. Kinder ab 3 Jahren verwenden fast ausschließlich Zahlwörter für den Zählprozess und zeigen schon ein gutes Verständnis für das Prinzip der stabilen Reihenfolge. Das Beherrschen der konventionellen Zahlwortreihenfolge hängt von der Setgröße der zu zählenden Items ab. Die Kinder müssen erst die Zahlwortreihe bis 12 auswendig lernen, danach beginnt das Verständnis des Dekadensystems, also die Wiederholung der Einerstelle und im Weiteren der Zehnerschritte. (Vgl. Gelman & Gallistel, 1978)

Schon Kinder im Alter von 2½ Jahren verstehen das Prinzip der stabilen Reihenfolge beim Zählprozess. Sie wissen, dass jedes Zahlwort nur einmal in der Reihenfolge vorkommen darf, und dass die Reihenfolge stabil bleibt. Kinder dieses Alters verwenden oft noch eine falsche Sequenz der Zahlwortreihe, sie zählen zum Beispiel eins, zwei, drei, fünf. Mit 3 Jahren können die meisten Kinder in der richtigen Reihenfolge bis zur Zahl 10 zählen, ein

Lernprozess, der viele Monate in Anspruch nimmt (Le Corre & Carey, 2007; Wynn, 1990, 1992).

### **3.2.3 Das Prinzip der Kardinalität**

Das Prinzip der Kardinalität besagt, dass das letzte genannte Zahlwort in einem Zählprozess die Anzahl der Menge der gezählten Objekte angibt. Bermejo (1996, S. 263) definiert Kardinalität folgendermaßen: „Cardinality means that the last number word used in counting refers to the entire set of items and is thought to be crucial to correct counting”.

Kinder lernen die Bedeutung der Zahlwörter nacheinander. Zuerst erlernen sie die Bedeutung der kleineren Zahlen bis 3 oder 4. Nach Mix (2009) erlernen Kinder die Bedeutung der ersten Zahlen durch Versuch und Irrtum in alltäglichen Situationen. In ihrer Tagebuchstudie zeigte sie, dass erst die Zahlen Eins und Zwei im Wortschatz auftauchen, wobei den Kindern die kardinale Bedeutung der beiden Zahlwörter noch unklar ist. Eins wird eher wie ein Artikel verwendet und Zwei als Bezeichnung von gleichartigen Paaren. Erst wenn das Zahlwort Drei Einkehr in den Wortschatz findet und Zwei mit Drei verglichen werden kann, schaffen es die Kinder die präzise Bedeutung der Zahlen zu erkennen. Diese Entwicklung nimmt etwa ein halbes Jahr in Anspruch. Die Bedeutung der Zahl Vier wird schneller erfasst (Wynn, 1990, 1992). Die Fähigkeit diese kleinen Anzahlen richtig zu benennen reflektiert nach Wynn jedoch noch kein Verständnis von Kardinalität, sie führt dies auf die Fähigkeit von subitizing zurück. Danach beginnen Kinder die Zahlwörter, die sie schon kennen, mit den mentalen Mengenrepräsentationen zu verbinden, jedoch nur bei Zahlen, die sie schon in ihrer Zahlwortreihe beherrschen und nicht darüber hinaus (Lipton & Spelke, 2006; Sarnecka & Gelman, 2004).

Ein Kardinalitätsverständnis, beziehungsweise das Wissen, dass auf eine „wie viele“-Frage das letzte Wort in der Zählsequenz wiederholt werden soll, entwickelt sich ab einem Alter von 3½ Jahren. Jüngere Kinder im Alter von 2½ Jahren zeigten ein geringes Verständnis dafür (Gelman & Gallistel, 1978), gaben jedoch in Wynn's (1990) Experiment nur 20 Prozent richtige Antworten. Wenn sie die Möglichkeit hatten die Objekte nochmals zu zählen, zählten sie diese auf die Frage „Wie viele sind es?“ meist noch einmal aus, anstatt das letzte Zahlwort in ihrer Zählsequenz zu nennen. Bei 3-jährigen Kindern zeigte sich

genau das gleiche Bild, diese nannten zu 21 Prozent das letzte Zahlwort als Antwort. Die 3½-Jährigen konnten jedoch schon bei der Hälfte der Aufgaben richtige Antworten geben. Ein Grund dafür, dass die jüngeren Kinder zum Teil richtige Antworten gaben, kann darin liegen, dass das letzte Wort der Zahlsequenz besser im Gedächtnis verfügbar ist und sie dieses dadurch zufällig nennen. Eine andere Möglichkeit wäre, dass Kinder unter 3½ Jahren zwar ein Verständnis von Kardinalität aufweisen, aber nicht verstehen, dass mit einer „wie viele“-Frage nach der Kardinalität eines Sets gefragt wird. Gelman und Gallistel (1978) zeigten eine weitere Möglichkeit auf, nämlich dass Kinder durch Nachahmung das letzte Wort in der Reihe nennen, da dieses von Erwachsenen in Sätzen oft betont wird.

Wynn (1990) und Le Corre et al. (2006, 2007) gehen von einer Entwicklung in Stufen aus. Die meisten Kinder, auch schon im Alter von 2½ Jahren verstehen die Bedeutung von „Eins“. Sie sind in der Lage ein Item zu reichen, wenn sie danach gefragt werden. Schrittweise erlangen sie die Bedeutungen der weiteren Zahlen der Zahlwortsequenz. Zuerst meistern sie die Zahl Zwei, können sowohl 1 als auch 2 Items geben, wenn sie danach gefragt werden. Danach entwickeln sie ein Verständnis für die Zahl Drei, sie können 1, 2 und 3 Items reichen, usw. Sobald Kinder in der Lage sind 5 Items zu geben, werden sie als „*cardinal-principle-knowers*“ bezeichnet, es wird ihnen ein echtes Verständnis der Kardinalität zugeschrieben (Le Corre et al., 2006, 2007; Sarnecka & Carey, 2008; Wynn, 1990). Alle Kinder, die in der *give a number* Aufgabe weniger als 5 Items geben können, werden als „*subset-knowers*“ bezeichnet. *Two-knowers*, das sind Kinder die bis zu 2 Items reichen können, wenn sie danach gefragt werden, wissen schon darüber Bescheid, dass auf eine „wie viele“-Frage das letzte Wort in der Zählsequenz gesagt werden muss, zeigen jedoch noch kein echtes kardinales Verständnis (Sarnecka & Carey, 2008). In der Studie von Sarnecka und Carey (2008) unterschieden sich die *cardinal-principle-knowers* von den *subset-knowers* darin, dass erstere im Gegensatz zu den *subset-knowers* bei der *give a number task* die Items laut auszählen, und somit die Beziehung zwischen zählen und Kardinalität verstehen. Die Mengen innerhalb des subitizing-Bereichs wurden nicht gezählt, da diese simultan erfasst werden können.

4-jährige Kinder wissen, dass jedes Zahlwort zu einer bestimmten Menge gehört und dass sich das Zahlwort ändern muss, wenn sich die Menge ändert. Die trifft auch bei Zahlen zu,

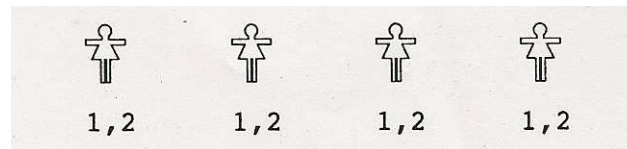
die sie noch nicht in ihrer Zahlwortreihe verwenden. Kinder, die noch nicht bis zur Zahl 6 zählen konnten, wussten, dass das Zahlwort Sechs nicht mehr zutrifft, wenn einige Items zur Menge hinzugefügt wurden. Auf der anderen Seite bezeichneten sie eine Menge, die vorher als „viele“ bezeichnet wurde weiterhin als „viele“, wenn noch weitere Items zur Menge gegeben wurden. Sie setzen also die Zahlen außerhalb ihrer Zahlwortreihe nicht gleich mit dem Wort „viele“, sondern wissen um deren Spezifität Bescheid. (vgl. Sarnecka & Gelman, 2004).

Mit 5 Jahren können einige Kinder schon bis 30 zählen (Lipton & Spelke, 2006). Sie wissen auch, dass große Zahlen, die über ihre Zahlwortreihe hinausgehen einen bestimmten kardinalen Wert besitzen, der nur auf diese Zahl zutrifft. In Lipton und Spelke's (2006) Experimenten wurden Vorschulkindern Mengen innerhalb und außerhalb ihrer Zahlwortreihe präsentiert und die richtige Anzahl dazu genannt. Danach wurden die Mengen derart manipuliert, dass die Anzahlen danach gleich blieben oder sich von den vorigen unterschieden. In den Bedingungen mit gleich bleibender Mengengröße wurde in den Objekten herumgewühlt, ein Gegenstand entfernt und danach gleich wieder hinzu gegeben, oder einer entfernt und durch einen neuen ersetzt. In den weiteren Bedingungen wurde entweder ein Objekt entfernt, oder eines entfernt, danach ein neues und darauf folgend das Original wieder hinzugefügt, sodass sich die resultierende Menge von der ursprünglichen um eines unterschied. 5-jährige Kinder konnten alle Aufgaben richtig beantworten, sodass daraus geschlossen werden kann, dass sie ein Verständnis für die Logik der Zahlwortbedeutung aufweisen. Noch bevor sie eingeschult werden verstehen sie diese Zusammenhänge sowohl innerhalb als auch außerhalb ihrer Zahlwortreihe (Lipton & Spelke, 2006; Sarnecka & Gelman, 2004).

5-jährige Kinder wissen darüber Bescheid, dass der Zählprozess zur Kardinalität einer Menge führt (Becker, 1993). Die häufigsten Fehler in der hidden items task in Becker's Experiment (siehe 3.2.1.1) bestand darin, dass die Kinder die Items pro Puppe auszählten (Abb. 3.2), nachdem sie verdeckt wurden. Dieses Prinzip wendeten vor allem die jüngeren Kinder an. Es scheint so, dass diese Kinder die Relation zwischen Zählprozess und Kardinalität eines Sets zwar verstanden, jedoch diese Sets nicht miteinander verbinden

konnten, was darauf schließen lässt, dass sie das Teile-Ganzes Prinzip noch nicht verstehen.

Abb. 3.2: Ein Beispiel für einen Separate-Gruppen Zählprozess (Becker, 1993)



Musolino (2004) stellte fest, dass 5-jährige Kinder ein implizites Wissen darüber aufweisen, dass Zahlen auch auf eine pragmatische unexakte Weise interpretiert werden können. Den Kindern wurden Situationen vorgestellt, welche nicht nur exakte, sondern auch „mindestens“ und „höchstens“ Lösungen zuließen. Bei einem Spiel, bei dem festgelegt wurde, dass man zum Gewinnen höchstens zwei Ringe verfehlen darf, wussten die Kinder darüber Bescheid, dass man auch gewinnt wenn nur ein Ring verfehlt wurde. Sie zeigten ein Verständnis der Wörter „höchstens“ und „mindestens“. Die Situationen müssen jedoch in einen bestimmten gewohnten Kontext eingebunden werden. Unter dieser Bedingung weisen 5-Jährige eine mit Erwachsenen vergleichbare semantische Kompetenz in numerischen Situationen auf.

### 3.2.3.1 *Sechs Levels des Kardinalitätsverständnisses*

Bermejo (1996) definierte sechs Levels für die Aneignung des Verständnisses der Kardinalität. Kinder müssen nicht zwingend alle Stufen durchlaufen, da die Grenzen zwischen den Stufen verschwimmen. Die meisten 3-jährigen Kinder befinden sich in den ersten drei Levels, die 4-jährigen in den Stufen vier und fünf und die 4½-jährigen in der letzten Stufe. Im Folgenden sind die einzelnen Stufen aufgelistet:

#### 3.2.3.1.1 Kein Verständnis

Die Kinder zeigen kein Verständnis für Kardinalität. Sie antworten mit irgendeiner Zahl, verstehen jedoch, dass ein Zahlwort genannt werden soll (Bermejo, 1996).

#### 3.2.3.1.2 Partially count-cardinal reference

Kinder wissen um den Zusammenhang, dass auf die Frage „Wie viele sind es?“ gezählt werden muss. Bescheid, zählen jedoch ohne Bezug auf die zu zählenden Objekte, zeigen und sehen oft nicht einmal darauf (Bermejo, 1996).

#### 3.2.3.1.3 Full count-cardinal reference

Die Kinder zählen in dieser Stufe die Items aus und zeigen während des Zählens auch auf die Items. Auf die Frage, wie viele es seien, beginnen sie jedoch die Reihe nochmals zu zählen (Bermejo, 1996).

#### 3.2.3.1.4 Last word rule

Die Kinder geben das letzte Wort der Zählsequenz als Antwort (Bermejo, 1996). Die 3½-jährigen Kinder aus Wynn's (1990) Studie sind demnach auch in diese Stufe einzuordnen, Bermejo (1996) spricht in diesem Fall nicht von einem vollen Verständnis der Kardinalität.

#### 3.2.3.1.5 Partial cardinal response

Die Kinder antworten mit der größten Zahl aus der Zählsequenz, möglicherweise weil sie wissen, dass die letzte und größte Zahl einer Zählsequenz zu nennen ist. Wenn die Zählsequenz nicht korrekt ist, antworten sie mit der größten Zahl, die in der Sequenz vorkam (Bermejo, 1996).

#### 3.2.3.1.6 True cardinality response

Kinder verstehen das Prinzip der Kardinalität und antworten mit dem Zahlwort, das die Menge an Items angibt. Der Übergang von Stufe 4 (last word rule) zu den Stufen 5 und 6 kann mit Hilfestellungen von Erwachsenen gelernt werden (Bermejo, Morales & De Osuna, 2004). Mit Hilfe von kognitiven Konflikten und der erklärenden Unterstützung einer erwachsenen Person schafften es 4- bis 6-jährige Kinder in der Studie von Bermejo et al. (2004) vom einfachen Nennen des letzten Wortes in der Zählsequenz zu einem echten kardinalen Verständnis zu gelangen. Die Kinder mussten Aufgaben bearbeiten, in denen sie gebeten wurden, zuerst eine Reihe von Items auszuzählen. Danach sollten sie die Reihe nochmals zählen, jedoch mit dem Zahlwort Zwei beim ersten Item beginnen. Durch die Erklärungen der Testleiterin konnten die Kinder diesen kognitiven Konflikt verstehen und lernten über vier Sitzungen hinweg ein echtes kardinales Verständnis. Der Effekt des

Trainings zeigte sich auch noch einen Monat nach dem Training und konnte generalisiert werden.

Bermejo (1996) sieht den Zusammenhang zwischen Zählen und Kardinalität instrumentell an. Zählen führt zur Kardinalität einer Menge. Anstelle von Zählen können auch Prozesse wie Schätzen und subitizing zu einer kardinalen Antwort führen. In seinem Experiment wies er nach, dass knapp 50 Prozent der Kinder in seiner Studie bis zu 3 Items nicht auszählten, sondern die Antwort aufgrund von subitizing gaben. Der Effekt des Trainings (Bermejo et al., 2004) wirkte sich zuerst auf kleinere Anzahlen aus, die durch subitizing aufgenommen werden konnten. Erst später generalisierte das echte kardinale Verständnis auf größere Mengen, deren Anzahl durch Zählen erfasst werden kann.

### **3.2.4 Das Abstraktionsprinzip**

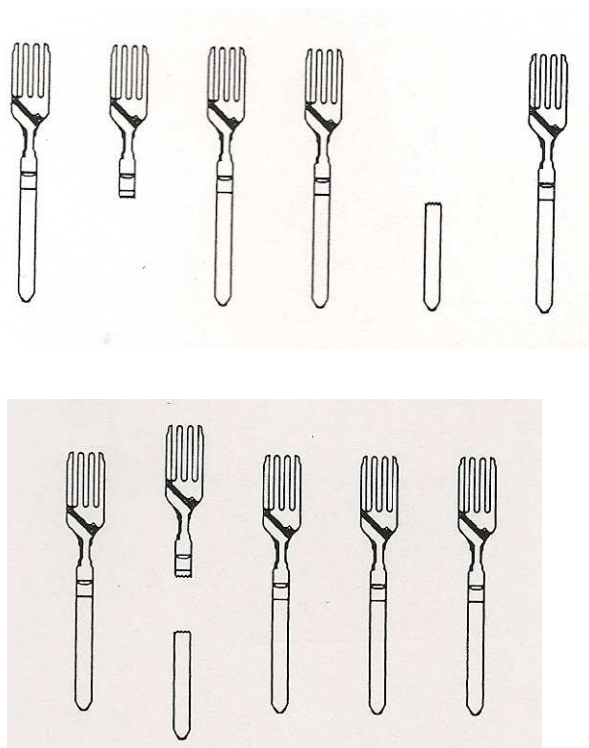
Das Abstraktionsprinzip besagt, dass alle Dinge gezählt werden können, solange die Dinge (sowohl physische als auch nicht physische) als Einheiten gesehen werden und man sich an die ersten Zählprinzipien hält. Nach Gelman und Gallistel (1978) beurteilen 3- und 4-jährige Kinder zwei Sammlungen an Items als numerisch gleich, auch wenn sie aus verschiedenartigen Items bestehen.

Sehr früh beginnen Kinder eine abstrakte, generalisierbare Repräsentation der Zählroutine zu entwickeln. Sie können dadurch den Zählmechanismus auf neue Situationen und Objekte übertragen. Das Verständnis für das Abstraktionsprinzip wächst kontinuierlich mit dem Alter. Wynn (1990) führte Experimente durch, bei denen 2½-jährige bis 3½-jährige Kinder sowohl Objekte (Stofftiere) als auch Aktionen (Töne; Sprünge) zählen mussten. Die Leistungen waren zwar bei den Objekten besser als bei den Aktionen, verbesserten sich jedoch mit dem Alter, so dass 2½-Jährige 38 Prozent der Durchgänge richtig zählten, 3-Jährige 60 Prozent und 3½-Jährige 79 Prozent.

Shipley und Shepperson (1990) untersuchten, welche Dinge Vorschulkinder als zu zählende Einheiten betrachten. Sie zeigten 3- bis 6-jährigen Kindern Reihen mit ganzen und zerbrochenen Gabeln und untersuchten, welche die Kinder spontan als zählbare Einheit ansahen (Abb. 3.3). Bei 73 Prozent aller Durchgänge zählten die Kinder jedes

diskrete physikalische Objekt, das heißt die ganzen Gabeln als jeweils ein Objekt und die gebrochenen Stücke ebenfalls jeweils als ein Objekt. Die Kinder zählten auch bei der Frage nach der Anzahl der Gabeln die zerbrochenen Teile als ein Objekt. 5- bis 6-jährige Kinder zählten die zerbrochenen Teile häufiger als ein ganzes Objekt als die Gruppe der 3- bis 5-Jährigen, taten dies jedoch bei weniger als der Hälfte der Durchgänge. Der Hinweis, dass die beiden gebrochenen Teile zusammen eine ganze Einheit bilden, führte bei 3-jährigen Kindern dazu, dass sie seltener die zerbrochenen Teile separat zählten. Ebenso schwer taten sich die Kinder beim Auszählen verschiedener Klassen an Objekten. Wenn sie zum Beispiel die Anzahl verschiedener Tierarten zählen sollten (von jeder Tierart wurden einige aufgestellt) zählten vor allem die 3- und 4-jährigen Kinder jedes Tier einzeln. Auch das Vorzeigen eines richtigen Zählvorganges durch den Experimentleiter führte in der Gruppe der 3- bis- 4 Jährigen zu keiner Verbesserung der Leistungen. Die Experimente zeigten eine starke Disposition junger Kinder für das Auszählen diskreter physikalischer Objekte als separate Einheiten, was als „discrete physical objects bias“ bezeichnet wird. Dieser verringert sich mit dem Alter, wobei er bei 6 Jährigen auch noch stark vorhanden ist.

Abb. 3.3: Stimulusmaterial in Shipley und Shepperson`s Experimenten (1990)



### **3.2.5 Das Prinzip der irrelevanten Reihenfolge**

Das Prinzip der irrelevanten Reihenfolge besagt, dass die Reihenfolge in der die Items gezählt werden egal ist, solange man sich an die ersten Zählprinzipien hält. Nach Gelman und Gallistel (1978) zeigen schon 3-jährige Kinder ein gewisses Verständnis des Prinzips der irrelevanten Reihenfolge. Sie zählten Items von rechts nach links aus, genauso wie von links nach rechts. Ebenfalls zählten sie umarrangierte Items aus, so dass ersichtlich war, dass den Objekten verschiedene Zahlworte zugeordnet wurden. Sie waren ebenfalls dazu in der Lage, mit dem Zählprozess in der Mitte einer Reihe zu beginnen und trotzdem alle Items zu zählen. Das Verständnis des Prinzips der irrelevanten Reihenfolge verbessert sich mit steigendem Alter, so dass weniger Fehler gemacht werden. Je besser Kinder die how to count-Prinzipien verstehen, desto besser ist ihr Verständnis für das Prinzip der irrelevanten Reihenfolge.

Zur Erfassung des Verständnisses dieses Prinzips wurden vor allem Aufgaben vorgegeben, in denen eine Puppe die Objekte auszählte, sowohl in konventioneller Reihenfolge (von links nach rechts), als auch in ungewöhnlichen Reihenfolgen (Briars & Siegler, 1984; Le Fevre, Smith-Chant, Fast, Skwarchuk, Sargla, Arnup, Penner-Wilger, Bisanz & Kamawar, 2006). Die Kinder mussten dabei die Korrektheit des Zählvorganges beurteilen.

Briars und Siegler (1984) präsentierten 3- bis 5-jährigen Kindern Aufgaben, bei denen Puppen Objekte auszählten. Sie untersuchten die Reaktion der Kinder auf standardmäßige korrekte Auszählungen, Zählungen mit eingebauten Fehlern (Verletzung der Eins-zu-Eins-Zuordnung) und auf unkonventionelle aber richtige Zählstrategien. Die unkonventionellen Zählstrategien bestanden aus Zählvorgängen die von rechts nach links gingen, bei denen auf ein Item zweimal gezeigt und ein Zahlwort gesagt wurde, die in der Mitte begannen und die farbenabhängig waren (zuerst wurden die Chips einer Farbe gezählt und danach die der anderen Farbe). 3-jährige Kinder akzeptierten nahezu alle unkonventionellen Auszählungen und beurteilten diese als korrekt. Sie beurteilten jedoch auch Zählungen mit eingebauten Fehlern und falschem Ergebnis als richtig, was bedeutet, dass sie das Prinzip der Eins-zu-Eins-Zuordnung noch nicht verstanden, obwohl sie zu 75 Prozent richtig bis 10 zählen konnten. Bei den 4- und 5-Jährigen zeigte sich das gegenteilige Bild. Sie beurteilten nahezu alle Zählungen mit Fehlern als inkorrekt, dafür aber auch viele der

unkonventionellen Zählprozesse, die zur richtigen Lösung führten. 4- und 5-jährige Kinder sehen die Eins-zu-Eins-Zuordnung als eine essentielle Eigenschaft des richtigen Zählens an, haben dieses Prinzip jedoch noch nicht vollständig verstanden. Von den unkonventionellen Strategien werden Zählungen von rechts nach links und Zählungen mit doppeltem Deuten auf ein Objekt eher akzeptiert als farbenabhängige Zählungen und Zählprozesse, die in der Mitte beginnen. Das heißt, während Kinder die Zählprinzipien richtigen Zählens lernen, akzeptieren sie vor allem Zählstrategien, mit denen sie im Alltag konfrontiert werden.

Le Fevre et al. (2006) zeigten, dass 6-jährige Kindergartenkinder unkonventionelle Zählreihenfolgen (von rechts nach links, in der Mitte beginnend, farbenabhängig) eher akzeptieren und als richtig bezeichnen als ältere Kinder der ersten und zweiten Schulstufe. 46 Prozent der Kindergartenkinder akzeptierten richtigerweise die ungewöhnlichen Zählreihenfolgen, wobei dies nur 39 Prozent der Kinder aus der zweiten Schulstufe taten. Außerdem akzeptierten Kindergartenkinder mit geringeren und mittelmäßigen numerischen Fähigkeiten unkonventionelle Zählstrategien eher als Kindergartenkinder mit besser entwickelten numerischen Fähigkeiten.

Das Prinzip der irrelevanten Reihenfolge wird erst mit Ende der Primärschule (Volksschule) vollständig verstanden, wobei die Entwicklung einen U-förmigen Verlauf nimmt. Die Akzeptanz von richtigen unkonventionellen Zählvorgängen ist hoch vor der Einschulung mit etwa 3 Jahren und nimmt ab während sich die Kinder die Zählprinzipien aneignen und öfter mit Zählprozessen konfrontiert werden. In dieser Zeit beurteilen sie jene unkonventionellen Zählprozesse als richtig, mit denen sie öfter konfrontiert werden. Die Akzeptanz und das wahre Verständnis für das Prinzip der irrelevanten Reihenfolge erlangen die Kinder gegen Ende der Grundschulzeit, wenn ihr Wissen über das Zählen stabil ist und sie es flexibel einsetzen können. (Vgl. Briars & Siegler, 1984; Le Fevre et al., 2006)

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Kinder früh im dritten Lebensjahr lernen die Zahlwortreihe aufzusagen, anfänglich wie einen Reim, ohne deren numerische Bedeutung zu erkennen (Le Corre et al., 2006). Die numerische Bedeutung der Zahlwörter wird durch die Anwendung der counting principles nach Gelman und Gallistel (1978) erworben. Das Eins-zu-Eins Prinzip besagt, dass jedem Item ein Zeichen zugeordnet werden muss und wird ab etwa 2½ Jahren verstanden (Gelman & Gallistel, 1978). Nach Mix (2002) gewinnen Kinder Informationen über die Eins-zu-Eins Zuordnung vor allem in Interaktionen mit Menschen. 4-jährige Kinder können auch Viele-zu-Eins Zuordnungen vornehmen (Becker, 1993). Kinder erzielen bessere Leistungen, wenn sie auf die zu zählenden Objekte zeigen oder diese berühren können, die Gesten helfen bei der korrekten Zuordnung der Zahlwörter zu den Objekten (Alibali & Di Russo, 1999; Becker, 1993; Graham, 1999). Das Prinzip der stabilen Reihenfolge besagt, dass die Zeichen, die für den Zählprozess verwendet werden, immer in einer bestimmten Reihenfolge benutzt werden, auch dieses Prinzip wird von Kindern ab etwa 2½ Jahren verstanden (Gelman & Gallistel, 1978). Das Prinzip der Kardinalität besagt, dass das letzt genannte Wort in einem Zählprozess die Anzahl der gezählten Objekte einer Menge angibt (Gelman & Gallistel, 1978). Die Kinder lernen die Bedeutung der Zahlen der Reihe nach zu verstehen. Erst wenn die Kinder beginnen das Zahlwort Drei zu benutzen, können sie dieses mit Eins und Zwei vergleichen und verstehen so die Bedeutung dieser ersten Zahlen (Mix, 2009). Das Verständnis der last-word-rule beginnt sich ab einem Alter von 3 Jahren zu entwickeln (Bermejo, 1996; Gelman & Gallistel, 1978; Wynn, 1990). Mit 5 Jahren wissen die Kinder darüber Bescheid, dass jedes Zahlwort nur für eine bestimmte Anzahl an Objekten zutrifft, auch bei Zahlen die über ihre gekonnte Zahlwortreihe hinausgehen (Lipton & Spelke, 2006). Das Abstraktionsprinzip besagt, dass alle Dinge gezählt werden können, solange die Dinge als Einheiten gesehen werden und man sich an die ersten drei Zählprinzipien hält. 3- bis 4-jährige Kinder beurteilen zwei Sammlungen an Items als numerisch äquivalent, auch wenn sie aus verschiedenartigen Items bestehen (Gelman & Gallistel, 1978). 3-jährige Kinder zeigen auch schon ein gewisses Verständnis für das Prinzip der irrelevanten Reihenfolge, welches besagt, dass die Reihenfolge in der die Items gezählt werden irrelevant ist, solange die ersten drei Zählprinzipien eingehalten werden (Gelman & Gallistel, 1978).

## 4 Mengenvergleiche im Vorschulalter

Mix (1999) führte bei 2½- bis 4½-jährigen Vorschulkindern Experimente zum Mengenvergleich durch. Den Kindern wurde dafür eine Zielmenge präsentiert und sie mussten entscheiden, welche von zwei weiteren Mengen gleich viele Items wie die erste hat. Die Autorin verwendete dafür Mengen mit 2 bis 4 Items, die falsche Vergleichsmenge bestand aus einem Item mehr oder weniger als die Zielmenge. Sie variierte in ihrem Experiment die Ähnlichkeit der Items, so dass drei Bedingungen entstanden. In der *discs-to-dots-Bedingung* waren die Items der Sets in sich homogen und die Items der verschiedenen Sets ähnelten sich sehr. In der *shells-to-dots* Bedingung waren die Items pro Set gleich, unterschieden sich jedoch zwischen den Sets. In der *random objects-to-dots-Bedingung* war nur die Zielmenge in sich homogen (Punkte), die Vergleichsmengen beinhalteten jedoch unterschiedliche Items. 2½-Jährige zeigten keine Fähigkeit eine numerische Äquivalenz zwischen den beiden Mengen zu erkennen. Der prozentuelle Anteil ihrer richtigen Antworten lag unter der Ratewahrscheinlichkeit und es hatte den Anschein, dass sie aufgrund der räumlichen Ausdehnung der Items entschieden und die Numerosität nicht beachteten. Mengenvergleiche von 3-jährigen Kindern basieren zum Teil noch auf Basis perzeptueller Eigenschaften der Mengen, wie der Oberflächengröße, der Summe der Durchmesser der Items oder der Helligkeit der Menge (Rouselle, Palmers & Noël, 2004). Im Gegensatz zu den 2½-Jährigen können sie richtige Entscheidungen auf Basis dieser perzeptuellen Eigenschaften machen, jedoch nur bei einer Ratio von 1:2 und nicht mehr bei einem Verhältnis der beiden Mengen von 2:3 oder 3:4. 3-jährige Kinder in der Studie von Mix (1999) waren in der Lage die Äquivalenz zweier Mengen festzustellen, jedoch nur bei Sets, die in sich homogen waren, und die sich untereinander auch sehr ähnlich waren (*discs-to-dots-Bedingung*). Im Gegensatz zu den Kindern in Mix's (1999) Studie mussten die Kinder in der Studie von Rouselle et al. (2004) die Reihe an Items wählen, die mehr Items enthielt.

Mit 3½ Jahren können die Kinder dann Sets vergleichen, die in sich homogen sind, sich die Items der verschiedenen Sets jedoch unterscheiden (*shells-to-dots-Bedingung*). Mit 4 Jahren beginnen sie in sich heterogene mit homogenen Sets zu vergleichen aufgrund der numerischen Information. Mit 4½ Jahren schaffen es die Kinder in der *random objects-to-*

dots-Bedingung die Äquivalenz zweier Mengen über der Ratewahrscheinlichkeit festzustellen. Die numerische Abstraktion entwickelt sich bei Vorschulkindern graduell und zeigt mit zunehmendem Alter einen Leistungszuwachs, der auch mit der steigenden Beherrschung des Zählsystems einhergeht. (Vgl. Mix, 1999)

Erst wenn Kinder das Prinzip der Kardinalität verstehen, nicht nur die last-word-rule, können sie numerisch äquivalente Sets kreieren. Muldoon, Lewis und Freeman (2003) verwendeten in ihrem Experiment Spielzeugfrösche und Boote um äquivalente Sets zu kreieren. Zuerst mussten die Frösche einzeln, jeweils auf einem Boot, auf einem Fluss entlang zu einem Haus fahren, wo sie abgeladen wurden. Das Kind brachte so einen Frosch nach dem anderen zu dem Kartonhaus. Die Anzahl der Frösche und so auch der Boote variierte von 3 bis 6 Stück pro Testdurchgang. Nachdem alle Frösche zum Haus gebracht wurden, wurden die Boote wieder zum Ausgangspunkt zu den restlichen Booten befördert. Danach wurde die eigentliche Testanweisung gestellt: die Kinder mussten die Boote wieder zum Haus fahren, damit die Frösche wieder vom Haus wegkommen, genauso viele wie benötigt wurden. Dies wurde dreimal wiederholt, immer mit einer anderen Menge an Fröschen. Zum Schluss musste eine Puppe die Prozedur machen, die zuvor die Kinder erledigten. Die Puppe brachte eine falsche Anzahl an Booten zurück zum Haus und die Kinder mussten beurteilen, ob die Menge an Booten stimmte oder nicht. Die Box, die als Haus diente, war dabei die ganze Zeit über offen, so dass die Kinder die Frösche sehen konnten. Zu 60 Prozent konnten 4-jährige Kinder, die am Experiment teilnahmen, ein Set an Booten zusammenstellen, das der korrekten Menge entsprach. Sie wussten darüber Bescheid, dass sie die Frösche zählen müssen, um die Kardinalität des Sets festzustellen, um ein numerisch äquivalentes Set zusammen zu stellen. Es stellte sich auch ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Beurteilung der Richtigkeit des Sets der Puppe und den eigenen Leistungen heraus. Wenn die Kinder erkannten, dass das von der Puppe zusammengestellte Set eine falsche Anzahl an Items aufwies, dann waren auch die Leistungen beim eigenen Zusammenstellen des Sets besser. Das heißt, diese Kinder weisen ein wahres Verständnis des Prinzips der Kardinalität auf und wissen darüber Bescheid, dass nur korrektes Zählen zur kardinalen Menge führt.

Muldoon, Lewis und Towse (2005) überprüften, ob 3- und 4- Jährige dazu in der Lage sind, ein numerisch äquivalentes Set aufgrund von Schlussfolgerungen zu erkennen. Dazu wurden die Zielreihen bei einigen Testdurchgängen verdeckt, so dass sie nicht nachgezählt werden konnten. Die Kinder mussten Puppenlöwen auf Fahrrädern zu einer Box (der Schule) bringen, einen nach dem anderen. Die Löwen wurden in die Box gesetzt, die Räder in die Radständer vor der Box. Danach wurden die Löwen verdeckt, so dass sie nicht mehr sichtbar waren, die Räder jedoch schon. Danach wurden die Kinder nach der Anzahl der Löwen gefragt, die über die Anzahl der Räder erschlossen werden konnte. Wenn sich die Möglichkeit zum Zählen anbot, zählten die Kinder die Löwen automatisch nach, wobei sie in der verdeckten Bedingung bessere Ergebnisse erzielten als in der offenen Bedingung. 4-jährige Kinder schafften es zu 70 Prozent, in der verdeckten Bedingung die richtige Anzahl an Löwen zu erschließen. 3-jährige Kinder erzielten schlechtere Leistungen. Diese wissen auch noch nicht darüber Bescheid, dass Items, die gerecht auf zwei Sets verteilt werden die gleiche Anzahl besitzen, im Gegensatz zu den 4-Jährigen. Zwischen 3 und 4 Jahren entwickelt sich die Fähigkeit die Kardinalität eines Sets für numerische Vergleiche durch Schlussfolgern zu erlangen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass 4-jährige Kinder korrekte Mengenvergleiche durchführen können, sowohl bei der Beurteilung zweier zuvor zusammengestellter Sets als auch beim selbstständigen Kreieren eines äquivalenten Sets und beim logischen Erschließen eines gleichwertigen Sets (Mix, 1999; Muldoon, Lewis & Freeman, 2003; Muldoon, Lewis & Towse, 2005). Die Fähigkeit zum Vergleich zweier Mengen, anhand ihrer Numerosität, beginnt sich mit etwa 3 Jahren zu entwickeln, wobei sie einen stetigen Leistungszuwachs mit dem Alter erfährt (Mix, 1999).

## **5 Zusammenhänge des Rechnerischen Denkens mit anderen kognitiven Bereichen**

### **5.1 Sprache und rechnerisches Denken**

In Kapitel 2 wurde herausgearbeitet, dass Kinder im ersten Lebensjahr, noch bevor sie zu sprechen beginnen, Mengen an Objekten unterscheiden können und somit auf verschiedene Anzahlen reagieren (Brannon, Abbott & Lutz, 2004; Canfield & Smith, 1996; Fèron, Gentaz & Streri, 2006; Lipton & Spelke, 2003; Starkey, Spelke & Gelman, 1990; Van Marle & Wynn, 2009; Wynn, Bloom & Chiang, 2002; Xu & Spelke, 2000). Das heißt Sprache ist nicht nötig, um mentale Repräsentationen von Mengen bilden zu können. Kleine Anzahlen bis 3 oder 4 können durch subitizing gleichzeitig wahrgenommen und via object-files repräsentiert werden (Simon, 1997). Größere Anzahlen werden durch analoge Größen unexakt repräsentiert (Gallistel & Gelman, 1992). Gordon (2004) untersuchte den Umgang mit Zahlen und Mengen in einem brasilianischen Volk namens Pirahã, welches nur drei Zahlenwörter in ihrem Wortschatz hat. Die Bezeichnung von Eins und Zwei unterscheidet sich rein in der Aussprache desselben Wortes, für Drei wird ein Wort verwendet, das auch „viele“ bedeutet. Mit Hilfe der Finger können sie diese Wörter so variieren, dass sie Mengen bis 10 angeben können. Die Bedeutung der Zahlwörter ist unpräzise, so wird das Wort für Eins auch für die Bezeichnung einer kleinen Menge verwendet und bedeutet somit auch „wenige“. Das Zahlwort für Drei ist nicht exakt in seiner Verwendung, sondern bedeutet auch „viele“. In der Untersuchung zeigte sich, dass die Sprache wichtig ist für die exakte Bestimmung einer Anzahl/Menge. Pirahãs können auch größere Anzahlen repräsentieren, jedoch nur geschätzt und annäherungsweise, was bedeutet, dass diese Fähigkeit auch bei Erwachsenen nicht von der Sprache abhängig ist. Bei Aufgaben, die numerische kognitive Fähigkeiten benötigen, zeigen Pirahãs einen guten Erfolg bei Mengen bis Drei, das heißt bei Zahlen für die sie Zahlwörter besitzen. Die Leistungen werden jedoch schlechter, je größer die Mengen sind, mit denen sie arbeiten sollen. Das heißt für die exakte Bestimmung einer Anzahl ist Sprache unbedingt nötig, für eine grobe Einschätzung von Mengen scheint Sprache unwichtig zu sein. Pica, Lemer,

Izard und Dehaene (2004) untersuchten, ebenfalls in einem brasilianischen Volk, den so genannten Mundurukús, die arithmetischen Fähigkeiten. Die Verwendung von Zahlen ist mit derer der Pirahãs vergleichbar, mit der Ausnahme, dass sie Zahlwörter bis Fünf haben. In der Untersuchung zeigte sich, dass die Mundurukús Konzepte für Addition, Subtraktion und Mengenvergleiche entwickelt haben, diese jedoch außerhalb ihrer Zahlwortreihe ungenau/schätzungsweise anwenden können. Bei Aufgaben, die exakte numerische Antworten erforderten, waren ihre Leistungen signifikant schlechter als die einer Französisch sprechenden Kontrollgruppe. Die exakte Bestimmung einer Menge und der Zählmechanismus sind abhängig von der Sprache, ungenaue Repräsentationen von Mengen sind jedoch unabhängig von Sprache (Brannon, Abbott & Lutz, 2004; Canfield & Smith, 1996; Fèron, Gentaz & Streri, 2006; Gordon, 2004; Lipton & Spelke, 2003; Pica, Lemer, Izard & Dehaene, 2004; Starkey, Spelke & Gelman, 1990; Van Marle & Wynn, 2009; Wynn, Bloom & Chiang, 2002; Xu & Spelke, 2000).

Wynn (1992) konnte mit ihrem Experiment nachweisen, dass Kinder im ersten Lebensjahr dazu in der Lage sind, einfachste arithmetische Probleme zu lösen (siehe Kapitel 2.2). Hodent, Bryant und Houdé (2005) untersuchten mit dem gleichen Untersuchungsparadigma den sprachlichen Einfluss auf die Lösung einfachster arithmetischer Aufgaben bei 2- und 3-Jährigen. Das Erlernen der Sprache, beziehungsweise die Verwendung der Zahlwörter in der jeweiligen Muttersprache, hat einen Einfluss auf die Lösung dieser Aufgaben. Im Experiment von Hodent et al. (2005) wurden englischsprachige mit Französisch sprechenden Kindern verglichen. In der französischen Sprache wird das Zahlwort Eins (un) auch für den unbestimmten Artikel in der Einzahl verwendet, was bei 2-jährigen, Französisch sprechenden Kindern zu einer falschen Beurteilung der Rechnung  $1 + 2 = 4$  führte. Diese Lösung beurteilten 2-jährige, Englisch sprechende Kinder signifikant häufiger als „falsch“ als dies die gleichaltrigen französischsprachigen Kinder taten. Bei der Rechnung  $2 + 1 = 4$  gab es keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Das heißt eine Addition mit singulärem Anfangswert und pluralem Ergebnis beurteilen Französisch sprechende 2-Jährige auch bei falschen Ergebnissen als „richtig“, aufgrund der Einsicht, dass die Zugabe zu mehr führen muss. Diese Tendenz verschwindet im Alter von 3 Jahren.

Miura (1987) führte eine *cross-culture Studie* durch, um den sprachlichen Einfluss auf mathematische Leistungen im ersten und zweiten Schuljahr zu untersuchen. Sie verglich die Leistungen Japanisch und Englisch sprechender Amerikaner. Die Kinder waren im Durchschnitt 7 Jahre alt. In der japanischen Sprache wird das dekadische System der Zahlen berücksichtigt. Die Zahlwörter werden genauso ausgesprochen, wie die arabischen Zahlen geschrieben werden. Zuerst wird der Zehner benannt und danach der Einer (z. B. 21: Zwanzigundeins, 30: Dreizehner). Dieses numerische Sprachsystem erleichtert es den Kindern bei Aufgaben, bei denen sie bestimmte Zahlen aus Zehnerblöcken und Einsern zusammensetzen müssen, mehr kanonische Zusammensetzungen zu erbringen (z. B. für die Zusammensetzung der Zahl 23 werden zwei Zehnerblöcke und 3 Einser verwendet) im Vergleich zu den Englisch sprechenden Kindern. Die Englisch sprechenden Kinder verwendeten häufiger Eins-zu-Eins-Zusammensetzungen, setzten zum Beispiel die Zahl 17 aus siebzehn Einer-Stücken zusammen. Die Art der Zusammensetzung der Zahlen hängt wiederum signifikant mit der mathematischen Leistung zusammen. Kanonische Zusammensetzungen korrelieren positiv und Eins-zu-Eins-Zusammensetzungen negativ mit den mathematischen Leistungen. Das heißt, der Vorteil der Japanisch sprechenden Kinder bei numerischen Schlussfolgerungen und arithmetischen Aufgaben kann vom numerischen Sprachsystem herrühren.

Kinder mit sprachlichen Defiziten zeigen schlechtere Zählfertigkeiten als gleichaltrige Kinder ohne Sprachdefizite (Fazio, 1994; Donlan, Cowan, Newton & Lloyd, 2007). Fazio (1994) ist der Frage nachgegangen, ob der Grund für die schlechten Zählfertigkeiten in den sprachlichen Defiziten liegt, oder ob Kinder mit Sprachschwierigkeiten generell Probleme mit sequenziellen Abfolgen aufweisen. In ihrer Studie sollten 4 und 5 Jahre alte Kinder mit auffälliger Sprachentwicklung sowohl verbale als auch manuelle Zählaufgaben lösen. Für die manuellen, nonverbalen Zählaufgaben lernten die Kinder anhand von Körperteilen zu zählen. Analog der Zahlwortreihe stand ein gewisser Körperteil für die Bezeichnung einer bestimmten Zahl (z. B. das Berühren des Kinns stand für 1 und das Berühren der Nase für 2). Es zeigte sich, dass Kinder mit Sprachentwicklungsverzögerung signifikant schlechtere Leistungen bei den verbalen Zählaufgaben erbrachten, verglichen mit den nonverbalen Aufgaben, was bedeutet, dass sie keine grundsätzlichen Probleme mit sequenziellen Verarbeitungsprozessen haben. Verglichen mit einer Kontrollgruppe gleichen Alters und

altersgemäßer Sprachentwicklung machten Kinder mit Sprachdefiziten mehr numerische Wortsequenzfehler, konnten also die Zahlwortreihe nicht korrekt reproduzieren und anwenden. Im Gegensatz dazu verstanden die Kinder mit Sprachproblemen sehr wohl die Regeln oder Prinzipien des Zählprozesses, wie die Eins-zu-Eins-Zuordnung und die Regel des letzt genannten Wortes als Angabe für die Anzahl einer Menge. Die schlechteren Leistungen der Kinder mit Sprachdefiziten dürften aus deren Schwierigkeiten die Zahlen im Arbeitsgedächtnis (in diesem Fall der phonologischen Schleife) zu behalten und deren Schwierigkeiten mit dem Abrufen der Zahlwörter und der Zahlwortsequenz aus dem Gedächtnis resultieren. Da das Können der korrekten Zahlwortreihe essentiell für das Lösen arithmetischer Aufgaben ist, zeigen Kinder mit Sprachdefiziten in weiterer Folge schlechtere Mathematikleistungen. Nach Fazio (1996) zeigen sich weiterhin Probleme beim Abrufen von deklarativem Wissen über Zahlen. In ihrer Langzeitstudie zeigten die 6- und 7-jährigen Kinder schlechtere Leistungen beim Zählen bis 50, Zählen in Zehnerschritten bis 100, Rückwärtszählen und beim Abrufen arithmetischer Fakten, verglichen mit gleichaltrigen Kindern ohne sprachliche Defizite. Auch in der Untersuchung von Donlan, Cowan, Newton und Lloyd (2007) zeigten Kinder mit sprachlichen Defiziten und somit schlechten phonologischen und grammatikalischen Leistungen signifikant schlechtere Leistungen in der Produktion der Zahlwortreihe, verglichen mit einer gleichaltrigen Kontrollgruppe ohne Sprachschwierigkeiten. Die Kinder waren acht Jahre alt. 40 Prozent der Kontrollgruppe konnte bis 20 zählen im Gegensatz zu 5 Prozent in der Experimentalgruppe mit sprachlichen Defiziten. Die Experimentalgruppe zeigte auch schlechtere Leistungen bei Rechenaufgaben (Additionen und Subtraktionen) und im Verständnis des Stellen- und Dekadensystems der arabischen Notation. Keine Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten sich im Verständnis von arithmetischen Regeln und Prinzipien. Da die Zählleistungen sowohl mit Rechenaufgaben als auch mit dem Verständnis des Stellen- und Dekadensystems signifikant zusammenhängen, hat die Sprache nur Einfluss auf die Entwicklung der korrekten Produktion der Zahlwortreihe. Schlechte Zählleistungen wiederum bewirken schlechtere Leistungen in den Rechenaufgaben und den Aufgaben zum Stellensystem. Die Sprache zeigte keinen Einfluss auf die Entwicklung des Verständnisses der arithmetischen Prinzipien (Fazio, 1994; Donlan, Cowan, Newton & Lloyd, 2007). Die Leistungsunterschiede in Mathematik

zwischen Kindern mit Sprachstörung und Kindern ohne Sprachstörung bleiben auch in der vierten und fünften Klassenstufe bestehen. In der Studie von Fazio (1999) zeigten sie in einem standardisierten Mathematiktest schlechtere Werte. Die Ergebnisse der Langzeitstudie zeigten jedoch auch, dass sich Kinder mit sprachlichen Defiziten stetig aber langsam in ihren mathematischen Fähigkeiten steigern. In der vierten und fünften Schulstufe, verwendeten sie zum Lösen von Additions-, Subtraktions-, Multiplikations- und Divisionsaufgaben vor allem die Strategie des Zählens. Im Vorschulalter hatten sie noch Probleme mit dem Erlernen des Zählens (Fazio, 1994). Zählen ist jedoch in diesem Alter keine effektive Strategie, um arithmetische Aufgaben zu lösen, wichtig wäre zu diesem Zeitpunkt das Abrufen arithmetischer Fakten aus dem Langzeitgedächtnis (z. B. das Kleine Einmaleins) um das Arbeitsgedächtnis zu entlasten. In diesem Bereich zeigten die Kinder mit Sprachstörungen jedoch ein weiteres Defizit, verglichen mit der gleichaltrigen Kontrollgruppe. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Sprache vor allem beim Erlernen der Zählwortreihe einen wichtigen Einfluss hat, dass jedoch später die Arbeitsgedächtniskapazitäten mehr Einfluss auf die mathematischen Leistungen haben.

## 5.2 Arbeitsgedächtnis und rechnerisches Denken

Nach dem Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley (1986) setzt sich das Arbeitsgedächtnis aus drei Komponenten zusammen: Der zentralen Exekutive, dem phonologischen Speicher und dem visuell-räumlichen Notizblock. Die zentrale Exekutive fungiert dabei als Kontrollorgan der beiden untergeordneten Systeme und ist für die Fokussierung der Aufmerksamkeit, den Abruf von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis und der Steuerung der Informationen aus dem phonologischen Speicher und dem visuell-räumlichen Notizblock sowie der Überwachung dieser Prozesse zuständig. Die phonologische Schleife verarbeitet akustische und artikulatorische Information, oder visuelle Informationen die in einen artikulatorischen Code übersetzt wurden. Im Gegensatz dazu ist der visuell-räumliche Notizblock für die Verarbeitung visueller Wahrnehmung und Vorstellung zuständig. Die drei Komponenten wurden auch bei 4 bis 6 Jahre alten Kindern nachgewiesen (Ehlert, 2007; Schmid, Zoelch & Roebbers, 2008). Die Komponenten entwickeln sich jedoch mit steigendem Alter weiter, und es zeigt sich vor allem im phonologischen Speicher im Alter von 5 bis 6 Jahren eine deutliche Weiterentwicklung (Ehlert, 2007). Ehlert (2007, S. 266) geht von einem Einfluss des gesamten Arbeitsgedächtnisses auf die mathematischen Leistungen der 4- bis 6-jährigen Kinder aus:

„Fertigkeiten, die neu erworben und noch relativ ungeübt sind, werden hauptsächlich durch die zentral-exekutive Verarbeitungskapazität unterstützt und benötigen viele zentral-exekutive Ressourcen. Mathematische Leistungen, die automatisiert ablaufen und die Kinder schnell und sicher erbringen, werden hauptsächlich durch die Subsysteme und durch ressourcensparende zentral-exekutive Kapazitäten prädiziert. Hierbei unterstützt vor allem im Bereich der Subsysteme die phonologische Schleife die mathematischen Fertigkeiten.“

Der Zusammenhang des Arbeitsgedächtnisses mit den mathematischen Fertigkeiten zeigte sich ebenfalls in der Studie von Ricken und Fritz (2006). Kinder mit sehr guten intellektuellen und mathematischen Leistungen verfügen über bessere Arbeitsgedächtniskapazitäten als Kinder mit schlechten Leistungen in diesen Bereichen. Gute mathematische Leistungen sind jedoch nicht nur von Arbeitsgedächtnisleistungen abhängig, sondern können auch durch den Einsatz effektiver Strategien erbracht werden.

55 Prozent der Variation in den mathematischen Leistungen bei den 5-Jährigen, und 45 Prozent der Varianz bei den 6-Jährigen wurde bei Ehlert (2007) durch die Arbeitsgedächtnisleistungen erklärt, was auf die Abnahme des Zusammenhangs mit steigendem Alter hinweist.

Im Folgenden werden die Zusammenhänge des Arbeitsgedächtnisses mit mathematischen Leistungen, getrennt nach den drei Komponenten, dargestellt.

### **5.2.1 Zentrale Exekutive**

Bei 5-jährigen Kindern hat die Verarbeitungskapazität, gemessen durch die Aufgabe „Zahlen Nachsprechen rückwärts“ noch einen entscheidenden Einfluss auf die Leistungen beim Zählen und bei Aufgaben, die durch Zählen gelöst werden können. Dieser Einfluss wird im Alter von 6 Jahren jedoch geringer. Bei den 6-Jährigen wächst dafür der Einfluss der Verarbeitungskapazität auf die simultane Mengenerfassung, das schnelle Benennen einer kleinen dargestellten Menge. Im Gegensatz dazu wird der Einfluss der Fokussierung der Aufmerksamkeit zwischen 5 und 6 Jahren stärker, vor allem bei Aufgaben, die Zählen erfordern (Ehlert, 2007). In der Studie von Klein und Bisanz (2000), zeigte sich, dass die Setgröße einen sehr guten Prädiktor für die Lösung von simplen arithmetischen Problemen bei 4-jährigen Kindern darstellt. Je größer die Zahlen sind, mit denen zu rechnen ist, desto höher wird die Wahrscheinlichkeit für Fehler, was auf die limitierte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses und den großen Einfluss auf das Lösen von Rechnungen hinweist.

Im Schulalter zeigt sich ein deutlicher Einfluss der zentralen Exekutive beim Lösen arithmetischer Probleme (Bull & Johnston, 1997; Passolunghi & Siegel, 2001; Thomas, Zoelch, Seitz-Stein & Schumann-Hengsteler, 2006; Weberschock & Grube, 2006). Thomas et al. (2006) haben einen Einfluss der zentralen Exekutive bei Additionen und Multiplikationen in der 3. und 4. Schulstufe nachgewiesen. Dieser Einfluss verringert sich jedoch durch die Automatisierung der Rechenoperationen. Weberschock und Grube (2006) schrieben: „Je geübter eine bestimmte Rechenoperation ist, desto automatischer kann sie ablaufen und desto weniger kognitive Kontrolle ist für ihre Ausführung nötig“. Die Steuerung und Kontrolle der zentralen Exekutive ist bei nicht geübten, komplexen

Rechenoperationen sehr wichtig, wie zum Beispiel bei Additionen mit Zehnerüberschreitung. Ab der 3. Schulstufe stellt die zentrale Exekutive das wichtigste Teilsystem des Arbeitsgedächtnisses für das Kopfrechnen dar, für die Steuerung ungeübter Rechenprozesse, für den Abruf arithmetischen Faktenwissens aus dem Langzeitgedächtnis und für die Hemmung irrelevanter Informationen, wie zum Beispiel der Hemmung von Zwischenergebnissen (Bull & Johnston, 1997; Passolunghi, 2001; Thomas et al., 2006)

### **5.2.2 Phonologischer Speicher**

Der Einfluss des phonologischen Speichers auf mathematische Leistungen, vor allem bei jenen Aufgaben, die durch Zählprozesse gelöst werden, erhöht sich im Alter von 5 und 6 Jahren. Dies kann nach Ehlert (2007) durch die Übernahme der zentral exekutiven Aufgaben durch die Subsysteme erklärt werden. Wie in Kapitel 5.2.1 erläutert wurde, nimmt der Einfluss der zentralen Exekutive auf Zählprozesse mit steigendem Alter ab. Die phonologische Schleife dürfte diese Aufgabe übernehmen, sobald die Operationen automatisiert und geübt sind. So werden Kapazitäten der zentralen Exekutive frei für höhere mathematische Anforderungen. Kinder mit diagnostizierter Rechenschwäche, vor allem aber jüngere Kinder im Alter von 8 bis 11 Jahren, zeigten in der Studie von Siegel und Linder (1984) Defizite im phonologischen Speicher. Die Autoren schlossen daraus, dass die phonologische Schleife wichtig für mathematische Leistungen ist. Bei mündlich präsentierten Rechnungen, scheint die phonologische Schleife wichtig für das Aufrechterhalten der Rechenterme zu sein. So zeigten Schulkinder in der Studie von Adams (1997) bessere Leistungen bei visuell gebotenen Aufgaben im Vergleich zu mündlich präsentierten Aufgaben.

### **5.2.3 Visuell-räumlicher Notizblock**

Der Einfluss des visuell-räumlichen Notizblockes auf mathematische Leistungen wird mit steigendem Alter geringer. So zeigte sich in der Studie von Ehlert (2007) bei 5-jährigen Kindern ein Einfluss auf die simultane Mengenerfassung und auf Rechengeschichten, Aufgaben die visuell dargeboten werden, beziehungsweise Additionsaufgaben die sich die Kinder mental vorstellen müssen, um sie zu lösen. Im Alter von 6 Jahren besteht nur mehr der Zusammenhang mit Rechengeschichten.

### **5.3 Logisches und rechnerisches Denken**

Nach Krajewski und Schneider (2006) hat die nonverbale Intelligenz einen Einfluss auf numerische Basisfertigkeiten, die im Kindergarten erlernt werden. Dazu gehören vor allem die Zählfertigkeiten, das heißt das Zählen vorwärts und rückwärts, das Benennen einzelner Glieder der Zahlwortreihe und das Zuordnen arabischer Zahlen. Mehr Vorhersagekraft für die numerischen Basisfertigkeiten zeigte jedoch die Zugriffsgeschwindigkeit auf das Langzeitgedächtnis, im Vergleich zur nonverbalen Intelligenz.

Stern (1998) gelangte zu ähnlichen Ergebnissen. Sie untersuchte den Einfluss der Intelligenz auf neue Lernanforderungen im Mathematikunterricht. Auch in diesem Bereich spielt Intelligenz eine untergeordnete Rolle. Wesentlicher für die Vorhersage der Bewältigung der neuen mathematischen Anforderungen ist die individuelle Lerngeschichte im Bereich Mathematik. Das heißt, ein Einfluss der Intelligenz ist natürlich vorhanden, wichtiger ist jedoch der Einfluss der vorangegangenen mathematischen Leistungen.

### **5.4 Räumliches Vorstellungsvermögen und rechnerisches Denken**

Nach Dehaene, Spelke, Pinel, Stanescu und Tsivkin (1999) werden bei mathematischen Schätzungen, im Vergleich zu exakten Berechnungen, visuell-räumliche zerebrale Netzwerke aktiviert, was auf einen Zusammenhang zwischen räumlichem Vorstellungsvermögen und mathematischen Schätzungen hindeutet. Bei exakten Kalkulationen ist dies nicht der Fall, dabei werden zerebrale Sprachzentren aktiviert. Schätzungen sind mit Mengenrepräsentationen verbunden, die möglicherweise mit der nonverbalen analogen Größenrepräsentation, die schon bei Säuglingen gefunden wurde (Brannon, Abbott & Lutz, 2004; Gallistel & Gelman, 1992; Lipton & Spelke, 2003; Meck & Church, 1983; Xu & Spelke, 2000; Xu, 2003), in Zusammenhang stehen.

Ansari, Donlan, Thomas, Ewing, Peen & Karmiloff-Smith (2003) führten ein Experiment zur Untersuchung des sprachlichen und visuell-räumlichen Einflusses auf das Kardinalitätsverständnis beziehungsweise den Zählprozess durch. Die Ergebnisse zeigten,

dass visuell-räumliche Kompetenzen der Kinder mehr Varianz in den numerischen Leistungen erklären als sprachliche Kompetenzen. Die Entwicklung der frühen Zahlenkompetenz wird durch nonverbale visuell-räumliche Größenvorstellungen geleitet. Die Verbindung der mentalen Größenvorstellung mit verbaler numerischer Kompetenz führt zu einer sprachabhängigen exakten Repräsentation der Zahlen und Mengen.

Der mentale Zahlenstrahl entsteht nach Von Aster (2005) erst am Beginn der Grundschulzeit. Kinder bilden als Zahlenraumvorstellung einen mentalen Zahlenstrahl, bei dem die kleinen Zahlen auf der linken Seite und die großen Zahlen auf der rechten Seite abgebildet sind. Ab der zweiten Schulstufe ist auch der so genannte SNARC-Effekt nachzuweisen: Kinder, und auch Erwachsene, reagieren mit der linken Hand schneller auf kleine Zahlen und mit der rechten schneller auf große Zahlen. Ab der dritten Klasse ist der SNARC-Effekt vergleichbar mit dem der Erwachsenen.

Nach Gaddes (1991) ist das schriftliche Rechnen, aufgrund der räumlichen Anordnung der Zahlen bei den Grundrechenarten, eng mit Raumvorstellungsfähigkeiten verbunden. Dieser Zusammenhang besteht jedoch schon vor dem schriftlichen Rechnen, da Relationen wie „größer/kleiner“ und „weiter/enger“ mit rechnerischen Leistungen in Zusammenhang stehen, und die Vorstellung der Relationen wiederum eng mit Raumvorstellungsfähigkeiten verbunden ist.

Die Entwicklung des rechnerischen Denkens und der mathematischen Fähigkeiten steht mit anderen kognitiven Bereichen wie der Sprache, dem Arbeitsgedächtnis, der Intelligenz und räumlichem Vorstellungsvermögen im Zusammenhang. Das Erlernen der Sprache hat vor allem einen wichtigen Einfluss auf das Erlernen der korrekten Zahlwortreihe und der exakten Bestimmung und Kalkulation von Zahlen und Mengen und steht somit indirekt mit schulischen Mathematikleistungen in Verbindung (Donlan et al., 2007; Fazio, 1994, 1996, 1999; Gordon, 2004; Hodent, Bryant & Houdé, 2005; Miura, 1987; Pica et al., 2004). Nach Ehlert (2007) stehen Arbeitsgedächtnisleistungen aller drei Komponenten in enger Verbindung mit rechnerischem Denken. Die zentrale Exekutive spielt eine wichtige Rolle bei neu erworbenen, ungeübten rechnerischen Kompetenzen und beim Abruf mathematischer Fakten aus dem Langzeitgedächtnis. Der Einfluss der zentralen Exekutive auf Zählprozesse nimmt, aufgrund der Automatisierung der numerischen Operationen, ab. Vor allem übernimmt die phonologische Schleife die Aufgaben der zentralen Exekutive, im Vergleich zum räumlich-visuellen Notizblock. Die phonologische Schleife ist in alle mathematischen Aufgaben involviert, die Zählprozesse erfordern, der räumlich visuelle Notizblock spielt vor allem bei der simultanen Mengenerfassung und beim Lösen von Rechenaufgaben eine bedeutende Rolle. Die nonverbale Intelligenz übt einen Einfluss auf numerische Basisfertigkeiten, die im Kindergartenalter erlernt werden, aus (Krajewski & Schneider, 2006; Stern, 1998). Räumliches Vorstellungsvermögen hängt, im Gegensatz zur exakten Bestimmung von Zahlen und Mengen, mit mathematischen Schätzungen zusammen (Ansari et al., 2003; Dehaene et al., 1999).

## **6 Unterschiede zwischen verschiedenen Gruppen in Bezug auf Rechnerisches Denken**

### **6.1 Unterschiede durch den sozioökonomischen Status**

Hughes (1987) stellte beträchtliche Unterschiede in Bezug auf einfache Rechenleistungen zwischen 3- bis 5-jährigen Kindern die einen unterschiedlichen sozioökonomischen Status aufweisen fest. Kinder aus der Arbeiterklasse hängen jenen aus der Mittelklasse in den Leistungen bei einfachen Additions- und Subtraktionsaufgaben, gemessen durch die box task (siehe Kapitel 7.1), um ein Jahr in der Entwicklung nach. Die 4-jährigen Kinder aus der Arbeiterklasse erbrachten Leistungen, die mit den 3-jährigen Kindern aus der Mittelklasse vergleichbar waren, und die 5-jährigen Kinder der Arbeiterklasse zeigten mit den 4-jährigen der Mittelklasse vergleichbare Leistungen. Der Autor führte diese Unterschiede auf häusliche Anregungen zurück, da Eltern aus der Mittelklasse mehr mit den Kindern sprechen und die Kinder eher intellektuell anregen, als jene der Arbeiterklasse. Da die Kinder vergleichbare oder die gleiche Vorschule besuchten, konnten die Unterschiede nicht auf unterschiedliche Unterrichtung zurückgeführt werden. Nach Krajewski und Schneider (2006) gewinnt die soziale Schicht erst in der Grundschulzeit an Relevanz für mathematische Schulleistungen. Die soziale Herkunft zeigt in der ersten Klasse kaum einen Einfluss, gewinnt jedoch bis zur vierten Klasse immer mehr an Bedeutung.

### **6.2 Geschlechtsunterschiede**

Bei 4- bis 6-jährigen Kindern zeigten sich Geschlechtsunterschiede bezüglich des rechnerischen Denkens zugunsten der Buben. Auch wenn viele Unterschiede nur tendenziell zugunsten der Buben ausfielen, bleibt diese Tendenz über die Altersspanne bestehen und differenziert sich im Alter von 6 Jahren deutlicher aus. In der Studie von Ehlert (2007) erbrachten 6-jährige Buben bessere Leistungen in den Bereichen des Zählens,

der simultanen Mengenerfassung, der Seriation, des Transkodierens, des Mengenvergleichs, des Teile-Ganzes-Konzepts und der Rechengeschichten. Der einzige Bereich, in dem Mädchen bessere Leistungen erzielten, war der Bereich der Klassifikation.

In der Metaanalyse von Lynn und Irwing (2008) zeigte sich in der jüngsten Altersgruppe der 4-jährigen Kinder ein schwacher Vorteil der Mädchen gegenüber den Jungen im arithmetischen Subtest der Wechsler-Intelligenz-Batterien für Kinder. Dieser Vorteil der Mädchen kehrt sich jedoch mit steigendem Alter in einen Vorteil für Jungen um, der sich bis ins Erwachsenenalter durchzieht und vergrößert.

In einer Mengenvergleichsaufgabe konnten im Experiment von Miller & Vernon (1996) keine Geschlechtsunterschiede bei 4- bis 6-jährigen Kindern gefunden werden. Die Kinder mussten bei zwei Reihen mit Figuren entscheiden, ob die Reihen gleich viele oder unterschiedlich viele Figuren besitzen.

Nach Stern (1998) bringen Buben im Grundschulalter bessere mathematische Leistungen als Mädchen. Der prozentuelle Anteil der Buben im oberen Leistungsdrittel, bezogen auf schulische Mathematikleistungen, ist höher als der der Mädchen. Mädchen befinden sich jedoch häufiger im unteren Leistungsdrittel als Buben. Eine Ausnahme bildet der Bereich der Arithmetikaufgaben, der eine effiziente Anwendung gelernter mathematischer Strategien erfordert. In diesem Bereich erzielten Mädchen häufig bessere Leistungen als Buben. Auch bei Textaufgaben in den unteren Klassen der Grundschule erbringen Mädchen bessere Leistungen als Buben. Die Unterschiede können schon im Vorschulalter nachgewiesen werden. Mädchen, die im Kindergartenalter gute mathematische Leistungen zeigten, schaffen es diesen Entwicklungsvorsprung über die Grundschuljahre beizubehalten. Vergleicht man jedoch Mädchen und Buben, die im Kindergartenalter durchschnittliche Leistungen erbrachten, so haben Buben bessere Chancen in der Grundschule bessere Leistungen als im Kindergarten zu erzielen als Mädchen. Somit „scheinen die Unterschiede ihre Wurzeln bereits in der Vorschulzeit zu haben“ (Stern, 1998, S. 110).

Zusammenfassend wurden Unterschiede in Bezug auf Rechenleistungen bei Kindern mit unterschiedlichem sozioökonomischem Status und zwischen Buben und Mädchen gefunden. Kinder mit niedrigem sozioökonomischem Status weisen ab dem Kindergartenalter schlechtere mathematische Leistungen auf als Kinder mit höherem sozioökonomischen Status, wobei sich dieser Unterschied in der Schule vergrößert (Hughes, 1987, Krajewski & Schneider, 2006). Auch Geschlechtsunterschiede zeigen sich schon im Kindergartenalter zum Vorteil der Buben und bleiben bis ins Schul- und Erwachsenenalter bestehen (Ehlert, 2007, Stern, 1998).

## 7 Arithmetik

In Kapitel 2.2 wurde Wynn's (1992) Experiment der präverbalen Arithmetik dargestellt, nach welchem einige Monate alte Säuglinge in der Lage sind das Resultat einfacher arithmetischer Operationen mit kleinen Zahlen zu kalkulieren. Houdé (1997) untersuchte den Einfluss des Lernens der Sprache auf dieses Können bei 2- und 3-jährigen Kindern. Die Versuchsanordnung war dieselbe wie bei Wynn (1992) mit dem Unterschied, dass die Kinder verbal antworteten („richtig“ oder „falsch“) und andere Puppen verwendet wurden. Zusätzlich wurde eine *Interferenz-Aufgabe* durchgeführt, bei der die Kinder entscheiden mussten, welche von zwei Reihen mehr Items besitzt. Die Reihen wurden immer mit der gleichen Anzahl angeordnet, nur die Länge der beiden Reihen unterschied sich, indem zwischen den Items der einen Reihe ein größerer Abstand war als in der anderen Reihe. In beiden Gruppen waren die Ergebnisse der arithmetischen Aufgabe besser als die der Interferenzaufgabe. 2-jährige Kinder konnten außerdem die Rechnung  $1 + 1 = 1$  häufiger als „falsch“ beurteilen, als die Rechnung  $1 + 1 = 3$ , was bei den 3-jährigen Kindern nicht mehr der Fall war. Houdé (1997) interpretierte die Ergebnisse dahingehend, dass die protonumerischen Fähigkeiten, die durch Wynn's (1992) Experiment nachgewiesen wurden, direkt über die neu gelernte Sprache ausgedrückt werden können. Eine Einschränkung bildete die Aufgabe  $1 + 1 = 3$ , welche viele Kinder als richtig bewerteten, da sie dem Plural entspricht. Mit 3 Jahren verschwindet diese Täuschung durch den Plural, da die Kinder auch schon gewandter mit den Zahlwörtern und prinzipiell mit der Zahlwortreihe umgehen können. Die Interferenz-Aufgabe wurde in beiden Altersgruppen selten richtig gelöst: Die meisten Kinder beurteilten die längere Reihe, als jene Reihe, die mehr Items besitzt. Die Information der räumlichen Ausdehnung ist für 2- bis 3-jährige Kinder noch augenscheinlicher und wichtiger als die numerische Information, was einige Antworten der Kinder auch zeigten, die meinten, dass die längere Reihe 5 Items besäße, obwohl sie nur aus 3 Items bestand.

## 7.1 Additionen und Subtraktionen im Vorschulalter

Hughes (1987) beobachtete einen Jungen im Alter von 4 Jahren und 8 Monaten bei einer sinnbehafteten, realen Additions- und Subtraktionsaufgabe. Er nahm eine Box, legte 10 Bausteine hinein und ließ sie den Jungen zählen. Nachdem der Bub die Steine korrekt zählte, nutzte Hughes das Interesse des Jungen einige der Steine aus der Box zu nehmen und wieder zurückzulegen, um sein Verständnis für einfache Rechenaufgaben zu untersuchen. Hughes nahm ein oder zwei Bausteine aus der Box oder er legte wieder Steine in die Box (Subtraktions- und Additionsaufgaben) und fragte, wie viele Steine in der Box seien. Der Junge durfte seine Antwort selbst kontrollieren, indem er die zurück gebliebenen Steine zählen durfte. Nach einer kurzen Anlaufzeit konnte der Junge sowohl die Additions- als auch die Subtraktionsaufgaben richtig lösen. In einer nachfolgenden Untersuchung mit einer mittelgroßen, jedoch nicht repräsentativen, Stichprobe konnte Hughes dieses Ergebnis mit der so erfundenen *box task* replizieren. Sogar die jüngste Gruppe mit 2½ Jahren konnte die Aufgabe bei kleinen Mengen mit bis zu 3 Steinen verstehen und richtig lösen, wenn bis zu 2 Steine entfernt oder hinzu gegeben wurden. Aufgaben mit größeren Mengen, von 4 bis zu 10 Steinen, konnten nur von einigen Kindern gelöst werden, wobei das jüngste dieser Kinder 4½ Jahre alt war. Es zeigte sich, dass die Lösungsstrategien bei kleinen und großen Zahlen unterschiedliche waren. Bei kleineren Mengen hatte es nach Hughes (1987) den Anschein, dass die Kinder ein mentales Bild der Anfangsmenge im Gedächtnis hatten und die Steine weg- oder hinzudachten, oder die Antwort sofort nach der Frage ohne zu zählen gaben. Bei größeren Anzahlen verwendeten die Kinder oft die so genannte *counting-on-Strategie*, zählten also die Steine von der Anfangsmenge weg oder hinzu. Dies ist eine komplexe Strategie, bei der die Kinder ihre eigenen Denkprozesse beobachten und kontrollieren müssen. Nur bei kleinen Mengen verwendeten die Kinder die Finger zum Zählen beziehungsweise Rechnen. In einer Folgestudie (Hughes, 1987) mit einer größeren und repräsentativen Stichprobe mit 3- bis 5-jährigen Kindern, konnten die Ergebnisse nochmals repliziert werden. Die Aufgaben mit kleinen Mengen bis zu 3 Steinen, bei denen ein Stein addiert oder subtrahiert wurde, konnten zu 90 Prozent gelöst werden. Die Aufgaben, die das Hinzugeben oder Wegnehmen von 2 Steinen beinhalteten, waren für die Kinder um einiges schwieriger und wurden zu 75 Prozent gelöst. Aufgaben mit größeren Mengen konnten von einem Viertel der Kinder richtig gelöst werden. Die

Lösungsstrategien waren die gleichen wie im vorigen Experiment. Bei kleinen Mengen gab es keine Lösungsunterschiede bezüglich Additions- und Subtraktionsaufgaben, bei größeren Mengen wurden jedoch welche beobachtet: Additionen fielen den Kindern leichter als Subtraktionen (bei großen Mengen bis zu 10 involvierten Steinen). Den Kindern wurden in diesem Experiment auch hypothetische Rechenaufgaben rein verbal ohne visuelle Hilfsmittel gestellt, die Problemstellungen des alltäglichen Lebens der Kinder entsprachen. Sie wurden zum Beispiel gefragt, wie viele Kinder in einem Geschäft sind, wenn anfänglich ein Kind im Geschäft war und zwei weitere in den Shop gehen. Es wurden ihnen danach auch rein rechnerische Fragen gestellt, die nicht in einen Kontext eingebettet waren, wie zum Beispiel: „Was ergibt eins und zwei?“. Die hypothetisch gestellten Fragen, die in eine Geschichte eingebunden waren, konnte die Hälfte der Kinder richtig lösen, wenn es sich um kleine Mengen handelte. Bei größeren Mengen ab 4 Objekten war ein Viertel der Kinder erfolgreich. Es gab Unterschiede bezüglich der Leistungen der Kinder zwischen der box task und der hypothetisch gestellten Frage, jedoch nur bei kleinen Mengen. Bei Anzahlen bis zu 3 waren die Leistungen in der box task besser als bei den hypothetischen Fragen, was wiederum auf eine unterschiedliche Verarbeitungsstrategie bezüglich der Größe der Menge bei Rechenaufgaben hindeutet. Die formal gestellten Fragen konnten lediglich 15 Prozent der Kinder korrekt beantworten, wobei die meisten die Frage „Was macht eins und eins?“ betrafen. Das Problem stellt nach Hughes (1987) die fehlende Abstraktionsfähigkeit zur Lösung der formalen Frage dar. Wenn konkrete Objekte, auf die sich die Menge bezieht, in der Formulierung der Frage involviert sind, fällt es den Kindern leichter diese zu beantworten. (Vgl. Hughes, 1987)

Shinsky, Chan, Coleman, Moxom und Yamamoto (2009) konnten bei 3½-jährigen Kindern nachweisen, dass sie arithmetische Probleme, sogar bei großen Sets, lösen können. Sie verwendeten eine Versuchsanordnung, bei der die Kinder entscheiden mussten, in welcher von zwei Boxen, nach einer Subtraktion oder Addition, mehr Kekse zu finden sind. Den Kindern wurde anfänglich gesagt, dass gleich viele Kekse in beiden Boxen sind. Bei der Subtraktionsaufgabe wurde jeweils mit der rechten und der linken Hand gleichzeitig aus beiden Boxen ein Keks nach dem anderen entfernt. Von einer Box wurden mehr Kekse entfernt als von der anderen, die Handbewegung in die Box wurde jedoch weitergeführt, damit nicht die Anzahl der Handbewegungen für die Entscheidungen der

Kinder verantwortlich sein können. Die Hände wurden nach jedem Griff den Kindern präsentiert, so dass diese klar erkennen konnten, ob sich ein Keks in der Hand befand oder nicht. Die Additionsaufgaben liefen gleich ab, nur dass Kekse zu den Boxen hinzugefügt und nicht entfernt wurden. Die Rechnungen wurden sowohl mit großen Sets als auch mit sehr großen Sets durchgeführt (10 bis 30 involvierte Kekse). Die Endsets der Boxen unterschieden sich entweder in einem Verhältnis von 1:2 voneinander oder nur sehr gering, mit einem Unterschied von einem Keks. Kinder mit 3½ Jahren können derartige Additionen lösen unabhängig von der Setgröße und dem Verhältnis zwischen den beiden resultierenden Sets. Subtraktionsaufgaben konnten sie jedoch schlechter lösen, als Additionsaufgaben. Die Lösungsrate lag unter der Ratewahrscheinlichkeit. Die einzige Anordnung, in der die Leistungen der Kinder in den Subtraktionsaufgaben denen in den Additionsaufgaben glichen, waren die Aufgaben mit sehr großen Sets und einem Endergebnis bei dem sich die beiden Sets nur um ein Item unterschieden. Shinsky et al. (2009) interpretierten die Ergebnisse dahingehend, dass die Kinder aufgrund der größeren Aufmerksamkeit an Additionen in ihrem Lebensalltag hierbei bessere Leistungen erzielen als in den Subtraktionsaufgaben. Ein weiterer Erklärungsansatz für die unterschiedlichen Leistungen in den beiden Aufgabenarten liegt in der Versuchsanordnung. Es wäre möglich, dass sich die Kinder eher für die Box entschieden, bei der öfter Items in der Hand der Versuchsleiterin waren, was bei Additionen zu richtigen Entscheidungen führt, bei Subtraktionen jedoch nicht. Eine weitere Möglichkeit ist die Formulierung der Frage. Die Kinder wurden nach Abschluss der Präsentation gefragt, in welcher Box mehr Kekse seien. Möglicherweise wäre es besser gewesen, die Kinder bei der Subtraktionsaufgabe zu fragen in welcher Box weniger Kekse seien. Das Ergebnis kann jedoch auch schlicht darauf zurückzuführen sein, dass 3½-jährige Kinder ein besseres Verständnis für Additionsaufgaben besitzen als für Subtraktionsaufgaben.

Canobi und Bethune (2008) fanden heraus, dass die Verwendung von konkreten Zahlwörtern die Leistungen in Subtraktionsaufgaben steigern, verglichen mit Additionsaufgaben und Subtraktionsaufgaben, die physisch präsentiert werden ohne Bezug zu konkreten Zahlwörtern. In ihrer Studie fragten sie 4- bis 6-jährige Kinder nach der physischen Präsentation der Aufgabe einerseits danach, in welchem Set sich mehr Items befinden, andererseits ob sich N (Anfangsmenge) oder N +/- Items (Resultatmenge) im

veränderten Set befinden. Die Subtraktionsaufgaben konnten bei der konkreten Mengenbezeichnung in der Frage besser beantwortet werden. Bei der Addition erzielten die Kinder bessere Leistungen in der Bedingung, in der keine konkreten Zahlwörter genutzt wurden. Kinder besitzen schon mit 3 Jahren ein gutes konzeptuelles Verständnis von Addition und Subtraktion (Canobi & Bethune, 2008; Hughes, 1987; Mix, Levine & Huttenlocher, 1999; Shinsky et al., 2009) bevor sie die Ergebnisse in Zahlwörtern ausdrücken können. Sie wissen darüber bescheid, dass wenn Items weggenommen werden, die Menge sich verringert und umgekehrt. Auch Klein und Bisanz (2000) fanden heraus, dass 4-jährige Kinder mit einer geringen Fehlerrate einfache, nonverbal präsentierte, Additionen und Subtraktionen lösen können, wenn die Zahlen kleiner als 6 sind. Bei arithmetischen Aufgaben, mit Zahlen größer als 5, erhöht sich die Fehlerrate, aufgrund der limitierten Arbeitsgedächtniskapazitäten.

## 7.2 Das Verständnis von Inversionsaufgaben im Vorschulalter

Klein und Bisanz (2000) präsentierten den Kindern auch Rechnungen in dem Format  $a + b - c$ , wobei die Hälfte der Aufgaben Inversionsaufgaben waren, das heißt die Terme  $b$  und  $c$  waren gleich. 4-jährige Kinder zeigten ein beginnendes Verständnis für arithmetische Prinzipien, wie dem „Prinzip der Assoziativität“ (sie rechneten im ersten Schritt  $b - c$ , damit  $b$  kleiner wird und sie diesen Term einfacher zu  $a$  hinzuzählen können) oder sie kürzten die Rechenschritte, indem sie bei den Inversionsaufgaben merkten, dass die Lösung  $a$  ist, da  $b$  und  $c$  den gleichen Wert besitzen und sich aufheben. Die meisten 4-Jährigen verwendeten jedoch noch die Standardreihenfolge und rechneten  $a + b - c$  und machten dabei noch Fehler. 5-jährige Kinder verwendeten bei Inversionsaufgaben hauptsächlich eine zeitsparende Inversionsstrategie, wobei diese nicht bekannt ist, da sie nicht einfach den ersten Term wiederholen. Sie benötigen jedenfalls signifikant weniger Zeit für die Lösung der Inversionsaufgaben im Vergleich mit Kontrollaufgaben und haben eine höhere Lösungsrate, bei kleinen wie bei großen Zahlen (Bryant, Christie & Rendu, 1999). Canobi und Bethune (2008) fanden heraus, dass Kinder Inversionsaufgaben eher lösen können und verstehen, wenn die Terme der Aufgaben kleine, ihnen bekannte Zahlen beinhalten, sie diese also rechnerisch und nicht durch Schlussfolgerungen lösen können.

Sie lernen möglicherweise Inversionsaufgaben, indem sie diese konkret mit Fingerzählen lösen können, was zu einem Verständnis der Inversion führt. Sie können Inversionsaufgaben auch schneller und besser lösen, wenn die Aufgabe mit konkreten physischen Objekten präsentiert wird. Gilmore und Spelke (2008) konnten jedoch nachweisen, dass 5-jährige Kinder auch Inversionsaufgaben mit größeren Zahlen lösen können (siehe Abb. 7.1), wenn sich die resultierende Menge in einem Verhältnis von 2:3 von der zu vergleichenden Menge unterscheidet. Die Kinder können sowohl symbolisch präsentierte (Figuren werden in eine Geschichte verpackt zur Präsentation der Aufgaben verwendet) als auch nicht-symbolisch präsentierte (in Reihen angeordnete Punkte dienen der Präsentation der Aufgabe) Inversionsaufgaben mit großen, abzuschätzenden Mengen lösen. Sie können jedoch keine exakten Inversionsaufgaben mit großen Zahlen lösen, bei der sich die durch Subtraktion oder Addition manipulierte Menge um nur Eins von der zu vergleichenden Menge unterscheidet, was wiederum im Einklang mit den Ergebnissen der Studie von Canobi und Bethune (2008) und Klein und Bisanz (2000) steht.

Abb. 7.1: Inversionsaufgaben des Experiments von Gilmore & Spelke (2008)

| Inverse and non-inverse problems given to children |              |       |                |            |                |            |
|----------------------------------------------------|--------------|-------|----------------|------------|----------------|------------|
| Inverse                                            |              |       | Simple uneven  |            | Complex uneven |            |
| Problem                                            | Comparison   |       | Problem        | Comparison | Problem        | Comparison |
|                                                    | Exps 1 and 2 | Exp 3 |                |            |                |            |
| $36 + 40 - 40$                                     | 24           | 35    | $41 + 12 - 17$ | 24         | $45 + 9 - 34$  | 30         |
| $20 + 38 - 38$                                     | 30           | 21    | $38 + 13 - 9$  | 63         | $24 + 38 - 8$  | 36         |
| $42 + 10 - 10$                                     | 63           | 44    | $52 + 8 - 12$  | 32         | $63 + 8 - 43$  | 42         |
| $54 + 8 - 8$                                       | 36           | 52    |                |            |                |            |

### **7.3 Bearbeiten von Textaufgaben im Vorschulalter**

Stern (1994) führte ein Experiment zum Bearbeiten von Textaufgaben bei Vorschulkindern im letzten Kindergartenjahr und bei Erstklässlern durch. Da Kindern vor allem Vergleichsaufgaben schwer fallen, im Vergleich zu Austauschaufgaben und Mengenzusammenfassungsaufgaben, untersuchte sie den Einfluss verschiedener Kontextgeschichteneinbettung der Aufgaben. Sie verwendete Vergleichsaufgaben mit unbekannter Differenzmenge (z. B.: „Maria hat 5 Murmeln. Hans hat 8 Murmeln. Wie viele Murmeln hat Hans mehr als Maria?“), mit unbekannter Vergleichsmenge (z. B.: Maria hat 3 Murmeln. Hans hat 4 Murmeln mehr als Maria. Wie viele Murmeln hat Hans?“) und mit unbekannter Referenzmenge (z. B.: „Maria hat 9 Murmeln. Sie hat um 4 Murmeln mehr als Hans. Wie viele Murmeln hat Hans?“). Bei der Bearbeitung von Textaufgaben müssen Kinder die sprachliche Oberflächenstruktur entschlüsseln und ein episodisches Situationsmodell aufbauen (die Beziehung der Objekte und Akteure der Geschichte in der beschriebenen Zeitstruktur herausfiltern), um ein mathematisches Problemmodell aufbauen zu können. Über dieses mathematische Problemmodell können dann die notwendigen mathematischen Strategien ausgeführt werden, um zum Schluss das Ergebnis in einem Antwortsatz zu formulieren. Am einfachsten sind Aufgaben mit unbekannter Vergleichsmenge, gefolgt von Aufgaben mit unbekannter Differenzmenge und Aufgaben mit unbekannter Referenzmenge. Die Textaufgaben wurden in eine Konkurrenzkontextgeschichte eingebettet, bei der ein Kind in allen beschriebenen Belangen mehr besitzt als das zweite Kind, und in eine Planungskontextgeschichte, bei der ein Kind eine Geburtstagsfeier plant und in allen beschriebenen Belangen weniger Dinge hatte als Kinder zur Feier kommen sollten. Des Weiteren wurden die Aufgaben in Zwei-Personen Textaufgaben und Subjekt-Objekt Textaufgaben gegliedert. Somit entstanden zwei kompatible Bedingungen (Kombination Konkurrenzkontextgeschichte und Zwei-Personen Aufgabe/ Kombination Planungskontextaufgaben und Subjekt-Objekt Aufgabe), sowie zwei inkompatible Bedingungen mit den beiden weiteren Kombinationen. Es zeigte sich, dass die Kinder beider Altersgruppen leistungsmäßig von den kompatiblen Aufgaben profitierten. Eine Kontextgeschichte, die in der episodischen Struktur mit den Aufgaben übereinstimmt, hilft den Kindern beim Aufbau und der Steuerung von episodischen Situationsmodellen. Kindergartenkinder hatten noch große Schwierigkeiten mit dem

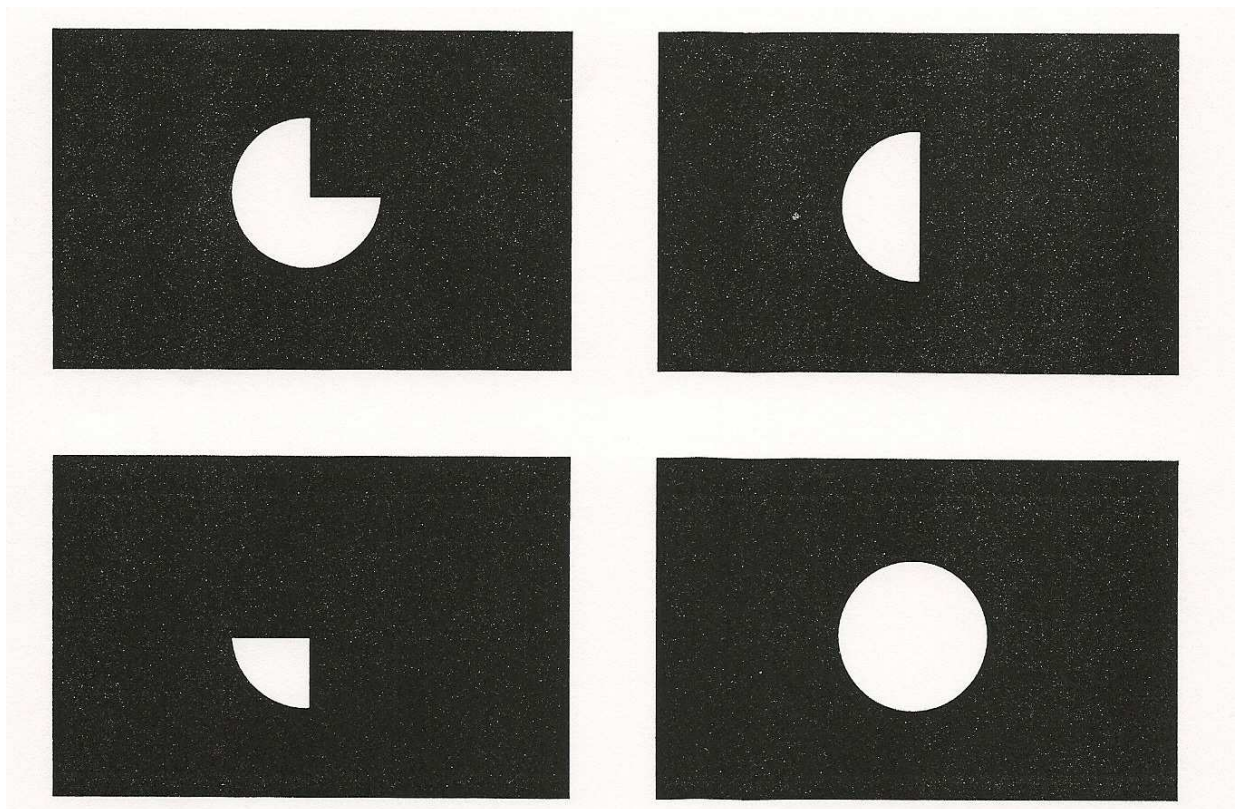
Verständnis des Satzes „...hat mehr/weniger als...“, diese Aufgaben wurden kaum richtig gelöst. Sie hatten jedoch weniger Probleme mit der Formulierung „Wie viel hat ... mehr/weniger als ...?“, bei der sie 40 Prozent der Aufgaben richtig lösten. Schulkinder konnten beide Arten von Formulierungen verstehen und die zugehörigen Aufgaben gleich gut lösen. Kindergartenkinder weisen noch „Schwierigkeiten mit dem Verstehen der sprachlichen Oberflächenstruktur von Vergleichsaufgaben“ auf (Stern, 1994, S. 91). Die Aufgabenschwierigkeit dürfte von der Abstraktheit des mathematischen Problemmodells abhängen. Wenn Vergleichsaufgaben in keinen (kompatiblen) Kontext eingebettet sind, dann müssen die Kinder ein Teile-Ganzes-Modell aufbauen, was erst durch das Verständnis der Komplementarität von Addition und Subtraktion verstanden wird. Mit Kontexteinbettung kann ein handlungsnahes Modell aufgebaut werden, was Kindern leichter fällt als das Verständnis eines Teile-Ganzes-Modells. Die episodische Struktur der Textaufgabe steuert den Aufbau des mathematischen Problemmodells während des gesamten Problemlöseprozesses und beeinflusst die Schwierigkeit der Aufgabe maßgeblich. (Vgl. Stern, 1994)

## 7.4 Rechnen mit Bruchstücken im Vorschulalter

Mix, Levine und Huttenlocher (1999) wiesen in ihrer imposanten Studie nach, dass Vorschüler schon in der Lage sind rechnerische Schlussfolgerungen mit Bruchstücken zu ziehen. Diese Fähigkeit entwickelt sich zwar erst etwa ein Jahr nachdem sie mit ganzen Zahlen rechnen können, mit 4 Jahren, zeigt jedoch einen ähnlichen Entwicklungsverlauf verglichen mit dem Rechnen mit ganzen Zahlen. Mix et al. (1999) verwendeten für die Studie runde Schwämme die sie viertelten. Sie zeigten den Kindern eine Anfangsmenge mit einer bestimmten Anzahl an Viertelstücken, immer im Kreis angeordnet. Nachdem die Kinder diese Anfangsmenge sahen, wurden die Stücke mit einer Trennwand verdeckt. Hinter der Trennwand wurden die subtraktiven oder additiven Manipulationen durchgeführt, so dass die Kinder die Menge die hinzu gegeben oder entfernt wurde sahen. Die Endmenge konnte von den Kindern nicht gesehen werden. Danach wurde ihnen ein Blatt mit verschiedenen Abbildungen (siehe Abb. 7.2) gezeigt, wobei eines die passende Lösung darstellte. Es zeigte sich, dass 3-jährige Kinder noch nicht in der Lage sind derartige Aufgaben zu lösen, 4- und 5- Jährige jedoch mit ihren Ergebnissen schon signifikant über der Ratewahrscheinlichkeit lagen und es keinen Leistungsunterschied zwischen den beiden Altersgruppen gab. Die Leistungen waren, verglichen mit ihren Leistungen mit ganzen Zahlen, schlechter. Mix et al. (1999) führten daraufhin ein weiteres Experiment durch, mit komplexeren Aufgaben und Bruchstücken die gemeinsam mehr als ein Ganzes ergaben. Dafür testeten sie 4- und 5-jährige Kinder die noch den Kindergarten besuchten, 6-jährige Kinder, die vor dem Wechsel in die Schule standen und 7-jährige Kinder, die von der ersten Klasse in die zweite Schulstufe wechselten. Die 6- und 7-jährigen Kinder zeigten Leistungen die über der Ratewahrscheinlichkeit lagen, wobei sich die Gruppe der 7-jährigen Kinder signifikant von allen anderen Gruppen unterschied indem sie bessere Leistungen zeigten. Außerdem zeigten Kinder mit 6 Jahren signifikant bessere Leistungen als 4-jährige Kinder. Das Verständnis für Rechnungen mit Bruchstücken entwickelt sich parallel zu dem Verständnis von Addition und Subtraktion mit ganzen Zahlen, jedoch zeitlich versetzt: Die Fähigkeit mit Bruchstücken zu rechnen beginnt sich später zu entwickeln und liegt leistungsmäßig unter jenen der Rechnungen mit ganzen Zahlen. Die Entwicklung verläuft graduell, so dass das Verständnis für Kalkulationen schon vor der Einschulung zunimmt. Jetzt stellt sich die Frage warum so viele Kinder

Schwierigkeiten beim Erlernen der Brüche aufweisen, die meist am Ende der zweiten Schulstufe eingeführt werden. Mix et al. (1999) interpretierten die Probleme dahingehend, dass die Schwierigkeiten möglicherweise aus der gleichen arabischen Schreibweise von Brüchen und ganzen Zahlen resultieren.

Abb. 7.2: Antwortblatt für einfache Rechnungen mit Bruchstücken aus dem Experiment von Mix et al. (1999)

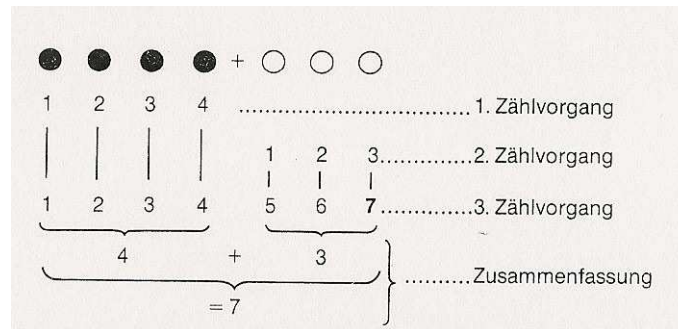


## 7.5 Das Verständnis von Addition, Subtraktion und deren Zusammenhang im Schulalter

Kapitel 7.2 zeigte, dass Vorschulkinder ab 4 Jahren ein gutes Verständnis von Inversionsaufgaben, dem Zusammenhang von Addition und Subtraktion, aufweisen. (Bryant, Christie & Rendu, 1999; Canobi & Bethune, 2008; Gilmore & Spelke, 2008; Klein & Bisanz, 2000). Wenn Kinder in die Schule kommen, lernen sie von links nach rechts zu rechnen, so wie gelesen und geschrieben wird. Bei den ersten Rechenaufgaben müssen die Kinder lernen, eine Operation aufzubauen (Aebli, 2003). Zuerst sollte dies an konkretem Material gelernt werden. Die Kinder bekommen zum Beispiel die Addition  $4 + 3$  vorgelegt, können diese mit konkretem Material legen und durch Zählprozesse zum Ergebnis gelangen, wenn sie die Verknüpfungsstruktur (hier Addition) erkannt haben (Abb. 7.3). Nachdem die Schüler diese Aufgaben öfter mit konkretem Material geübt haben wird diese Operation verinnerlicht. Bei Subtraktionen zählen die Kinder erst die Anfangsmenge, danach die zu subtrahierende Menge weg und schlussendlich die übrig gebliebenen Objekte, um zu ihrem Ergebnis zu kommen (Resnick, 1989). Wenn keine Objekte zur Verfügung stehen zählen sie die Teilmengen mit Hilfe ihrer Finger. Nach und nach wächst das Verständnis für die Rechenoperationen, so dass Kinder mit 6 Jahren die Zählwörter selbst als zu zählende Objekte ansehen, und nicht mehr an konkrete Gegenstände gebunden sein müssen. Sie verwenden dann auch effektivere Strategien, indem sie beim Wert des ersten Terms zu zählen beginnen und den zweiten Term hinzuzählen (*count-on Strategie*). Kinder verwenden mit der Zeit auch effektivere Strategien wie die so genannte *min – Strategie*, bei der sie mit dem größeren Term zu zählen beginnen und den Term mit dem kleineren Wert hinzuzählen. Diese Strategie verringert die Fehlerrate und führt schneller zur Lösung. So beginnen Kinder das Konzept der *additiven Kommutativität* zu verstehen, das heißt, dass die beiden Terme oder Mengen einer Addition vertauscht werden können. Bei Subtraktionen zählen die Kinder vom kleineren Term zum größeren Term, um zur Lösung zu gelangen (*count-up Strategie*). Wichtig erscheint es in der Grundschule auch Faktenwissen aufzubauen, dass heißt gewisse Ergebnisse bestimmter einfacher Additionen, Subtraktionen, Multiplikationen und Divisionen werden im Langzeitgedächtnis abgespeichert (Stern, 1997). Durch den Abruf aus dem Langzeitgedächtnis werden

Arbeitsgedächtniskapazitäten für komplexere Rechenprozesse frei, was die Fehlerwahrscheinlichkeit verringert.

Abb. 7.3: Der Aufbau einer elementaren Addition nach Aebli (2003)



Kinder lernen eine Vielzahl an Rechenstrategien während der Grundschulzeit. Sie wenden diese in Abhängigkeit von dem Verständnis der Strategie und dem Kontext der Aufgabe an, wobei Kinder mit steigendem Alter immer effektivere Strategien gebrauchen (Siegler, 1987). Die anfänglich verwendete Zählstrategie, die viel Zeit in Anspruch nimmt, wird mit steigender Erfahrung mit effizienteren Strategien meist nur mehr bei Rechnungen mit kleinen Summen angewendet. Die min-Strategie wird bevorzugt bei Rechnungen angewendet, die große Summen ergeben. Bei Rechnungen mit einem Term mit Zehnerüberschreitung führt die *Dekompositionsstrategie* zu effizienteren Lösungen. Dabei werden die Einer zuerst zusammengezählt, um diese Summe zu 10 hinzuzuzählen. Kinder im Schulalter wenden viele Strategien zur gleichen Zeit an, es gibt kein einheitliches Bild der Entwicklung der Strategienanwendung. Mit steigendem Alter und steigender Erfahrung mit dem Gebrauch der Strategien, verwenden die Kinder jene, die schneller zu einer akkuraten Lösung führen. (Vgl. Siegler, 1987)

Nach Canobi (2005) entwickeln sich mathematische Konzepte bei Schulkindern sehr unterschiedlich. Zu den mathematischen Konzepten zählen das anfangs erwähnte *Konzept der Kommutativität*, dessen Verständnis sich als erstes entwickelt (Robinson & Dubé, 2009), das *Konzept der Inversion* und das *Konzept der Assoziativität* (Canobi, 2005). Nach Canobi (2005) führt das Verständnis des Prinzips der Kommutativität zum Verständnis der

Inversion, indem Kinder merken, dass bei der Addition die Terme vertauscht werden können. Dadurch entdecken sie, dass die Subtraktion eines Terms von der Summe den anderen Term ergibt. Sie müssen ein Verständnis für den Zusammenhang zwischen den Teilen und dem Ganzen entwickeln. Das Prinzip der Assoziativität (bei einer Rechnung der Form  $a + b - c$  werden zuerst die Terme  $b - c$  berechnet und diese Summe dann zu  $a$  hinzugezählt) wird von 7- bis 9-jährigen Kindern seltener angewendet, als die Inversionsstrategie (Robinson & Dubé, 2009). Nach Robinson und Dubé (2009) entwickeln sich die beiden Konzepte sehr langsam während der Grundschulzeit und erfahren keine stetige Verbesserung. Kinder verwenden in der Grundschulzeit häufig die konventionelle Art, indem sie die Terme von links nach rechts der Reihe nach rechnen. Dies ist ein langsamerer Lösungsansatz, der aufgrund seiner Komplexität häufiger zu Fehlern führt.

Bryant, Christie & Rendu (1999) führten Experimente zu Inversionsaufgaben mit Grundschulern durch. Die Kinder jeder Altersgruppe konnten Inversionsaufgaben mit einer geringeren Fehlerrate lösen als Kontrollaufgaben. Es machte keinen Unterschied, ob die Aufgaben in dem Format  $a + b - b$  oder  $a - b + b$  dargestellt wurden. Älteren Kindern mit 6 bis 7 Jahren wurden zusätzlich gemischte Inversions-/Dekompositionsaufgaben in den Formaten  $a + b - b - 1$  und  $a + b - b + 1$  vorgegeben. Auch diese Aufgaben konnten die Kinder mit weniger Fehlern lösen, als die zugehörigen Kontrollaufgaben. Kinder im Alter von 6 bis 8 Jahren weisen ein klares Verständnis vom Zusammenhang von Addition und Subtraktion auf. Die Kinder, die die gemischten Inversions-/Dekompositionsaufgaben lösen konnten, konnten ihre Lösungsstrategie bei Inversionsaufgaben auch verbalisieren. Das Verständnis wächst mit steigendem Alter graduell, das heißt die Fehlerrate nimmt ab. Des Weiteren zeigte sich durch die Experimente, dass sich das Verständnis für Inversionsaufgaben parallel zum Verständnis für Additionen und Subtraktionen entwickelt. Das heißt, dass ein besseres Verständnis von Additions- und Subtraktionsaufgaben nicht zu einem Verständnis von Inversion führt, da sonst die Ergebnisse bei den Inversionsaufgaben nicht besser ausgefallen wären, als jene der Kontrollaufgaben. Im Gegensatz zu den Kontrollaufgaben zeigte sich bei den Inversionsaufgaben kein Effekt bezüglich der Zahlengröße.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass schon Säuglinge im ersten Lebensjahr einfachste mathematische Probleme lösen können (Wynn, 1992). Diese protonumerischen Fähigkeiten können von 2- bis 3-jährigen Kindern direkt über die neu erlernte Sprache ausgedrückt werden (Houdé, 1997). Kinder ab 4 Jahren sind in der Lage arithmetische Probleme mit größeren Zahlen (bis zu 10) zu lösen (Hughes, 1987), wobei ihnen Additionsaufgaben leichter fallen als Subtraktionsaufgaben (Hughes, 1987; Shinsky et al., 2009). Auch hypothetische Rechenaufgaben können von 4-jährigen Kindern gelöst werden, wenn sie in einen - für die Kinder alltagsnahen Kontext - eingebunden werden (Hughes, 1987). Textaufgaben mit größeren Unterschiedsmengen können ab dem letzten Kindergartenjahr gelöst werden, wobei Aufgaben mit unbekannter Vergleichsmenge am einfachsten sind, gefolgt von Aufgaben mit unbekannter Differenzmenge und Aufgaben mit unbekannter Referenzmenge (Stern, 1994). Kinder ab 4 Jahren können auch rechnerische Schlussfolgerungen mit Bruchstücken ziehen (Mix, Levine & Huttenlocher, 1999). 5-jährige sind dazu in der Lage Inversionsaufgaben schneller zu lösen als 4-jährige Kinder, was darauf hinweist, dass sie das Prinzip der Assoziativität verstehen und die schneller zur Lösung führende Inversionsstrategie anwenden (Canobi & Bethune, 2008; Klein & Bisanz, 2000). Im Schulalter verändert sich die Anwendung der Rechenstrategien. Die Kinder lernen immer effektivere Strategien anzuwenden, die schneller und mit weniger Aufwand zur richtigen Lösung führen, Zählstrategien werden immer seltener angewendet (Resnick, 1989; Siegler, 1987; Stern, 1997).

## **8 Diagnostik der mathematischen Leistungen im Vorschulalter**

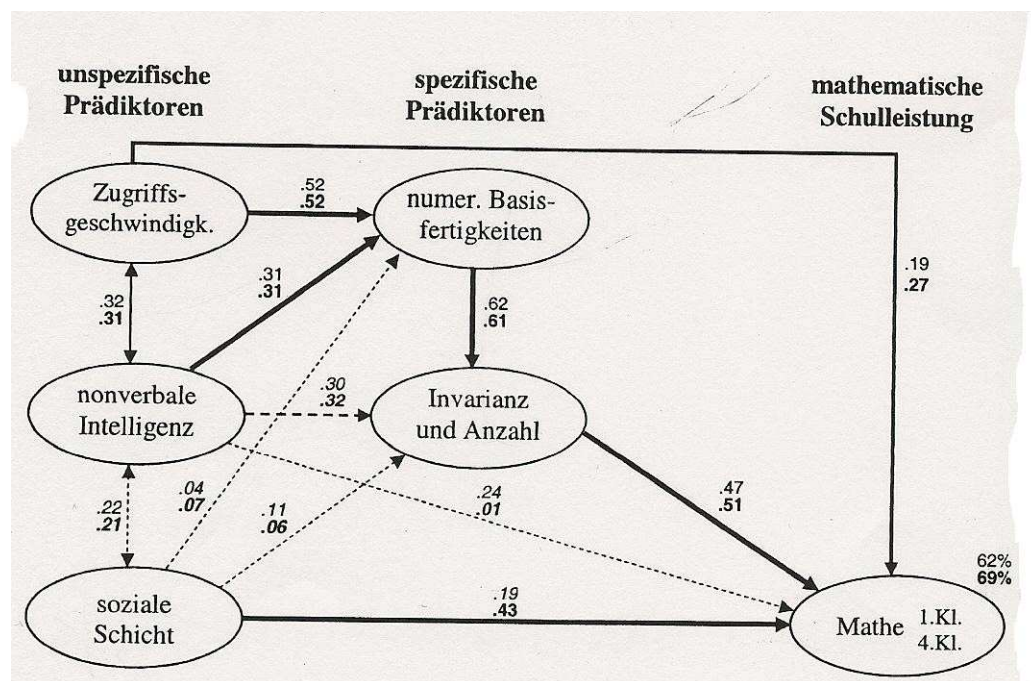
Im ersten Abschnitt dieses Kapitels wird die Vorhersagekraft identifizierter Vorläuferfertigkeiten, die im Kindergartenalter erhoben wurden, für mathematische Leistungen im Grundschulalter herausgearbeitet. Darauf folgend werden verschiedene diagnostische Verfahren für die Erfassung des rechnerischen Denkens im Vorschulalter dargestellt.

### **8.1 Vorhersagekraft spezifischer mathematischer Vorläuferfertigkeiten**

Krajewski und Schneider (2006) wiesen eine hohe Vorhersagekraft spezifischer mathematischer Vorläuferfertigkeiten, gemessen im letzten halben Kindergartenjahr, für mathematische Schulleistungen am Ende der ersten und vierten Klasse nach. Unspezifische kognitive Fähigkeiten, wie die nonverbale Intelligenz und die Zugriffsgeschwindigkeit auf das Langzeitgedächtnis, haben einen indirekten Einfluss auf die Schulleistungen. Sie gingen von ihrem Entwicklungsmodell früher mathematischer Kompetenzen aus, in welchem sie numerische Basisfertigkeiten (Ebene I) und das Anzahlkonzept (Ebene II) voneinander unterschieden. Zu den, in der Kompetenzebene I erworbenen, numerischen Basisfertigkeiten zählen sie die Zählfertigkeiten der Kinder. Diese wurden mittels Aufträgen der Zahlenfolge vorwärts und rückwärts, Identifikation einzelner Glieder in der Zahlenfolge und der Kenntnis arabischer Ziffern gemessen. Die Kompetenzebene II, die die Mengen-Zahlen-Kompetenzen beinhaltet, wurde mittels Mengenvergleichs- und Seriationsaufgaben inklusive Invarianzaufgaben erhoben. Als unspezifische Fähigkeiten wurden die nonverbale Intelligenz, die Zugriffsgeschwindigkeit aus dem Langzeitgedächtnis, das visuell-räumliche Vorstellungsvermögen, die Gedächtniskapazität, die soziale Schicht, das Sprachverständnis und die Konzentrationsfähigkeit ermittelt. Knappe 40 Prozent der Unterschiede in den Mengen-Zahlen-Kompetenzen wurden durch die numerischen Basisfertigkeiten erklärt. Knappe 25 Prozent der Varianz der mathematischen Leistungen, in der ersten sowie in der vierten Klasse, konnten durch die

höheren Vorläuferfertigkeiten (Ebene II) erklärt werden. Die nonverbale Intelligenz machte hingegen nur 10 Prozent der Varianz aus (Abb. 8.1). Das heißt die rechnerischen Fertigkeiten am Ende der Kindergartenzeit stellen einen sehr guten Prädiktor für spätere mathematische Schulleistungen dar, weshalb es wichtig erscheint, diese Leistungen schon im Kindergartenalter erheben zu können, um bei Bedarf dementsprechende Förderprogramme zu starten (Krajewski & Schneider, 2006; Weißhaupt, Peucker & Wirtz, 2006).

Abb. 8.1: Strukturgleichungsmodell zur Vorhersagekraft spezifischer mathematischer Vorläuferfertigkeiten (Krajewski & Schneider, 2006)



## 8.2 Diagnostische Verfahren zur Erhebung der mathematischen Entwicklung im Vorschulalter

Im Folgenden werden diagnostische Verfahren beschrieben, die der Erfassung der mathematischen Entwicklung im Kindergartenalter (3 bis 6 Jahre) dienen.

### 8.2.1 Osnabrücker Test zur Zahlenbegriffsentwicklung

Der Osnabrücker Test zur Zahlenbegriffsentwicklung (OTZ; Van Luit, Van de Rijt & Hasemann, 2001) stellt die deutsche Version des niederländischen Utrechter Zahlenbegriffstest (UZT; Van Luit, Van de Rijt & Hasemann, 2001) dar. Er wurde für Lehrpersonen und ErzieherInnen konzipiert, um den Stand der Zahlenbegriffsentwicklung bei Kindern im Alter von 5 Jahren bis 7 Jahren und 11 Monaten zu erheben. Es gibt zwei Parallelversionen, die jeweils acht Kompetenzen erfassen:

- ☐ **Vergleichen:** Das Kind soll zwei Items anhand quantitativer und qualitativer Merkmale miteinander vergleichen. Es wird das Verständnis für Relationsbezeichnungen wie größer/kleiner, mehr/weniger, höher/niedriger und länger/kürzer erhoben.
- ☐ **Klassifizieren:** Das Kind soll bei diesem Untertest Items aufgrund bestimmter Merkmale zu einer Gruppe zusammenfassen.
- ☐ **Eins-zu-Eins-Zuordnen:** Das Kind soll mit Hilfe zweier Mengen eine Eins-zu-Eins-Zuordnung vornehmen.
- ☐ **Nach Reihenfolgen ordnen:** Das Kind soll entscheiden, bei welchem Bild die Elemente z. B. der Größe nach geordnet sind. Der Umgang mit geordneten Dingen soll erhoben werden.
- ☐ **Zahlwörter gebrauchen:** Das Kind soll, in einem Zahlenraum bis 20, vorwärts und rückwärts zählen. Der Startwert wird genannt.
- ☐ **Strukturiertes Zählen:** Das Kind soll geordnete und ungeordnete Gegenstände zählen. Es darf dabei die Gegenstände berühren und verschieben. Die Zählfertigkeit wird erhoben.
- ☐ **Resultatives Zählen:** Bei diesem Subtest soll das Kind wieder Gegenstände zählen, es geht jedoch um den genannten Kardinalwert und korrektes Zählen. Die Gegenstände dürfen dabei nicht berührt werden.

- **Allgemeines Zahlenwissen:** Durch gezeichnete Darstellungen, wird die Fähigkeit des alltäglichen Gebrauchs von Zahlen erhoben. Die Kinder sollen dabei einfache Sachaufgaben bearbeiten.

Die Antworten werden in diesem Verfahren verbal, durch zeigen auf Bilder oder durch das Ausführen bestimmter Tätigkeiten gegeben. Der Test besteht aus insgesamt 80 Items, 8 Items zur Erfassung jedes Kompetenzbereichs. Die Rohwerte der einzelnen Untertests werden zu einem Gesamtwert addiert. Für den Gesamtwert liegen Normen vor, anhand derer das Kind in eine von fünf Kompetenzstufen zugeordnet werden kann. Die deutsche Stichprobe für die Berechnung der Testgütekriterien umfasste 330 Kinder und erscheint dadurch relativ klein. Die Reliabilität der beiden Parallelformen sind relativ hoch (Cronbach Alpha = .84 und .88), wobei sie geringfügig niedriger als die der Originalversion ausfielen. Die Durchführungs- und Auswertungsobjektivität scheint aufgrund der standardisierten Durchführung und der detaillierten Anweisungen gegeben zu sein. (Vgl. Van de Rijt, Van Luit & Hasemann, 2000).

### **8.2.2 Subtest „Rechnen“ der Kaufman-Assessment Battery for Children**

Der Subtest „Rechnen“ der Kaufman-Assessment Battery for Children (K-ABC; Melchers & Preuß, 1991) misst die rechnerischen Fertigkeiten und die Gewandtheit im Umgang mit Zahlen bei 3 Jahre bis 12 Jahre und 5 Monate alten Kindern. Er erhebt die Fertigkeiten, Zahlen zu erkennen, die Zählfertigkeiten, Rechenfertigkeiten und das Verständnis für mathematische Konzepte. Der gesamte Subtest ist in eine Geschichte mit dem Thema eines Zoobesuchs eingebettet, um das Interesse der Kinder aufrecht zu erhalten. So sollen die Kinder zum Beispiel die Leute, die auf einem Bild zu sehen sind, zählen oder die Menge der Leute mit der Menge der Robben vergleichen. Es werden auch Sachrechnungen abgefragt sowie das erkennen geschriebener arabischer Ziffern.

Normen, aus einer Normierungsstichprobe von über 3000 deutsch-sprachigen Kindern liegen für jede Altersstufe vor. (Vgl. Melchers & Preuß, 1991)

### 8.2.3 Die Basiskompetenz „Zahlen- und Mengenwissen“ des Screenings für kognitive Basiskompetenzen im Vorschulalter

Die Basiskompetenz „Zahlen und Mengenwissen“ des Screenings für kognitive Basiskompetenzen im Vorschulalter (BASIC-Preschool; Daseking & Petermann, 2008) erfasst mittels 3 Subtests mathematische Vorläuferfertigkeiten bei 4 Jahre und 9 Monate bis 5 Jahre und 9 Monate alten Kindern:

- ☐ **Automatische Mengenerfassung:** Anzahlen von Luftballons, die eine Sekunde lang auf einem Bildschirm erscheinen, sollen von den Kindern geschätzt werden.
- ☐ **Mengeninvarianz:** Zwei unterschiedlich geordnete Mengen werden dem Kind präsentiert, welches sagen soll, ob die beiden Mengen gleich groß sind.
- ☐ **Zahlenwissen:** Das Kind soll Comicbilder zählen.

Die Normierungsstichprobe bestand aus schweizer, deutschen und österreichischen Kindern. Es liegen Normen für drei Altersgruppen vor. Die Durchführungsobjektivität ist gegeben, da die TestleiterInnenübereinstimmung hoch ist. Die Retest-Reliabilitäten für die drei Untertests liegen zwischen .75 und .87 und sind somit zufrieden stellend.

### 8.2.4 Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen im Vorschulalter

Fritz und Ricken (2008) beschrieben die Entwicklung des Tests zur Erfassung mathematischer Kompetenzen im Vorschulalter (Ricken, Fritz & Balzer, 2008) anhand eines fünfstufigen Entwicklungsmodells:

- ☐ **Stufe 1:** Die Zahlwortreihe kann aufgesagt werden. Die Kinder werden gebeten so weit sie können zu zählen.
- ☐ **Stufe 2:** Die Kinder können Objekte durch eine Eins-zu-Eins-Zuordnung auszählen, kennen den ordinalen Aspekt der Zahlen, müssen jedoch bei ihrem Zählprozess immer bei Eins beginnen. Die Aufgabe besteht darin, Mengen an Punkten auszuzählen.
- ☐ **Stufe 3:** Kinder verstehen die Kardinalität einer Menge und werden gebeten, eine bestimmte Anzahl an Gegenständen zu reichen.

- **Stufe 4:** Kinder beginnen Differenzen zwischen Mengen sowie Teil-Teil-Ganzes-Relationen zu erkennen. Sie wissen darüber bescheid, dass zwischen aufeinander folgenden Zahlen der gleiche Abstand ist. Geprüft wird diese Stufe indem die Kinder danach gefragt werden, welche Zahl um Eins größer/kleiner ist als eine genannte Zahl oder sie werden gebeten eine bestimmte Anzahl an Gegenständen zu reichen, von der ein Teil rot sein soll.
- **Stufe 5:** Das Teile-Ganzes-Konzept und der relationale Zahlenbegriff werden weiterentwickelt. Das Kind soll Aufgaben lösen, wie zum Beispiel „Wie heißt die Zahl, die um 2 größer ist als 3?“ oder „Anna hat 2 Spielkarten weniger als Tim. Tim hat 7 Karten. Wie viele Karten hat Anna?“.

Die Kinder können durch die Testung einer Niveaustufe zugeordnet werden.. Die Entwicklung durchläuft die Stufen der Reihe nach. Der Test ist für Kinder im Alter von 4 Jahren und 6 Monaten bis 7 Jahren geeignet. Es werden die Lösungen der Kinder notiert, jedoch auch die Strategien der Kinder beobachtet, dadurch können neben quantitativen auch qualitative Aussagen gemacht werden. Auf Basis dieses diagnostischen Konzeptes wurde ein Förderansatz entwickelt. (Vgl. Fritz & Ricken, 2008)

### **8.2.5 Subtest „Angewandtes Rechnen“ des Adaptiven Intelligenzdiagnostikums 2**

Der Subtest „Angewandtes Rechnen“ des Adaptiven Intelligenzdiagnostikums 2 (AID 2; Kubinger & Wurst, 2000) kann bei Kindern im Alter von 6 Jahren bis 15 Jahren und 11 Monaten angewendet werden. Die Rechenfertigkeiten des Kindes werden anhand von alltäglichen Problemstellungen erfassen. Die Aufgaben werden als Sachrechnungen gestellt und das Kind bekommt teilweise auch die Möglichkeit die vorgelesenen Aufgaben in einem Heft selbst mitzulesen. Teilweise ist es dem Kind auch erlaubt Nebenrechnungen auf einem Blatt zu machen. Der Subtest wird adaptiv vorgegeben, das heißt durch *branched testing* wird dem Kind, aufgrund seiner Leistungen in einem bearbeiteten Aufgabenblock, ein weiterer Aufgabenblock entsprechend seiner Fähigkeit vorgegeben. Ein Beispiel für ein Startitem im Anfangsblock für 6-jährige Kinder wäre „Peter hat 3 Tafeln Schokolade. Eine

schenkt er dir. Wie viele hat er dann noch?“. Die Objektivität und Reliabilität (Split-half: .95) sind sehr zufrieden stellend. (Vgl. Kubinger & Wurst, 2000)

### 8.2.6 Kindergartenversion der Neuropsychologischen Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen

Weinhold Zulauf, Schweiter und von Aster (2003) stellten für eine Untersuchung der mathematischen Fähigkeiten im Vorschulalter ein Instrument zur Erfassung von Vorläuferfertigkeiten des Umgangs mit Mengen und Zahlen im Kindergartenalter zusammen (ZAREKI-K, unveröffentlicht). Sie leiteten die Aufgaben vom diagnostischen Verfahren ZAREKI (Von Aster, 2001) ab. Die Testbatterie erhebt Zählfertigkeiten, Zahlenwissen, arithmetische Prozeduren, konkrete und abstrakte Analogiebildung sowie perzeptive und kognitive Mengenverarbeitung anhand folgender Subtests:

- ☐ **Zählen:** Dieser Subtest besteht aus Vorwärts- und Rückwärtszählen, Vorwärtszählen in Zweiserschritten und dem Benennen von Vorläufern und Nachfolgern.
- ☐ **Abzählen von visuell dargebotenen Punktmengen:** Die Kinder sollen Punktmengen abzählen, indem sie während des Zählprozesses auf jeden Punkt deuten (Eins-zu-Eins-Zuordnung) und die Kardinalzahl des Sets nennen.
- ☐ **Textaufgaben:** Die Kinder müssen Kombinations- und Austauschaufgaben lösen, um das anschauliche Textverständnis, die Transformation in eine analoge Rechenoperation und die Ausführung der Prozedur zu erheben.
- ☐ **Zahlennachsprechen:** Die Kinder sollen drei bis sechs einstellige Zahlwörter wiederholen, um die akustische Kurzzeitgedächtnisleistung für Zahlwörter zu messen.
- ☐ **Verändern von Mengen:** Die Kinder sollen die Gleichheit zweier Mengen herstellen, indem sie bei einer Menge Items hinzufügen beziehungsweise wegnehmen.
- ☐ **Mündliches Kopfrechnen:** Mündlich gestellte Additions- und Subtraktionsaufgaben im Zahlenraum bis 20 werden gestellt.
- ☐ **Anordnen von Zahlen auf einem Zahlenstrahl:** Zahlen sollen Positionen auf einem Zahlenstrahl zugeordnet werden. Die Fähigkeit, die Größe von Zahlen in eine räumliche Analogie zu transformieren, wird gemessen.
- ☐ **Perzeptive Mengenverarbeitung:** Die Kinder sollen die Anzahl an Punkten beziehungsweise hoch gestreckter Finger schätzen, die kurz präsentiert werden.

- **Zählerhaltung:** Je zwei Mengen gleicher Größe werden in unterschiedlicher Raumausdehnung präsentiert. Die Kinder sollen entscheiden, ob gleich viele Objekte in den Reihen sind.
- **Transkodieren:** Die Kinder sollen arabische Ziffern benennen, ein gesprochenes Zahlwort aufschreiben und arabische Ziffern korrespondierenden Punktmengen zuordnen.
- **Mengenbeurteilung kognitiv:** Die Kinder sollen angeben, ob eine vorgesprochene Zahl in einem bestimmten Kontext wenig, mittel oder viel bedeutet. Damit soll die Fähigkeit zur Relativierung eines abstrakten numerischen Wertes, bezogen auf den Kontext, erhoben werden.
- **Zahlenvergleich:** Dieser Subtest besteht aus Aufgaben zum Mengenvergleich sowie zum Vergleich geschriebener Zahlen.

Die untersuchten Kinder stammten aus schweizer Kindergärten und besuchten den Kindergarten das zweite Jahr. Die älteren Kinder erbrachten deutlich bessere Leistungen, als Kinder aus dem ersten Halbjahr. Dies zeigt die rasche Entwicklung numerischer Kompetenzen auf. Es zeigten sich keine Geschlechtsunterschiede, obwohl die Knaben einen größeren Entwicklungsfortschritt als die Mädchen aufwiesen. Trennschärfen und Schwierigkeitsgrade der Items erwiesen sich als zufrieden stellend, genauso wie die Reliabilität der gesamten Testbatterie (Cronbach Alpha = .93). (Vgl. Weinhold Zulauf, Schweizer & Von Aster, 2003)

### **8.2.7 Subtest „Rechnen“ des Wiener Entwicklungstests**

Der Subtest „Rechnen“ des Wiener Entwicklungstests (WET; Kastner-Koller & Deimann, 1998, 2002, in press) wird im Empirischen Teil der vorliegenden Diplomarbeit genauer beschrieben (siehe Kapitel 11.1.14).

Spezifische mathematische Vorläuferfertigkeiten (Zählfertigkeiten und Mengen-Zahlen-Kompetenzen), gemessen im Kindergartenalter, weisen eine hohe Vorhersagekraft für mathematische Schulleistungen auf (Krajewski & Schneider, 2006). Somit erscheint es sinnvoll schon im Kindergartenalter das rechnerische Denken zu erfassen, damit bei Defiziten eine Frühförderung durchgeführt werden kann, um darauf folgenden Schulproblemen entgegen wirken zu können. Psychologisch-diagnostische Verfahren zur Erfassung des rechnerischen Denkens im Kindergartenalter stellen folgende Verfahren bzw. Subtests von Testbatterien dar:

- Subtest „Rechnen“ des Wiener Entwicklungstests (WET; Kastner-Koller & Deimann, in press)
- Osnabrücker Test zur Zahlenbegriffsentwicklung (OTZ; Van Luit, Van de Rijt & Hasemann, 2001)
- Subtest „Rechnen“ der Kaufman-Assessment Battery for Children (K-ABC; Melchers & Preuß, 1991)
- Die Basiskompetenz „Zahlen- und Mengenwissen“ des Screenings für kognitive Basiskompetenzen im Vorschulalter (BASIC-Preschool; Daseking & Petermann, 2008)
- Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen im Vorschulalter (Fritz und Ricken, 2008)
- Subtest „Angewandtes Rechnen“ des Adaptiven Intelligenzdiagnostikums 2 (AID 2; Kubinger & Wurst, 2000)
- Kindergartenversion der Neuropsychologischen Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen (ZAREKI-K; Zulauf, Schweiter & von Aster, unveröffentlicht)

## **B) Empirischer Teil**

## **9 Zielsetzung und Fragestellungen**

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Analyse der neu entwickelten Subskala „Rechnen“ für die Neuauflage des Wiener Entwicklungstests (WET; Kastner-Koller & Deimann, 3. Auflage in press). Es sollen die Zusammenhänge der Subskala „Rechnen“ zu den schon bestehenden Subskalen und dem Gesamtentwicklungsscore des WET herausgearbeitet werden. Ebenfalls soll überprüft werden, ob die Subskala „Rechnen“, wie theoretisch angenommen, in den Funktionsbereich der Kognitiven Entwicklung fällt. Ein weiteres Ziel ist die Analyse der neuen Subskala „Rechnen“ auf Itembasis, um zu kontrollieren wie genau diese misst. Die erhobenen Daten werden außerdem für die Normierung der in der Untersuchung eingesetzten Verfahren verwendet.

### **9.1 Fragestellungen**

Es wird untersucht, ob es signifikante Zusammenhänge der Leistungen der Kinder zwischen den einzelnen Subtests des WET und der neu entwickelten Subskala „Rechnen“ gibt. Es wird angenommen, dass der Subtest „Rechnen“ vor allem mit sprachlichen, kognitiven und Skalen der visuellen Wahrnehmung korreliert.

Ebenfalls werden Zusammenhänge zwischen den Leistungen in den einzelnen Funktionsbereichen des WET und den Leistungen in der Subskala „Rechnen“ untersucht. Es wird angenommen, dass es Zusammenhänge zu den Funktionsbereichen Kognitive Entwicklung, Sprache, Visuelle Wahrnehmung/ Visumotorik und Lernen und Gedächtnis gibt. Die Leistungen in den einzelnen Funktionsbereichen stellen Durchschnittswerte der Leistungen der dazugehörigen Subskalen dar, weswegen diese Ergebnisse nicht unabhängig von den Ergebnissen der ersten Fragestellung sein werden.

Des Weiteren wird analysiert, ob ein signifikanter Zusammenhang der Leistungen der Kinder in der Subskala „Rechnen“ mit dem Gesamtentwicklungsscore des WET besteht. Wenn die Leistungen der Kinder in einzelnen Subskalen des WET mit der Leistung der Kinder in der Subskala „Rechnen“ in Zusammenhang stehen, müsste sich dies auch im

Zusammenhang mit dem Gesamtentwicklungsscore, welcher ein Durchschnittsmaß der einzelnen Subskalen ist, äußern.

Die Zusammenhänge werden mittels Korrelationen berechnet. Ob die Produktmomentkorrelation nach Pearson oder die Rangkorrelation nach Spearman zur Anwendung kommt, hängt davon ab, ob die Voraussetzungen für die Produktmomentkorrelation gegeben sind.

### **9.1.1 Testtheoretische Analysen zur Subskala „Rechnen“**

Reliabilitätsanalysen der Subskala „Rechnen“ werden getrennt für die Gruppe der vierjährigen und fünfjährigen Kinder, berechnet. Die Reliabilität ist ein Maß der Genauigkeit, mit der die Skala ein bestimmtes Merkmal misst.

Mittels Faktorenanalyse wird überprüft, ob die Subskala „Rechnen“ gemeinsam mit den Subskalen „Bunte Formen“, „Quiz“ und „Gegensätze“ einen Faktor der Kognitiven Entwicklung bildet.

## 10 Untersuchungsablauf

Die Testungen fanden von Anfang Oktober 2008 bis Ende Jänner 2009 statt. Für die Durchführung der Testungen in den niederösterreichischen Landeskinderärten wurde eine Bewilligung des *Amtes der niederösterreichischen Landesregierung/ Abteilung Kindergärten* eingeholt, welche die Einverständniserklärungen der zuständigen Gemeinden, Kindergarteninspektorinnen und Kindergartenleiterinnen beinhaltete. Die Eltern der Kinder wurden mittels eines Elternbriefes (s. Anhang A) über die Untersuchung informiert. Die Elternbriefe und Einverständniserklärungen wurden durch die jeweiligen Kindergartenpädagoginnen an die Eltern weitergeleitet. Kinder, deren Eltern die Einverständniserklärungen vollständig ausgefüllt hatten, wurden mit dem Wiener Entwicklungstest (WET; Kastner-Koller & Deimann, 2002) und dem Handpräferenztest 4-6 (HAPT 4-6; Bruckner, Deimann & Kastner-Koller, in press) getestet. Außerdem bestand für die Eltern die Möglichkeit einer schriftlichen Rückmeldung über den Entwicklungsstand ihres Kindes, welche von nahezu allen Eltern wahrgenommen wurde. Die Testungen fanden in einem separaten Raum des jeweiligen Kindergartens statt. Die WET- Testungen wurden ausnahmslos am Vormittag durchgeführt, HAPT 4-6- Testungen auch am frühen Nachmittag. Für die Testungen mit dem WET wurden pro Kind ein bis drei Testtermine benötigt, sie dauerten im Durchschnitt zwei Stunden. Der HAPT 4-6 nahm pro Kind eine halbe Stunde in Anspruch und wurde an einem Termin durchgeführt. Der Elternfragebogen wurde gemeinsam mit den Einverständniserklärungen ausgeteilt, wir hatten eine 100%ige Rücklaufquote.

## **11 Beschreibung der eingesetzten Verfahren**

Alle Kinder wurden sowohl mit dem Wiener Entwicklungstest (WET; Kastner-Koller & Deimann, 2002) als auch mit dem Handpräferenztest 4-6 (HAPT 4-6; Bruckner, Deimann & Kastner-Koller, in press) getestet. Die erhobenen Daten wurden für die Normierung der beiden Testverfahren verwendet. In der vorliegenden Diplomarbeit kamen ausschließlich die Daten des WET zur Anwendung, weswegen der HAPT 4-6 in der vorliegenden Diplomarbeit nicht näher beschrieben wird. Bei Interesse für den Handpräferenztest 4-6 sei auf den Artikel von Kastner-Koller, Deimann und Bruckner (2007) verwiesen.

### **11.1 Der Wiener Entwicklungstest (WET; Kastner-Koller & Deimann, 2002)**

Der WET ist ein entwicklungsdiagnostisches Verfahren zur Erfassung des allgemeinen Entwicklungsstandes bei Kindern im Alter von 3 bis 6 Jahren. Das Verfahren umfasst sechs Funktionsbereiche der kindlichen Entwicklung, die durch 13 Subtests und einem Elternfragebogen erfasst werden. Der Funktionsbereich Motorik wird mittels der beiden Subtests „Lernbär“ (Feinmotorik) und „Turnen“ (Grobmotorik) erhoben. Der zweite Funktionsbereich erfasst die Visumotorik und Visuelle Wahrnehmung und besteht aus den Subtests „Nachzeichnen“ (visumotorische Koordination, Graphomotorik) und „Bilderlotto“ (differenzierte Raumlage- Wahrnehmung). Die Subtests „Schatzkästchen“ (visuell-räumlicher Speicher) und „Zahlen Merken“ (phonologischer Speicher) werden dem Funktionsbereich Lernen und Gedächtnis zugeordnet. Der Funktionsbereich Kognitive Entwicklung umfasst die vier Subtests „Muster legen“ (räumliches Denken), „Bunte Formen“ (induktives Denken), „Gegensätze“ (analoges Denken) und „Quiz“ (Orientierung in der Lebenswelt). Die beiden Untertests „Gegensätze“ und „Quiz“ werden gemeinsam mit den Subtests „Wörter Erklären“ (sprachliche Begriffsbildung) und „Puppenspiel“ (Verständnis für grammatikalische Strukturformen) auch dem Funktionsbereich Sprache zugeordnet. Der letzte Funktionsbereich, die Emotionale Entwicklung des Kindes, wird mittels des Subtests „Fotoalbum“ (Fähigkeit den mimischen Gefühlsausdruck zu

verstehen) und dem „Elternfragebogen“ (Erfassung der Selbstständigkeitsentwicklung des Kindes aus Sicht der Eltern) erhoben.

Der WET ist ein förderdiagnostisches Verfahren, das im Einzelsetting vorgegeben wird. Für die zweite Auflage (2002) liegen für jedes Altershalbjahr C- Wert Normen mit einem Mittelwert von 5 und einer Standardabweichung von 2 für die einzelnen Subskalen vor (Kastner-Koller & Deimann, 2002). Ebenfalls kann ein Gesamtentwicklungsscore berechnet werden, welcher den Durchschnitt der vorgegebenen Subskalen, mit Ausnahme des Elternfragebogens, aufgrund einer zu geringen Trennschärfe, darstellt. Der Gesamtentwicklungsscore kann ebenfalls in C- Werte, aber auch in Standardwerte mit einem Mittelwert von 100 und einer Standardabweichung von 10, umgewandelt werden.

Im Folgenden werden die einzelnen Subtests näher beschrieben.

#### **11.1.1 Subtest „Lernbär“**

Diese Subskala erfasst mittels vier Items die Feinmotorik des Kindes. Es wird dazu aufgefordert verschiedenste Verschlüsse an einem Plüschbären zu schließen.

#### **11.1.2 Subtest „Turnen“**

Um die grobmotorischen Fähigkeiten des Kindes zu erheben, soll dieses zehn Turnaufgaben durchführen, die vom/ von der TestleiterIn verbal erklärt und/ oder vorgezeigt werden.

#### **11.1.3 Subtest „Bilderlotto“**

Dieser Untertest erfasst mit insgesamt 24 Aufgaben die differenzierte Raumlage-Wahrnehmung des Kindes. Es wird dazu aufgefordert jeweils sechs Bilderkärtchen dem gleichen Bild auf einer Bilderkarte zuzuordnen. Es besteht die Möglichkeit der Vorgabe einer Kurzform, die aus 18 Aufgaben besteht. Bei vier Kindern der Stichprobe wurde die Kurzform vorgegeben.

#### **11.1.4 Subtest „Nachzeichnen“**

Der Subtest besteht aus zehn Items zur Überprüfung der Auge- Hand- Koordination des Kindes. Die Aufgabe besteht darin vorgedruckte, geometrische Figuren nach zu zeichnen.

#### **11.1.5 Subtest „Schatzkästchen“**

Dieser Untertest erfasst den visuell- räumlichen Speicher des Kindes. Dazu wird ein Schatzkästchen mit 20 Laden verwendet. In sechs Laden befindet sich ein kleiner Gegenstand (Schätze). Nachdem der/ die TestleiterIn vorgezeigt hat, in welchen Laden sich die Schätze befinden, soll das Kind die Schätze in der vorgezeigten Reihenfolge unmittelbar und nach 20 Minuten wieder finden. Ebenfalls werden die Lerndurchgänge, die das Kind braucht um alle sechs Gegenstände wieder zu finden, erhoben.

#### **11.1.6 Subtest „Zahlen Merken“**

Der Untertest „Zahlen Merken“ überprüft den phonologischen Speicher. Der/ die TestleiterIn spricht eine Reihe von Zahlen vor (zwei bis höchstens sechs Zahlen in einer Reihe), die von dem Kind in der gleichen Reihenfolge wiederholt werden sollen.

#### **11.1.7 Subtest „Bunte Formen“**

Mit Hilfe von zehn Matrizenaufgaben wird das induktive Denken des Kindes überprüft. Die Matrizen bestehen aus Dreiecken, Kreisen und Vierecken, entweder in grüner, gelber oder roter Farbe.

#### **11.1.8 Subtest „Gegensätze“**

Dieser Subtest misst die Fähigkeit des induktiven Denkens mittels 15 Items. Das Kind soll Gegensätze von bestimmten Wörtern finden, indem es einen, von dem/ der TestleiterIn vorgesprochenen, Satz zu Ende führen muss.

### **11.1.9 Subtest „Quiz“**

Diese Skala überprüft die Orientierung in der Lebenswelt. Die Langform besteht aus 21 offenen Fragen, die das Kind beantworten soll. Üblicherweise wird die Kurzform vorgegeben, welche aus elf Items pro Altersjahr besteht.

### **11.1.10 Subtest „Wörter Erklären“**

Zur differenzierten Überprüfung der sprachlichen Begriffsbildung werden dem Kind zehn Wörter vorgegeben. Sie sollen zu dem jeweiligen Wort sagen, was sie darüber wissen.

### **11.1.11 Subtest „Puppenspiel“**

13 Aufgaben erfassen das Verständnis für grammatikalische Strukturen. Dem Kind werden Sätze vorgesprochen, die es mit Puppen nachstellen soll.

### **11.1.12 Subtest „Fotoalbum“**

Dieser Untertest erfasst die Fähigkeit den mimischen Gefühlsausdruck zu verstehen. Dazu werden dem Kind neun Fotos von Kindern und Erwachsenen gezeigt, die ein bestimmtes Gefühl mimisch darstellen. Die Kinder sollen den Gefühlsausdruck erkennen und benennen.

### **11.1.13 Elternfragebogen**

Der Elternfragebogen besteht aus 22 Fragen zur Selbstständigkeit des Kindes. Er ist von den Eltern auszufüllen. Zusätzlich werden soziodemographische Daten erhoben.

### **11.1.14 Subtest „Rechnen“**

Der Subtest „Rechnen“ wurde für die neue Auflage des WET konstruiert (vgl. Hirschmann, Kastner-Koller & Deimann, 2008). Er ist dem Funktionsbereich der Kognitiven Entwicklung zuzuordnen. Der Subtest besteht aus insgesamt 28 Items, pro Jahresschritt werden elf Items vorgegeben. Das Material besteht aus zehn Bilderkarten mit abgebildeten Käfern, zehn Schmetterlingen und Blumen aus Holz, zwölf Käfern aus Holz und zwei Moosgummiunterlagen in Kreisform.

Die Skala für dreijährige Kinder besteht aus einem Zählitem und zehn Items zum Mengenvergleich. Die der vierjährigen Kinder ist aus zwei Items zur Erfassung des Mengenvergleichs und neun Aufgaben zur Erfassung des Zahlenvergleichs & Mengenbegriffs zusammengesetzt. Die Skala für die fünfjährigen Kinder umfasst drei Items zum Zahlenvergleich & Mengenbegriff, zwei Items zum Zählen und sechs Items zur Erfassung des Rechnens. Zwei Aufgaben zum Mengenvergleich überschneiden sich bei den Gruppen der Drei und Vierjährigen. Drei Items zur Erfassung des Zahlenvergleichs & Mengenbegriffs werden sowohl den vierjährigen als auch den fünfjährigen Kindern vorgegeben.

#### *11.1.14.1 Items zur Erfassung des Mengenvergleichs*

Die Fähigkeit zum Mengenvergleich wird mittels der Bilderkarten erfasst. Acht Karten zeigen zwei, durch einen schwarzen Strich getrennte, Bilder mit unterschiedlicher Anzahl an Käfern. Bei vier dieser acht Karten sollen die Kinder entscheiden auf welchem Bild mehr Käfer sind, bei den anderen vier Karten sollen sie angeben auf welchem Bild sich weniger Käfer befinden. Auf den übrigen zwei Karten sind drei Bilder mit Käfern zu sehen, wobei zwei davon die gleiche Anzahl an Käfern zeigen. Die Kinder werden dazu aufgefordert auf die beiden Bilder zu zeigen, die gleich viele Käfer erkennen lassen. Die letzten beiden Items werden auch den vierjährigen Kindern vorgegeben.

#### *11.1.14.2 Items zur Erfassung des Zahlenvergleichs und des Mengenbegriffs*

Hierbei sollen sich die Kinder eine bestimmte Anzahl an Dingen (Käfer, Schmetterlinge oder Blumen) nehmen. Die Kinder werden entweder dazu aufgefordert sich genau so viele Dinge zu nehmen, wie der/ die TestleiterIn vor sich liegen hat, oder die Anzahl der zu nehmenden Dinge wird rein verbal vorgegeben. Unterschiede bestehen darin, ob es sich um heterogene oder homogene Dinge handelt, und ob die Dinge in einer Gruppe oder einer Reihe vorgelegt werden.

#### *11.1.14.3 Zählitems*

Die Zählitems für die fünfjährigen Kinder bestehen aus zwei Käferreihen, die rückwärts gezählt werden sollen.

#### *11.1.14.4 Rechenitems*

Drei Items werden mit Material und drei Items ohne Material vorgegeben. Je Vorgabeart werden zwei Additionen und eine Subtraktion abgefragt.

#### **11.1.15 Erweiterung des Subtests „Muster Legen“**

Für die Neuauflage des WET wurde der Subtest „Muster Legen“ für die Altersgruppe der 5 Jahre und 0 Monate bis 5 Jahre und 11 Monate alten Kinder erweitert. Für diesen Subtest liegen noch keine C-Wert Normen vor, aufgrund dessen wurden in dieser Diplomarbeit die Rohwerte für Analysen herangezogen.

Der Subtest besteht aus insgesamt 17 Items. Dreijährigen Kindern werden fünf Items vorgelegt, den Vier- und Fünfjährigen jeweils zehn. Von dem/ der TestleiterIn werden Muster vorgebaut, die aus zwei, vier oder neun Steinen bestehen. Die Kinder dürfen währenddessen nicht zusehen und müssen danach die fertig gelegten Muster nachbauen.

## 12 Stichprobenbeschreibung

An der Untersuchung nahmen 80 Kindergartenkinder im Alter von 4 Jahren und 0 Monaten bis 5 Jahre und 11 Monate teil. Die Anzahl der Kinder war auf die vier Halbjahresschritte gleichverteilt, pro Halbjahresschritt wurden zehn Mädchen und zehn Buben getestet. Alle Kinder haben die Testung bis zum Ende durchgeführt, nur ein Bub, 4 Jahre und 5 Monate alt, verweigerte beim Wiener Entwicklungstest (Kastner-Koller & Deimann, 2002) den Subtest „Turnen“ und musste von einigen Berechnungen ausgeschlossen werden.

Die Testungen fanden in acht niederösterreichischen Kindergärten der Bezirke Baden, Gänserndorf und Mistelbach statt, und wurden von zwei verschiedenen Testleiterinnen durchgeführt. Die Verteilung der Buben und Mädchen auf die Altersgruppen ist in Tabelle 12.1 ersichtlich.

Tabelle 12.1: Verteilung der Buben und Mädchen auf die Altersgruppen

| <b>Geschlecht</b> | <b>Altersgruppe</b> |            |           |            |        |
|-------------------|---------------------|------------|-----------|------------|--------|
|                   | 4;0 – 4;5           | 4;6 – 4;11 | 5;0 – 5;5 | 5;6 – 5;11 | Gesamt |
| männlich          | 10                  | 10         | 10        | 10         | 40     |
| weiblich          | 10                  | 10         | 10        | 10         | 40     |
|                   | 20                  | 20         | 20        | 20         | 80     |

Der Großteil der Kinder kam, bezogen auf den Beruf der Eltern, aus Mittelschichtfamilien (s. Tabelle 12.2). 20 Prozent der Mütter waren als Hausfrau tätig, in Karenz oder in Ausbildung. Die Mütter der getesteten Kinder waren im Durchschnitt 34 Jahre alt und lebten mit dem Kind im selben Haushalt. Das durchschnittliche Alter der Väter betrug 37 Jahre, 89 Prozent lebten mit dem Kind im selben Haushalt. Aufgrund nicht vollständig ausgefüllter Fragebögen fehlten bei der Berechnung die Daten zweier Väter und einer Mutter.

Tabelle 12.2: Berufe der Eltern in Prozentangaben

| Berufskategorie                                                       | Väter in Prozent | Mütter in Prozent |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|
| Selbstständige/freie Berufe                                           | 5,0              | 1,3               |
| Angestellte/Beamte, hochqualifizierte/<br>leitende Tätigkeit          | 17,5             | 6,3               |
| Angestellte/Beamte, mittlere Tätigkeit,<br>Facharbeiter               | <b>53,8</b>      | <b>58,8</b>       |
| Ang./Beamte, einfache Tätigkeit,<br>Hilfstätigkeit, angelernte Arbeit | 18,8             | 11,3              |
| in<br>Ausbildung/Pension/Arbeitslos/Karenz/<br>Hausfrau               | 1,3              | 20,0              |

## 12.1 Leistungen der Gesamtstichprobe

C-Werte im Bereich von 4-6 stellen Werte einer normalen Entwicklung dar. Die Mittel aller Subtests („Muster Legen“ wurde in diese Auswertung nicht miteinbezogen, da für den erweiterten Subtest noch keine Normen vorliegen) lagen in diesem Normbereich. Das Mittel der Subtests „Puppenspiel“ und „Zahlen Merken“ lag bei einem C-Wert von 4. Bei den Subskalen „Lernbär“, „Quiz“, „Schatzkästchen“, „Bunte Formen“, „Turnen“, „Nachzeichnen“, „Fotoalbum“, „Rechnen“ und „Elternfragebogen“ erzielte die Gesamtstichprobe ein Mittel von 5 C-Werten, was der Mitte der C-Werte-Skala entspricht. Ein mittlerer C-Wert von 6 wurde bei den Untertests „Bilderlotto“, „Wörter Erklären“ und „Gegensätze“ erzielt. Auch der Gesamtentwicklungsscore der Stichprobe lag mit einem durchschnittlichen C-Wert von 5 genau im Mittelpunkt der C-Werte Skala.

Nach einer Analyse mit dem Kolmogorov- Smirnov- Anpassungstest erwiesen sich die C-Werte der Subtests „Bilderlotto“, „Schatzkästchen“, „Bunte Formen“ und des Elternfragebogens als normalverteilt. Alle weiteren Subtests erwiesen sich als nicht

normalverteilt. Die Rohwerte der beiden Subtests „Muster Legen“ und „Rechnen“ sind ebenfalls normalverteilt (s. Anhang B). In Tabelle 12.3 sind die Lageparameter der einzelnen Subtests in C-Werten ersichtlich.

Tabelle 12.3: Lageparameter der einzelnen Subtests in C-Werten

| Subtest                   | Lageparameter |      |     |     |
|---------------------------|---------------|------|-----|-----|
|                           | MW/Md         | s    | Min | Max |
| Lernbär                   | Md= 5         | 1.00 | 3   | 8   |
| Quiz                      | Md= 5         | 1.79 | 2   | 10  |
| Bilderlotto               | MW= 6         | 1.60 | 2   | 10  |
| Puppenspiel               | Md= 4         | 1.48 | 2   | 9   |
| Schatzkästchen            | MW= 5         | 1.99 | 0   | 10  |
| Bunte Formen              | MW= 5         | 1.88 | 1   | 9   |
| Zahlen Merken             | Md= 4         | 1.69 | 1   | 10  |
| Wörter Erklären           | Md= 6         | 1.34 | 4   | 9   |
| Turnen                    | Md= 5         | 0.91 | 3   | 7   |
| Nachzeichnen              | Md= 5         | 1.51 | 0   | 10  |
| Gegensätze                | Md= 6         | 2.04 | 0   | 9   |
| Fotoalbum                 | Md= 5         | 1.75 | 1   | 10  |
| Musterlegen neu (Rohwert) | MW= 5         | 2.71 | 0   | 10  |
| Rechnen                   | Md= 5         | 1.91 | 1   | 9   |
| Rechnen (Rohwert)         | MW= 7         | 2.97 | 1   | 11  |
| Elternfragebogen          | MW= 5         | 2.06 | 2   | 10  |
| Gesamtentwicklungsscore   | Md= 5         | 1.50 | 1   | 9   |

MW...Mittelwert (wenn Normalverteilung vorliegt), Md...Median, s...Standardabweichung, Min...kleinster Wert, Max...größter Wert

Da die Leistungen der Kinder im Subtest „Rechnen“ (C- Werte) nicht normalverteilt sind, wird zur Analyse der Zusammenhänge mit den anderen Subtests des WET, den Funktionsbereichen des WET und dem Gesamtentwicklungsscore des WET die Rangkorrelation nach Spearman herangezogen. Die Höhe des Zusammenhangs zwischen den Rohwerten der Subskala „Rechnen“ und der Subskala „Muster Legen“ wird mittels Produktmomentkorrelation nach Pearson berechnet, da die Rohwerte der beiden Subtests normalverteilt sind. Im Anhang befinden sich Histogramme der Rohwerte und der C-Werte des Subtests „Rechnen“.

## **12.2 Ergebnisse einiger Untergruppen der Gesamtstichprobe**

Um die Stichprobe weiter zu untersuchen, und die Repräsentativität zu überprüfen wurde im Folgenden festgestellt, ob es signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Untergruppen der Gesamtstichprobe gibt. Da alle Daten Intervallskalenniveau aufweisen wurden bei gegebener Normalverteilung der Untergruppen parametrische Verfahren verwendet, ansonsten wurde mit parameterfreien Verfahren gerechnet.

### **12.2.1 Unterschiede zwischen österreichischen Kindern und Kindern mit Migrationshintergrund**

Eine Voraussetzung für die Teilnahme an der Untersuchung war die Beherrschung der deutschen Sprache. 11 Prozent der getesteten Kinder hatten eine nicht-deutsche Muttersprache (Bosnisch, Kroatisch, Serbisch, Rumänisch oder Russisch). Alle 9 Kinder konnten die Testanweisungen der Testleiterin verstehen und Fragen verständlich beantworten. Im Folgenden wurde der Frage nachgegangen, ob es Unterschiede zwischen österreichischen Kindern und Kindern mit Migrationshintergrund, bezogen auf die Leistungen in den einzelnen Untertests des WET und auf die Gesamtentwicklung, gibt.

Um Unterschiede zu berechnen wurde die Stichprobe in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Gruppe der Kinder mit Migrationshintergrund bestand aus neun, die der österreichischen

aus 71 Kindern. Beim Subtest „Turnen“ und beim Gesamtentwicklungsscore konnten der Gruppe der österreichischen Kinder nur 70 zugeteilt werden, da ein Bub den Subtest „Turnen“ verweigerte. Beim Elternfragebogen wurden nur 64 Kinder in die Analyse miteinbezogen, da 7 Eltern nicht alle Items beantwortet hatten.

Bei gegebener Normalverteilung der beiden Untergruppen wurde, um den Unterschied zu berechnen, der T- Test verwendet, ansonsten kam das parameterfreie Verfahren, der U- Test nach Mann & Whitney, zur Anwendung. Die Normalverteilung wurde mittels des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests überprüft.

Es zeigten sich signifikante Unterschiede in den Subtests „Muster Legen“, „Gegensätze“, „Wörter Erklären“, „Quiz“ und im Gesamtentwicklungsscore. Österreichische Kinder erzielten einen höheren Wert in diesen Subtests. Es wurde, wie in der gesamten Diplomarbeit, ein Signifikanzniveau von  $\alpha = .05$  verwendet.

Obwohl die nicht-deutschsprachigen Kinder alle Testanweisungen verstanden und sich verständlich ausdrücken konnten, zeigten sich Unterschiede vor allem in den sprachlichen Subtests des WET. Die Unterschiede zeigten sich jedoch nur in sprachlichen Subtests, die eine Sprachproduktion der Kinder verlangen und abhängig vom Wortschatz der Kinder sind. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied im sprachlichen Subtest „Puppenspiel“, der das Verständnis der deutschen Sprache überprüft. Der Unterschied im Gesamtentwicklungsscore lässt sich durch die Unterschiede in den drei sprachlichen Subtests erklären, der Subtest „Muster Legen“ wurde nicht in den Gesamtentwicklungsscore miteinbezogen.

### **12.2.2 Unterschiede zwischen Kindern die den Kindergarten halbtags oder ganztags besuchten**

Eine weitere Voraussetzung für die Teilnahme an der Untersuchung war der Besuch eines Kindergartens. 64 Prozent der Kinder nahmen den Kindergarten halbtags in Anspruch (bis spätestens 13.00 Uhr), 36 Prozent besuchten den Kindergarten ganztags (länger als bis 13.00 Uhr).

Um Unterschiede zu Berechnen wurden die Daten in zwei Gruppen aufgeteilt: Kinder, die den Kindergarten ganztags und Kinder, die den Kindergarten halbtags besuchten. Drei Kinder wurden in die Berechnungen nicht miteinbezogen, da die Angaben für den Halbtags- oder Ganztagsbesuch fehlten, womit für die Analyse die Datensätze von 77 Kindern verwendet wurden. Beim Subtest „Turnen“ und beim Gesamtentwicklungsscore wurde ein weiteres Kind ausgeschlossen, der Bub der den Subtest verweigerte. Für die Berechnung des Unterschiedes beim Elternfragebogen wurden weitere vier Kinder ausgeschlossen, deren Angaben unvollständig waren.

Bei gegebener Normalverteilung der beiden Untergruppen wurde, um den Unterschied zu berechnen, der T- Test verwendet, ansonsten kam das parameterfreie Verfahren, der U-Test nach Mann & Whitney, zur Anwendung.

Ein signifikanter Unterschied zeigte sich nur beim Subtest „Bunte Formen“ ( $T = -3.61$ ,  $p = .001$ ). Kinder, die den Kindergarten ganztags besuchten erzielten höhere Werte als Kinder, die den Kindergarten halbtags besuchten.

### 12.2.3 Geschlechtsunterschiede

Die Daten eines Buben wurden nicht in die Berechnung des Unterschiedes beim Subtest „Turnen“ miteinbezogen, da dieser den Subtest verweigerte, dieser Datensatz fehlte ebenfalls bei der Berechnung des Unterschiedes bei der Gesamtentwicklung. Sieben Buben wurden nicht in die Berechnung des Unterschiedes beim Elternfragebogen miteinbezogen, da dieser nicht vollständig ausgefüllt wurde.

Es wurden wieder T- Tests gerechnet, wenn die Normalverteilung in den Untergruppen gegeben war. War diese nicht gegeben, kam der U- Test nach Mann & Whitney zur Anwendung.

Es zeigten sich zwei signifikante Unterschiede. Im Subtest Schatzkästchen ( $T = -1.95$ ,  $p = .055$ ) und im Subtest „Lernbär“ ( $Z = -1.99$ ,  $p = .046$ ) erzielten die Mädchen höhere Werte als die Buben.

Zusammenfassend scheint die Stichprobe repräsentativ für österreichische Kinder zu sein. Das Verhältnis der beiden Geschlechter ist 50:50 und die Kinder sind gleichmäßig auf die Altersgruppen verteilt. Ein Großteil der Kinder kam aus Mittelschichtfamilien, bezogen auf die Berufe der Eltern. Die Leistungen der Gesamtstichprobe lagen in allen Subtests im Durchschnittsbereich. Da nur Kinder vom Land getestet wurden, ist die Stichprobe, in Bezug auf diese Variable nicht repräsentativ. Die Geschlechtsunterschiede bei Subtests „Lernbär“ und „Schatzkästchen“ zugunsten der Mädchen sind nicht hochsignifikant bzw. nur tendenziell gegeben. Im Subtest „Bunte Formen“ erreichten die Kinder, die den Kindergarten ganztags besuchen höhere Werte als die Kinder, die den Kindergarten halbtags besuchten. Möglicherweise legen die Kindergärten hohen Wert auf die Förderung des induktiven Denkens.

## 13 Ergebnisse

### 13.1 Zusammenhänge des Subtests „Rechnen“

Es wurden Korrelationen zwischen den Leistungen im Subtest „Rechnen“ und den Leistungen in allen weiteren Subtests des WET, den Leistungen in den einzelnen Funktionsbereichen des WET und den Leistungen im Gesamtentwicklungsscore berechnet.

Die Leistungen in den Funktionsbereichen des WET stellen Durchschnittswerte der dazugehörigen Subtests dar. Der Wert des Funktionsbereichs Motorik ist das Mittel der Leistungen in den Subtests „Lernbär“ und „Turnen“. Der Durchschnittswert der Subtests „Bilderlotto“ und „Nachzeichnen“ stellt den Wert für den Funktionsbereich Visuelle Wahrnehmung/ Visumotorik dar. Der Wert des Funktionsbereichs Lernen und Gedächtnis ist das Mittel der Subtests „Schatzkästchen“ und „Zahlen Merken“. Für den Wert des Funktionsbereichs Kognitive Entwicklung wurde das Mittel der Subtests „Bunte Formen“, „Gegensätze“ und „Quiz“ berechnet. Der Subtest „Muster Legen“ würde auch in den Funktionsbereich der Kognitiven Entwicklung fallen, wurde bei der Berechnung jedoch nicht miteinbezogen, da es noch keine C- Normwerte für die erhobenen Rohwerte gibt. Der Funktionsbereich Sprache stellt das Mittel der Leistungen in den Subskalen „Quiz“, „Puppenspiel“, „Wörter Erklären“ und „Gegensätze“ dar. Der letzte Funktionsbereich der Sozialen und Emotionalen Entwicklung setzt sich aus dem Mittel der Leistungen des Subtests „Fotoalbum“ und dem Elternfragebogen zusammen.

Der Gesamtentwicklungsscore stellt einen Durchschnittswert der Leistungen aller Subtests dar, der Subtest „Muster Legen“ und der Elternfragebogen wurden nicht miteinbezogen.

### **13.1.1 Korrelationen zwischen dem Subtest „Rechnen“ und den weiteren Subtests des WET**

In die Analyse der Zusammenhänge wurden alle 80 Kinder miteinbezogen. Der Bub, der den Subtest „Turnen“ verweigerte, wurde in die Analyse dieser Skala nicht miteinbezogen. Auch der Elternfragebogen wurde von sieben Eltern nicht vollständig ausgefüllt, weswegen diese von der Analyse des Zusammenhanges zwischen der Subskala „Rechnen“ und dem Elternfragebogen ausgeschlossen wurden.

Die Korrelationen wurden zwischen den erreichten C- Werten in den einzelnen Subskalen berechnet, außer zwischen dem Subtest „Rechnen“ und „Muster Legen“, da für den Subtest „Muster Legen“ nur Rohwerte vorliegen.

Es zeigten sich signifikante Zusammenhänge zwischen den Leistungen im Subtest „Rechnen“ und den Leistungen in den Subtests „Turnen“, „Bilderlotto“, „Nachzeichnen“, „Schatzkästchen“, „Zahlen Merken“, „Muster Legen“, „Bunte Formen“, „Quiz“, „Gegensätze“ und „Wörter Erklären“ bei einem Signifikanzniveau von  $\alpha = .05$ .

In der folgenden Tabelle 13.1 sind die genauen Ergebnisse zusammengefasst. Bei signifikanten Korrelationen ist das Bestimmtheitsmaß angegeben, welches das Quadrat des Korrelationskoeffizienten darstellt und den erklärten Varianzteil der Variablen durch deren lineare Abhängigkeit anzeigt.

Tabelle 13.1: Korrelationen des Subtest "Rechnen" mit den anderen Subtests des WET

| Subtest          | Korrelationskoeffizient | Signifikanz | Bestimmtheitsmaß |
|------------------|-------------------------|-------------|------------------|
| Lernbär          | $r = .107$              | $p = .347$  |                  |
| Turnen           | $r = .276$              | $p = .014$  | $B = .08$        |
| Bilderlotto      | $r = .401$              | $p = .000$  | $B = .16$        |
| Nachzeichnen     | $r = .380$              | $p = .001$  | $B = .14$        |
| Schatzkästchen   | $r = .289$              | $p = .009$  | $B = .08$        |
| Zahlen Merken    | $r = .401$              | $p = .000$  | $B = .16$        |
| Muster Legen neu | $r = .447$              | $p = .000$  | $B = .20$        |
| Bunte Formen     | $r = .349$              | $p = .001$  | $B = .12$        |
| Quiz             | $r = .520$              | $p = .000$  | $B = .27$        |
| Gegensätze       | $r = .400$              | $p = .000$  | $B = .16$        |
| Wörter Erklären  | $r = .434$              | $p = .000$  | $B = .19$        |
| Puppenspiel      | $r = .130$              | $p = .250$  |                  |
| Fotoalbum        | $r = .156$              | $p = .166$  |                  |
| Elternfragebogen | $r = .040$              | $p = .740$  |                  |

$r$ ...Korrelationskoeffizient;  $B$ ...Bestimmtheitsmaß ( $=r^2$ )

Da für die Berechnung des Zusammenhangs zwischen dem Subtest „Rechnen“ und „Muster Legen“ die Rohwerte verwendet wurden, besteht die Möglichkeit, dass die Höhe der Korrelation durch die Variable „Alter der Kinder“ beeinflusst wurde. Deshalb wurde eine partielle Korrelation mit Konstanthaltung der Variable „Alter der Kinder“ berechnet. Auch unter Konstanthaltung der Variable „Alter der Kinder“ bleibt eine signifikante Korrelation mit einem geringfügig höheren Korrelationskoeffizienten als bei der Produktmomentkorrelation ohne konstant gehaltener Variable ( $r = .436$ ,  $p = .000$ ,  $B = .19$ ).

Die Höhe der Korrelationskoeffizienten ist gering bis mittelmäßig, der erklärte Varianzanteil der Subtests durch den Zusammenhang mit dem Subtest „Rechnen“ (Bestimmtheitsmaß) streut von 8 Prozent bis 27 Prozent. Der Subtest „Rechnen“ weist einige signifikante Korrelationen zu den anderen Subtests des WET auf, vor allem zu den Bereichen der kognitiven Entwicklung, Sprache, visuelle Wahrnehmung und zum phonologischen Speicher. Die Korrelationen sind jedoch gering, sodass der Subtest „Rechnen“ von den anderen Subtests des WET gut abgegrenzt ist und eine weitere Fähigkeitsdimension der Kinder erfasst wird.

### 13.1.2 Korrelationen mit den Funktionsbereichen des WET

Die Funktionsbereichswerte stellen den Durchschnitt der dazugehörigen Subtests dar. Aus der Analyse ausgeschlossen wurden sieben Kinder beim Funktionsbereich Soziale und Emotionale Entwicklung, da die Elternfragebögen nicht vollständig ausgefüllt waren. Beim Funktionsbereich Motorik wurde der Datensatz des Jungen, welcher den Subtest „Turnen“ verweigerte, nicht miteinbezogen.

Zur Berechnung der Zusammenhänge wurden Rangkorrelationen nach Spearman gerechnet. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 13.2 ersichtlich.

Tabelle 13.2: Korrelationen des Subtest "Rechnen" mit den Funktionsbereichen des WET

| <b>Funktionsbereich</b>               | <b>Korrelationskoeffizient</b> | <b>Signifikanz</b> | <b>Bestimmtheitsmaß</b> |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Motorik                               | $r = .240$                     | $p = .033$         | $B = .06$               |
| Visuelle Wahrnehmung/<br>Visumotorik  | $r = .506$                     | $p = .000$         | $B = .26$               |
| Lernen und Gedächtnis                 | $r = .461$                     | $p = .000$         | $B = .21$               |
| Kognitive Entwicklung                 | $r = .542$                     | $p = .000$         | $B = .29$               |
| Sprache                               | $r = .519$                     | $p = .000$         | $B = .27$               |
| Soziale und Emotionale<br>Entwicklung | $r = .033$                     | $p = .782$         |                         |

r...Korrelationskoeffizient; B...Bestimmtheitsmaß ( $=r^2$ )

Bei diesen Ergebnissen spiegeln sich die Korrelationen zu den einzelnen Subtests wieder. Die Zusammenhänge der Leistungen im Subtest „Rechnen“ zu allen Funktionsbereichen, außer dem Bereich der Sozialen und Emotionalen Entwicklung sind signifikant mit einer Korrelation mittlerer Höhe. Die erklärten Varianzanteile durch den Zusammenhang streuen von 6 Prozent bis 29 Prozent. Der Zusammenhang zwischen dem Subtest „Rechnen“ und

dem Funktionsbereich Motorik erklärt nur 6 Prozent der Variabilität der beiden Variablen. Die Zusammenhänge des Subtests „Rechnen“ mit den Funktionsbereichen Visuelle Wahrnehmung/ Visumotorik, Lernen und Gedächtnis, Kognitive Entwicklung und Sprache erklären über 20 Prozent der jeweiligen Variablen, wobei der Funktionsbereich Kognitive Entwicklung am höchsten mit dem Subtest „Rechnen“ korreliert, gefolgt vom Funktionsbereich Sprache, Visuelle Wahrnehmung/ Visumotorik und Gedächtnis, was gut mit theoretischen Annahmen übereinstimmt. Zu beachten ist der nicht in die Analyse eingeschlossene Subtest „Muster Legen“, welcher die Korrelation zum Funktionsbereich Kognitive Entwicklung wahrscheinlich noch erhöhen würde.

### **13.1.3 Korrelation mit dem Gesamtentwicklungsscore des WET**

Wie schon weiter oben erwähnt, ist der Gesamtentwicklungsscore das Mittel aller Subtests mit Ausnahme des Elternfragebogens. Der Subtest „Muster Legen“ wurde aufgrund fehlender Normwerte ebenfalls nicht in den Gesamtentwicklungsscore miteinbezogen.

Es wurde wieder eine parameterfreie Rangkorrelation gerechnet, aufgrund der nicht gegebenen Normalverteilung des Subtest „Rechnen“. Ein Bub wurde aus der Analyse ausgeschlossen, da dieser den Subtest „Turnen“ verweigerte und somit kein Gesamtentwicklungsscore berechnet werden konnte.

Es zeigt sich eine signifikante Korrelation zum Gesamtentwicklungsscore ( $r = .604$ ;  $p = .000$ ;  $B = .36$ ). 36 Prozent der Variabilität in den beiden Variablen wird durch deren lineare Abhängigkeit erklärt.

Zusammenfassend zeigen sich signifikante Zusammenhänge geringer bis mittlerer Höhe zwischen dem Subtest „Rechnen“ und den Funktionsbereichen Kognitive Entwicklung, Sprache, Visuelle Wahrnehmung/Visumotorik, Lernen/Gedächtnis und Motorik. Am höchsten ist die Korrelation mit Funktionsbereich Kognitive Entwicklung, was gut mit theoretischen Annahmen übereinstimmt. Der Subtest „Rechnen“ steht in Zusammenhang mit anderen Subtests des WET, was mit theoretischen Annahmen übereinstimmt, da sich die Fähigkeitsbereiche nicht unabhängig voneinander entwickeln. Die Korrelationen sind

jedoch von geringer bis mittlerer Höhe, sodass vermutet werden kann, dass dieser eine weitere Fähigkeitsdimension erfasst.

## 13.2 Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse ist ein korrelatives Verfahren, das eine Anzahl an Variablen auf eine geringere Anzahl an Faktoren reduzieren soll. Stark korrelierende Subtests bilden einen Faktor, schwach korrelierende Subtests laden auf verschiedenen Faktoren.

Theoretischen Annahmen zufolge sollten sich durch die Faktorenanalyse die sechs Funktionsbereiche des WET rekonstruieren lassen. Da der Subtest „Rechnen“ zum Funktionsbereich der Kognitiven Entwicklung zählt, sollte dieser gemeinsam mit den Subskalen „Bunte Formen“, „Gegensätze“ und „Quiz“ auf einem Faktor laden. Auch der Subtest „Muster Legen“ wird zum Funktionsbereich der Kognitiven Entwicklung gezählt, wurde jedoch nicht in die Analyse miteinbezogen, da mit den C- Werten gerechnet wurde und für diesen Subtest keine C- Werte vorliegen. Der Elternfragebogen wurde ebenfalls aus der Analyse ausgeschlossen.

Beim Subtest „Turnen“ gibt es wieder einen fehlenden Wert, der des Buben der den Subtest verweigert hat. Ansonsten wurden alle 80 Kinder in die Analyse miteinbezogen.

Eine Faktorenanalyse mit einer, nach der Varimax Methode, rotierten Lösung ergab sechs Faktoren mit einem Eigenwert höher als 1. Der erste Faktor hat einen Eigenwert höher als 2 und erklärt 15.72 Prozent der Varianz. Die weiteren drei Faktoren haben einen Eigenwert höher als 1. Der zweite Faktor erklärt 13.63 Prozent, der dritte Faktor 11.41 Prozent und der vierte Faktor 11.30 Prozent, der fünfte Faktor 9,87 Prozent und der sechste Faktor 8,48 Prozent der Varianz. Insgesamt erklären die sechs Faktoren also 70.41 Prozent der Gesamtvarianz der Subskalen. Die genauen Ladungen der Subtests auf den Faktoren ist in Tabelle 13.3 ersichtlich.

Tabelle 13.3: Faktorenanalyse: Ladungen > 0.50, Eigenwerte und erklärte Varianzanteile

|                 | <b>Faktor 1</b> | <b>Faktor 2</b> | <b>Faktor 3</b> | <b>Faktor 4</b> | <b>Faktor 5</b> | <b>Faktor 6</b> |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Lernbär         |                 |                 |                 |                 | .90             |                 |
| Turnen          |                 |                 | .81             |                 |                 |                 |
| Bilderlotto     |                 |                 |                 | .67             |                 |                 |
| Nachzeichnen    |                 | .69             |                 |                 |                 |                 |
| Schatzkästchen  |                 |                 | .52             |                 | .53             |                 |
| Zahlen Merken   | .87             |                 |                 |                 |                 |                 |
| Bunte Formen    |                 | .79             |                 |                 |                 |                 |
| Rechnen         | .60             |                 |                 |                 |                 |                 |
| Quiz            | .60             |                 |                 |                 |                 |                 |
| Gegensätze      | .59             |                 |                 |                 |                 |                 |
| Wörter Erklären |                 |                 | .51             |                 |                 |                 |
| Puppenspiel     |                 |                 |                 |                 |                 | .93             |
| Fotoalbum       |                 |                 |                 | .84             |                 |                 |

Da die Funktionsbereiche nicht unabhängig voneinander sind und eine relativ kleine Stichprobe verwendet wurde, lassen sich die Funktionsbereiche durch die Faktorenanalyse nicht vollständig reproduzieren.

Die Subskala „Rechnen“ lädt gemeinsam mit den Subtests „Gegensätze“, „Quiz“ und „Zahlen Merken“ am höchsten auf dem ersten Faktor. Dies stimmt ganz gut mit theoretischen Überlegungen überein, bis auf den fehlenden Zusammenhang zum Subtest „Bunte Formen“, welcher gemeinsam mit „Nachzeichnen“ auf dem zweiten Faktor lädt.

Bunte Formen und Nachzeichnen haben die Komponente der visuellen Wahrnehmung gemein.

Die Bildung eines Faktors durch die Subtests „Turnen“, „Wörter Erklären“ und „Schatzkästchen“ lässt sich durch theoretische Annahmen schwer erklären. Eine Gemeinsamkeit vom Subtest „Wörter Erklären“ und „Schatzkästchen“ - beide laden etwa gleich hoch auf diesem Faktor - könnte die Gedächtnisleistung sein.

Auf Faktor 4 laden die Subtests „Fotoalbum“ und „Bilderlotto“ am höchsten. Auch hier scheint eine Komponente der visuellen Wahrnehmung eine Rolle zu spielen.

Die Subtests „Schatzkästchen“ und „Lernbär“ laden gemeinsam auf dem Faktor 5. Die Subtests „Lernbär“ und „Schatzkästchen“ weisen als Gemeinsamkeit die Visumotorik und Feinmotorik auf.

Auf dem sechsten Faktor lädt lediglich der Subtest „Puppenspiel“.

Zusammenfassend konnten sich mit dieser Stichprobe die sechs Funktionsbereiche des WET nicht gut reproduzieren lassen. Die sechs Faktoren erklären jedoch einen hohen Anteil der Gesamtvarianz mit 70 Prozent. Alle Subtests laden eindeutig auf einem bestimmten Faktor außer dem Subtest „Schatzkästchen“, welcher auf den Faktoren 3 und 5 in vergleichbarer Höhe lädt. Der Subtest „Rechnen“ bildet gemeinsam mit den Subtests „Gegensätze“, „Quiz“ und „Zahlen Merken“ den ersten Faktor, was den Zusammenhang zum kognitiven und sprachlichen Bereich aufzeigt.

### 13.3 Reliabilitätsanalyse

Die Reliabilitätsanalyse beschränkt sich auf die Subskala „Rechnen“ des WET und dient der Beschreibung des Grades der Genauigkeit, mit dem die Subskala „Rechnen“ das Merkmal, dass sie zu messen beansprucht, erfasst. Als Maß für die innere Konsistenz der Skala, d.h. wie sehr die einzelnen Items der Skala dasselbe messen, wurde das *Cronbach-alpha* herangezogen, welches eine Abschätzung der unteren Grenze der Reliabilität angibt.

Die Subskala „Rechnen“ wurde in zwei Teile geteilt. Eine Gruppe setzt sich aus den vierjährigen Kindern und die andere Gruppe aus den fünfjährigen Kindern zusammen, da beide Altersgruppen verschiedene Items vorgelegt bekamen. Für die Analyse wurden jeweils alle 11 Items pro Altersgruppe miteinbezogen. Die Reliabilität wurde getrennt für die beiden Gruppen berechnet, die aus jeweils 40 Kindern bestand.

Das Alpha für die Gruppe der vierjährigen Kinder erreichte einen Wert von  $\alpha = .85$  und ist somit von zufrieden stellender Höhe. Das Alpha der Gruppe der fünfjährigen Kinder ergab einen Wert von  $\alpha = .74$  und ist somit geringer als jenes der Gruppe der Vierjährigen.

Die Skala „Rechnen“ für die vierjährigen Kinder misst genauer als die der Fünfjährigen. Die Reliabilität sollte Werte um 0,9 oder darüber aufweisen, das Alpha der Gruppe der Vierjährigen liegt nur knapp darunter, das Alpha der Gruppe der Fünfjährigen liegt etwas weiter unter diesem Wert.

## **13.4 Analyse auf Itembasis**

Da sich die Werte der Reliabilität geringfügig unter dem Optimalwert der Reliabilität liegen, wurden zusätzlich die Schwierigkeitsindizes und Trennschärfen zur Aufklärung berechnet.

### **13.4.1 Schwierigkeitsindizes der einzelnen Items**

Der Schwierigkeitsindex gibt den prozentuellen Anteil der gelösten Items an. Je höher der Schwierigkeitsindex, desto mehr Personen haben das Item gelöst, d.h. desto leichter ist das Item. Laut Zöfel (2003, S. 235) wird empfohlen, Items mit einem Schwierigkeitsindex über 80 oder unter 20 aus dem Verfahren zu eliminieren.

Der Schwierigkeitsindex wurde für jedes der 22 Items berechnet. Die Indizes der Items 18 bis 20 wurden getrennt für die vierjährigen- und fünfjährigen Kinder berechnet, da diese beiden Altersgruppen vorgegeben werden. Die Prozente der Kinder, die ein Item gelöst bzw. nicht gelöst hatten sind in Tabelle 13.4 ersichtlich.

Tabelle 13.4: Lösungshäufigkeiten und Trennschärfen der Items des Subtests "Rechnen"

|             | <b>4 – jährige Kinder</b> |                     | <b>5 – jährige Kinder</b> |                     |
|-------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| <b>Item</b> | <b>gelöst</b>             | <b>Trennschärfe</b> | <b>gelöst</b>             | <b>Trennschärfe</b> |
| Item 10     | 82 %                      | r= .676             |                           |                     |
| Item 11     | 77.5 %                    | r= .543             |                           |                     |
| Item 12     | 90 %                      | r= .387             |                           |                     |
| Item 13     | 77.5 %                    | r= .543             |                           |                     |
| Item 14     | 67.5 %                    | r= .613             |                           |                     |
| Item 15     | 92.5 %                    | r= .324             |                           |                     |
| Item 16     | 65.0 %                    | r= .403             |                           |                     |
| Item 17     | 60.0 %                    | r= .577             |                           |                     |
| Item 18     | 77.5 %                    | r= .719             | 92.5 %                    | r= .182*            |
| Item 19     | 75.0 %                    | r= .539             | 92.5 %                    | r= .301*            |
| Item 20     | 47.5 %                    | r= .509             | 60.0 %                    | r= .520             |
| Item 21     |                           |                     | 45.0%                     | r= .317             |
| Item 22     |                           |                     | 25.0 %                    | r= .614             |
| Item 23     |                           |                     | 45.0%                     | r= .317             |
| Item 24     |                           |                     | 60.0 %                    | r= .374             |
| Item 25     |                           |                     | 72.5 %                    | r= .316             |
| Item 26     |                           |                     | 47.5 %                    | r= .459             |
| Item 27     |                           |                     | 20.0 %                    | r= .596             |
| Item 28     |                           |                     | 25.0 %                    | r= .316             |

\* nicht signifikant bei einem Alphaniveau von .05

Die Items 12 und 15 in der Gruppe der vierjährigen Kinder sowie die Items 18 und 19 der Gruppe der fünfjährigen Kinder weisen eine niedrige Schwierigkeit jeweils um bzw. über 90 auf. Bei beiden Gruppen sind dies Items die den Zahlenvergleich und den Mengenbegriff mit der jeweils niedrigsten Zahl erfassen. Der Schwierigkeitsindex des Items 28 in der Gruppe der fünfjährigen Kinder liegt an der unteren Grenze, nur 20 Prozent der Kinder konnten dieses Item lösen. Es handelt sich hierbei um die Subtraktion ohne Material.

Gesamt gesehen weisen die Items der Skala „Rechnen“ zufrieden stellende Schwierigkeitsindizes auf. Die Items zum Zahlenvergleich und Mengenbegriff mit der niedrigsten Anzahl, der in der jeweiligen Altersgruppe zu nehmenden Dinge, scheinen Kindern in beiden Altersgruppen sehr leicht zu fallen. Ansonsten sind die Schwierigkeitsindizes der Items der Gruppe der fünfjährigen Kinder gestreut von „einfach zu lösen“ bis „schwer zu lösen“. Die Skala der Vierjährigen weist homogenere Schwierigkeitsindizes auf, die alle (bis auf Item 20) einen hohen Index um und über 60 aufweisen.

### **13.4.2 Trennschärfen der Items der Skala „Rechnen“**

Die Trennschärfe gibt die Brauchbarkeit eines Items zur Unterscheidung von guten und schlechten Leistungen an. Zur Berechnung der Trennschärfen der einzelnen Items des Subtest „Rechnen“ wurden punktbiseriale Korrelationen zwischen der Aufgabenantwort und dem Gesamtwert der gelösten Items, mit Ausschluss des betreffenden Items, gerechnet (s. Anhang C). Hohe Korrelationen bedeuten eine hohe Trennschärfe. Die Trennschärfen wurden getrennt für die Gruppe der vierjährigen Kinder und die der fünfjährigen Kinder berechnet.

Die Trennschärfen für die Items, die den vierjährigen Kindern vorgegeben wurden, erwiesen sich als hoch. Alle Korrelationen sind auf einem Signifikanzniveau von  $\alpha = .05$  signifikant. Bei der Gruppe der fünfjährigen Kinder erwies sich das Item 18 als nicht trennscharf mit einer nicht signifikanten Korrelation ( $r = .182$ ;  $p = .260$ ). Das Item 19 erwies sich als nicht sehr trennscharf mit einer tendenziell signifikanten Korrelation von  $r = .301$  und  $p = .059$ . Hierbei handelt es sich um die beiden Items, die eine geringe Schwierigkeit

aufwiesen und von über 90 % der Kinder gelöst werden konnten. Die Korrelationskoeffizienten sind in Tabelle 12.1 ersichtlich.

Insgesamt betrachtet sind die Trennschärfen der Items, sowohl für die Vierjährigen als auch für die Fünfjährigen zufrieden stellend.

## 14 Diskussion

Die vorliegende Arbeit behandelt das Thema der mathematischen Entwicklung bei Vorschulkindern. Für die Neuauflage des Wiener Entwicklungstests (WET; Kastner-Koller & Deimann, 1998, 2002, in press) wurde ein neuer Subtest zur Erfassung der mathematischen Entwicklung eines 3 bis 6-jährigen Kindes entwickelt. Es wurde der Frage nach den Zusammenhängen dieses Subtests mit weiteren Entwicklungsbereichen, welche vom WET erfasst werden, nachgegangen. Des Weiteren wurden testtheoretische Analysen zum Subtest „Rechnen“ vorgenommen. Die Konstruktvalidität wurde mittels Faktorenanalyse ermittelt, und die Reliabilität sowie die Trennschärfen und Schwierigkeitsindizes der Items berechnet.

Die Daten wurden 2008 und 2009 in Kindergärten der Bezirke Baden und Gänserndorf erhoben. Die Stichprobe besteht aus 80 4- bis 6-jährigen Kindern, deren Daten ebenfalls in die Normierungsstichprobe für die Neuauflage des WET einfließen. Die Stichprobe ist für Österreich repräsentativ bezogen auf sozioökonomische Variablen, mit der Ausnahme der geringen Größe und dem Fehlen von Kindern, die einen urbanen Kindergarten besuchten. Zwischen österreichischen Kindern und Kindern mit Migrationshintergrund wurden signifikante Unterschiede bezogen auf die Sprachproduktion gefunden. Kinder mit Migrationshintergrund erzielten geringere Werte. Die Kinder wurden jedoch in der Stichprobe behalten, da die Werte der weiteren Bereiche mit denen der österreichischen Kinder vergleichbar waren.

In der Studie konnte gezeigt werden, dass der neu konstruierte, Subtest „Rechnen“, wie erwartet, in den Funktionsbereich der „Kognitiven Entwicklung“ einzuordnen ist. 29 Prozent der Varianz des Subtests „Rechnen“ und des Funktionsbereichs „kognitive Entwicklung“ konnte durch deren lineare Abhängigkeit erklärt werden. Mit einem Korrelationskoeffizienten von .54 wies er somit die höchste Korrelation auf. Des Weiteren bestand ein signifikanter Zusammenhang mit den Funktionsbereichen der „Sprache“, der „Visuellen Wahrnehmung und Visumotorik“ sowie des „Lernens und Gedächtnisses“. Es wurden 21 bis 27 Prozent der Varianz durch die Zusammenhänge erklärt. Die Korrelation

des Subtests „Rechnen“ mit dem Bereich der Motorik war ebenfalls signifikant, konnte jedoch nur 6 Prozent der Varianz der beiden Variablen erklären.

Zu dem Funktionsbereich der Kognitiven Entwicklung zählen die Untertests „Bunte Formen“, „Muster Legen“, „Quiz“ und „Gegensätze“. Zwischen dem Subtest „Quiz“, der auch zu dem Funktionsbereich der Sprache gezählt wird, und dem Subtest „Rechnen“ bestand der höchste Zusammenhang, mit einem erklärten Varianzanteil von 27 Prozent. Gefolgt von der Korrelation mit dem Subtest „Muster legen“, mit einem erklärten Varianzanteil von 20 Prozent. Es ist zu beachten, dass dieser nicht in die Analyse der Zusammenhänge mit den Funktionsbereichen eingeschlossen wurde und wahrscheinlich die Korrelation zum Funktionsbereich Kognitive Entwicklung noch erhöht hätte. Der Zusammenhang zu den beiden weiteren Untertests zur Erfassung der Kognitiven Entwicklung erklärte einen Varianzanteil von 16 („Gegensätze“) und 12 (Bunte Formen) Prozent. Nach Krajewski und Schneider (2006) hat die nonverbale Intelligenz einen Einfluss auf die Entwicklung der numerischen Basisfertigkeiten, die im Kindergartenalter erworben werden (v. a. Zählen). Das logisch-schlussfolgernde Denken wird im WET mittels des Untertests „Bunte Formen“ erhoben. Der erklärte Varianzanteil von 12 Prozent stimmt gut mit theoretischen Überlegungen überein, da die Zugriffsgeschwindigkeit auf das Langzeitgedächtnis noch einen höheren Einfluss auf die numerischen Basisfertigkeiten aufweist, als die nonverbale Intelligenz (Krajewski & Schneider, 2006).

„Quiz“ wird gemeinsam mit den Untertests „Gegensätze“, „Wörter Erklären“ und „Puppenspiel“ ebenfalls dem Funktionsbereich der Sprache zugeordnet. Zusätzlich zu „Quiz“ und „Gegensätze“ zeigte auch „Wörter Erklären“ eine signifikante Korrelation mit dem Subtest „Rechnen“, welche 19 Prozent der Variabilität der beiden Variablen erklärte. Nach Gordon (2004) und Dehaene (2004) hat die Sprache einen wichtigen Einfluss auf die exakte Bestimmung einer Menge und das Erlernen der korrekten Zahlwortreihe. Fazio (1994) konnte zeigen, dass Kinder mit Sprachdefiziten mehr Wortsequenzfehler in der Zahlwortreihe produzierten, als Kinder ohne sprachliche Probleme. Auch das Behalten der Zahlen in der phonologischen Schleife dürfte für die Schwierigkeiten der Kinder mit Sprachdefiziten verantwortlich sein. Für das Erlernen der Zahlwortreihe hat die Sprache einen wesentlichen Einfluss, später weisen jedoch die Arbeitsgedächtnisleistungen einen

größeren Einfluss auf. Diese Ergebnisse stimmen gut mit den Ergebnissen dieser Studie überein: Der Zusammenhang der sprachlichen Subtests gemeinsam ist höher als jener des Subtests „Zahlen Merken“, welcher die Kapazität der phonologischen Schleife erfasst. Dieser erklärt jedoch mit 16 Prozent auch einen beträchtlichen Anteil der Varianz der beiden Variablen. Auch nach Ehlert (2007) nimmt der Einfluss der phonologischen Schleife im Alter von 5 und 6 Jahren zu.

Der geringe, jedoch signifikante Zusammenhang, des Subtests „Rechnen“ mit „Schatzkästchen“ stimmt ebenfalls mit den theoretischen Überlegungen von Ehlert (2007) überein. Nach ihrer Studie hat der visuell-räumliche Notizblock bei 5-jährigen Kindern einen Einfluss auf die simultane Mengenerfassung und auf Rechengeschichten. Da die Aufgaben des Subtests „Rechnen“ überwiegend Zählaufgaben sind, erklärt die Korrelation zwischen den beiden Untertests wahrscheinlich nur 8 Prozent der Varianz.

Nach Ansari et al. (2003) besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Entwicklung des Kardinalitätsverständnisses und visuell-räumlichen Fähigkeiten der Kinder. Ebenfalls wurde ein Zusammenhang zwischen dem räumlichen Vorstellungsvermögen und mathematischen Schätzungen nachgewiesen (Dehaene et al., 1999). Die Entwicklung der frühen Zahlkompetenz wird durch nonverbale visuell räumliche Größenvorstellungen geleitet (Ansari et al., 2003). In der vorliegenden Studie wurde dieser Zusammenhang nachgewiesen. Die Korrelationen zwischen den Subtests „Bilderlotto“, „Nachzeichnen“ und „Muster Legen“ mit dem Subtest „Rechnen“ fielen signifikant aus. Der Zusammenhang mit den Untertests, die die visuelle Wahrnehmung und Visumotorik erfassen, erklärte 14 („Nachzeichnen“) und 16 („Bilderlotto“) Prozent der Variabilität der Variablen. Die Korrelation mit dem Untertest „Muster Legen“, welcher ebenfalls räumliches Denken erhebt, erklärt wie schon erwähnt 20 Prozent der Varianz in den beiden Variablen.

Die Ergebnisse sind auch gut mit der Annahme vereinbar, dass die Entwicklung der frühen Zahlenkompetenz durch nonverbale visuell-räumliche Größenvorstellungen geleitet wird. Die Verbindung dieser mentalen Größenvorstellung mit verbaler numerischer Kompetenz führt zu einer sprachabhängigen exakten Repräsentation der Zahlen und Mengen (Ansari et al., 2003). Deshalb könnte der Zusammenhang des rechnerischen Denkens mit dem

Funktionsbereich der Sprache höher sein, als mit dem Bereich der Visuellen Wahrnehmung und Visumotorik.

Die signifikante Korrelation des Subtest „Rechnen“ mit dem Gesamtentwicklungsscore des WET erklärt 38 Prozent der Variabilität der beiden Variablen. Da der Gesamtentwicklungsscore ein Durchschnittsmaß der einzelnen Subtests des WET darstellt, ist diese Korrelation durch den Zusammenhang zwischen dem Subtest „Rechnen“ und den anderen Subtests des WET zu erklären. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Subtest „Rechnen“ in Zusammenhang mit anderen Subtests des WET steht, was mit theoretischen Annahmen übereinstimmt, da sich die Fähigkeitsbereiche nicht unabhängig voneinander entwickeln. Die Korrelationen sind von geringer bis mittlerer Höhe, sodass vermutet werden kann, dass dieser eine weitere Fähigkeitsdimension erfasst.

Durch eine Faktorenanalyse ließen sich die sechs Faktoren nicht vollständig reproduzieren. Dies kann an der geringen Stichprobengröße liegen, beziehungsweise daran, dass die Funktionsbereiche nicht unabhängig voneinander sind. Der Subtest „Rechnen“ lud gemeinsam mit den Untertests „Gegensätze“, „Quiz“ und „Zahlen Merken“ auf dem ersten Faktor, welcher den größten Anteil der Varianz erklärt. Dies stimmt gut mit theoretischen Überlegungen überein, wie weiter oben erläutert wurde.

Die Reliabilitäten des Subtests „Rechnen“ wiesen mit einem Cronbach Alpha von .85 für die 4-jährigen Kinder und einem Alpha von .74 für die 5-jährigen Kinder zufrieden stellende Werte auf. Auch die Schwierigkeitsindizes und Trennschärfen der Items erwiesen sich als sehr zufrieden stellend. Eine Ausnahme bildeten jedoch die Items 12 und 15 der Gruppe der 4-jährigen Kinder, sowie die Items 18 und 19 der Gruppe der 5-Jährigen. Diese erwiesen sich als sehr einfach, da sie von über 90% der Kinder gelöst werden konnten. Dies sind Items, die in den beiden Altersgruppen den Bereich des Zahlenvergleichs und den Mengenbegriffs mit der niedrigsten vorkommenden Anzahl erheben. Da der WET ein förderdiagnostisches Verfahren darstellt, erscheint es als gerechtfertigt auch sehr „leichte“ Items zu beinhalten. Das Item 27, welches der Gruppe der 5-jährigen Kinder vorgegeben wird, erwies sich mit einer Lösungsrate von 20 Prozent als sehr schwer für die Kinder. Dieses Item beinhaltet eine mündlich präsentierte Subtraktionsaufgabe, die den Kindern laut theoretischen Annahmen schwer fällt (Shinsky et al., 2004).

Die Trennschärfen aller Items des Subtest „Rechnen“ erwiesen sich als hoch. Eine Ausnahme bildete das Item 18 in der Gruppe der 5-jährige Kinder und tendenziell das Item 19. Dies sind jene Items, die sich bezogen auf die Schwierigkeit als relativ leicht herausstellten.

## **15 Zusammenfassung/Abstract**

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der mathematischen Entwicklung im Vorschulalter. Diese wurde für den empirischen Teil mittels des, für den Wiener Entwicklungstest (WET; Kastner-Koller & Deimann, in press) neu konstruierten, Subtests „Rechnen“ erhoben. Die Stichprobe bestand aus 80 4- bis 5-jährigen Kindern, die einen österreichischen Kindergarten besuchten. Es wurden Korrelationen dieses Subtests mit den weiteren Fähigkeitsbereichen, die durch den WET erhoben werden, berechnet. Des Weiteren wurde eine Faktorenanalyse zur Feststellung der Konstruktvalidität gerechnet, sowie eine Reliabilitätsanalyse mitsamt Trennschärfen und Schwierigkeitsindizes der Items des Untertests „Rechnen“.

Der Subtest „Rechnen“ wies den höchsten Zusammenhang mit dem Funktionsbereich der Kognitiven Entwicklung auf, welchem dieser auch zugeteilt wird. Ebenfalls hohe Korrelationen zeigten sich zwischen dem Subtest „Rechnen“ und den Funktionsbereichen Sprache, Visuelle Wahrnehmung/Visumotorik und Lernen/Gedächtnis. Die Faktorenanalyse konnte die sechs Funktionsbereiche des WET nicht vollständig reproduzieren, was wahrscheinlich an der geringen Stichprobengröße lag. Die Reliabilitätsanalyse erbrachte für den Subtest „Rechnen“ zufrieden stellende Werte genauso wie die Itemanalysen.

The given paper deals with the mathematical development in the preschool age. It was surveyed for the empirical part by the subtest “Rechnen” which was newly designed for the Wiener Entwicklungstest (WET; Kastner-Koller & Deimann, in press). The sample consisted of 80 4- to 5-year-old children who attended an Austrian kindergarten. Correlations of these subtests with further ranges of ability, which were surveyed by the WET, were calculated. Moreover, a factor analysis was generated in order to assess the construct validity, as well as a reliability analysis of the separation effect and difficulty indices of the subtests’ items “Rechnen”.

The subtest “Rechnen” showed the strongest coherence with the functional range of the cognitive development to which it is also connected. Further strong coherences were found between the subtest “Rechnen” and the functional range of language, visual sense/visual activity and learning/memory. The factor analysis could not reproduce the six functional ranges of the WET completely, which was probably due to the relatively small amount of samples. The reliability analysis as well as the item analysis provided satisfying results for the subtest “Rechnen”.

## 16 Literaturverzeichnis

- Adams, J. W. & Hitch, G. J. (1997). Working memory and children's mental addition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 67, 21-38.
- Aebli, H. (2003). *Zwölf Grundformen des Lehrens: eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage; Medien und Inhalte didaktischer Kommunikation; der Lernzyklus*. Stuttgart: Klett – Cotta.
- Alibali, M. W. & Di Russo, A. A. (1999). The function of gesture in learning to count: more than keeping track. *Cognitive Development*, 14, 37-56.
- Ansari, D., Donlan, C., Thomas, M. S. C., Ewing, S. A., Peen, T., Karmiloff-Smith, A. (2003). What makes counting count? Verbal and visuo-spatial contributions to typical and atypical number development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85, 50-62.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Becker, J. (1993). Young children's numerical use of number words: counting in many-to-one situations. *Developmental Psychology*, 29, 458-465.
- Bermejo, V. (1996). Cardinality development and counting. *Developmental Psychology*, 32, 263-268.
- Bermejo, V., Morales, S. & De Osuna, J. G. (2004). Supporting children's development of cardinality understanding. *Learning and Instruction*, 14, 381-398.
- Brannon, E. M., Abbott, S. & Lutz, D. J. (2004). Number bias for the discrimination of large visual sets in infancy. *Cognition*, 93, B59-B68.
- Briars, D. & Siegler, R. S. (1984). A featural analysis of preschoolers' counting knowledge. *Developmental Psychology*, 20, 607-618.

- Bryant, P., Christie, C. & Rendu, A. (1999). Children's understanding of the relation between addition and subtraction : inversion, identity, and decomposition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 194-212.
- Bull, R. & Johnston, R. S. (1997). Children's arithmetical difficulties: contributions from processing speed, item identification, and short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65, 1-24.
- Canfield, R. L. & Smith, E. G. (1996). Number-based expectations and sequential enumeration by 5-month-old infants. *Developmental Psychology*, 32, 269-279.
- Canobi, K. H. (2005). Children's profiles of addition and subtraction understanding. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92, 220-246.
- Canobi, K. H. & Bethune, N. E. (2008). Number words in young children's conceptual and procedural knowledge of addition, subtraction and inversion. *Cognition*, 108, 675-686.
- Clearfield, M. W. (2004). Infants' enumeration of dynamic displays. *Cognitive Development*, 19, 309-324.
- Daseking, M. & Petermann, F. (2008). *BASIC-Preschool. Screening für kognitive Basiskompetenzen im Vorschulalter*. Bern: Huber.
- Dehaene, S. (1999). *Der Zahlensinn oder warum wir rechnen können*. Berlin: Birkhäuser Verlag.
- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R. & Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, 284, 970-974.
- Donlan, C., Cowan, R., Newton, E. J. & Lloyd, D. (2007). The role of language in mathematical development: evidence from children with specific language impairments. *Cognition*, 103, 23-33.

- Ehlert, A. (2007). *Arbeitsgedächtnis und Rechnen im Vorschulalter*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Fazio, B. B. (1994). The counting abilities of children with specific language impairment: a comparison of oral and gestural tasks. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 37, 358-368.
- Fazio, B. B. (1996). Mathematical abilities of children with specific language impairment: a 2-year follow-up. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 39, 839-849.
- Fazio, B. B. (1999). Arithmetik calculation, short-term memory, and language performance in children with specific language impairment: a 5-year follow-up. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42, 420-431.
- Feigenson, L., Carey, S. & Hauser, M. (2002). The representations underlying infants' choice of more : object files versus analog magnitudes. *Psychological Science*, 13, 150-156.
- Féron, J., Gentaz, E. & Streri, A. (2006). Evidence of amodal representation of small numbers across visuo-tactile modalities in 5-month-old infants. *Cognitive Development*, 21, 81-92.
- Fritz, A. & Ricken, G. (2005). Früherkennung von Kindern mit Schwierigkeiten im Erwerb von Rechenfertigkeiten. In M. Hasselhorn, H. Marx & W. Schneider (Hrsg.), *Diagnostik von Mathematikleistungen* (S. 5-28). Göttingen: Hogrefe.
- Fritz, A. & Ricken, G. (2008). *Rechenschwäche*. München: Ernst Reinhardt Verlag
- Gaddes, W. H. (1991). *Lernstörungen und Hirnfunktionen. Eine Neuropsychologische Betrachtung*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag
- Gallistel, C. R. & Gelman, R. (1992). Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition*, 44, 43-74.

- Gelman, R. & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Gilmore, C. K. & Spelke, E. S. (2008). Children's understanding of the relationship between addition and subtraction. *Cognition*, 107, 932-945.
- Gordon, P. (2004). Numerical cognition without words: evidence from amazonia. *Science*, 306, 496-499.
- Graham, T. A. (1999). The role of gesture in children's learning to count. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 333-355.
- Hirschmann, N., Kastner-Koller, U. & Deimann, P. (2008). Entwicklung und Diagnostik mathematischer Fähigkeiten in der frühen Kindheit. *Empirische Pädagogik*, 22, 178-192.
- Hodent, C., Bryant, P. & Houdé, O. (2005). Language-specific effects on number computation in toddlers. *Developmental Science*, 8, 420-423.
- Houdé, O. (1997). Numerical development: from the infant to the child. Wynn's (1992) paradigm in 2- and 3-year olds. *Cognitive Development*, 12, 373-391.
- Hughes, M. (1987). *Children and Number*. New York: Basil Blackwell
- Kastner-Koller, U., Deimann, P. & Bruckner, J. (2007). Assessing handedness in pre-schoolers: construction of a hand preference test for 4-6-year-olds. *Psychology Science*, 49, 239-254.
- Kavsek, M. (2004). Die Reliabilität von visuellen Habituations- und Dishabituationsmaßen. Eine Metaanalyse. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 36, 83-94.
- Klein, J. S. & Bisanz, J. (2000). Preschoolers doing arithmetic: the concepts are willing but the working memory is weak. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54, 105-115.

- Kobayashi, T., Hiraki, K., Mugitani, R. & Hasegawa, T. (2004). Baby arithmetic: one object plus one tone. *Cognition*, 91, B23-B34.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2006). Mathematische Vorläuferfertigkeiten im Vorschulalter und ihre Vorhersagekraft für die Mathematikleistungen bis zum Ende der Grundschulzeit. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 53, 246-262.
- Kubinger, K. D. & Wurst, E. (2000). *AID 2. Adaptives Intelligenz Diagnostikum 2*. Göttingen: Beltz Test
- Langer, J., Gillette, P. & Arriaga, R. I. (2003). Toddlers' cognition of adding and subtracting objects in action and in perception. *Cognitive Development*, 18, 233-246.
- Le Corre, M. & Carey, S. (2007). One, two, three, four, nothing more: an investigation of the conceptual sources of the verbal counting principles. *Cognition*, 105, 395-438.
- Le Corre, M., Van de Walle, G., Brannon, E. M. & Carey, S. (2006). Re-visiting the competence/performance debate in the acquisition of the counting principles. *Cognitive Psychology*, 52, 130-169.
- Le Fevre, J-A., Smith-Chant, B. L., Fast, L., Skwarchuk, S-L., Sargla, E., Arnup, J. S., Penner-Wilger, M., Bisanz, J. & Kamawar, D. (2006). What counts as knowing? The development of conceptual and procedural knowledge of counting from kindergarten through Grade 2. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 285-303.
- Lipton, J. S. & Spelke, E. S. (2003). Origins of number sense: large-number discrimination in human infants. *Psychological Science*, 14, 396-401.
- Lipton, J. S. & Spelke, E. S. (2006). Preschool children master the logic of number word meanings. *Cognition*, 98, B57-B66.
- Lynn, R. & Irwing, P. (2008). Sex differences in mental arithmetic, digit span, and g defined as working memory capacity. *Intelligence*, 36, 226-235.

- Mandler, G. & Shebo, B. J. (1982). Subitizing: an analysis of its component processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111, 1-22.
- Meck, W. H. & Church, R. M. (1983). A mode control model of counting and timing processes. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 9, 320-334.
- Melchers, P. & Preuß, U. (1991). *K-ABC. Kaufman-Assessment Battery for Children*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Miller, L. T. & Vernon, P. A. (1996). Intelligence, reaction time, and working memory in 4-to-6-year-old children. *Intelligence*, 22, 155-190.
- Miura, I. T. (1987). Mathematics achievement as a function of language. *Journal of Educational Psychology*, 79, 79-82.
- Mix, K. S. (1999). Similarity and numerical equivalence: appearances count. *Cognitive Development*, 14, 269-297.
- Mix, K. S. (2002). The construction of number concepts. *Cognitive Development*, 17, 1345-1363.
- Mix, K. S. (2009). How Spencer made number: first uses of the number words. *Journal of Experimental Child Psychology*, 102, 427-444.
- Mix, K. S., Levine, S. C. & Huttenlocher, J. (1999). Early fraction calculation ability. *Developmental Psychology*, 35, 164-174.
- Muldoon, K., Lewis, C. & Freeman, N. H. (2003). Putting counting to work: preschoolers' understanding of cardinal extension. *International Journal of Educational Research*, 39, 695-718.
- Muldoon, K., Lewis, C. & Towse, J. (2005). Because it's there! Why some children count, rather than infer numerical relationships. *Cognitive Development*, 20, 472-491.

- Musolino, J. (2004). The semantics and acquisition of number words: integrating linguistic and developmental perspectives. *Cognition*, 93, 1-41.
- Passolunghi, M. C. & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 44-57.
- Pica, P., Lemer, C., Izard, V. & Dehaene, S. (2004). Exact and approximate arithmetic in an Amazonian indigenous group. *Science*, 306, 499-503.
- Resnick, L. B. (1989). Developing mathematical knowledge. *American Psychologist*, 44, 162-169.
- Ricken, G. & Fritz, A. (2006). Arbeitsgedächtnisleistungen bei unterschiedlich guten Rechnern im Kindergartenalter. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 53, 263-274.
- Ricken, G., Fritz, A. & Balzer, L. (2008). *Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen im Vorschulalter*. Göttingen: Hogrefe.
- Robinson, K. M. & Dubé, A. K. (2009). Children's understanding of addition and subtraction concepts. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 532-545.
- Rousselle, L., Palmers, E. & Noël, M-P. (2004). Magnitude comparison in preschoolers : what counts? Influence of perceptual variables. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 57-84.
- Sarnecka, B. W. & Carey, S. (2008). How counting represents number: What children must learn and when they learn it. *Cognition*, 108, 662-674.
- Sarnecka, B. W. & Gelman, S. A. (2004). Six does not mean a lot: preschoolers see number words as specific. *Cognition*, 92, 329-352.
- Schmid, C., Zoelch, C. & Roebbers, C. M. (2008). Das Arbeitsgedächtnis von 4- bis 5-jährigen Kindern. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 40, 2-12.

- Shinsky, J. L., Chan, C. H., Coleman, R., Moxom, L. & Yamamoto, E. (2009). Preschoolers' nonsymbolic arithmetic with large sets: Is addition more accurate than subtraction? *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 409-420.
- Shipley, E. F. & Shepperson, B. (1990). Countable entities: developmental changes. *Cognition*, 34, 109-136.
- Siegel, L. S. & Linder, B. (1984). Short-term memory processes in children with reading and arithmetic learning disabilities. *Developmental Psychology*, 20, 200-207.
- Siegler, R. S. (1987). The perils of averaging data over strategies: an example from children's addition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116, 250-264.
- Simon, T. J. (1997). Reconceptualizing the origins of number knowledge: a „non numerical“ account. *Cognitive Development*, 12, 349-372.
- Starkey, P., Spelke, E. S., Gelman, R. (1990). Numerical abstraction by human infants. *Cognition*, 36, 97-127.
- Stern, E. (1994). Wieviele Kinder bekommen einen Mohrenkopf? Zur Bedeutung der Kontexteinbettung beim Verstehen des quantitativen Vergleiches. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 26, 79-93.
- Stern, E. (1997). Mathematik. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S.397-426). Göttingen: Hogrefe.
- Stern, E. (1998). Die Entwicklung schulbezogener Kompetenzen: Mathematik. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Entwicklung im Kindesalter* (S. 96-113). Weinheim: Beltz.
- Thomas, J., Zoelch, C., Seitz-Stein, K. & Schumann-Hengsteler, R. (2006). Phonologische und zentral-exekutive Arbeitsgedächtnisfunktionen bei der mentalen Addition und Multiplikation bei Grundschulkindern. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 53, 275-290.

- Van de Rijt, B. A. M., Van Luit, J. E. H. & Hasemann, K. (2000). Zur Messung der frühen Zahlbegriffsentwicklung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 32, 14-24.
- Van Luit, J. E. H., Van de Rijt, B. A. M. & Hasemann, K. (2001). *OTZ. Osnabrücker Test zur Zahlenbegriffsentwicklung*. Göttingen: Hogrefe
- Van Marle, K. & Wynn, K. (2009). Infants' auditory enumeration: evidence for analog magnitudes in the small number range. *Cognition*, 111, 303-316.
- Von Aster, M. G. (2001). *ZAREKI. Testverfahren zur Dyskalkulie*. Frankfurt am Main: Swets & Zeitlinger.
- Von Aster, M. G. (2005). Wie kommen Zahlen in den Kopf? Ein Modell der normalen und abweichenden Entwicklung zahlenverarbeitender Hirnfunktionen. In M. Von Aster & J. H. Lorenz (Hrsg.), *Rechenstörungen bei Kindern* (S. 13-33). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Wakeley, A., Rivera, S. & Langer, J. (2000). Can young infants add and subtract? *Child Development*, 71, 1525-1534.
- Weberschock, U. & Grube, D. (2006). Zur Spezifität von Einflüssen der Arbeitsgedächtniskapazität und des arithmetischen Faktenwissens auf Rechenleistungen von Viertklässlern. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 53, 291-302.
- Weinhold Zulauf, M., Schweiter, M. & Von Aster, M. (2003). Das Kindergartenalter: Sensitive Periode für die Entwicklung numerischer Fertigkeiten. *Kindheit und Entwicklung*, 12, 222-230. Göttingen: Hogrefe.
- Weißhaupt, S., Peucker, S. & Wirtz, M. (2006). Diagnose mathematischen Vorwissens im Vorschulalter und Vorhersage von Rechenleistungen und Rechenschwierigkeiten in der Grundschule. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 53, 236-245.
- Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, 36, 155-193.

- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750.
- Wynn, K., Bloom, P. & Chiang, W. (2002). Enumeration of collective entities by 5-month-old infants. *Cognition*, 83, B55-B62.
- Xu, F. (2003). Numerosity discrimination in infants: evidence for two systems of representations. *Cognition*, 89, B15-B25.
- Xu, F. & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74, B1-11.

## 17 Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abb. 2.1: Wynn`s (1992) Experiment zur präverbalen Arithmetik .....                                                                            | 7  |
| Abb. 2.2: Das präverbale Zählmodell (Akkumulatormodell) nach Meck & Church (1983)<br>.....                                                     | 10 |
| Abb. 3.1: Ein Beispiel für einen richtigen Viele-zu-Eins Zählprozess (Becker, 1993) .....                                                      | 15 |
| Abb. 3.2: Ein Beispiel für einen Separate-Gruppen Zählprozess (Becker, 1993).....                                                              | 21 |
| Abb. 3.3: Stimulusmaterial in Shipley und Shepperson`s Experimenten (1990) .....                                                               | 24 |
| Abb. 7.1: Inversionsaufgaben des Experiments von Gilmore & Spelke (2008).....                                                                  | 51 |
| Abb. 7.2: Antwortblatt für einfache Rechnungen mit Bruchstücken aus dem Experiment<br>von Mix et al. (1999) .....                              | 55 |
| Abb. 7.3: Der Aufbau einer elementaren Addition nach Aebli (2003).....                                                                         | 57 |
| Abb. 8.1: Strukturgleichungsmodell zur Vorhersagekraft spezifischer mathematischer<br>Vorläuferfertigkeiten (Krajewski & Schneider, 2006)..... | 61 |

## 18 Tabellenverzeichnis

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 12.1: Verteilung der Buben und Mädchen auf die Altersgruppen .....                    | 79 |
| Tabelle 12.2: Berufe der Eltern in Prozentangaben .....                                       | 80 |
| Tabelle 12.3: Lageparameter der einzelnen Subtests in C-Werten .....                          | 81 |
| Tabelle 13.1: Korrelationen des Subtest "Rechnen" mit den anderen Subtests des WET ...        | 88 |
| Tabelle 13.2: Korrelationen des Subtest "Rechnen" mit den Funktionsbereichen des WET<br>..... | 90 |
| Tabelle 13.3: Faktorenanalyse: Ladungen $> 0.50$ , Eigenwerte und erklärte Varianzanteile     | 93 |
| Tabelle 13.4: Lösungshäufigkeiten und Trennschärfen der Items des Subtests "Rechnen"          | 97 |

## 19 Anhang

### A) Einverständniserklärung für die Eltern

Liebe Eltern!

Um Kindern mit Problemen helfen zu können, muss man das übliche Verhalten normal entwickelter Kinder kennen. Zu diesem Zweck werden in Kindergärten in ganz Wien – und nun auch in Niederösterreich – Erhebungen über den allgemeinen Entwicklungsstand und die Entwicklung der Lateralität (Händigkeit) von Kindergartenkindern im Alter von 4-6 Jahren durchgeführt.

Dazu möchte ich Kindern den Wiener Entwicklungstest und einen, ebenfalls an der Universität Wien entwickelten, Händigkeitstest vorgeben. Beim Wiener Entwicklungstest handelt es sich um ein Verfahren zur Erfassung des allgemeinen Entwicklungsstandes für Kindergartenkinder, der folgende Entwicklungsbereiche abdeckt: Motorik, Visumotorik/Visuelle Wahrnehmung, Gedächtnis, kognitive Entwicklung, Sprache und emotionale Entwicklung.

Die Erhebung wird im Kindergarten stattfinden und ist selbstverständlich anonym. Alle Aufgaben sind spielerisch gestaltet und machen den Kindern erfahrungsgemäß viel Spaß.

Ich würde mich sehr freuen, wenn Ihr Kind an meiner Untersuchung teilnehmen darf!

Mit freundlichen Grüßen

Martina Danis

#### EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

Ich bin einverstanden, dass mein Kind.....,

geboren am....., an der Untersuchung teilnimmt.

Mein Kind ist ☐ weiblich ☐ männlich (bitte ankreuzen)

Ich denke mein Kind ist ☐ LinkshänderIn ☐ RechtshänderIn

☐ Ich möchte Informationen über den Entwicklungsstand meines Kindes.

Name:.....

Adresse:.....

Telefon/Email:.....

.....

Unterschrift des Erziehungsberechtigten

## B) Normalverteilungsüberprüfung der Subtests des WET

Die Normalverteilung wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest überprüft.

| Subtest                   | Z-Wert | Signifikanz (2-seitig) |
|---------------------------|--------|------------------------|
| Lernbär (C-Wert)          | 2.67   | .000*                  |
| Turnen (C-Wert)           | 1.95   | .001*                  |
| Bilderlotto (C-Wert)      | 1.23   | .097                   |
| Nachzeichnen (C-Wert)     | 1.65   | .008*                  |
| Schatzkästchen (C-Wert)   | 1.19   | .120                   |
| Zahlen Merken (C-Wert)    | 1.67   | .007*                  |
| Muster Legen (Rohwert)    | .95    | .321                   |
| Bunte Formen (C-Wert)     | 1.15   | .142                   |
| Gegensätze (C-Wert)       | 1.79   | .003*                  |
| Wörter Erklären (C-Wert)  | 1.45   | .029*                  |
| Quiz (C-Wert)             | 1.45   | .031*                  |
| Puppenspiel (C-Wert)      | 1.96   | .001*                  |
| Fotoalbum (C-Wert)        | 1.57   | .014*                  |
| Elternfragebogen (C-Wert) | 1.05   | .221                   |
| Rechnen (C-Wert)          | 1.39   | .043*                  |
| Rechnen (Rohwert)         | 1.20   | .112                   |

\*Signifikant (alpha= .05); Normalverteilung ist nicht gegeben

### C) Punktbiseriale Korrelationen für die Berechnung der Trennschärfen

Trennschärfen der Items der 4-jährigen Kinder (Subtest Rechnen):

|         |                          | Item 10  | GESRE10  |
|---------|--------------------------|----------|----------|
| Item 10 | Korrelation nach Pearson | 1        | ,676(**) |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,000     |
|         | N                        | 40       | 40       |
|         |                          |          |          |
| GESRE10 | Korrelation nach Pearson | ,676(**) | 1        |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | ,000     | .        |
|         | N                        | 40       | 40       |
|         |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|         |                          | Item 11  | GESRE11  |
|---------|--------------------------|----------|----------|
| Item 11 | Korrelation nach Pearson | 1        | ,543(**) |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,000     |
|         | N                        | 40       | 40       |
|         |                          |          |          |
| GESRE11 | Korrelation nach Pearson | ,543(**) | 1        |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | ,000     | .        |
|         | N                        | 40       | 40       |
|         |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|         |                          | Item 12 | GESRE12 |
|---------|--------------------------|---------|---------|
| Item 12 | Korrelation nach Pearson | 1       | ,387(*) |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | .       | ,014    |
|         | N                        | 40      | 40      |
|         |                          |         |         |
| GESRE12 | Korrelation nach Pearson | ,387(*) | 1       |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | ,014    | .       |
|         | N                        | 40      | 40      |
|         |                          |         |         |

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

|                |                          | Item 13  | GESRE13  |
|----------------|--------------------------|----------|----------|
| <b>Item 13</b> | Korrelation nach Pearson | 1        | ,543(**) |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,000     |
|                | N                        | 40       | 40       |
|                |                          |          |          |
| GESRE13        | Korrelation nach Pearson | ,543(**) | 1        |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | ,000     | .        |
|                | N                        | 40       | 40       |
|                |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|                |                          | Item 14  | GESRE14  |
|----------------|--------------------------|----------|----------|
| <b>Item 14</b> | Korrelation nach Pearson | 1        | ,613(**) |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,000     |
|                | N                        | 40       | 40       |
|                |                          |          |          |
| GESRE14        | Korrelation nach Pearson | ,613(**) | 1        |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | ,000     | .        |
|                | N                        | 40       | 40       |
|                |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|                |                          | GESRE15 | Item 15 |
|----------------|--------------------------|---------|---------|
| GESRE15        | Korrelation nach Pearson | 1       | ,324(*) |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | .       | ,041    |
|                | N                        | 40      | 40      |
|                |                          |         |         |
| <b>Item 15</b> | Korrelation nach Pearson | ,324(*) | 1       |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | ,041    | .       |
|                | N                        | 40      | 40      |
|                |                          |         |         |

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

|                |                          | Item 16  | GESRE16  |
|----------------|--------------------------|----------|----------|
| <b>Item 16</b> | Korrelation nach Pearson | 1        | ,403(**) |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,010     |
|                | N                        | 40       | 40       |
|                |                          |          |          |
| GESRE16        | Korrelation nach Pearson | ,403(**) | 1        |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | ,010     | .        |
|                | N                        | 40       | 40       |
|                |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|                |                          | Item 17  | GESRE17  |
|----------------|--------------------------|----------|----------|
| <b>Item 17</b> | Korrelation nach Pearson | 1        | ,577(**) |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,000     |
|                | N                        | 40       | 40       |
|                |                          |          |          |
| GESRE17        | Korrelation nach Pearson | ,577(**) | 1        |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | ,000     | .        |
|                | N                        | 40       | 40       |
|                |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|                |                          | Item 18  | GESRE18  |
|----------------|--------------------------|----------|----------|
| <b>Item 18</b> | Korrelation nach Pearson | 1        | ,719(**) |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,000     |
|                | N                        | 80       | 40       |
|                |                          |          |          |
| GESRE18        | Korrelation nach Pearson | ,719(**) | 1        |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | ,000     | .        |
|                | N                        | 40       | 40       |
|                |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|         |                          | Item 19  | GESRE19  |
|---------|--------------------------|----------|----------|
| Item 19 | Korrelation nach Pearson | 1        | ,539(**) |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,000     |
|         | N                        | 80       | 40       |
|         |                          |          |          |
| GESRE19 | Korrelation nach Pearson | ,539(**) | 1        |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | ,000     | .        |
|         | N                        | 40       | 40       |
|         |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|         |                          | Item 20  | GESRE20  |
|---------|--------------------------|----------|----------|
| Item 20 | Korrelation nach Pearson | 1        | ,509(**) |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,001     |
|         | N                        | 80       | 40       |
|         |                          |          |          |
| GESRE20 | Korrelation nach Pearson | ,509(**) | 1        |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | ,001     | .        |
|         | N                        | 40       | 40       |
|         |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Trennschärfen der Items der 5-jährigen Kinder (Subtest Rechnen):

|                |                          | Item 18 | GESRE_18 |
|----------------|--------------------------|---------|----------|
| <b>Item 18</b> | Korrelation nach Pearson | 1       | ,182     |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | .       | ,260     |
|                | N                        | 80      | 40       |
|                |                          |         |          |
| GESRE_18       | Korrelation nach Pearson | ,182    | 1        |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | ,260    | .        |
|                | N                        | 40      | 40       |
|                |                          |         |          |

|                |                          | Item 19 | GESRE_19 |
|----------------|--------------------------|---------|----------|
| <b>Item 19</b> | Korrelation nach Pearson | 1       | ,301     |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | .       | ,059     |
|                | N                        | 80      | 40       |
|                |                          |         |          |
| GESRE_19       | Korrelation nach Pearson | ,301    | 1        |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | ,059    | .        |
|                | N                        | 40      | 40       |
|                |                          |         |          |

|                |                          | Item 20  | GESRE_20 |
|----------------|--------------------------|----------|----------|
| <b>Item 20</b> | Korrelation nach Pearson | 1        | ,520(**) |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,001     |
|                | N                        | 80       | 40       |
|                |                          |          |          |
| GESRE_20       | Korrelation nach Pearson | ,520(**) | 1        |
|                | Signifikanz (2-seitig)   | ,001     | .        |
|                | N                        | 40       | 40       |
|                |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|          |                          | Item 21 | GESRE_21 |
|----------|--------------------------|---------|----------|
| Item 21  | Korrelation nach Pearson | 1       | ,317(*)  |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | .       | ,046     |
|          | N                        | 40      | 40       |
|          |                          |         |          |
| GESRE_21 | Korrelation nach Pearson | ,317(*) | 1        |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | ,046    | .        |
|          | N                        | 40      | 40       |
|          |                          |         |          |

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

|          |                          | Item 22  | GESRE_22 |
|----------|--------------------------|----------|----------|
| Item 22  | Korrelation nach Pearson | 1        | ,614(**) |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,000     |
|          | N                        | 40       | 40       |
|          |                          |          |          |
| GESRE_22 | Korrelation nach Pearson | ,614(**) | 1        |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | ,000     | .        |
|          | N                        | 40       | 40       |
|          |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|          |                          | Item 23 | GESRE_23 |
|----------|--------------------------|---------|----------|
| Item 23  | Korrelation nach Pearson | 1       | ,317(*)  |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | .       | ,046     |
|          | N                        | 40      | 40       |
|          |                          |         |          |
| GESRE_23 | Korrelation nach Pearson | ,317(*) | 1        |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | ,046    | .        |
|          | N                        | 40      | 40       |
|          |                          |         |          |

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

|          |                          | Item 24 | GESRE_24 |
|----------|--------------------------|---------|----------|
| Item 24  | Korrelation nach Pearson | 1       | ,374(*)  |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | .       | ,018     |
|          | N                        | 40      | 40       |
|          |                          |         |          |
| GESRE_24 | Korrelation nach Pearson | ,374(*) | 1        |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | ,018    | .        |
|          | N                        | 40      | 40       |
|          |                          |         |          |

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

|          |                          | Item 25 | GESRE_25 |
|----------|--------------------------|---------|----------|
| Item 25  | Korrelation nach Pearson | 1       | ,316(*)  |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | .       | ,047     |
|          | N                        | 40      | 40       |
|          |                          |         |          |
| GESRE_25 | Korrelation nach Pearson | ,316(*) | 1        |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | ,047    | .        |
|          | N                        | 40      | 40       |
|          |                          |         |          |

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

|          |                          | Item 26  | GESRE_26 |
|----------|--------------------------|----------|----------|
| Item 26  | Korrelation nach Pearson | 1        | ,459(**) |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,003     |
|          | N                        | 40       | 40       |
|          |                          |          |          |
| GESRE_26 | Korrelation nach Pearson | ,459(**) | 1        |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | ,003     | .        |
|          | N                        | 40       | 40       |
|          |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|          |                          | Item 27  | GESRE_27 |
|----------|--------------------------|----------|----------|
| Item 27  | Korrelation nach Pearson | 1        | ,596(**) |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | .        | ,000     |
|          | N                        | 40       | 40       |
|          |                          |          |          |
| GESRE_27 | Korrelation nach Pearson | ,596(**) | 1        |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | ,000     | .        |
|          | N                        | 40       | 40       |
|          |                          |          |          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

|          |                          | Item 28 | GESRE_28 |
|----------|--------------------------|---------|----------|
| Item 28  | Korrelation nach Pearson | 1       | ,316(*)  |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | .       | ,047     |
|          | N                        | 40      | 40       |
|          |                          |         |          |
| GESRE_28 | Korrelation nach Pearson | ,316(*) | 1        |
|          | Signifikanz (2-seitig)   | ,047    | .        |
|          | N                        | 40      | 40       |
|          |                          |         |          |

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

# Lebenslauf

## Persönliche Daten:

Name Martina Danis  
Anschrift Groisbacherstraße 155  
2534 Alland  
  
Geboren am 23.02.1983 in Baden



## Schulbildung

2002 bis 2010 Studium der Psychologie an der Universität Wien mit Schwerpunkt Angewandte Kinder- und Jugendpsychologie und Bildungspsychologie  
2001 bis 2002: Gesundheits- und Krankenpflegeschule der Stadt Baden  
1993 bis 2001: Bundesgymnasium Biondegasse Baden  
1989 bis 1993: Volksschule Alland

## Praxis:

seit 2009 Caritas Wien: Aushilfe in einer Wohngemeinschaft für Menschen mit Behinderung  
2008 bis 2009: Hilfswerk Niederösterreich: Lernbegleitung, Hausaufgabenbetreuung und Aushilfe im Hort  
2008: SOS-Kinderdorf Hinterbrühl: Praktikum im Diagnose- und Therapiezentrum „Bienenhaus“: Betreuung verhaltensauffälliger Kinder  
2007: Durchführung von Interviews im Rahmen der Studie POMONA „Gesundheitszustand von Menschen mit Intellektueller Behinderung“  
2007: 6- Wochen- Pflichtpraktikum: Universität Wien, Fakultät für Psychologie, Institut für Biologische, Klinische & Differentielle Psychologie, Abteilung Klinische- und Gesundheitspsychologie  
2006: Wohngemeinschaft des ÖHTB (Österreichisches Hilfswerk für Taubblinde und hochgradig Hör- und Sehbehinderte): pflegerische Tätigkeiten und sozialpädagogische Begleitung  
2002: Thermenklinikum Baden: Praktikum auf Station 3B „Interne“