

Entwicklung Kumulativen Rehearsals als Gedächtnisstrategie:  
Funktionale längsschnittliche Entwicklungsanalysen

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultäten  
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von  
Martin Lehmann  
aus München

Göttingen 2007

D 7

Referent: Prof. Dr. Marcus Hasselhorn

Korreferent: PD Dr. Dietmar Grube

Tag der mündlichen Prüfung: 02.05.2007

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>0</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Überblick über den Forschungshintergrund der Gedächtnisstrategie</b>	
	<b>Rehearsal .....</b>	<b>5</b>
1.1	Rehearsal – Altersveränderungen und qualitative Besonderheiten.....	7
1.1.1	Rehearsal-Verhalten von Vorschulkindern – Labeling .....	7
1.1.2	Rehearsal-Verhalten von Schulkindern – Qualitative Unterschiede und Alterseffekte .....	9
1.1.3	Längsschnittliche Untersuchung .....	12
1.2	Determinanten von Entwicklungsveränderungen bei Rehearsal.....	15
1.2.1	Mentale Ressourcen/Gedächtniskapazität .....	15
1.2.2	Metagedächtnis .....	18
1.3	Multipler und variabler Strategiegebrauch.....	20
<b>2</b>	<b>Eigene Fragestellungen: Zusammenfassung des theoretischen Hintergrundes der Gedächtnisstrategie Rehearsal .....</b>	<b>23</b>
2.1	Offene Fragen als Grundlage für Untersuchung 1 .....	25
2.2	Offene Fragen als Grundlage für Untersuchung 2 .....	26
<b>3</b>	<b>Entwicklungsbedingungsanalysen des Kumulativen Rehearsal .....</b>	<b>28</b>
3.1	Untersuchung 1: Zur adaptiven Qualität Kumulativen Rehearsals beim freien Reproduzieren im Grundschulalter .....	28
3.2	Untersuchung 2: Variable Memory Strategy Use in Children’s Adaptive Intratask Learning Behavior: Developmental Changes and Working Memory Influences in Free Recall .....	47
<b>4</b>	<b>Resümee unter Einbezug der beiden empirischen Arbeiten .....</b>	<b>74</b>
4.1	Pfad der Veränderung .....	74
4.2	Variabilität.....	76
4.3	Quelle der Veränderung .....	78
4.3.1	Gedächtniskapazität.....	78
4.3.2	Erfahrung .....	79
4.3.3	Metagedächtnis .....	80
4.4	Rate und Wirkungsbreite der Veränderung.....	80

---

<b>5</b>	<b>Entwicklungsanalyse der Reproduktionskonsequenzen von Rehearsal ....</b>	<b>84</b>
5.1	Forschungshintergrund der Reproduktionskonsequenzen von Rehearsal.....	84
5.2	Offene Fragen als Grundlage für Untersuchung 3 .....	86
5.3	Untersuchung 3: Reproduktionscharakteristika bei einer Free Recall Aufgabe und deren Zusammenhang mit Rehearsal: Längsschnittliche Entwicklungsanalysen.....	88
<b>6</b>	<b>Vergleichbarkeit von Lern- und Abrufverhalten? .....</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>112</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>114</b>

## 0 Einleitung

In den meisten Kontexten, in denen es um Lernen und das Erinnern des Gelernten geht, können Strategien zum Einsatz kommen, die uns dabei helfen, diese Situationen zu meistern. Deutlich wird dies beispielsweise in Prüfungssituationen. So berichten McDougall und Gruneberg (2002), dass PsychologiestudentInnen, die Gedächtnisstrategien in Prüfungen anwendeten, besser abschnitten als solche, die offensichtlich keine Strategien anwendeten.

Die Untersuchung der Gedächtnisentwicklung und der Gedächtnisstrategien rückte mit der Arbeit von Flavell, Beach und Chinsky (1966) über „Spontaneous Verbal Rehearsal in a Memory Task as a Function of Age“ in das Zentrum der modernen Ära kognitiver Entwicklungsforschung. Eine zielgerichtete, systematische Nutzung von Gedächtnisstrategien sollte, neben den altersabhängigen strukturellen Veränderungen des semantischen Gedächtnisses, einen außerordentlich wichtigen Anteil an Entwicklungsveränderungen der Gedächtnisleistung haben. Lange Zeit bestand Uneinigkeit in Bezug auf die mögliche Bewusstheit bei der Anwendung von Strategien (z.B. Naus & Ornstein, 1983 bzw. Pressley, Forrest-Pressley, Elliot-Faust & Miller, 1985). Mittlerweile hat sich jedoch ein weitgehender Konsens gebildet, der Strategien als potentiell bewusste, zielgerichtete und kognitiv kontrollierbare Aktivitäten beschreibt, die verwendet werden, um die Leistung in Gedächtnisaufgaben zu verbessern (z.B. Bjorklund & Douglas, 1997).

Gedächtnisstrategien können zu allen Phasen der Aufgabenbearbeitung oder des Problemlöseprozesses eingesetzt werden. Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Gedächtnisstrategien unterscheiden. Während Enkodierstrategien primär während des Einspeicherns von Informationen eingesetzt werden finden sich Abrufstrategien während der Erinnerungs- oder Reproduktionsphase. Enkodierstrategien werden von Kindern verwendet, weil sie hoffen, sich durch dieses aktuelle strategische Verhalten Dinge besser merken zu können. Abrufstrategien werden eingesetzt, um Zugang zu Informationen aus dem Langzeitgedächtnis zu erhalten und diese Informationen somit abrufen zu können. Zu den prominentesten Enkodierstrategien gehören die Organisationsstrategien, die Elaborationsstrategien und die Wiederholstrategien (Rehearsal). Organisationsstrategien sind dadurch gekennzeichnet, dass das zu lernende Material nach Oberbegriffen kategorisiert wird, Elaborationsstrategien dadurch, dass das Material mit zusätzlicher Information angereichert oder semantisch verknüpft wird. Wiederholstrategien lassen sich

---

allgemein als „das innere (oder auch laute) Vor-sich-Hersagen der zu behaltenden Inhalte“ (Goswami, 2001, S. 268) charakterisieren.

Hinter der Strategien-Gattung Rehearsal verbergen sich qualitativ unterschiedliche Formen von Wiederholstrategien, die sich zwischen den Polen passiven und aktiven Verhaltens einordnen lassen. Eine passive Variante stellt das einfache Benennen einzelner Wörter oder Objekte dar, das auch als Labeling bezeichnet wird (Weinert & Schneider, 1996). Ebenfalls den passiven Formen von Rehearsal wird das mehrfache Wiederholen des selben Wortes zugeordnet, das auch als Singuläres Rehearsal bezeichnet wird. Von diesen beiden passiven Varianten der Wiederholstrategien lässt sich das Kumulative Rehearsal abgrenzen, bei dem verschiedene Wörter aktiv gemeinsam in einer funktionalen Wiederholungseinheit memoriert werden.

Altersunterschiede bei der Verwendung von Rehearsalstrategien und qualitative Unterschiede innerhalb der Rehearsalstrategien wurden in den 1970er Jahren besonders intensiv von der Arbeitsgruppe um Ornstein und Naus (1985; Naus & Ornstein, 1983) beforscht. Das Bild, das diese Studien über Rehearsal entwerfen, ist dadurch geprägt, dass Kinder verschiedener Altersstufen qualitativ verschiedene Formen des Rehearsal aufweisen, wobei sich ein Entwicklungsverlauf von dem Gebrauch passiver Strategien hin zu dem Gebrauch der aktiven Strategie beobachten lässt. Diese relativ statische Beschreibung von Entwicklungsunterschieden kann mit einer Leiter verglichen werden. Dabei wird Entwicklung als einfacher linearer Prozess beschrieben, bei dem man sich von einer strategischen Fertigkeit zur nächsten bewegt, genauso, wie man von einer Sprosse auf die fest installierte folgende steigt. Dieser stark deterministische und reduktionistische Ansatz wird jedoch nicht der Vielfalt kindlicher Entwicklung gerecht (Fischer & Bidell, 1998). Als eine der wichtigsten Erkenntnisse der letzten zehn bis fünfzehn Jahre innerhalb der Entwicklungsforschung lässt sich die große Variabilität (Siegler 2006) bezeichnen. Diese Variabilität findet sich in den verschiedensten Kontexten, Altersstufen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb der Entwicklung. Variabilität besteht sowohl zwischen verschiedenen Kindern, als auch innerhalb der Kinder selbst. Das Ziel neuerer Forschung ist es somit innerhalb dieser großen Variabilität stabile Muster und Abfolgen zu finden (Siegler, 1994). Jedoch ist die Tatsache allein, dass beträchtliche Variabilität innerhalb des Handelns und Denkens eines Kindes besteht, nach Siegler (2007) noch kein Grund dafür, dass diese Variabilität auch von Bedeutung ist. Entscheidend ist, ob anhand dieser Variabilität Veränderungen vorhergesagt und analysiert werden können. Die Theorie dynamischer Systeme nimmt an, dass die Voraussetzung für die Veränderung eines

---

Systems darin liegt, dass dieses System instabil wird (Fischer & Bidell, 1998; Hosenfeld, van der Maas & van den Boom, 1997). Variabilität kann in diesem Sinne als ein Zeichen für Instabilität angesehen werden. Auf der anderen Seite befinden sich Individuen, sobald sie neue Fertigkeiten entwickeln, zwischen zwei verschiedenen Zuständen oder Repräsentationen. Anders ausgedrückt bewegen sich Kinder, wenn sie neue Strategien entdecken oder sich mit ihnen auseinandersetzen, zwischen beiden, einer neuen und einer oder mehreren alten Strategien (Goldin-Meadow, Alibali & Church, 1993). Die meisten Übergänge beinhalten die Koexistenz verschiedener Fähigkeiten, Zustände oder auch Strategien und führen schließlich zur Bildung neuer Fertigkeiten und Strategien oder zu einer Modifizierung alter Zustände, Fertigkeiten und Strategien (Shrager & Siegler, 1998). Ein Hauptaugenmerk richtet sich somit auf Übergangsphasen innerhalb der Entwicklung und die damit einhergehende wichtige Frage nach den Mechanismen oder Faktoren, die ein System destabilisieren, neue Fertigkeiten ins Spiel bringen und in der Folge eine Veränderung oder einen Übergang bedingen.

Diese neue Betrachtungsweise des Denkens und Lernens von Kindern beinhaltet, dass den Kindern sowohl aktive als auch passive Lernmechanismen zugesprochen werden (Siegler, 2006). Aktive Mechanismen, wie z.B. das Entwickeln neuer Strategien, um neuartige Probleme zu lösen, und passive Mechanismen, wie Metakognition oder Gedächtniskapazität, interagieren dabei und führen dazu, dass Lernen geschieht.

Im Rahmen zweier Publikationen, die den Kern dieser Arbeit bilden, wurde zum einen versucht den methodischen Forderungen nachzukommen, die die neuen Forschungsinteressen mit sich bringen. Nach Ornstein und Haden (2001) sollten Entwicklungsveränderungen nicht mehr allein anhand von querschnittlich sondern vorrangig anhand längsschnittlich angelegter Studien untersucht werden. Diese längsschnittlichen Beschreibungen sind in der Lage individuelle Veränderungen von Gedächtnisfertigkeiten von Kindern aufzudecken. Zusätzlich sollten im Rahmen dieser längsschnittlichen Untersuchungen die „forces that propel the development of skilled remembering“ (ebd., S. 202) einen Schwerpunkt einnehmen.

In dem ersten Artikel wurde eine neue differenzierte und veränderungssensible Auswertungsmöglichkeit für die Qualität von aktivem Rehearsal entwickelt und vorgestellt. Anhand dieser Analysemethode ließ sich zeigen, dass Kinder aktiv den Lernprozess gestalten und dass sowohl metakognitive Faktoren als auch mentale Ressourcen hierbei eine große Rolle spielen.

Die Grundlage für den zweiten Artikel bildete das overlapping waves Modell von Siegler (1996). In dieser Veröffentlichung konnte gezeigt werden, dass Kinder bei der Bearbeitung einer Free Recall Aufgabe variablen und adaptiven Strategiegebrauch zeigen, und es sich somit bei der Entwicklung der Gedächtnisstrategie Rehearsal nicht um eine stufenweise Ablösung qualitativ unterschiedlicher Strategien handelt, wie die Studien der Arbeitsgruppe um Ornstein in den 70er Jahren nahe legten.

Die Ergebnisse der Publikationen werden im Rahmen von fünf Dimensionen diskutiert, die nach Siegler (2006) geeignet sind, kognitive Veränderungen zu analysieren: Variabilität, Ursache der Veränderung, Pfad der Veränderung, Wirkungsbreite der Veränderung und Rate der Veränderung.

Eine Besonderheit von Enkodierstrategien wie dem Rehearsal liegt darin, dass sich eine klare Trennung zwischen Lern- und Abrufphase kaum vornehmen lässt. Diese Besonderheit lässt sich darauf zurückführen, dass der Nutzen, den man sich von diesen Strategien erhofft, meist erst in der Abrufphase deutlich wird. Um das Bild von den Dynamiken innerhalb der Wiederholstrategien zu vervollständigen, beschäftigt sich eine dritte Untersuchung mit Reproduktionsprozessen im Rahmen der Free Recall Aufgabe und spezifischen Reproduktionskonsequenzen strategischen Verhaltens. Im Mittelpunkt steht dabei die Frage nach der Vergleichbarkeit der Prozesse, die während des Lernens und des Abrufs stattfinden.



---

# 1 Überblick über den Forschungshintergrund der Gedächtnisstrategie Rehearsal

Veränderungen in der Nutzung von Gedächtnisstrategien wie dem Rehearsal und somit Entwicklungen im Strategiegebrauch allgemein wurden bisher hauptsächlich anhand einer Entwicklungssequenz beschrieben. Dieses Verständnis legt nahe, dass Kinder, in einer festgelegten Reihenfolge von weniger guten zu fortgeschrittenen Wiederholstrategien wechseln (bspw. Naus & Ornstein, 1983; Ornstein & Naus, 1985). Die im vorangegangenen Kapitel beschriebene Variabilität bzw. Koexistenz verschiedener Strategien gerade während eines Übergangs zwischen zwei möglichen Stadien verdeutlicht, dass die Annahme einer streng sequenziell verlaufenden Gedächtnisstrategieentwicklung als zu vereinfacht gelten kann. Dies ist jedoch nicht gleichbedeutend damit, dass das Konzept einer Folge von Entwicklungsschritten und Entwicklungsveränderungen bei Rehearsal vollständig verworfen werden muss. Es besteht hingegen die Notwendigkeit diese Entwicklungspfade zu verfeinern und zu präzisieren. Dabei sollten allerdings sowohl qualitative Unterschiede als auch quantitative Veränderungen in der Nutzung der verschiedenen Ansätze berücksichtigt werden.

In den folgenden Kapiteln werden zunächst die Altersunterschiede im Gebrauch der verschiedenen Rehearsalstrategien, wie sie sich in der Forschungsliteratur über Rehearsal aktuell darstellen (Kapitel 1.1), vorgestellt. Besonderes Augenmerk gilt dabei den gefundenen qualitativen Unterschieden der passiven und aktiven Unterformen von Rehearsal (Kapitel 1.1.1 und 1.1.2). Während die meisten Erkenntnisse über den Einsatz von Rehearsal hauptsächlich aus Querschnittstudien gewonnen wurden und damit eher Altersunterschiede nachweisen konnten, widmeten sich nur wenige längsschnittlich angelegte Studien dem Rehearsal. Die Ergebnisse der wenigen längsschnittlichen Studien, die Hinweise auf Altersveränderungen und Variabilität in der Entwicklung verschiedener Kinder geben, werden in Kapitel 1.1.3 den Befunden der querschnittlich angelegten Untersuchungen gegenübergestellt.

Die Untersuchung der Entwicklung von Gedächtnisstrategien ist auch immer eine Untersuchung von Veränderung. Ansätze, die sich mit Veränderung befassen, müssen gleichwohl glaubwürdige Erklärungen für diese Veränderungen beinhalten. Ein wichtiger Aspekt aktueller Gedächtnisstrategieforschung ist deshalb der der Erforschung von Determinanten für Entwicklungsveränderungen. Kapitel 1.2 befasst sich mit den für

Rehearsal wichtigsten Einflussfaktoren, der Erfahrung, dem Metagedächtnis und der Gedächtniskapazität.

Die Methode mikrogenetischer Untersuchungen, d.h. Untersuchungen von Entwicklungsveränderungen in sehr engen Zeitabständen, konnte in den letzten Jahren aufzeigen, dass kindliches Denken und Verhalten sehr stark variiert. Die wohl bekannteste Theorie, die Variabilität strategischen Verhaltens thematisiert hat, ist die *overlapping waves Theorie* von Siegler (1996). Diese Theorie charakterisiert Entwicklung als einen Prozess der gekennzeichnet ist durch Variabilität, Strategiewahl und Veränderung. In Kapitel 1.3 wird diese Theorie beschrieben und ihre möglichen Implikationen für die Rehearsalstrategien beleuchtet.

## **1.1 Rehearsal – Altersveränderungen und qualitative Besonderheiten**

Shrager und Siegler (1998) betonen, dass neue Strategien häufig aus Subroutinen bereits bestehender Ansätze gebildet werden. Betrachtet man die drei Unterformen von Rehearsal, Labeling, Singuläres Rehearsal und Kumulatives Rehearsal, so können auch hier Aspekte der jeweils passiveren Strategie in der aktiveren Strategie wieder gefunden werden.

### **1.1.1 Rehearsal-Verhalten von Vorschulkindern – Labeling**

Lange Zeit nahm man an, dass Kinder unter 7 Jahren kaum Anzeichen jedweder Rehearsal-Aktivität zeigen würden. So konnten Flavell et al. (1966) in einer seriellen Lernaufgabe mit 5-, 7- und 10-jährigen Kindern zeigen, dass die Nutzung der Wiederholstrategie mit dem Alter zunahm und in einem positiven Zusammenhang mit der Reproduktionsleistung stand. Während nur 10% der 5-jährigen Wiederholstrategien in Form von Lippenbewegungen oder lautem Wiederholen aufwies, demonstrierten 60% der untersuchten 7-jährigen und sogar 85% der untersuchten 10-jährigen Kinder Rehearsal-Verhalten. Diese Befunde standen in Übereinstimmung mit der Überzeugung, dass es sich bei Rehearsal um „inneres Sprechen“ handeln würde, und sich die Verinnerlichung von „äußerem Sprechen“ nicht vor dem mittleren Schulalter entwickeln sollte (Gathercole, Adams & Hitch, 1994; Vygotsky, 1962). Neuere Studien legen nahe, dass in den Fällen, in denen junge Kinder Rehearsal zeigen, es sich lediglich um eine rudimentäre Form des Rehearsal handelt und nicht um das von älteren Kindern angewandte Kumulative Rehearsal (Gathercole & Hitch, 1993; Hitch, 1990; Hitch, Halliday, Schaafstal & Heffernan, 1991).

Locke und Fehr (1970) konnten in elektromyographischen Untersuchungen nachweisen, dass 4- und 5-jährige Kinder in der Lage sind, subvokales Labeling bei der Präsentation der Stimuli zu zeigen, dass diese basale Wiederholstrategie jedoch mit Verschwinden des Stimulus ebenfalls aufhört. In einer anderen Studie konnte Garrity (1975) mit der gleichen Methode zeigen, dass bereits 4- und 5-jährige Kinder über spontanes Wiederholen bei Gedächtnisaufgaben verfügen und dass das Ausmaß dieses Verhaltens in engem Zusammenhang mit der Gedächtnisleistung stand. Ob es sich bei diesen rudimentären Formen des Wiederholens allerdings um strategisches Wiederholen handelte wurde von manchen Seiten in Frage gestellt.

Appel et al (1972) wandten ein, dass es sich bei Labeling im Vorschulalter nicht um strategisches Verhalten, sondern möglicherweise lediglich um eine automatische, verbale

Reaktion im Sinne einer Erkennung des Stimulus handelt. Diese Reaktion erfolge ohne jegliche Intention, sich diesen Stimulus auch zu merken. Demgegenüber stehen jedoch Befunde von Baker-Ward, Ornstein und Holden (1984), die belegen, dass Kinder im Alter von 4, 5 und 6 Jahren bei Aufgaben, die die Aufforderung beinhalten, sich Dinge für einen späteren Abruf zu merken, in der Lage sind dieser Aufforderung in einer lernorientierten Art nachzukommen. In der Studie von Baker-Ward et al. (1984) zeigten instruierte Kinder, während sie Gruppen oder Teilgruppen von Spielzeug memorieren sollten, neben visueller Inspektion des Spielzeuges vor allem Verhalten im Sinne von Benennen des zu lernenden Spielzeuges oder auch direktem Labeling. Des Weiteren erinnerten die älteren Kinder mit Lerninstruktion im Anschluss mehr Spielobjekte. Die nicht instruierten Kinder spielten hingegen hauptsächlich nur mit dem Spielzeug.

Es ist also anzunehmen, dass Kinder, sobald sie eine Zielvorstellung einer Aufgabe besitzen, verbunden mit einer konzeptuellen Struktur dessen, welche Ziele eine Strategie verfolgen kann und welche Eigenschaften Strategien im Sinne einer Aufgabenlösung erfüllen müssen, auch in der Lage sind, Rahmenbedingungen für Strategien zu erstellen (Siegler & Crowley, 1994; Siegler & Jenkins, 1989). Diese Rahmenbedingungen führen anschließend dazu, dass sie ein eher zielgerichtetes anstelle eines durch „trial and error“ geprägtes Lernverhalten aufweisen. Das von den 4- bis 6-jährigen Kindern verwendete Labeling entspricht diesen Kriterien, auch wenn es altersabhängig zu unterschiedlichen Ergebnissen führte.

Hagen und Kingsley (1968; Kingsley & Hagen, 1969) untersuchten, ab welchem Alter Labeling in seriellen Kurzzeitgedächtnisaufgaben die Reproduktions- bzw. Wiedererkennungslleistungen steigern würden. In diesen Studien sollten Kinder ihnen der Reihe nach präsentierte Karten benennen, um sich deren Position innerhalb einer Gesamtreihe von Karten zu merken. Dabei profitierten weder 4- und 5-jährige noch 10-jährige Kinder von Labeling. Lediglich bei 6- und 8-jährigen Kindern, also Kindern relativ kurz nach dem Schuleintritt, erwies sich der Einsatz dieser Strategie als gewinnbringend (siehe auch Hagen, Meacham & Mesibov, 1970). Die Ergebnisse wurden dahingehend interpretiert, dass der Einsatz der basalen Labeling-Strategie, die spontane Nutzung fortgeschrittener Rehearsal-Prozesse bei älteren Kindern, wie dem Kumulativen Rehearsal, behindert. Letztere zeigten besonders in der Erinnerung von Items des Listenanfangs altersuntypische schlechtere Leistungen (siehe Kapitel 5.1). Dass es bei den 6- und 8-jährigen Kindern jedoch zu einer Reproduktionssteigerung durch Labeling kam, bzw. dass die bei älteren Kindern berichteten Interferenzen nicht auftraten, wurde als Hinweis dafür

gesehen, dass diese jüngeren Kinder vorrangig Labeling-basiertes Rehearsal zeigten (Ornstein & Naus, 1978). Die Besonderheit konstanten Labelings über eine gesamte Aufgabe hinweg wird bei Schulkindern und Erwachsenen darin gesehen, dass besonders Items vom Ende einer Liste, nicht jedoch von deren Anfang gut erinnert werden (Hagen et al., 1970). Das scheint daran zu liegen, dass bei diesen letzten Positionen kaum Interferenzen wirken und die Items am Listenende somit direkt aus dem Kurzzeitspeicher abgerufen werden können.

Auch wenn nachgewiesen werden konnte, dass Kinder im Alter zwischen 4 und 6 Jahren strategisches Verhalten in Gedächtnisaufgaben zeigen, so lassen sich ihre Rehearsalaktivitäten als sehr rudimentär und in ihrer Ausführung als eher passiv beschreiben (Flavell et al., 1966; Flavell & Wellman, 1977; Keeney, Cannizzo & Flavell, 1967). Dennoch kann man Labeling als erstes Anzeichen für Rehearsal ansehen und in ihm einen Ausgangspunkt für die sich in der Schulzeit entwickelnden Formen des Singulären und Kumulativen Rehearsals erkennen.

### **1.1.2 Rehearsal-Verhalten von Schulkindern – Qualitative Unterschiede und Alterseffekte**

Flavell et al. (1966) hatten beobachtet, dass das Rehearsal-Verhalten mit zunehmendem Alter anstieg und sich damit auch die Erinnerungsleistung verbesserte. Sie nahmen an, dass es die Häufigkeit der Wiederholungen sei (erfasst durch die Lippenbewegungen), die den Ausschlag für die bessere Performanz gegeben hätte. Die Häufigkeit der Lippenbewegungen lässt jedoch keine Rückschlüsse darüber zu, welche Art des Rehearsals die Kinder der verschiedenen Altersstufen gezeigt hatten und ob sich die Wiederholungen bezüglich ihrer Inhalte unterschieden hatten. Die Lösung dieses Problems legten Studien von Rundus (1971; Atkinson & Rundus, 1970) nahe. Rundus (1971) verwendete in seinen Untersuchungen die Technik des so genannten *overt-rehearsal*. Bei dieser Art der Untersuchung werden die Versuchspersonen bei der Präsentation des zu memorierenden Materials (bspw. einer Liste von Wörtern) aufgefordert, die Items laut sprechend in der von ihnen gewünschten Art und Weise zu lernen. Das Denken und Memorieren kann somit direkt beobachtet werden. Die durch diese Methode entstandenen Lern- bzw. Rehearsal-Protokolle können differenziert ausgewertet und qualitative Unterschiede im Wiederholverhalten sichtbar gemacht werden. Zusätzlich können die Lernprotokolle dahingehend untersucht werden, in welchem Zusammenhang die zu lernenden Wörter memoriert worden sind. Während Rundus (1971; Rundus & Atkinson, 1970) diese Methode bei Erwachsenen anwendete, machte sich die Arbeitsgruppe um

---

Ornstein die overt-rehearsal-Technik zunutze, um qualitative Unterschiede im Rehearsalverhalten bei Kindern zu analysieren.

Die Arbeitsgruppe um Ornstein konnte in der Folge nachweisen, dass es nicht die quantitativen Aspekte des Rehearsals (also die Anzahl der Wiederholungen) waren, die Altersunterschiede in der Nutzung von Rehearsal ausmachten, sondern primär qualitative Aspekte (Cuvo, 1975; Naus, Ornstein & Aivano, 1977; Ornstein & Naus, 1985; Ornstein, Naus & Liberty, 1975; Ornstein, Naus & Stone, 1977b). Um aktive Rehearsal-Prozesse zu erheben wird traditionell eine Free Recall Aufgabe verwendet. Free Recall Aufgaben zeichnen sich dadurch aus, dass den VersuchsteilnehmerInnen sequenziell eine Liste von (meist) semantisch unverbundenen Wörtern zum Lernen dargeboten wird. Im Anschluss an die Präsentation dieser Wortliste werden die TeilnehmerInnen aufgefordert so viele Wörter wie möglich ohne Rücksicht auf die Reihenfolge zu reproduzieren. In der Studie von Ornstein et al. (1975) wurden Kindern aus den Klassenstufen 3, 6 und 8 Wortlisten bestehend aus 18 semantisch nicht verbundenen Wörtern mit der Aufforderung präsentiert, diese Wortlisten laut zu lernen. Ornstein et al. (1975) stellten fest, dass sich die Altersklassen hinsichtlich der Rate der Wiederholungen nicht unterschieden. Dagegen konnten sie Besonderheiten in der Art des Wiederholungsverhaltens bei den verschiedenen Altersgruppen feststellen. Obwohl alle Kinder die Items vom Anfang der Liste häufiger wiederholten als die später präsentierten Items, war dieses Verhalten bei den DrittklässlerInnen am schwächsten ausgeprägt und schlug sich bei ihnen auch in schlechterer Reproduktion dieser Items nieder. Im Vergleich zu den älteren Kindern fiel bei ihnen die Reproduktion der Items aus der Listenmitte und vom Listenende ebenfalls schlechter aus, und das, obwohl sie diese Items häufiger wiederholt hatten. Daraufhin inspizierten Ornstein et al. (1975) die so genannten Rehearsal-Sets, um Aufschluss darüber zu erhalten, wieso sich das Lernverhalten der jüngeren und älteren Kinder in deutlich unterschiedlichen Erinnerungsleistungen äußerte. Ein Rehearsal-Set setzt sich aus den (unterschiedlichen) Wörtern zusammen, die zwischen den aufeinander folgenden Präsentationen zweier Wörter memoriert werden (Ornstein et al., 1975; Cuvo, 1975). Dabei stellte sich heraus, dass die DrittklässlerInnen die präsentierten Wörter entweder alleine oder in minimaler Verbindung mit anderen Items wiederholten und durchschnittliche Rehearsal-Set-Größen (Anzahl unterschiedlicher Wörter in einem Rehearsal-Set) von ca. 2,5 Wörtern aufwiesen. Demgegenüber bildeten die älteren Kinder variable Rehearsal-Sets von durchschnittlich 4 Wörtern (6. Klasse) bzw. 4,5 Wörtern (8. Klasse). Die Rehearsal-Sets der älteren Kinder setzten sich somit aus mehreren

---

verschiedenen Wörtern zusammen, so dass mehrere Wörter gemeinsam gelernt wurden. Dieses Lernverhalten kann daher als aktiver charakterisiert werden. Hinsichtlich der Reproduktionswahrscheinlichkeiten der verschiedenen Listenpositionen stellte sich heraus, dass aktives Rehearsal zu guten Reproduktionen der Items vom Listenanfang und Listeneende führte, ein Phänomen, auf das in Kapitel 5.1 noch ausführlicher eingegangen wird.

Ein vergleichbares Ergebnis hinsichtlich Rehearsal und Reproduktion fand sich auch in einer Trainingsstudie von Naus et al. (1977), in der DrittklässlerInnen und SechstklässlerInnen eine Form des aktiven Rehearsals beigebracht wurde. Das instruierte Rehearsal-Verhalten bestand darin, das aktuell präsentierte Item und zwei zuvor präsentierte Items gemeinsam zu lernen. Obwohl die jüngeren Kinder in der Lage waren, das trainierte aktive 3-Item-Rehearsal anzuwenden, unterschied sich ihr Lernverhalten von dem der älteren Kinder. Während die SechstklässlerInnen verschiedene Items in die Rehearsal-Sets mit den aktuellen Items einbanden, waren es bei den jüngeren Kindern zumeist die ersten beiden Listenitems, die immer wieder Eingang in die Rehearsal-Sets fanden. Dieses aktive Rehearsal eines festen Wortpärchens plus wechselndem Zusatzwort verhalf ihnen zwar im Vergleich zu untrainierten gleichaltrigen Kindern zu höheren Reproduktionsleistungen, im Vergleich zu den älteren Kindern schnitten sie jedoch erneut schlechter ab. In einer ähnlichen Trainingsstudie wiesen Ornstein et al. (1977b) nach, dass ZweitklässlerInnen in der Lage sind, aktives Rehearsal anzuwenden, bei dem die Rehearsal-Sets sogar aus mehr als drei Items bestanden. Ein Aspekt dieser Untersuchung, wenn auch kaum von den Autoren diskutiert, sticht besonders hervor: Die untersuchten Kinder, und hier vor allem die ZweitklässlerInnen, behielten in einer Transferaufgabe (einer Listenlernaufgabe ohne Instruktion) entweder ihr aktives Wiederholverhalten bei oder wechselten selbständig von einem zuvor uninstruierten passiveren bzw. instruierten 1-Wort-Verhalten in eine aktivere Variante des Rehearsal.

Ein noch differenzierteres Bild der qualitativen Unterschiede beim Einsatz von Rehearsal entwarf Cuvo (1975). Er untersuchte das overte Lernverhalten von FünfklässlerInnen, AchtklässlerInnen und Studierenden anhand vier verschiedener Auswertungsrichtungen: (a) Gesamtanzahl der Wiederholungen pro Item, (b) Rehearsal-Set-Größe, (c) Anzahl der Rehearsal-Sets, in denen ein Item vorkam und (d) Anzahl der Wiederholungen eines Items im unmittelbar folgenden Rehearsal-Set. Im Gegensatz zu den Fünft- und AchtklässlerInnen tendierten die Studierenden dazu, Wörter erneut in Rehearsal-Sets einzubinden und größere Rehearsal-Sets zu bilden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Rehearsal mit dem Eintritt der Kinder in die Grundschule starke Veränderungen erfährt, auch wenn die Übergänge für diese Veränderungen nicht klar sind. Nach einer Phase des Labeling während der Vorschulzeit, scheint es eine Phase zwischen ca. der 1. und 5. Klasse zu geben, in der das spontane Verhalten durch relativ rigide Wiederholungen des gerade präsentierten Items gekennzeichnet ist. Rehearsal von Kindern zwischen der 5. Klasse und dem Erwachsenenalter ist hingegen aktiver. Hier werden verschiedene Items gemeinsam wiederholt und dafür gesorgt, dass es zu möglichst vielen Durchmischungen der Lernsets kommt. Jedoch fällt es schwer eine Altersgrenze zwischen aktivem und passivem Rehearsal zu ziehen. Dies wird auch durch den Befund deutlich, dass Grundschul Kinder, nach einem Training in aktivem Rehearsal, eine einfache Form dieser aktiven Gedächtnisstrategie anwenden konnten. Dieser Strategiefortschritt ließ sich beobachten, wenn die Kinder nicht mehr instruiert wurden aber in einzelnen Fällen sogar, wenn sie zuvor kein Training erhalten hatten (siehe Transferaufgabe bei Ornstein et al., 1977b). Kindern kann sich somit ein zusätzlicher Lösungspfad im Laufe der Strategieentwicklung eröffnen (Shrager & Siegler, 1998). Neben der spontanen passiven Wiederholung erfahren oder entdecken sie in der gemeinsamen Wiederholung mehrerer Items eine zweite strategische Herangehensweise, die ebenfalls dem Konzept des zielgerichteten Memorierens entspricht. Die Untersuchung von Ornstein et al. (1977) und die Studie von Cuvo (1975) legen infolgedessen nahe, dass noch genauere Untersuchungen zwischen verschiedenen Lerndurchgängen oder während eines Lerndurchganges notwendig sind, um ein differenziertes, sich veränderndes Rehearsal-Verhalten aufzudecken. Besonderes Interesse gilt dabei sowohl den quantitativen als auch den qualitativen Unterschieden und Veränderungen von Rehearsal, sowohl zu verschiedenen Altersstufen als auch innerhalb einer Altersstufe. Dabei stellt sich die Frage: „If children of a given age have for several years had a particular understanding, why would they suddenly form a different understanding, and why would they regularly form it at a particular age?“ (Siegler, 1994, S. 1).

### **1.1.3 Längsschnittliche Untersuchung**

Will man der Fährte erster Unternehmungen in der Anwendung von Gedächtnisstrategien und deren Veränderungen bis hin zu einer reifen Strategieanwendung nachgehen, so ist es notwendig, dass man die Entwicklung dieser Verhaltensweisen und Prozesse längsschnittlich verfolgt. Wenn man beispielsweise die Kinder betrachtet, die in der Studie von Baker-Ward et al. (1984) bereits im Vorschulalter das Spielzeug benannten,



um es in einer Abrufphase besser zu erinnern, so interessiert es, ob es dieselben Kinder sind, die auch in der ersten Klasse - früher als ihre AlterskameradInnen - Singuläres Rehearsal und anschließend Kumulatives Rehearsal anwenden. Des Weiteren wird die Frage aufgeworfen, ob sich Unterschiede zwischen diesen Kindern bei der Entdeckung fortgeschrittener Strategien und deren Einsatz feststellen lassen, und wenn ja, wie diese Unterschiede aussehen. So kann es sein, dass manche dieser Kinder früher eine komplexere Strategie verwenden als andere oder wieder andere Kinder länger brauchen, um beispielsweise Kumulatives Rehearsal im Sinne von stark durchmischten Rehearsal-Sets zu implementieren. Längsschnittliche Untersuchungen sind in der Lage qualitative Veränderungen, wie Strategiewechsel (bspw. von Singulärem zu Kumulativem Rehearsal) aber auch qualitative Veränderungen (wie steigende Rehearsal-Set-Größen) nachzuweisen. Außerdem können Längsschnittuntersuchungen die Geschwindigkeit verfolgen, mit der sich Entwicklungsveränderungen vollziehen. Neben der Analyse von Veränderungen des direkten Strategiegebrauchs bieten längsschnittliche Untersuchungen auch die Möglichkeit, Veränderungen von zugrunde liegenden Mechanismen (wie der Gedächtniskapazität und dem Metagedächtnis) und deren Einfluss auf das strategische Verhalten aufzuspüren. Und schließlich können Längsschnittstudien (in Kombination mit querschnittlichen Untersuchungen) der Frage nachgehen, wie sich Erfahrung in bestimmten Aufgaben auf zukünftiges Verhalten auswirkt. Es sei nur an die Kinder erinnert, die in der Studie von Ornstein et al. (1977b) nach uninstruiertem Lernen von sechs Listen in einer Transferaufgabe aktiveres Rehearsal-Verhalten zeigten. Auch wenn es sich nur um ein Viertel innerhalb dieser Gruppe handelte, werden interindividuelle Unterschiede in Entwicklungsverläufen dennoch deutlich.

Im Kontext der Untersuchung der Gedächtnisstrategie Rehearsal gibt es zwei Studien, die eingeschränkt als Längsschnittstudien bezeichnet werden können - eingeschränkt aus dem Grund, da es sich bei beiden lediglich um einfache Erhebungen mit einer Messwiederholung im Abstand von einem bzw. zwei Jahren handelt.

Kunzinger (1985) untersuchte die individuellen Stabilitäten des Memorierverhaltens und der Lernleistung von siebenjährigen Kindern bei einer Free Recall-Aufgabe. Stabilitäten betrachten, ob Kinder, die zum ersten Messzeitpunkt beispielsweise eine gute Erinnerungsleistung aufweisen, dies auch zum zweiten Messzeitpunkt tun, und wie sich ihre relative Position innerhalb der untersuchten Gruppe zu den beiden Messzeitpunkten gestaltet. Im Vergleich zum ersten Messzeitpunkt, als die Kinder sieben Jahre alt waren, wiesen sie zwei Jahre später eine höhere Rehearsal-Set-Größe auf. Während sich die

Erinnerungsleistung der Items vom Listenanfang beim ersten Messzeitpunkt noch unabhängig von der Rehearsal-Set-Größe erwiesen hatte, korrelierten diese Maße beim zweiten Messzeitpunkt bedeutsam miteinander. Zudem konnte Kunzinger (1985) zeigen, dass die Rehearsal-Set-Größe eine hohe Stabilität aufwies und die Rehearsal-Set-Größe im Alter von sieben Jahren die Leistungsunterschiede im Alter von neun Jahren vorhersagen konnte. Zu beiden Messzeitpunkten zeigten sich negative Zusammenhänge zwischen der Rehearsal-Set-Größe und der Erinnerungsleistung von Items vom Listenende, was darauf hindeutet, dass Items vom Listenanfang und aus der Listenmitte auch in spätere Rehearsal-Sets eingebunden wurden und was nach Cuvo (1975) als eines der Qualitätsmerkmale aktiven Rehearsal-Verhaltens angesehen wird.

Guttentag, Ornstein und Siemens (1987, Experimente 2 und 3) beobachteten die Entwicklungsveränderungen von Rehearsal bei ViertklässlerInnen, die bereits ein Jahr zuvor an einer ersten Untersuchung teilgenommen hatten. Besonderes Interesse galt dabei einer Gruppe von Kindern, die in der ersten Untersuchung abhängig von der Präsentationsbedingung der Listenitems unterschiedliches Verhalten gezeigt hatte. Diese Gruppe (sog. transitional) unterschied sich von zwei anderen identifizierten Gruppen dadurch, dass sie unter einer normalen Präsentationsbedingung einer Free Recall Aufgabe, bei der die Wörter nach der Präsentation entfernt wurden, kein Kumulatives Rehearsal gezeigt hatte. In einer zweiten Präsentationsbedingung hingegen, bei der die Wörter nach ihrer Präsentation für die Kinder sichtbar auf dem Tisch liegen geblieben waren, hatten diese Kinder die Strategie des Kumulatives Rehearsals angewendet und mehrere verschiedene Items in ihre Rehearsal-Sets eingebunden. Die beiden anderen Gruppen zeichneten sich dadurch aus, dass sie entweder unter beiden Präsentationsbedingungen passives Rehearsal gezeigt (sog. single-word) oder bei beiden Präsentationsbedingungen aktives Rehearsal verwendet hatten (sog. cumulative). Am auffälligsten war, dass Kinder, die ein Jahr zuvor als transitional kategorisiert worden waren, zum zweiten Messzeitpunkt auch unter der normalen Präsentationsbedingung größere Rehearsal-Sets bildeten als zum ersten Messzeitpunkt, und daher der cumulative-Gruppe zugeordnet werden konnten. Spontanes Strategieverhalten unter unterstützenden Bedingungen war also in der Lage, späteres Strategieverhalten vorherzusagen. Jedoch veranschaulichen die Entwicklungsveränderungen in den anderen Gruppen auch, dass Veränderungen im Strategiegebrauch nicht immer geradlinig verlaufen. Fast die Hälfte der Kinder aus der single-word-Gruppe zum ersten Messzeitpunkt wies zum zweiten Messzeitpunkt aktiveres Rehearsal auf, teilweise sogar unter beiden Bedingungen. In der cumulative-Gruppe

konnten beim zweiten Messzeitpunkt hingegen Kinder identifiziert werden, die passiveres Strategieverhalten als beim ersten Messzeitpunkt zeigten, teilweise das Kumulative Rehearsal ganz aufgaben und nur noch Singuläres Rehearsal verwendeten. Entwicklung bei Rehearsal scheint also nicht linear zu verlaufen sondern eine gewisse Variabilität aufzuweisen. Ähnliche Befunde ließen sich in mikrogenetischen Untersuchungen finden, wobei Kinder bei einem Durchgang einer Aufgabe eine fortgeschrittene Strategie verwendeten, im nächsten Durchgang aber auf eine primitivere Strategie zurückgriffen (Coyle & Bjorklund, 1997; Miller & Aloise-Young, 1995). Diese Rückschritte scheinen aber zeitlich begrenzt zu sein und auf lange Sicht Veränderungen hin zu reifem Strategiegebrauch zu überwiegen.

## **1.2 Determinanten von Entwicklungsveränderungen bei Rehearsal**

Obwohl die Ausführung von Gedächtnisstrategien den potentiell bewussten Einsatz bestimmter Techniken erfordert und darauf abzielt eine Gedächtnisleistung zu erbringen, haben automatische Prozesse bei der Auswahl und Nutzung der Gedächtnisstrategien eine entscheidende Funktion. Als Folge muss die Rolle der Gedächtnisstrategien bei der Gedächtnisentwicklung in einem weiteren Kontext gesehen werden, einem, der Veränderungen in zugrunde liegenden kognitiven Prozessen und Funktionen mit einbezieht. Auch wenn nicht alle zugrunde liegenden Funktionen in Bezug auf verschiedene Strategien das gleiche Gewicht haben, kann Entwicklung von Gedächtnisstrategien, und ihre zunehmende Effektivität, nicht ohne die Entwicklung von Faktoren wie den mentalen Ressourcen/ der Gedächtniskapazität, dem Metagedächtnis, dem Vorwissen/Basiswissen, motivationalen Aspekten und dem Einfluss von Erfahrung verstanden werden. Für Rehearsal scheinen die mentalen Ressourcen, die Erfahrung und das Metagedächtnis den stärksten Einfluss zu haben

### **1.2.1 Mentale Ressourcen/Gedächtniskapazität**

Die Gedächtniskapazität oder auch Gedächtnisspanne bei Kindern ist ein in seinem theoretischen Hintergrund vielschichtiger Themenkomplex (Woody-Dorning & Miller, 2001). Dabei wird unter Gedächtniskapazität allgemein die Menge an Informationen verstanden, die im Gedächtnisspeicher behalten werden kann, oder die Zeitdauer, während der dieses Material in einem Gedächtnisspeicher aufrecht erhalten werden kann (Schneider & Bjorklund, 1998). Diese Menge ist einerseits von der Art des zu behaltenden Materials und der Vertrautheit mit dem Material abhängig, andererseits ist sie nicht strategiefrei. Hinsichtlich der zugrunde liegenden Mechanismen bestehen unterschiedliche

Vorstellungen. So kann es sich, wie bei dem Multispeicher-Modell von Atkinson und Shiffrin (1968) um einen passiven Kurzzeitspeicher handeln. Bei dem Arbeitsgedächtnismodell, wie es bspw. von Baddeley (1990) vertreten wird, handelt es sich hingegen um ein Gedächtnissystem, das mehrere interagierende Subsysteme beinhaltet, die Information verarbeiten, transformieren und aufrecht erhalten. Untersuchungen konnten zeigen, dass die Gedächtnisspanne zwischen dem 4. und 14. Lebensjahr deutlich anwächst (siehe z.B. Brown & Hulme, 1995). Die diskutierten Gründe für diesen Anstieg sind vor allem in einer Verbesserung der Verarbeitungsgeschwindigkeit zu sehen (Case, Kurland & Goldberg, 1982), die u.a. in strukturellen Veränderungen im Sinne neurologischer Entwicklung, einem Anstieg und/ oder einer Reorganisation der Wissensbasis (Bjorklund, 1987), oder in der Nutzung effizienterer Strategien von älteren Kindern begründet sein kann (Guttentag, 1995).

Mit zunehmender Erfahrung und Übung bei der Implementierung von Rehearsal und der Entwicklung der Verarbeitungskapazität können Prozesse, die ursprünglich schwer auszuführen waren (wie aktives Wiederholverhalten) zunehmend leichter angewandt werden, weil sie weniger Ressourcen beanspruchen und immer automatisierter ablaufen (Footo, Guttentag & Ornstein, 1988). Dass zuvor uninstruierte Kinder in der Untersuchung von Ornstein et al. (1977b) in der Transferaufgabe plötzlich aktiveres Rehearsal zeigten, kann möglicherweise durch eine größere Vertrautheit mit der Aufgabe erklärt werden. Größere Vertrautheit mit einer Aufgabe führt dazu, dass weniger Ressourcen aufgewendet werden müssen und die dadurch freigewordenen Kapazitäten für den Strategieeinsatz genutzt werden können.

Die Methode der Wahl, um zu testen, ob der Einsatz von Strategien die verfügbaren Ressourcen übersteigt, ist das *dual-task-Paradigma*. Dabei werden zwei Aufgaben parallel bearbeitet, eine primäre, in der die Gedächtnisaktivität (bspw. strategisches Verhalten) erhoben wird und eine sekundäre, irrelevante (bspw. regelmäßiges Drücken einer Taste), die zur Messung möglicher auftretender Interferenzen dient. Guttentag (1984) verwendete das dual-task-Paradigma, um die Kapazitätsanforderungen des Kumulativen Rehearsal zu untersuchen. Während Dritt-, Viert- und SechstklässlerInnen eine Liste unzusammenhängender Wörter memorierten waren sie parallel dazu aufgefordert eine Taste so schnell wie möglich zu drücken (Tapping). Es zeigte sich, dass zwar alle Altersstufen in der Lage waren, Kumulatives Rehearsal anzuwenden, dass aber mit wachsendem Alter die Interferenz bei der Zweitaufgabe, im Sinne einer verlangsamten

---

Tappingrate, abnahm. Jüngere Kinder mussten infolgedessen, um Kumulatives Rehearsal auszuführen, einen größeren Anteil ihrer Kapazitäten aufwenden als ältere Kinder.

Der entscheidende Faktor bei Rehearsal scheint der des Abrufes zuvor genannter Items zu sein, um diese in neue Rehearsal-Sets einbinden zu können (Ornstein, Baker-Ward & Naus, 1988). Dieser Abruf verlangt insofern viele Ressourcen, als zuvor präsentierte Items im Bewusstsein gehalten werden müssen, um sie für das Kumulative Rehearsal zur Verfügung zu haben. Je mehr Items Kinder auf diese Weise wieder einbinden können, desto höher fallen ihre Rehearsal-Sets aus, und desto eher sind sie in der Lage früher präsentierte Items in folgende Rehearsal-Sets einzubinden (siehe auch Cuvo, 1975). So konnten sowohl Guttentag et al. (1987) als auch Ornstein, Medlin, Stone und Naus (1985) nachweisen, dass jüngere Kinder bei reduzierten Abrufanforderungen fähig waren, Kumulatives Rehearsal in einer effektiven Art und Weise zu nutzen. Guttentag et al. (1987, Experiment 1) ließen Dritt-, Viert- und SechstklässlerInnen eine Free Recall-Aufgabe unter zwei verschiedenen Bedingungen bearbeiten. Zum einen handelte es sich um die herkömmliche Präsentation der Items, bei der jedes Wort, nach seiner Präsentation entfernt wurde. In einer zweiten Bedingung blieben die vorgelegten Items so lange sichtbar, bis das letzte Item dargeboten worden war. Guttentag et al. (1987, Experiment 1) konnten zeigen, dass manche der jüngeren Kinder, die unter der normalen Bedingung passives Wiederholverhalten aufgewiesen hatten, Kumulatives Rehearsal verwendeten, wenn die zu lernenden Items nach der Präsentation für sie sichtbar blieben. Es scheint, dass diese Sichtbarkeit die Ressourcenanforderung, Items für weiteres Rehearsal aktiv zu halten, reduziert. Ein beträchtlicher Anstieg in den Rehearsal-Set-Größen bestätigt diese Vermutung. Auffällig war in dieser Studie, dass sich verschiedene Kinder dahingehend unterschieden, ob sie auch unter normalen Präsentationsbedingungen dieses Verhalten zeigten (sog. cumulative) oder nur in der Bedingung, in der die Items sichtbar waren (sog. transitional) oder sie gar kein aktives Rehearsal zeigten (sog. single-word). Unter der Prämisse, dass die Bedingung, in der die Items während der Lernphase sichtbar waren, dafür sorgt, dass kumulatives Rehearsal weniger ressourcenaufwendig ist, deutet diese Studie auf interindividuelle Unterschiede innerhalb einer Altersstufe hin, die zwei Gründe haben können. Zum einen kann es sein, dass manche Kinder geübter als andere darin sind aktives Rehearsal zu zeigen. Dies würde bedeuten, dass diese strategischen Prozesse automatisierter ablaufen und zusätzliche Ressourcen für die Ausführung von Kumulativem Rehearsal verfügbar sind. Zum anderen kann es sein, dass sich Kinder derselben Altersstufe hinsichtlich ihrer Gedächtniskapazität unterscheiden, was ebenfalls zur

Konsequenz hat, dass je nach Ausprägung mehr oder weniger Ressourcen für das strategische Verhalten zur Verfügung stehen. In beiden Fällen scheint Rehearsal eine Strategie zu sein, die abhängig von den Voraussetzungen der Kinder (oder der Aufgabenbeschaffenheit) früher oder später entdeckt oder verwendet wird. Demnach ist es nahe liegend anzunehmen, dass die hohen Anforderungen Kumulativen Rehearsals einen starken Anteil daran haben, ob diese Strategie von jüngeren Kindern überhaupt gewählt und im Anschluss daran auch ausgeführt wird.

### **1.2.2 Metagedächtnis**

Mit zunehmendem Alter nimmt nicht nur die verfügbare Gedächtniskapazität zu sondern auch das Verständnis über das Funktionieren des Gedächtnisses und über die Anforderungen von Gedächtnisaufgaben (Flavell & Wellman, 1977). Hinsichtlich metakognitiver Mechanismen nimmt man an, dass Kinder Strategien vor dem Hintergrund ihres Wissens über Aufgabenanforderungen, über ihre kognitiven Ressourcen und über ihre Erfahrung mit gleichen oder ähnlichen Problemstellungen entwickeln und anwenden. Obwohl ein gutes Metagedächtnis nicht immer mit der Produktion von Strategien zusammenhängt (z.B. Cavanaugh & Perlmutter, 1982), konnten viele Studien einen bedeutsamen Zusammenhang dieser beiden Prozesse nachweisen (Schneider & Pressley, 1997). Dabei scheint der Einfluss bei älteren Kindern stärker zu sein als bei jüngeren Kindern. So konnten in Aufgaben zur Kategorisierung und Elaboration keine starken Zusammenhänge zwischen der Gedächtnisleistung und dem Metagedächtnis vor dem Schuleintritt beobachtet werden (Lange, Guttentag & Nida, 1990). Vor dem 10. Lebensjahr konnte kein konsistenter Zusammenhang zwischen der Gedächtnisleistung und dem Metagedächtnis verzeichnet werden, demgegenüber konnten bei ViertklässlerInnen bedeutsame Zusammenhänge zwischen deklarativem Metagedächtnis für Organisationsstrategien und dem Gebrauch von Organisationsstrategien gefunden werden (Hasselhorn, 1992; Schneider, 1986).

Die von Hasselhorn (1995) aufgestellte Strategie-Emergenz-Theorie ist in der Lage die Entwicklungsveränderungen von Kindern zwischen 8 und 10 Jahren bei den Organisationsstrategien zu erklären: Obwohl kategoriales Organisieren bereits von Kleinkindern gezeigt wird, geht man davon aus, dass es sich hierbei nicht um strategisches Verhalten handelt, sondern um eine Konsequenz automatischer Aktivationsausbreitung innerhalb des semantischen Netzwerkes (Hasselhorn & Grube, 2006). Erst um das 10. Lebensjahr herum führt eine sich verstärkende Entwicklung des deklarativen

---

Metagedächtnisses über Organisationsstrategien zu qualitativen Veränderungen in den Kontrollprozessen beim Enkodieren und beim Abruf von Informationen. In diesem Alter bewirkt ein gutes aufgabenspezifisches Metagedächtnis eine spezifische Nutzung der kategorialen Organisationsstrategien, wobei sich dieses Strategieverhalten auch in einem Leistungsvorteil niederschlägt (Hasselhorn, 1992). In der Folge zieht die Interaktion zwischen dem Metagedächtnis und der Anwendung von Gedächtnisstrategien eine bidirektional wirksame, sich gegenseitig beeinflussenden Ausdifferenzierung dieser beiden Prozesse nach sich. Je vielschichtiger und elaborierter das deklarative Metagedächtnis in Bezug auf Organisationsstrategien von Kindern ist, desto präziser und differenzierter kann ein Einsatz dieser Strategien erfolgen. Der Einsatz der Organisationsstrategie und die dadurch erhaltene Rückmeldung über ihre Gültigkeit und Anwendbarkeit, führen auf der anderen Seite zu einer Präzisierung des vorhandenen deklarativen Metagedächtnisses (Schneider, 1985). Ein elaboriertes Strategiewissen sollte sich demnach auch auf die Qualität der Informationsverarbeitung und auf die Nutzung effizienter Verarbeitungsmechanismen beim Rehearsal auswirken. Für diese Parallelität sprechen die Befunde der Studie von Guttentag, Ornstein und Siemens (1987), die ebenfalls im Altersbereich von 10 Jahren qualitative Veränderungen im Rehearsal-Verhalten beobachten konnten.

Bei Aufgaben, für deren Bearbeitung verschiedene Strategien zur Verfügung stehen, wird ein weiterer Aspekt metakognitiver Komponenten deutlich. Sobald Kinder ein Repertoire verschiedener Strategien besitzen ist die Auswahl der geeigneten Strategie von besonderer Bedeutung. Im Fokus dieser Strategiewahl steht dabei, wie assoziative Mechanismen, im Sinne impliziter und somit schneller Repräsentationen und Prozesse auf der einen Seite und metakognitive Mechanismen auf der anderen Seite zusammenwirken (Crowley, Shrager & Siegler, 1997). Crowley et al. (1997) gehen davon aus, dass die Erfahrung mit bestimmten Problemen und die dabei aufgebauten assoziativen Mechanismen den Ausschlag über eine Strategiewahl in einer bestimmten Situation geben. Wenn die zu bearbeitende Aufgabe vertraut ist, führen assoziative Mechanismen zu guten Entscheidungen hinsichtlich der Strategiewahl. Diese assoziativen Mechanismen erfolgen schneller, als durch metakognitive Prozesse hervorgerufene Entscheidungen. Bei unbekanntem oder wenig vertrauten Aufgaben und Kontexten hingegen, in denen noch keine assoziativen Prozesse aufgebaut wurden, kommen metakognitive Mechanismen zum Einsatz und entscheiden darüber, welche Form der Handlung/Gedächtnisstrategie angewendet wird. Von besonderer Bedeutung scheinen somit das aufgabenspezifische

---

Metagedächtnis und die gewonnenen Erfahrungen innerhalb eines bestimmten Kontextes zu sein.

### 1.3 Multipler und variabler Strategiegebrauch

Mikrogenetische Untersuchungen konnten in den letzten Jahren veranschaulichen, dass das strategische Verhalten von Kindern sehr variabel ist. Unterschiedliche Kinder verwenden verschiedene Strategien, aber auch einzelne Kinder verwenden verschiedene Strategien. Diese Variabilität bei einzelnen Kindern kann auftreten, wenn sie ähnliche Probleme oder Aufgaben zu verschiedenen Gelegenheiten bearbeiten, unabhängig davon, ob es sich um direkt aufeinander folgende Durchgänge handelt oder mehrere Stunden oder Tage zwischen der Aufgabenbearbeitung liegen (z.B. McGilly & Siegler, 1989; Lemaire & Siegler, 1995). Variabilität im strategischen Verhalten eines Kindes kann aber auch innerhalb eines Durchganges bzw. während der Bearbeitung einer Aufgabe auftreten. Dabei kann es dazu kommen, dass mehrere Strategien als Einheit zusammengefasst werden, wie beispielsweise das gemeinsame Benennen von Kategoriennamen und dem Rehearsal der Kategorienitems. Strategien können aber auch innerhalb eines Durchganges zeitlich und in ihrer Funktion getrennt sein, wie es sich beim Sortieren von Wörtern in Kategorien und anschließendem Wiederholen der Wörter findet (Coyle & Bjorklund, 1997; Hock, Park & Bjorklund, 1998). Kinder können allerdings auch verschiedene Strategien parallel in unterschiedlichen Modalitäten ausführen. So ist es denkbar, dass Kinder beim Memorieren von Items einer Wortliste mit den Fingern die Anzahl der Wörter mitzählen, parallel Kumulatives Rehearsal verwenden und mit dem Kopf den Takt der Wiederholungen mitwippen.

Befunde variablen Strategieverhaltens bei Kindern haben Siegler (1996) dazu veranlasst die so genannte *overlapping waves Theorie* zu entwerfen. Die Grundannahmen dieser Theorie bestehen darin, dass Entwicklung ein Prozess ist, der Variabilität, Strategiewahl und Strategiewechsel beinhaltet. Gemäß dieser Theorie haben Kinder zu jedem Zeitpunkt innerhalb ihrer Entwicklung mehrere Strategien zur Verfügung, um eine Aufgabe zu lösen. Mit zunehmendem Alter und Erfahrung verändert sich die Häufigkeit der Nutzung der verschiedenen Strategien (Siegler & Shrager, 1984). Zusätzlich können neben den quantitativen Veränderungen im Gebrauch der verschiedenen bestehenden Strategien qualitativ neue Strategien entdeckt und in das bestehende Repertoire aufgenommen werden. Es kann allerdings auch mit der Zeit zur Aufgabe von zuvor verwendeten Strategien kommen. Eine weitere Annahme der *overlapping waves Theorie*



ist, dass die Strategiewahl der Kinder adaptiv erfolgt. Das bedeutet, dass Strategien danach ausgewählt werden, ob sie den Aufgabenanforderungen angemessen sind (z.B. Lemaire & Siegler, 1995). Unter der Voraussetzung der verfügbaren Strategien und dem verfügbaren Wissen der Kinder hat die adaptive Strategiewahl das Ziel, eine ausgewogene Kombination von Geschwindigkeit und Genauigkeit bei der Aufgabenlösung zu erzielen. Im Rahmen der overlapping waves Theorie wird eine Verbesserung der Leistung durch ein Zusammenwirken mehrerer Faktoren erklärt. Zum einen werden im Laufe der Entwicklung neue, fortgeschrittene Strategien entdeckt oder entwickelt, zum anderen werden die Kinder vertrauter mit den reiferen Strategien, die zudem auch an Verlässlichkeit zunehmen. Daneben wird die Strategiewahl immer adaptiver und die gewählten Strategien werden immer perfekter ausgeführt (z.B. Adolph, 1997).

Im Rahmen der Wiederholstrategien gibt es zwei Untersuchungen, die für Rehearsal ein ähnliches Bild entwerfen, wie es durch die overlapping waves Theorie beschrieben wird. In der Studie von McGilly und Siegler (1989) sollten Kindergartenkinder, Erst- und ZweitklässlerInnen Listen von Ziffern für einen späteren seriellen Abruf memorieren. Die Mehrheit der 5- bis 8-jährigen Kinder zeigten dabei multiplen Strategiegebrauch, wobei jüngere Kinder eher dazu tendierten die Ziffernliste einmal zu wiederholen während ältere Kinder die Liste mehrmals wiederholten (im Sinne eines Singulären Rehearsals eines Itemclusters). Es stellte sich heraus, dass unterschiedliche Strategien unterschiedliche Leistungen erbrachten. So führte Singuläres Rehearsal der 3- bzw. 5-stelligen Ziffernlisten zu besserer Leistung als eine einmalige Wiederholung, bzw. als keine Wiederholung der Listen. Singuläres Rehearsal wurde dabei häufiger gewählt, wenn die Lernliste kurz war, wenn das Zeitintervall zwischen Präsentation und Abruf länger war und wenn eine vorangegangene Anwendung des Singulären Rehearsal zu einem korrekten Abruf geführt hatte, bzw. die vorangegangene Anwendung der einfachen Wiederholung zu einem falschen Abruf geführt hatte. In einer andern Studie von McGilly und Siegler (1990) wurde untersucht, ob die Vertrautheit mit einer Aufgabe Auswirkungen auf die adaptive Strategiewahl hat. Erneut sollten Ziffernlisten für eine serielle Reproduktion gelernt werden. Die vorgegebenen Listen unterschieden sich dahingehend, dass sie entweder Ziffern in zufälliger Reihenfolge oder aber in auf- bzw. absteigender Reihenfolge beinhalteten. Bereits 5-jährige Kinder nutzten in dieser Studie das mehrfache Wiederholen der Ziffernliste und zeigten adaptiven Strategiegebrauch, da sie das mehrfache Wiederholen tendenziell eher bei zufälligen Ziffernlisten als bei den auf- und absteigenden Ziffernlisten verwendeten (bei denen kein Rehearsal notwendig ist). McGilly und Siegler

(1990) konnten zusätzlich feststellen, dass die adaptive Strategiewahl mit dem Alter zunahm, bei älteren Kindern die beschriebenen Tendenzen also noch ausgeprägter waren. Die AutorInnen führen diese Altersunterschiede auf die zunehmende Fähigkeit der Kinder zurück, die wesentlichen Merkmale einer Aufgabe für eine anschließende Strategiewahl zu enkodieren, was besonders bei unvertrauten Aufgaben von Bedeutung zu sein scheint.

## **2 Eigene Fragestellungen: Zusammenfassung des theoretischen Hintergrundes der Gedächtnisstrategie Rehearsal**

In den vorangegangenen Kapiteln wurde ein Überblick über allgemeine Entwicklungsveränderungen bei den Rehearsal-Strategien gegeben und mögliche Einflussfaktoren in Bezug auf diese Entwicklungsveränderungen genannt. Anhand von indirekten und direkten Beobachtungen während des Lernprozesses konnte in Kapitel 1.1.1 aufgezeigt werden, dass Rehearsal, in seiner rudimentären Form des Labeling, bereits im Vorschulalter als zielgerichtete Memorier-Strategie eingesetzt wird. Nach dem Eintritt in die Grundschule wurden bei der Bearbeitung von Free Recall Aufgaben qualitative Veränderungen bei den Rehearsal-Strategien festgestellt (Kapitel 1.1.2). Während in den ersten Jahren die starrere Form des Singulären Rehearsals zum Einsatz zu kommen scheint, bei dem ausschließlich das aktuell präsentierte Lernmaterial mehrfach wiederholt wird, findet in den Folgejahren ein Wechsel zu aktivem Kumulativen Rehearsal statt. Kumulatives Rehearsal ist dadurch gekennzeichnet, dass mehrere verschiedene Items gemeinsam wiederholt werden. Mit der Anwendung der aktiven Form des Rehearsals geht in der Folge auch eine verbesserte Erinnerungsleistung des Lernmaterials einher. Zwar können auch jüngere Kinder entweder durch Training, Instruktion oder mehrmalige Erfahrung mit einer Lernanforderung dazu gebracht werden, Kumulatives Rehearsal zu zeigen, jedoch weisen bei ihnen die Rehearsal-Sets (als Qualitätsmerkmal Kumulativen Rehearsals) eine rigidere Zusammensetzung und eine geringere Größe auf. In den wenigen durchgeführten längsschnittlichen Untersuchungen (Kapitel 1.1.3) konnte festgestellt werden, dass sowohl die Rehearsal-Set-Größe als auch die Anwendung aktiven Rehearsals unter unterstützenden Lernbedingungen zu einem früheren Messzeitpunkt, Entwicklungsveränderungen zu einem späteren Messzeitpunkt vorhersagen. Bei dem Einsatz von Kumulativem Rehearsal scheint der Gedächtniskapazität als Entwicklungsdeterminante eine besondere Rolle zuzukommen (Kapitel 1.2.1). Sie scheint dafür verantwortlich zu sein, dass zuvor präsentierte Listenitems für eine spätere Einbindung in Rehearsal-Sets aktiv gehalten werden und somit gemeinsam mit in der Folge präsentierten Items wiederholt werden können.

Besonders die Befunde großer Variabilität im Denken und Lernen von Kindern offenbaren eine der Hauptschwächen der dargestellten Untersuchungen zu Rehearsal. Die Studien zu Altersunterschieden bei Rehearsal sind lediglich dazu geeignet, Entwicklungstendenzen in der Ausprägung des interessierenden Verhaltens bzw. der

zugrunde liegenden Prozesse festzustellen. Entwicklungsveränderungen und die Wege dieser Veränderungen bzw. Vielfalt und Variabilität innerhalb der Entwicklung können jedoch nicht nachverfolgt werden. Diese zu beobachten und aufzudecken ist nur anhand längsschnittlicher Analysen möglich. Ihnen obliegt es, Muster zu identifizieren, die nicht die Variabilität außer Acht lassen, aber dennoch in der Lage sind Pfade der Veränderungen, die Geschwindigkeit bei Veränderungen und die Wirkungsbreite von Veränderungen zu beschreiben. Einen besonderen Aspekt stellt der Entwicklungszusammenhang zwischen Veränderungen in strategischem Verhalten und Veränderungen in den Determinanten dieses Verhaltens dar (Siegler, 2006).

Die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Entwicklungsanalysen der Gedächtnisstrategie Rehearsal stammen aus einer längsschnittlich angelegten Studie<sup>1</sup> über den Zeitraum vom Ende der 2. Klasse bis zum Ende der 4. Klasse. In dieser Längsschnittstudie wurden 76 Kinder im Halbjahresabstand fünf Mal untersucht. Zur Erfassung von Rehearsal-Verhalten wurde eine Free Recall Aufgabe mit semantisch unverbundenen Wörtern verwendet. Zusätzlich bearbeiteten die Kinder Aufgaben zur Erfassung der Gedächtniskapazität und des aufgabenspezifischen Metagedächtnisses. Dieser untersuchte Altersabschnitt ist insofern von Bedeutung als er die wichtigste Phase in der Gedächtnisstrategieentwicklung und der Emergenz fortgeschrittener Strategien, wie dem Kumulativen Rehearsal, umfasst (Kunzinger, 1985; Guttentag et al., 1987; Hasselhorn, 1995)

Die erste entwicklungspsychologische Fragestellung hinsichtlich der Gedächtnisstrategie des Rehearsal befasst sich mit qualitativen Entwicklungsveränderungen fortgeschrittenen Rehearsal-Verhaltens. Zum einen werden Altersveränderungen bei dieser Qualität analysiert. Zum anderen werden adaptive Aspekte in Bezug auf die Qualität Kumulativen Lernverhaltens während der Lernphase überprüft. Schließlich widmet sich diese erste Untersuchung dem Einfluss von Entwicklungsdeterminanten wie der Gedächtniskapazität und dem Metagedächtnis.

Die zweite entwicklungspsychologische Fragestellung beleuchtet besonders die Bedeutung variablen Strategiegebrauchs bei der Bearbeitung einer Free Recall Aufgabe. Im Vordergrund stehen dabei quantitative Ausprägungen verschiedener Strategien während der Memorierphase. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei der Variabilität strategischen

---

<sup>1</sup> Die vorgestellten Daten bilden einen Teilabschnitt einer von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Studie (Ha1452/4-1 und 4-3) zu *Bedingungen und intraindividuellen Entwicklungsverläufen strategischer Gedächtnisprozesse zwischen 5 und 12 Jahren* ab.

Verhaltens im Entwicklungsverlauf. Zusätzlich wird der Frage nach variablem Strategiegebrauch zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb der Entwicklung nachgegangen. Es wird dabei untersucht, wie sich die Ausprägung der Gedächtniskapazität auf diese Variabilität bzw. auf die Intensität der Nutzung verschiedener Strategien auswirkt.

## **2.1 Offene Fragen als Grundlage für Untersuchung 1**

Wie sich in den Untersuchungen zu Altersunterschieden bei Rehearsal herausstellte, zeichnet sich der Einsatz Kumulativen Rehearsals bei älteren und jüngeren Kindern durch qualitative Unterschiede in der Umsetzung dieser Strategie aus. So wird eine hohe Qualität von Kumulativem Rehearsal vorrangig dadurch charakterisiert, dass viele verschiedene Items aktiv gemeinsam gelernt werden (z.B. Ornstein et al., 1975). Die in Kapitel 1.1.2 erwähnte Studie von Cuvo (1975) und zwei Studien von Naus und Ornstein (1977, zitiert nach Ornstein & Naus, 1978) bzw. Ornstein, Naus und Miller (1977a) hoben darüber hinaus Aspekte von Rehearsal hervor, die das Lernverhalten über die gesamte Liste betonten. So ist nach Cuvo (1975) neben den alterskorrelierten Unterschieden in der Rehearsal-Set-Größe vor allem die damit verbundene stärkere Vermischung von zuvor präsentierten Items mit dem aktuell präsentierten Item für eine gute Reproduktionsleistung verantwortlich.

Nach Ornstein et al. (1977a) und Naus und Ornstein (1977, zitiert nach Ornstein & Naus, 1978) variiert der Effekt von Rehearsal zusätzlich in Abhängigkeit von der Struktur des zu lernenden Materials. Sobald Wortlisten eine gewisse Gruppierungsstruktur besitzen, scheint der Einfluss von Rehearsal weniger salient zu sein. Auf der anderen Seite steigt die Wichtigkeit von Rehearsal für späteres Erinnern, wenn diese Strukturen fehlen. Ornstein et al. (1975) halten es deshalb für möglich, dass aktives Rehearsal mithin die Funktion innehat, das Lernmaterial zu strukturieren. Jedoch konnte bisher eine derartige Strukturierung im Lernprozess noch nicht nachgewiesen werden.

Für ein differenziertes Verständnis des Lernverhaltens als strukturierendem und adaptivem Lernprozess müssen Veränderungen im Memorierverhalten während der Lernphase in den Fokus rücken. Die Besonderheit der Free Recall Aufgabe besteht ja darin, dass Items seriell präsentiert werden und sich die Lernsituation mit jeder neuen Itempräsentation wandelt. Qualität Kumulativen Rehearsals sollte daher durch eine Beschreibung charakterisiert werden, die den Verlauf des Lernverhaltens berücksichtigt. Untersuchung 1 wurde diesem Aspekt insofern gerecht, als hier ein Maß entwickelt wurde,

---

das Lernen als adaptiven Prozess abbildet und die Qualität Kumulativen Rehearsals über den Listenverlauf erfasst. Damit einhergehend wurden auch subtilere Entwicklungsveränderungen in qualitativen Prozessen von Rehearsal beobachtbar.

Darüber hinaus wurde in Untersuchung 1 der Frage nachgegangen, wie sich der differenzielle Einfluss der Determinanten strategischen Verhaltens auf die Qualität Kumulativen Rehearsals auswirkt. Neben dem Einfluss der Gedächtniskapazität auf die Fähigkeit, zuvor präsentierte Items in aktuelle Lernsets einzubinden (Guttentag et al., 1987), scheint die Bewusstheit strategischen Verhaltens dafür verantwortlich zu sein, dass dieses Verhalten auch implementiert wird (Hasselhorn, 1995). Ein Anliegen von Untersuchung 1 bestand deshalb darin festzustellen, inwieweit diese beiden zugrunde liegenden Prozesse strategischen Verhaltens die Qualität Kumulativen Rehearsals innerhalb eines bestimmten Entwicklungsschrittes beeinflussen und als Bedingungen für mögliche Entwicklungsveränderungen angesehen werden können.

## **2.2 Offene Fragen als Grundlage für Untersuchung 2**

Den Ansatzpunkt der zweiten Veröffentlichung bildet die overlapping waves Theorie von Siegler (1996). Diese Theorie, die die parallele Existenz verschiedener Strategien zu jedem Zeitpunkt innerhalb der Entwicklung hervorhebt, stellt einen stufenförmigen Entwicklungsverlauf der verschiedenen Rehearsal-Strategien in Frage (Ornstein & Naus, 1978). Wie bereits ausgeführt, beschränkten sich bisherige Untersuchungen hauptsächlich auf die qualitativen Unterschiede von Rehearsal und auf die Ermittlung der Altersstufen, in denen fortgeschrittenes Verhalten auftauchen sollte.

Eine alternative Herangehensweise zur Untersuchung von Veränderungen bei Rehearsal bietet die gezielte Analyse variierendes Verhaltens in der Lernphase. Betrachtet man die Anteile bestimmten Verhaltens am Gesamt-Lernverhalten, lässt sich identifizieren, ob Kinder eine ausgewählte Rehearsal-Strategie innerhalb einer bestimmten Altersstufe und eine andere innerhalb einer anderen Altersstufe verwenden. Gerade in der Phase, in der Kinder jedoch eine neue Strategie entdecken und erwerben, ist eine kombinierte Nutzung dieser verschiedenen Ansätze wahrscheinlich, wobei es zunehmend zu einer ausgeprägteren Nutzung der fortgeschrittenen Strategie kommen sollte (Siegler, 1994). In Untersuchung 2 wurde somit der Frage nachgegangen, ob Kinder bei der Bearbeitung einer Free Recall Aufgabe mehr als eine Strategie verwenden, bzw. falls ja, ob sich Veränderung in der Intensität der Nutzung dieser Strategien im Laufe der Entwicklung nachweisen lassen. Im Zusammenhang damit wurde beleuchtet, ob beobachtete Veränderungen mit den

festgestellten Entwicklungspfaden aus den Studien von der Arbeitsgruppe um Ornstein übereinstimmen.

Die overlapping waves Theorie trifft darüber hinaus die Annahme, dass eine Strategiewahl adaptiv erfolgt. Adaptivität bei der Strategiewahl ist durch einen Zusammenhang zwischen der Intensität der Nutzung einer Strategie bei einer Aufgabe und der Lösungsgeschwindigkeit und –genauigkeit bei dieser Aufgabe gekennzeichnet. Die adaptive Strategiewahl ist dabei abhängig von Faktoren wie der Aufgabenschwierigkeit, dem Erfolg bei der Anwendung einer bestimmten Strategie, den Veränderungen in Kompetenzen bei den Kindern und schließlich von den mentalen Anforderungen einer Aufgabe. Der Aspekt der adaptiven Strategiewahl wurde in Untersuchung 2 im Hinblick auf zwei verschiedene Prozesse berücksichtigt. Da es sich bei Kumulativem Rehearsal um eine ressourcenaufwendige Strategie handelt (Ornstein et al., 1985), weil zuvor präsentierte Items immer wieder für die Bildung von Rehearsal-Sets abgerufen werden müssen, wurde angenommen, dass Kinder mit mehr verfügbaren mentalen Ressourcen eher in der Lage sind diese fortgeschrittene Strategie anzuwenden. Außerdem wurde untersucht, ob eine höhere Gedächtniskapazität auch dazu führt, Kumulatives Rehearsal intensiver zu nutzen bzw. ob sich hierbei altersbezogene Charakteristika finden lassen. Schließlich wurde der Frage nachgegangen, ob diese intensivere Anwendung auch zu einer besseren Erinnerungsleistung in einer Free Recall Aufgabe führt.

### 3 Entwicklungsbedingungsanalysen des Kumulativen Rehearsal

#### 3.1 Untersuchung 1: Zur adaptiven Qualität Kumulativen Rehearsals beim freien Reproduzieren im Grundschulalter<sup>2</sup>

Seit Ende der 1960er Jahre gehört die Erforschung so genannter Gedächtnisstrategien zu den zentralen Themen der kognitiven Entwicklungspsychologie. Unter Gedächtnisstrategien versteht man potentiell bewusste, zielgerichtete kognitive Aktivitäten, die helfen sollen die Gedächtnisleistung zu steigern (Naus & Ornstein, 1983; Schneider & Büttner, 2002; Schneider & Pressley, 1997). Die Arbeitsgruppe um Peter Ornstein hat sich besonders mit den qualitativen und quantitativen Entwicklungsveränderungen der Strategie des Wiederholens von Lernmaterial (*Rehearsal*) befasst. Dabei konnten qualitativ unterschiedliche Rehearsalstrategien identifiziert werden. Während zunächst relativ passive Formen vorherrschen, wie einfache Objektbenennungen (*Labeling*) und Ein-Wort-Wiederholungen (*single word rehearsal*), vollzieht sich im späteren Verlauf der Grundschuljahre ein Wechsel zu einem eher aktiven, größere Informationsmengen umfassenden kumulativen Rehearsal (*cumulative rehearsal*). Dieser Wechsel geht mit einer Verbesserung der Behaltensleistung einher (vgl. Ornstein & Naus, 1985). Einfaches Labeling wird schon von Kindergartenkindern konsistent genutzt (vgl. Appel et al., 1972) und zumeist in den ersten Schuljahren von den Ein-Wort-Wiederholungen abgelöst (Henry & Millar, 1993). Kinder des zweiten und dritten Schuljahres nutzen dementsprechend mehrheitlich die Strategie des *singulären Rehearsals* (auch *passives Rehearsal* oder *rote repetition* genannt), die besonders gut bei der seriellen Darbietung von Items beobachtbar ist. Im freien Intervall zwischen zwei dargebotenen Items wird das zuerst genannte mehrfach wiederholt.

Ab dem neunten Lebensjahr wird eine vermehrte Nutzung kumulativen Rehearsals berichtet (z.B. Kunzinger, 1985; Hasselhorn & Lindner-Müller, 1995), bei dem mehrere Items in einer Art funktionaler Wiederholungseinheit (*Rehearsal-Set*) memoriert werden. So gaben Guttentag, Ornstein und Siemens (1987, Exp. 1) Dritt-, Viert- und Sechstklässlern drei Listen mit je 14 nicht kategorisierbaren, einsilbigen Substantiven seriell zum Lernen vor. Die Kinder sollten die Items laut hörbar lernen (*lautes Lernverhalten*). Die Kinder wurden danach klassifiziert, ob sie lediglich einzelne Items

---

<sup>2</sup> Dieses Kapitel ist als Artikel in der Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie erschienen (Lehmann, Lingen & Hasselhorn, 2005)



wiederholt oder kumulatives Rehearsal gezeigt hatten. Lediglich 13% der Drittklässler, aber bereits 71% der Viert- und sogar 92% der Sechstklässler nutzten kumulatives Rehearsal und reproduzierten auch mehr Items als Kinder, die nur einzelne Worte für sich wiederholt hatten. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe um Ornstein liefern auch Belege für einen substantiellen Zusammenhang zwischen der Intensität der kumulativen Rehearsal-Aktivität, operationalisiert durch die Anzahl der unterschiedlichen Items, die zusammen memoriert wurden (Rehearsal-Set-Größe) und der Lernleistung (vgl. zusammenfassend Ornstein, Baker-Ward & Naus, 1988; Ornstein & Naus, 1978).

Eine etwas andere Operationalisierung qualitativer Entwicklungsunterschiede in den Rehearsal-Prozessen beim Lernen seriell dargebotener Itemlisten findet sich in einer Studie von Cuvo (1975). Hier wurde u.a. auch die durchschnittliche Anzahl verschiedener Lern-Sets betrachtet, in die ein Item integriert wurde. Fünftklässler, Achtklässler und Erwachsene erhielten sechs lange Listen seriell dargeboten. Die Hälfte der Probanden sollte die Items während der Darbietung laut hörbar lernen (*overt rehearsal treatment*), bei der anderen Hälfte wurde die Lernaktivität durch die Aufforderung unterdrückt, in Zweierschritten rückwärts zu zählen (*minimal rehearsal treatment*). Im Gegensatz zur Bedingung, in der die Lernaktivität durch Rückwärtszählen unterdrückt wurde, resultierten in der Gruppe, in der laut hörbar gelernt wurde, altersunabhängig höhere Reproduktionswahrscheinlichkeiten für Items vom Anfang (*Primacy-Effekt*) und aus der Mitte der Liste. Auf der anderen Seite fand sich in der *minimal-rehearsal-Gruppe* ein ausgeprägter „*Recency*“-Effekt (erhöhte Reproduktionswahrscheinlichkeit für die Items vom Listenende). Das Lernverhalten der Erwachsenen zeichnete sich im Vergleich zu dem der Zehnjährigen zum einen durch einen Anstieg in der Rehearsal-Set-Größe und zum anderen durch die Tendenz aus, früh präsentierte Items in spätere Rehearsal-Sets einzubeziehen. Diese Art der Strategienutzung führt nach Cuvo (1975) zum einen zu einer längeren Verweildauer eines Items im Kurzzeitspeicher und beinhaltet zum anderen die Möglichkeit von Interitemassoziationen, da ein Wort im Verlauf mehrerer Rehearsal-Durchläufe mit verschiedenen Items in unmittelbare Kontiguität treten kann (siehe auch Ornstein, Naus & Stone, 1977). In der Studie von Cuvo (1975) konnte weiterhin ein Alterseffekt festgestellt werden, wobei insgesamt Erwachsene mit größerer Wahrscheinlichkeit Items vom Anfang und aus der Mitte der Liste reproduzierten; jüngere Kinder zeigten dagegen eher einen „*Recency*“-Effekt. Dieses Befundmuster erklärt Cuvo damit, dass Erwachsene vermehrt frühere Listenitems erneut in Rehearsal-Sets aufnehmen und diese dadurch intensiver und variabler verarbeiten. Schulkinder konzentrieren sich

---

dagegen eher auf das aktuell präsentierte Item. Anders als bei den Maßen für die Rehearsal-Set-Größe und den Wiedereinbezug früherer Listenitems in neue Lernsets stand einer alterskorrelierten Reproduktionssteigerung keine Zunahme der absoluten Anzahl von Itemwiederholungen beim Listenlernen gegenüber.

Sowohl das verbreitete Maß der durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe als auch die von Cuvo berechnete durchschnittliche Anzahl unterschiedlicher Sets in die ein Item integriert wurde, liefern eher Globalmaße für strategisches Memorierverhalten, insofern als sie keinen Aufschluss über mögliche adaptive Prozesse der Informationsverarbeitung während der Bearbeitung einer Liste machen. Ein erstes Anliegen der vorliegenden Studie bestand daher darin, die adaptive Qualität kumulativer Itemwiederholungen beim Listenlernen zu quantifizieren und im Entwicklungsübergang zum kumulativen Rehearsal am Ende der Grundschulzeit zu analysieren.

Neben den unterschiedlichen Operationalisierungen der Qualität kumulativen Rehearsals war aber auch von Interesse, wie dieses Verhalten zustande kommt. Einen Grund dafür, dass jüngere Kinder selten spontan kumulatives Rehearsal als Gedächtnisstrategie anwenden, sieht Guttentag (1984, 1989) darin, dass diese aktivere Form der Wiederholstrategien in stärkerem Ausmaß mentale Ressourcen erfordert, die leicht die funktional verfügbare Arbeitsgedächtniskapazität jüngerer Kinder überschreitet.

Andere Autoren diskutieren das Wissen über das eigene Gedächtnis (Metagedächtnis) als entscheidenden Faktor der mit dem Alter zunehmend elaborierten und effektiven Strategienutzung (z.B. Hasselhorn, 1996). Eine kaum mehr überschaubare Vielzahl von Studien zum Zusammenhang zwischen aufgabenspezifischem Metagedächtnis, dem Erwerb und der Ausführung unterschiedlicher Gedächtnisstrategien und einer möglichen resultierenden Verbesserung der Gedächtnisleistung liegt mittlerweile vor. Sie legen nahe, dass eine Zunahme im Wissen über Strategien einhergeht mit dem Erwerb von neuen Strategien und dass ein Zusammenhang zwischen Metagedächtnis und Gedächtnisleistung besteht (vgl. Hasselhorn & Grube, 2006; Schneider & Pressley, 1997). Erstaunlicherweise ist unter den zahlreichen Belegen bisher keiner, der sich auf die Strategie des kumulativen Rehearsals bezieht.

Ein zweites Anliegen der Studie galt der Exploration des Einflusses von Arbeitsgedächtniskapazität und Angemessenheit des aufgabenspezifischen Metagedächtnisses als potentiell interne Bedingungen der adaptiven Qualität des kumulativen Rehearsals und der Leistungskonsequenzen dieser Rehearsalqualität. Obwohl

Faktoren wie der Arbeitsgedächtniskapazität und dem aufgabenspezifischen Metagedächtnis schon länger ein Einfluss auf das Rehearsalverhalten unterstellt wurde (Ornstein et al., 1988), fehlte es bisher weitgehend an längsschnittlich basierten empirischen Nachweisen dieser Annahme.

Mit der *Strategie-Emergenz-Theorie* (Hasselhorn, 1995, 1996) liegt ein integratives theoretisches Rahmenmodell zu den kognitiven Mechanismen der Entwicklung effektiver Strategienutzung vor. Es berücksichtigt neben den aufgeführten Einflüssen von Arbeitsgedächtnis und Metagedächtnis auch den Aspekt der Wissensbasis sowie Wechselbeziehungen zwischen den drei Determinanten. Die Strategie-Emergenz-Theorie postuliert, dass die qualitativen Veränderungen in den Gedächtnisstrategien, die im Verlauf der Grundschulzeit beobachtet werden, hauptsächlich die Folge der Zunahme an aufgabenspezifischem Metagedächtnis sind. Dies wurde bisher vor allem für die Strategie des kategorialen Organisierens bestätigt (vgl. Hasselhorn, 1996). Bei dieser Strategie werden kategoriale Relationen zwischen den Items einer Lernliste als Ordnungskriterium genutzt. Interessanterweise fällt das erstmalige Auftreten von strategischen Organisationsprozessen zeitlich auffällig eng mit dem Übergang von singulären zu kumulativen Rehearsal-Formen zusammen. Dies wirft die Frage auf, ob den qualitativen Änderungen der beiden Strategien ähnliche Mechanismen zugrunde liegen. Ein drittes Anliegen der vorliegenden Studie bestand daher darin, zu prüfen, ob die Annahmen der Strategie-Emergenz-Theorie auch für den Erwerb der kumulativen Rehearsal-Strategie am Ende der Grundschulzeit Gültigkeit haben.

#### Methode

*Versuchspersonen.* 76 Kinder (48 Mädchen und 28 Jungen) nahmen an einer Längsschnittstudie zu Bedingungen und intraindividuellen Entwicklungsverläufen strategischer Gedächtnisprozesse zwischen 5 und 12 Jahren teil. Der hier berichtete Erhebungszeitraum beginnt mit dem Ende der dritten Klasse, an dem die Kinder ein Durchschnittsalter von 9;1 Jahren ( $SD = 0;5$  Jahre) aufwiesen. Die zweite Messung fand ca. ein halbes Jahr später, also Anfang des vierten Schuljahres, statt und die dritte Erhebung erfolgte erneut ca. ein halbes Jahr später; hier betrug das Durchschnittsalter der Kinder 10;2 Jahre ( $SD = 0;5$  Jahre).

*Lernaufgabe mit serieller Darbietung der Items – Lernmaterialien und Durchführung.* In Anlehnung an Guttentag et al. (1987) wurde eine Lernaufgabe mit

serieller Darbietung der Items zur Erfassung der Rehearsalaktivitäten verwendet, wobei die Reproduktion in beliebiger Reihenfolge erfolgen konnte. Neben einer Übungsliste (6 Items) wurden drei Lernlisten zu je 12 Items verwendet (siehe Tabelle 1). Als Items wurden ausschließlich Substantive herangezogen, die aus unterschiedlichen Kategorien stammten. Die Präsentation der Items in der Übungs- und den Lernlisten erfolgte visuell und akustisch. Für die visuelle Darbietung waren die Stimuluswörter mit den entsprechenden Bildern jeweils auf weißen 5x5 cm großen Kärtchen gedruckt. Lernphase und Abrufphase wurden videographiert. Die Durchführung erfolgte im Einzelversuch.

Anhand der Übungsliste wurde das Kind mit der seriellen Lernanforderung und der Methode des *lauten Lernens* vertraut gemacht. Es wurde instruiert, sich so viele Bilder wie möglich zu merken und daher gleich vom ersten Kärtchen an zu lernen. Darüber hinaus wurde es aufgefordert, nicht leise für sich zu lernen, sondern dabei laut zu sprechen. Es sollte so lernen, wie es das auch sonst tun würde, mit dem Unterschied, dass dies nun laut zu geschehen hätte.

Die Kärtchen mit den Motiven der Items wurden nacheinander vor dem Kind auf den Tisch gelegt, wo jedes Kärtchen jeweils für acht Sekunden sichtbar war. Parallel dazu wurde das Motiv jedes Kärtchens benannt (standardisiert von einer CD). Anschließend wurde die Bildseite des Kärtchens durch das neue Kärtchen verdeckt, indem letzteres auf das zuvor präsentierte gelegt wurde. Nach der Präsentation aller Items des Übungssets stoppte die Versuchsleiterin den CD-Spieler und der Kartenstapel wurde vom Tisch entfernt. Wenn das Kind bereits laut sprechend gelernt hatte, wurde es bestärkt, dies weiter zu tun. Wenn das Kind nicht oder nur selten laut sprechend gelernt hatte, wurde es aufgefordert, im folgenden Durchgang darauf zu achten. Bisweilen musste die Versuchsleiterin noch einmal die Anforderung des lauten Lernens erklären, ohne jedoch Hinweise auf Lernstrategien zu geben. Im Anschluss an die Rückmeldung über das Lernverhalten erfolgte die freie Reproduktion der Listenwörter durch das Kind. Da die Kinder bereits in zwei vorangegangenen Untersuchungen die Aufgabe kennen gelernt hatten, bereitete es ihnen kaum Schwierigkeiten die Anforderung des lauten Lernens zu bewältigen.

Im Anschluss an diese Übungsphase erfolgte die Lernphase mit ihren drei Durchgängen. Die Lerntrials entsprachen vom Ablauf dem Übungstrial mit dem Unterschied, dass die Kinder keine weiteren Aufforderungen mehr hinsichtlich des lauten Lernverhaltens erhielten. Die Reproduktionsphase endete, wenn dem Kind eine Minute lang kein Item mehr einfiel.

*Tabelle 1* Items der Übungsliste und der drei Lernlisten

---

Übungsliste:	Radio, Orgel, Schaukel, Krokus, Blitz, Ahorn
Lernliste1:	Reifen, Buch, Gabel, Maurer, Klavier, Teddy, Pinsel, Hantel, Regen, Birke, Ampel, See
Lernliste2:	Hupe, Sonne, Brief, Teller, Maler, Geige, Puzzle, Tanne, Füller, Angel, Rose, Schild
Lernliste3:	Auspuff, Eiche, Zeitung, Topf, Lehrer, Berg, Flöte, Puppe, Kreide, Barren, Tulpe, Schranke

---

*Arbeitsgedächtnis.* Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses wurde traditionell über die Zahlenspanne rückwärts erfasst. In Anlehnung an den Subtest *Zahlennachsprechen rückwärts* des HAWIK-III (Tewes, Rossmann & Schallenger, 1999) mussten in ihrer Länge ansteigende Ziffernsequenzen in umgekehrter Reihenfolge unmittelbar nach der Präsentation reproduziert werden. Begonnen wurde mit einer Folge von 2 Ziffern. Für jede Sequenzlänge wurden den Kindern zwei unterschiedliche Ziffernfolgen in akustischer Form von CD mit einer Rate von einer Ziffer pro Sekunde dargeboten. Abweichend vom HAWIK-III wurden nur einsilbige Ziffern verwendet und somit die „Sieben“ durch die „Null“ ersetzt. Als Maß für das Arbeitsgedächtnis wurde die maximale Sequenzlänge ermittelt, die das Kind richtig reproduzieren konnte. Gab ein Kind beide Folgen derselben Länge korrekt wieder, so wurden 0.5 Punkte hinzuaddiert.

*Aufgabenspezifisches Metagedächtnis.* Die Erfassung des aufgabenspezifischen Metagedächtnisses erfolgte anhand zweier Aufgaben, bei denen die Nützlichkeit der Gedächtnisstrategien Labeling, singuläres Rehearsal und Assoziation mit der Strategie des kumulativen Rehearsals verglichen werden sollten. Die Aufgaben behandelten Alltagssituationen, in denen Informationen zu lernen waren. Sie beinhalteten jeweils zwei Antwortmöglichkeiten, die von dem Kind mit den Noten 1 bis 5 bewertet werden konnten. Gute Lernvorschläge sollten eine gute Note erhalten, schlechte eine schlechte Note, wobei Noten auch mehrfach vergeben werden konnten. So mussten die Kinder bspw. bei einer Aufgabe bewerten, ob es besser sei, sich eine Reihe von auf Dias gezeigten Sehenswürdigkeiten dadurch zu merken, dass sie diese einzeln einmal, einzeln mehrmals oder aber alle gemeinsam wiederholten. Für die Auswertung wurden die Paarvergleiche herangezogen, bei denen das kumulative Rehearsal mit einer der anderen Möglichkeiten verglichen wurde. Für den untersuchten Zeitraum kann davon ausgegangen werden, dass

das kumulative Rehearsal leistungsdienlicher ist als die anderen zur Auswahl stehenden Strategien. Assoziationen erfolgen in diesem Altersbereich eher in beliebiger Form (z.B. „ein *Buch*, das habe ich zu Hause; eine *Gabel* habe ich auch zu Hause...“) und sind somit weniger zielführend (vgl. Beuhring & Kee, 1987). Wurde in dem Vergleich das kumulative Rehearsal als besser beurteilt, erhielten die Kinder zwei Punkte, wurde es als gleichgut angesehen, wurde ein Punkt vergeben, für eine Bewertung des kumulativen Rehearsals als schlechtere Strategie, wurde kein Punkt vergeben. Die Summe dieser Punkte (Maximalwert: 8) wurde als Indikator für das aufgabenspezifische Metagedächtnis herangezogen. Die interne Konsistenz des Metagedächtnis-Instruments über alle drei Messzeitpunkte erwies sich als befriedigend (*Cronbachs*  $\alpha = .69$ ); die Werte für die einzelnen Messzeitpunkte betragen:  $\alpha_1 = .62$ ;  $\alpha_2 = .50$ ;  $\alpha_3 = .43$ .

*Reihenfolge der Aufgabenbearbeitung.* Die Hälfte der Kinder bearbeitete zunächst die serielle Lernaufgabe und anschließend die Zahlenspannenaufgabe und den Fragebogen zum aufgabenspezifischen Metagedächtnis. Bei der zweiten Hälfte war die Reihenfolge umgekehrt.

## Ergebnisse

Vorgeschaltete Overall-Analysen zeigten keinerlei Effekte des Geschlechts der Kinder oder der Reihenfolge der Aufgabendarbietung auf die Strategienutzung und auf die Behaltensleistungen. Die Faktoren Geschlecht und Reihenfolge der Aufgabenbearbeitung blieben daher bei allen weiteren Analysen unberücksichtigt. Sofern nicht anders vermerkt, erfolgten die inferenzstatistischen Auswertungen über Varianzanalysen mit anschließenden Mittelwertsvergleichen via *t*-Tests. Der Fehler erster Art wurde a priori auf  $\alpha = .05$  festgelegt.

*Reproduktionsleistung, Arbeitsgedächtnis, Metagedächtnis und Rehearsal-Set-Größe.* Die mittleren Behaltensleistungen beim freien Reproduzieren pro Messzeitpunkt sind in Tabelle 2 dokumentiert. Eine Messwiederholungs-Varianzanalyse über diese Daten ergab einen bedeutsamen Haupteffekt für den Faktor Messzeitpunkt ( $F(2,150) = 20.39$ ;  $MS_{Fehler} = 0.87$ ). Anschließende Mittelwertsvergleiche wiesen bedeutsame Unterschiede zwischen allen Messzeitpunkten auf. So war die über die drei Listen gemittelte Reproduktionsleistung der Kinder beim dritten Messzeitpunkt besser als beim zweiten Messzeitpunkt und diese wiederum besser als beim ersten Messzeitpunkt (alle  $ts(75) > 2.77$ ).

*Tabelle 2* Mittelwerte (in Klammern Standardabweichungen) für Reproduktionsleistung, Arbeitsgedächtnis (Zahlenspanne rückwärts), aufgabenspezifisches Metagedächtnis (MG) und die Rehearsal-Set-Größe, getrennt nach Messzeitpunkt ( $t_{1-3}$ ).

	$t_1$	$t_2$	$t_3$
Reproduktionsleistung	5.85 (1.53)	6.28 (1.39)	6.81 (1.43)
Zahlenspanne rückwärts	4.07 (0.80)	4.24 (1.08)	4.43 (0.94)
aufgabenspezifisches MG	4.00 (2.41)	5.17 (2.09)	4.89 (1.98)
Rehearsal-Set-Größe	1.64 (1.18)	1.93 (1.24)	2.03 (1.33)

Die Mittelwerte für die Ziffernspanne rückwärts, als Indikator der Arbeitsgedächtniskapazität, sind ebenfalls in Tabelle 2 aufgeführt. Eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Messzeitpunkt ergab einen bedeutsamen Haupteffekt ( $F(2,150) = 4.70$ ;  $MS_{Fehler} = 0.55$ ). Anschließende Mittelwertvergleiche zeigten, dass die Kinder beim dritten Messzeitpunkt besser abschnitten als beim ersten Messzeitpunkt ( $t(75) = 3.46$ ). Die übrigen Vergleiche erbrachten keine bedeutsamen Unterschiede (alle  $ts(75) < 1.56$ ).

Tabelle 2 enthält auch die Mittelwerte für das aufgabenspezifische Metagedächtnis. Die einfaktorielle Messwiederholungs-Varianzanalyse zum aufgabenspezifischen Metagedächtnis erbrachte ebenfalls einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Messzeitpunkt ( $F(2,150) = 9.01$ ;  $MS_{Fehler} = 3.16$ ). Dabei erwiesen sich die Unterschiede zwischen dem ersten Messzeitpunkt und dem zweiten Messzeitpunkt sowie zwischen dem ersten Messzeitpunkt und dem dritten Messzeitpunkt ( $ts(75) > 3.06$ ) als statistisch bedeutsam. Der dritte Vergleiche erwies sich als nicht bedeutsam ( $t(75) < 1.04$ ).

In Anlehnung an Guttentag et al. (1987) wurde der Strategiegebrauch anhand der Rehearsal-Set-Größen bestimmt, also der Anzahl verschiedener Items, die im Interstimulusintervall zwischen der Präsentation zweier Lernitems gemeinsam wiederholt wurden. Die Auszählung der Rehearsal-Sets erfolgte anhand der videographierten Lernprotokolle. Sie begann im Gegensatz zu früheren Studien (bspw. Ornstein, Naus & Lieberty, 1975) mit der Darbietung des zweiten Listenitems (zweites Interstimulusintervall), da zuvor noch kein Rehearsal-Set mit mehr als einem Item gebildet werden konnte. Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die *mittleren Rehearsal-Set-Größen* der 11 Interstimulusintervalle sind ebenfalls Tabelle 2 zu entnehmen. Die einfaktorielle Messwiederholungs-Varianzanalyse ergab auch hier einen bedeutsamen

Haupteffekt für den Faktor Messzeitpunkt ( $F(2,150) = 7.20$ ;  $MS_{Fehler} = 0.30$ ). Die Rehearsal-Sets zum zweiten und zum dritten Messzeitpunkt erwiesen sich gegenüber denen zum ersten Messzeitpunkt als bedeutsam größer ( $ts > 3.04$ ). Kein Unterschied zeigte sich zwischen dem zweiten und dritten Messzeitpunkt ( $t < 1.0$ ).

*Qualität kumulativen Rehearsals.* In Anlehnung an Cuvo (1975) entwickelten wir ein neues Maß für die Qualität des kumulativen Rehearsals. In dieses geht die Anzahl unterschiedlicher *kumulativer Rehearsal-Sets* (bestehend aus mindestens zwei Items) ein, in die ein Listenitem einbezogen wurde. Zusätzlich wurde berücksichtigt, dass mit ansteigender Listenposition die Anzahl der Interstimulusintervalle sinkt, in die ein neu präsentiertes Item integriert werden kann. So bildeten wir einen Quotienten aus der Anzahl der Interstimulus-Intervalle, in denen das entsprechende Item in ein kumulatives Rehearsal-Set eingebunden wurde, und der Anzahl der potentiell möglichen Rehearsal-Sets, in denen das Item hätte eingebunden sein können. Wie bei der Bestimmung der Rehearsal-Set-Größe begann die Auszählung der Sets erst ab dem zweiten Interstimulusintervall. Beginnend mit dem zweiten Listenitem kann dieses theoretisch in 11 kumulative Rehearsal-Sets eingebunden werden, das dritte Item in 10, das vierte in neun, usw. Die jeweiligen Quotienten für die Items, als Funktion der Listenposition, sind in Abbildung 1 dargestellt.

Es zeigte sich, dass der Verlauf der Kurven zu allen drei Messzeitpunkten sehr ähnlich ausfällt, wobei die späteren Messzeitpunkte ein höheres Niveau der Quotienten aufweisen. Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Messzeitpunkt und Listenposition ergab bedeutsame Haupteffekte für beide Faktoren (Messzeitpunkt:  $F(2,150) = 7.53$ ;  $MS_{Fehler} = 0.12$ ; Listenposition:  $F(10,750) = 11.80$ ;  $MS_{Fehler} = 0.20$ ). Nachgeschaltete Mittelwertvergleiche zeigten, dass sowohl der zweite als auch der dritte Messzeitpunkt statistisch bedeutsam höhere Quotienten aufwiesen, als der erste Messzeitpunkt ( $ts > 2.41$ ). Dagegen ergaben sich keine signifikanten Niveau-Unterschiede zwischen dem zweiten und dritten Messzeitpunkt ( $t < 1.74$ ). Bei einer genaueren Betrachtung der Kurvenverläufe fanden sich neben den klassischen Primacy- und Recency-Effekten weitere Partitionierungen (s. Hervorhebungen in Abb. 1). Die beiden ersten Dreiersequenzen (Listenpositionen 2 – 4 und 5 – 7) wiesen jeweils einen streng monoton fallenden Verlauf auf: Das zweite und fünfte Item waren relativ häufiger in kumulative Rehearsal-Sets eingebettet als die beiden folgenden Items. Ein ähnliches, aber weniger ausgeprägtes Bild zeigte sich bei der dritten Sequenz (Listenposition 8 und 9), die jedoch vermutlich durch den Recency-Effekt teilweise überlagert wurde. Der ausgeprägte Recency-Effekt (grau unterlegt) ist wohl zumindest teilweise die Folge der Art der



gewählten Quotientenbildung, bei der bereits ein einmaliges kumulatives Memorieren der beiden letzten Items verglichen mit ihrer potentiellen Einbindung in ein Rehearsal-Set zu hohen Werten führt.

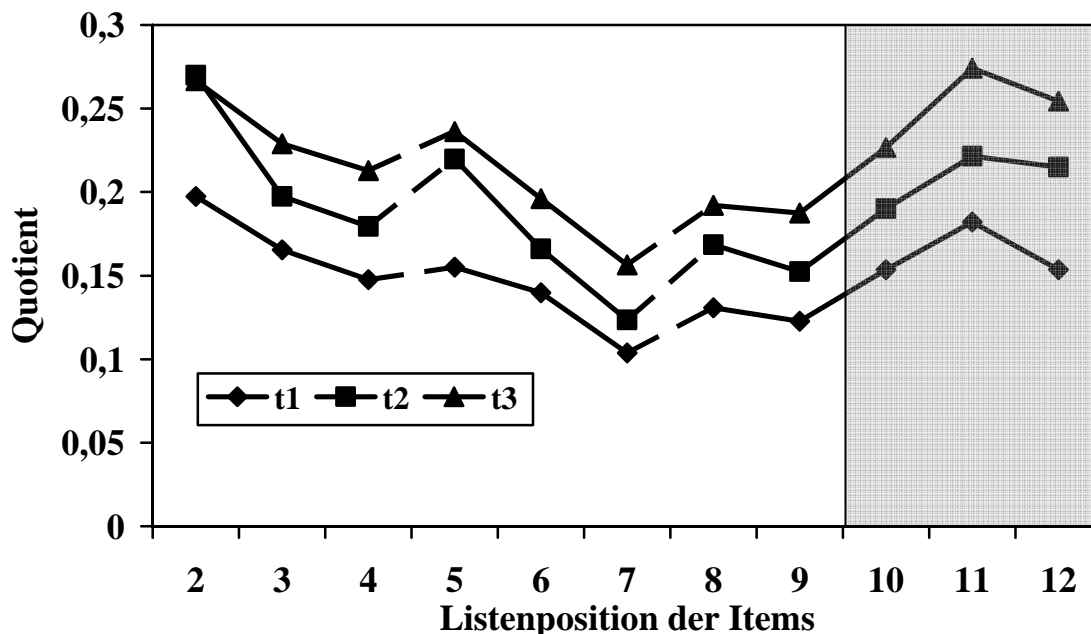


Abbildung 1. Quotient aus der Anzahl der kumulativen Rehearsal-Sets, in die ein Item integriert wurde, und der potentiellen Anzahl der kumulativen Rehearsal-Sets für ein Item, als Funktion der Listenposition, für die drei Messzeitpunkte ( $t_{1-3}$ ).

*Abhängigkeit der Qualität kumulativen Rehearsals von Arbeitsgedächtnis und aufgabenspezifischem Metagedächtnis.* Um zu überprüfen, in wie weit das traditionelle Maß der durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe und das von uns entwickelte Maß für die Qualität des kumulativen Rehearsals von der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses und der Qualität des aufgabenspezifischen Metagedächtnisses abhängig sind, wurden die Versuchspersonen aufgeteilt in solche mit besser vs. schwächer ausgeprägter Arbeitsgedächtniskapazität bzw. solche mit besser vs. schwächer ausgeprägtem aufgabenspezifischen Metagedächtnis. Als Kriterium für die Zuordnung zu der Gruppe mit besserer Arbeitsgedächtniskapazität wurde für alle drei Messzeitpunkte ein Mindestscore beim Ziffernachsprechen rückwärts von 4.5 (Median des dritten Messzeitpunktes) festgelegt. Entsprechend führte ein Punktwert von mindestens 5 beim Metagedächtnistest zur Zuordnung in die Gruppe mit besser ausgeprägten Metagedächtnis, was ebenfalls dem Median des dritten Messzeitpunktes entsprach. Erreichten mehrere Kinder den festgelegten Trennwert, wurden sie alle der positiven Statusgruppe zugewiesen. Dies hat zur Folge, dass bei allen Messzeitpunkten keine exakte Halbierung der Gesamtgruppe vorliegt.

Nach dieser Einteilung wurden 42% der Kinder zum ersten Messzeitpunkt als solche mit besser ausgeprägtem aufgabenspezifischen Metagedächtnis identifiziert, zum zweiten Messzeitpunkt waren dies 61% und zum dritten Messzeitpunkt 51%. Dabei erwies sich der Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Messzeitpunkt als statistisch bedeutsam (kontinuitätskorrigiertes  $McNemar-\chi^2(1) = 5.76$ ), alle anderen Unterschiede erreichten nicht das festgelegte Signifikanzniveau (kontinuitätskorrigierte  $McNemar-\chi^2s(1) < 1.46$ ).

Für das Arbeitsgedächtnis ließen sich beim ersten Messzeitpunkt 30% der Kinder mit besserer Arbeitsgedächtniskapazität ermitteln, beim zweiten Messzeitpunkt 38% und beim dritten Messzeitpunkt 53%. Der für den dritten Messzeitpunkt festgestellte Prozentsatz stellte sich als bedeutsam höher heraus als derjenige zum ersten Messzeitpunkt (kontinuitätskorrigiertes  $McNemar-\chi^2(1) = 8.78$ ) bzw. als derjenige zum zweiten Messzeitpunkt (kontinuitätskorrigiertes  $McNemar-\chi^2(1) = 4.41$ ). Der Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnis und aufgabenspezifischem Metagedächtnis erwies sich jedoch zu keinem der drei Messzeitpunkte als signifikant ( $Phis < .19$ ). Tabelle 3 enthält die Anzahl der Kinder in Abhängigkeit von der Klassifikation nach Arbeitsgedächtnis und aufgabenspezifischem Metagedächtnis, getrennt für alle drei Messzeitpunkte.

Für die abhängige Variable „durchschnittliche Rehearsal-Set-Größe“ ergaben sich zum ersten Messzeitpunkt bei einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (Metagedächtnis x Arbeitsgedächtnis) bedeutsame Haupteffekte für beide Faktoren (Metagedächtnis:  $F(1,72) = 11.08$ ; Arbeitsgedächtnis:  $F(1,72) = 6.71$ ;  $MS_{Fehler} = 1.16$ ). Auch zum zweiten (Metagedächtnis:  $F(1,72) = 3.98$ ; Arbeitsgedächtnis:  $F(1,72) = 4.03$ ;  $MS_{Fehler} = 1.38$ ) und dritten Messzeitpunkt (Metagedächtnis:  $F(1,72) = 4.76$ ; Arbeitsgedächtnis:  $F(1,72) = 5.25$ ;  $MS_{Fehler} = 1.66$ ) resultierten bei der zweifaktoriellen Varianzanalyse bedeutsame Haupteffekte für die zwei Faktoren. Zu keinem der Messzeitpunkte zeigte sich ein bedeutsamer Interaktionseffekt zwischen den beiden Faktoren ( $Fs(1,72) < 1.50$ ). Dabei banden Kinder mit besserem aufgabenspezifischen Metagedächtnis ( $M_1 = 2.10$ ;  $M_2 = 2.18$ ;  $M_3 = 2.40$ ) durchschnittlich mehr Items in die Rehearsal-Sets ein als Kinder mit schlechterem aufgabenspezifischen Metagedächtnis ( $M_1 = 1.31$ ;  $M_2 = 1.55$ ;  $M_3 = 1.64$ ). Ebenso konnten größere Rehearsal-Sets bei Kindern mit gutem Arbeitsgedächtnis ( $M_1 = 2.11$ ;  $M_2 = 2.42$ ;  $M_3 = 2.40$ ) im Vergleich zu Kindern mit schlechtem Arbeitsgedächtnis ( $M_1 = 1.44$ ;  $M_2 = 1.63$ ;  $M_3 = 1.62$ ) festgestellt werden.

*Tabelle 3* Anzahl (in Klammern Prozentsätze) der Kinder nach der Doppelklassifikation im Bereich des Arbeitsgedächtnisses (AG) und Metagedächtnisses (MG) für die drei Messzeitpunkte ( $t_{1-3}$ ).

	$t_1$	$t_2$	$t_3$
AG(+) & MG(+)	10 (13%)	21 (28%)	24 (31%)
AG(+) & MG(-)	13 (17%)	8 (10%)	16 (21%)
AG(-) & MG(+)	22 (29%)	25 (33%)	15 (20%)
AG(-) & MG(-)	31 (41%)	22 (29%)	21 (28%)

*Anmerkung:*

Klassifikation als AG(+) bei einer Punktzahl von mindestens 4.5

Klassifikation als MG(+) bei einer Punktzahl von mindestens 5.0

Der vorgeschlagene Quotient zur Erfassung der Qualität kumulativen Rehearsals als Funktion der Listenposition und getrennt für die vier Gruppen von Kindern, die sich aus den vorgenommenen Einteilungen zum Arbeitsgedächtnis und zum Metagedächtnis ergeben, ist für den ersten Messzeitpunkt in Abbildung 2a dargestellt. Die Kurven der zwei Gruppen mit einer positiven und einer negativen Ausprägung in einem der beiden betrachteten potentiellen Einflussfaktoren ähneln sich und verlaufen beide oberhalb der Kurve der Gruppe mit zweifach negativer Charakteristik. Weit über diesen drei Gruppen liegt jedoch das Niveau der adaptiven Qualität kumulativen Rehearsals der Kinder, die sowohl im Arbeitsgedächtnis als auch im aufgabenspezifischen Metagedächtnis eine bessere Ausprägung aufweisen. Die dreifaktorielle Varianzanalyse mit Arbeitsgedächtnis und Metagedächtnis als Zwischensubjektfaktoren und der Listenposition als Messwiederholungs-Faktor ergab bedeutsame Haupteffekte für alle drei Faktoren (Arbeitsgedächtnis:  $F(1,72) = 6.51$ ;  $MS_{Fehler} = 0.36$ ; Metagedächtnis:  $F(1,72) = 4.72$ ;  $MS_{Fehler} = .36$ ; Listenposition:  $F(10,720) = 6.55$ ;  $MS_{Fehler} = 0.01$ ). Darüber hinaus erwies sich die Interaktion zwischen Metagedächtnis und Listenposition ( $F(10,720) = 6.55$ ;  $MS_{Fehler} = 0.01$ ) als bedeutsam. Dieser Interaktionseffekt resultierte daraus, dass der Vorteil der Gruppe mit positiver Metagedächtnisausprägung gegenüber derjenigen mit negativer Metagedächtnisausprägung im Primacy-Bereich (Items 2-5) bedeutsam höher ausfiel als im Mittel-Bereich (Items 6-9) und im Recency-Bereich (Items 10-12).

Für den zweiten Messzeitpunkt sind die Positionskurven des neuen Quotienten in Abhängigkeit von der Listenposition und der Gruppeneinteilung in Abbildung 2b dargestellt. Vergleichbar mit dem vorangegangenen Messzeitpunkt verlaufen die

Positionskurven der Gruppen mit gemischter Klassifikation auch zu diesem Erhebungszeitpunkt auf weitgehend vergleichbarem Niveau und liegen zwischen den beiden anderen Gruppen, wobei erneut diejenige, mit der zweifach positiven Ausprägung ein höheres Gesamtniveau aufweist. Die dreifaktorielle Varianzanalyse mit Arbeitsgedächtnis und Metagedächtnis als Zwischensubjektfaktoren und der Listenposition als messwiederholtem Faktor erbrachte bedeutsame Haupteffekte für die Faktoren Arbeitsgedächtnis ( $F(1,72) = 4.92$ ;  $MS_{Fehler} = 0.45$ ) und Listenposition ( $F(10,720) = 6.53$ ;  $MS_{Fehler} = 0.01$ ), nicht jedoch für den Faktor Metagedächtnis ( $F(1,72) = 3.93$ ;  $MS_{Fehler} = 0.45$ ;  $p > \alpha$ ). Der zum vorangegangenen Messzeitpunkt beobachtete Interaktionseffekt zwischen Metagedächtnis und Listenposition blieb, wie auch alle übrigen Interaktionen, diesmal insignifikant ( $F_s < 1.13$ ).

Zum dritten Messzeitpunkt unterscheiden sich die Positionskurven der vier Gruppen stärker voneinander (vgl. Abbildung 2c). Oberhalb des Verlaufes für die Gruppe mit geringer ausgeprägtem Metagedächtnis und Arbeitsgedächtnis befinden sich die Kurven der Gruppen mit unterschiedlich ausgeprägtem Status in den beiden Komponenten, wobei diejenige mit besserem Metagedächtnis zur Listenmitte hin abfällt um dann zum Listenende wieder den Wert der Gruppe zu erreichen, die ein positives Arbeitsgedächtnis aufweist. Die dreifaktorielle Varianzanalyse mit Arbeitsgedächtnis und Metagedächtnis als Zwischensubjektfaktoren und der Listenposition als messwiederholtem Faktor erbrachte wiederum bedeutsame Haupteffekte für die Faktoren Arbeitsgedächtnis ( $F(1,72) = 6.95$ ;  $MS_{Fehler} = 0.51$ ) und Listenposition ( $F(10,720) = 5.85$ ;  $MS_{Fehler} = 0.02$ ). Erneut erreichten weder der Haupteffekt für den Faktor Metagedächtnisstatus ( $F(1,72) = 3.64$ ;  $MS_{Fehler} = 0.51$ ;  $p > \alpha$ ) noch einer der Interaktionseffekte ( $F_s < 0.88$ ) das vorab festgelegte Signifikanzniveau.

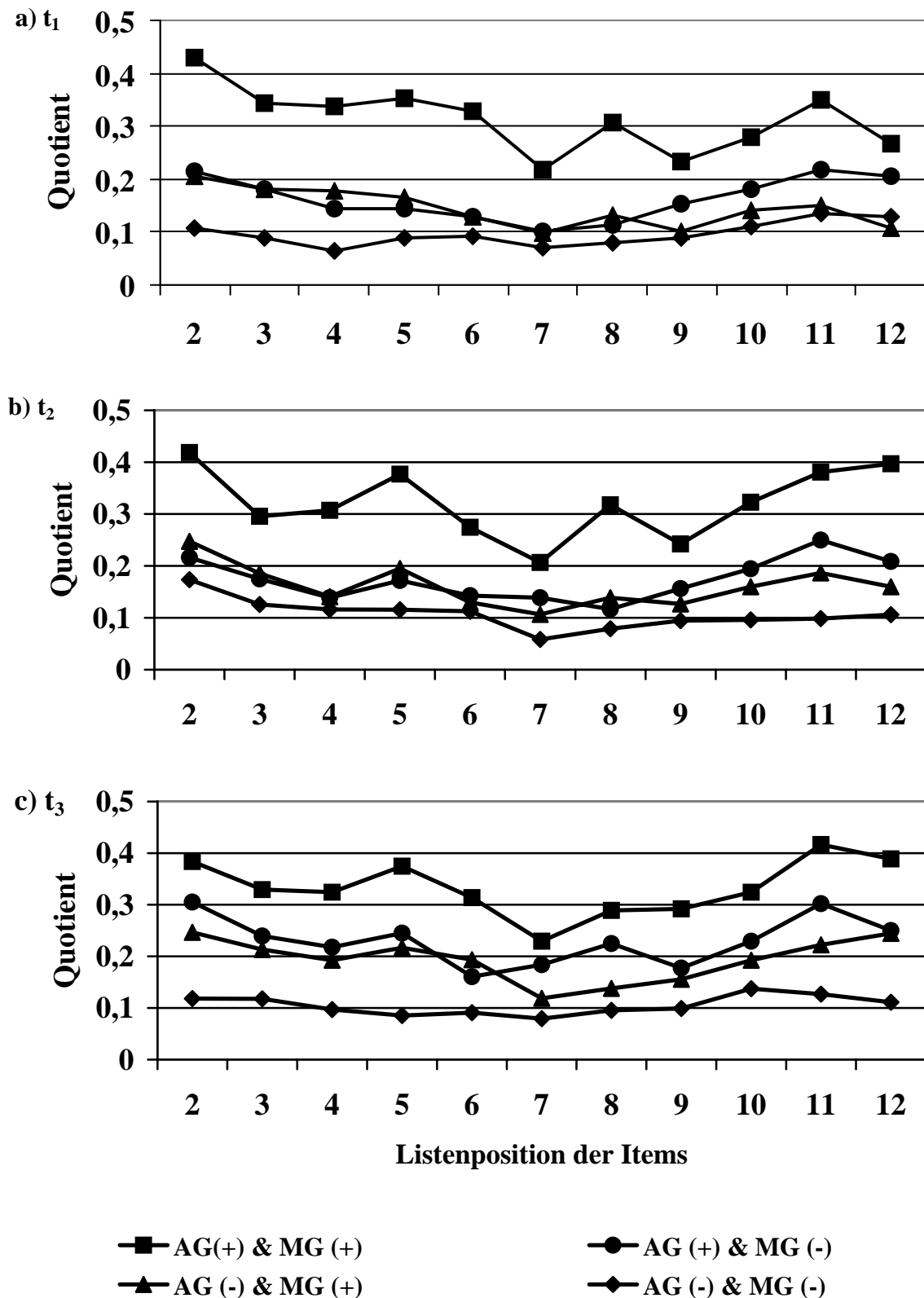


Abbildung 2a-c. Quotient aus der Anzahl kumulativer Rehearsal-Sets, in die ein Item integriert wurde, und der potentiellen Anzahl kumulativer Rehearsal-Sets für ein Item, als Funktion der Listenposition, für die drei Messzeitpunkte ( $t_{1-3}$ ). Zuordnung der Kinder zur jeweiligen Kombination des Status bei Arbeitsgedächtnis (AG + / -) und Metagedächtnis (MG + / -).

*Strategieunabhängiger Einfluss von Arbeitsgedächtnis und aufgabenspezifischem Metagedächtnis auf die Reproduktionsleistung.* In einem weiteren Auswertungsschritt wurde geprüft, inwiefern ein gutes Arbeitsgedächtnis und/oder ein angemessenes aufgabenspezifisches Metagedächtnis unabhängig von der Nutzung kumulativen Rehearsals substantiell zur Erklärung der Reproduktionsleistung der Kinder beiträgt. Die Ergebnisse hierzu fielen für alle drei Messzeitpunkte eindeutig aus. Für die abhängige Variable „Reproduktionsleistung“ zeigten sich zu jedem Messzeitpunkt bei einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (Metagedächtnis x Arbeitsgedächtnis) bedeutsame Haupteffekte für den Faktor Arbeitsgedächtnis (1. Messzeitpunkt:  $F(1,72) = 4.74$ ;  $MS_{Fehler} = 2.27$ ; 2. Messzeitpunkt:  $F(1,72) = 6.79$ ;  $MS_{Fehler} = 1.82$ ; 3. Messzeitpunkt:  $F(1,72) = 4.54$ ;  $MS_{Fehler} = 1.92$ ). Keiner der anderen Effekte erreichte das festgelegte Signifikanzniveau. Bei zusätzlicher kovarianzanalytischer Kontrolle des pro Person über alle Listenpositionen gemittelten Maßes für die Qualität der Nutzung kumulativen Rehearsals ergaben sich zu allen drei Messzeitpunkten keinerlei signifikante Effekte. Dies ist ein Hinweis darauf, dass auch der Arbeitsgedächtniseinfluss auf die Reproduktionsleistung über die Nutzung kumulativen Rehearsals vermittelt wird.

*Zusammenhang zwischen itemspezifischer Rehearsalqualität und Reproduktionswahrscheinlichkeit.* Da eine hohe Qualität strategischen Verhaltens auch bessere Behaltensleistungen nach sich ziehen sollte, galt ein letzter Auswertungsschritt dem Zusammenhang zwischen dem von uns entwickelten Maß der adaptiven Qualität kumulativen Rehearsals bzw. der durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe und der Reproduktionsleistung. Dazu wurden Produkt-Moment-Korrelationen zwischen dem neuen Maß und der Reproduktionswahrscheinlichkeit für die entsprechenden Items zu den drei Messzeitpunkten ermittelt. Für jeden Messzeitpunkt ergaben sich somit für jeweils 11 Items bei drei Listen 33 Wertepaare. Es resultierte zum ersten Messzeitpunkt ( $r(31) = .45$ ), zum zweiten Messzeitpunkt ( $r(31) = .64$ ) und auch zum dritten Messzeitpunkte ( $r(31) = .68$ ) ein statistisch bedeutsamer Zusammenhang zwischen der Qualität kumulativen Rehearsals und der Reproduktionswahrscheinlichkeit der entsprechenden Items. Demgegenüber zeigte sich ein Zusammenhang zwischen dem Maß der durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe und der Reproduktionsleistung lediglich am Anfang der vierten Klasse ( $r(74) = .38$ ), nicht jedoch zu den beiden anderen Messzeitpunkten ( $rs(74) < .19$ ).

## Diskussion

Die mutmaßlich erstmalige Herausbildung der Nutzung kumulativen Rehearsals als Gedächtnisstrategie beim Lernen einer seriell dargebotenen Itemliste in der dritten und vierten Grundschulklasse war Gegenstand der vorliegenden einjährigen Längsschnittstudie. Dabei standen drei Anliegen im Vordergrund unseres Interesses. Zum einen wollten wir die in der Literatur übliche globale Deskription der allgemeinen Zunahme kumulativen Rehearsals ergänzen durch eine Entwicklungsanalyse auf der Basis einer Quantifizierung der adaptiven Qualität kumulativen Rehearsals im Verlauf der Listendarbietung. Zweitens sollte der Einfluss der Arbeitsgedächtniskapazität und der Angemessenheit des aufgabenspezifischen Metagedächtnisses auf die Qualität kumulativen Rehearsals und ihre Adaptation an die Listendarbietung sowie deren Leistungsdienlichkeit exploriert werden. Und drittens wollten wir im Rahmen dieser Analysen prüfen, inwiefern die Annahmen der von Hasselhorn (1995, 1996) vorgelegten Strategie-Emergenz-Theorie auch Gültigkeit für den Erwerb der Strategie des kumulativen Rehearsals am Ende der Grundschulzeit haben.

In der einschlägigen Literatur dominierte bisher die Operationalisierung der Qualität kumulativen Rehearsals über die durchschnittliche Rehearsal-Set-Größe, was lediglich einer globalen Bewertung der kumulativen Verarbeitung der zu lernenden Items entspricht. Die durchschnittliche Rehearsal-Set-Größe spezifiziert aber nicht den Inhalt des Rehearsal-Sets, vernachlässigt also den Aspekt unterschiedlicher Zusammensetzungsmöglichkeiten und erlaubt keine Aussagen über die adaptive Nutzung kumulativen Rehearsals über den Lernverlauf während der seriellen Präsentation einer Lernliste. In der vorliegenden Arbeit haben wir daher ein neues Maß entwickelt, das für jede Listenposition die realisierten im Vergleich zu den potentiellen kumulativen Rehearsal-Sets berücksichtigt, in die ein Item ab dem Zeitpunkt seiner Präsentation eingebunden wird. Der beschriebene Quotient spezifiziert somit die Nutzungsqualität kumulativen Rehearsals für jedes Item der Lernliste. Mit Hilfe des neuen Maßes kann festgestellt werden, welche Listenitems als Orientierungsanker innerhalb der Liste verwendet werden. In der vorliegenden Studie waren dies das Anfangsitem, die 5. Listenposition und die 8. Listenposition innerhalb einer Lernliste von 12 Items.

Dass Kinder bestimmte Listenitems/Listenpositionen innerhalb der Lernphase verstärkt in nachfolgend produzierte kumulative Rehearsal-Sets einbauen, lässt darauf schließen, dass sie sich den Anforderungen des Lernens von langen Listen anpassen. So findet nicht nur eine Nutzung von kumulativem Rehearsal statt durch das Verbinden verschiedener Listenitems mit anderen in Wiederholungseinheiten, sondern im Zuge

dessen kommt es auch zu einer Strukturierung der die Verarbeitungskapazität überschreitenden Informationsmenge. Die identifizierten Orientierungsanker sprechen u.E. für diese Sichtweise. Sie dürften kaum zufällig durch besonders behaltensförderliche Merkmale der entsprechenden Items entstanden sein, da die erhöhte Einbindung in kumulative Rehearsal-Sets der Items an den beschriebenen Listenpositionen zu allen drei Messzeitpunkten über jeweils drei Listen hinweg beobachtet werden konnte.

Etwas schwierig zu interpretieren sind die auf der Basis des neuen Maßes bestimmten Werte für die innerhalb einer Lernliste zuletzt dargebotenen Items. Je mehr ein Item gegen Ende der Liste präsentiert wird, desto weniger Einbindungen in ein kumulatives Rehearsal-Set führen schon dazu, dass ein hoher Wert erreicht wird. Auf eine Interpretation der Ausprägungen des vorgeschlagenen Quotienten für die drei letzten Listenpositionen verzichten wir daher. Unabhängig davon lässt sich von der dritten zur vierten Klassenstufe ein genereller Anstieg der Einbindungen der einzelnen Items in kumulative Rehearsal-Sets beobachten, was sich auch in der Zunahme der durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe niederschlägt.

Neben der durch das neue Maß ermöglichten differenzierteren Entwicklungsanalyse der Qualität des kumulativen Rehearsals interessierte uns die Frage, inwiefern die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses und die Angemessenheit des aufgabenspezifischen Metagedächtnisses zur Nutzung und zur Nutzungseffizienz des kumulativen Rehearsals beitragen. Bei der Betrachtung des traditionellen Maßes, der durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe, konnte zu allen drei Messzeitpunkten gezeigt werden, dass Kinder mit gutem Metagedächtnis im Vergleich zu solchen mit schwachem Metagedächtnis auch größere Rehearsal-Sets aufwiesen. Im Vergleich dazu ließ sich mit dem neuen Maß, wenn auch nur für den Primacy-Bereich, bestimmen, dass sich elaboriertes metakognitives Strategiewissen (Metagedächtnis) am Ende der dritten Klasse auf die Qualität kumulativen Rehearsals auswirkt.

Im Vergleich zum Metagedächtnis erwies sich die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses über den gesamten Erhebungszeitraum als noch bedeutsamere Einflussgröße der durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe und des von uns entworfenen Quotienten. Mit zunehmend verfügbarerer Arbeitsgedächtniskapazität scheint die Tendenz zuzunehmen, zwischen Suchräumen hin- und herzuschalten und Informationen aus der Wissensbasis abzurufen bzw. zu manipulieren, was zur Perfektionierung kumulativen Rehearsals beiträgt. Vermutlich ermöglicht diese Koordinationsleistung, vorhergehende



Listenitems über eine Art „*mini-recall*“ zu aktivieren, in neue Rehearsal-Sets einzubinden und mit verschiedenen Items in Beziehung zu setzen.

Neben der alterskorrelierten Zunahme der Erinnerungsleistung der Listenitems konnte auch ein Anstieg der Güte bei der Verwendung der kumulativen Rehearsal-Strategie beobachtet werden. Zusätzlich konnte festgestellt werden, dass diese beiden Maße bedeutsam zusammenhängen, sich also eine höhere Qualität kumulativen Rehearsals als leistungssteigernd erwies. Dieser Zusammenhang war zum Ende der vierten Klasse tendenziell sogar ausgeprägter als zum Ende der dritten Klasse. Im Unterschied dazu fand sich für das traditionelle Maß der durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe nur zum Anfang der vierten Klasse ein bedeutsamer Zusammenhang zur Reproduktionsleistung. Ein Globalmaß wie die durchschnittliche Rehearsal-Set-Größe vernachlässigt die intraindividuelle Variabilität des Lernverhaltens und führt vermutlich zu einer Unterschätzung der interindividuellen Differenzen in der adaptiven Variabilität der Strategienutzung. Der dadurch entstehende Informationsverlust scheint dazu zu führen, die tatsächliche Leistungsdienlichkeit kumulativen Rehearsals zu verdecken.

Kommen wir zum drittens Anliegen unserer Studie und damit zu der Frage, ob die berichteten Phänomene und Zusammenhänge zum erstmaligen massiven Auftreten der Nutzung kumulativen Rehearsals am Ende der Grundschulzeit vereinbar sind mit den Annahmen der von Hasselhorn (1995, 1996) im Rahmen von Entwicklungsanalysen zum kategorialen Organisieren vorgelegten Strategie-Emergenz-Theorie (SET). Eine zentrale Annahme dieser Theorie besagt, dass ein elaboriertes metakognitives Strategiewissen gegen Ende der Grundschulzeit die effiziente Nutzung entsprechender Strategien zur Folge hat. Dieses bewusste strategische Verhalten wird durch ein zunehmendes Ausmaß verfügbarer Arbeitsgedächtniskapazität unterstützt. Bei der Überprüfung der SET im Rahmen von Sort-Recall-Aufgaben hatte sich das aufgabenspezifische Metagedächtnis über kategoriales Organisieren als bedeutsamste Determinante der leistungsdienlichen Strategienutzung am Ende der Grundschulzeit erwiesen. In den hier vorgelegten Analysen zur Emergenz kumulativen Rehearsals konnte der Einfluss des aufgabenspezifischen Metagedächtnisses auf die Strategienutzung zwar bestätigt werden, als noch bedeutsamere Determinante – insbesondere der Leistungsdienlichkeit der Strategienutzung – erwies sich jedoch bei der hier verwendeten Anforderung der freien Reproduktion nicht-kategorisierbarer Items die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. Dieser Befund ist durchaus mit der SET vereinbar. Er zeigt jedoch auch, dass die Strategienutzung bei Anforderungen, die in besonderer Weise das Arbeitsgedächtnis belasten, von zwei notwendigen

Voraussetzungen abhängig ist: von einem angemessenen aufgabenspezifischen Metagedächtnis und von einer hinreichenden Arbeitsgedächtniskapazität. Hier scheint das Arbeitsgedächtnis zur notwendigen Voraussetzung für die strategische Umsetzung vorhandenen aufgabenspezifischen Metagedächtnisses zu werden.

### **3.2 Untersuchung 2: Variable Memory Strategy Use in Children's Adaptive Intratask Learning Behavior: Developmental Changes and Working Memory Influences in Free Recall<sup>3</sup>**

During the past four decades, developmental changes in children's use of memory strategies have been studied intensively. The emergence of a child's competence to generate efficient strategies has been demonstrated over and over again at the elementary school level. One of the most striking findings, however, in current research regarding strategies is children's variability in the implementation of different strategies. One theory that emphasizes this variability in children's learning behavior is the *overlapping waves* theory provided by Siegler (1996; 2000). According to this theory, at any given age children have a repertoire of diverse strategies and make use of it when faced with learning demands. Variability in strategy use, consequently, occurs either when a child solves the same task on two separate occasions by switching from one strategy to another (McGilly & Siegler, 1989; Siegler & Shrager, 1984), or when children combine different strategies in the course of a single trial of a task (Coyle & Bjorklund, 1997).

The overlapping waves theory, however, not only provides predictions on the variability of children's ways of thinking and learning, it also offers a description of how developmental changes in learning can occur (Siegler, 2000). Accordingly, as a first step in development, children discover and implement new and more advanced strategies; furthermore, they increasingly rely on these more advanced strategies. They become more and more skillful in executing these strategies and therefore enhance their effectiveness when executing them. Finally, children become increasingly sensitive as when to use a certain strategy, so that more adaptive strategy choices can be observed.

Lemaire and Siegler (1995) showed that children's development in learning occurs in a variable, gradual, and also adaptive way. In their longitudinal study, they analyzed second graders' acquisition of single digit multiplication skills. At three separate times over the course of one year, they assessed the speed, the accuracy, and the relative frequency of choice of several strategies in a single-digit multiplication task. Strategic behavior was examined trial by trial, and the main strategies that children employed were retrieval and repeated addition. At each measurement point, children used the same set of strategies but showed an enormous increase in the use of the more advanced strategies, namely retrieval, and a decrease in the use of the less advanced strategies. With increasing

---

<sup>3</sup> Dieses Kapitel ist als Artikel in der Zeitschrift *Child Development* erschienen (Lehmann & Hasselhorn, 2007)

---

skill, the speed and accuracy of the execution of the strategies also improved. More interestingly, with increasing familiarity and experience, not only did the children's reliance on more sophisticated strategies increase, but the adaptiveness of their strategy use also progressed. From measurement point to measurement point, children increasingly preferred the most advanced strategy, retrieval, when confronted with easier problems for which they could efficiently retrieve the correct answer and used the less advanced strategy, repeated addition, when they were not able to easily retrieve the correct answer. All in all, this resulted in more accurate solutions.

McGilly and Siegler (1990) highlighted the influence of encoding of the relevant features on strategy choice. They based their analyses on a serial recall task, where lists of numbers were presented. The lists differed in terms of contiguity, in that some lists consisted of numbers in contiguous order, whereas others showed a random order. Children were reported to show variable strategy use and to adapt their strategies to the given problems increasingly with age; more concretely, children used repeated rehearsal on random trials and didn't rehearse on contiguous trials. Clearly, children are dependent on their ability to encode the relevant task features in order to properly adapt their strategy choice.

To summarize, there is evidence of children's variability in strategy use in different domains. However, existing studies are limited in at least two important ways. First, variable strategy use has usually been demonstrated for one specific strategy type per problem, but not for different strategy types. Second, specific individual capabilities beyond experience or general knowledge which may be responsible for variable and adaptive strategy use, have generally been neglected.

Concerning the first objection, identifying variability in learning through the analysis of one specific strategic behavior on separate occasions, should be the best method as long as the strategies in question are clearly linked to a specific outcome and as long as the intratask requirements are homogenous. In other words, this way of analysis can principally be applied to algorithmic tasks or to non-algorithmic tasks with a rather low level of difficulty. So far, tasks of this kind constituted the main focus of research within the overlapping waves framework. Only a few studies have been conducted with non-algorithmic tasks, such as studies involving sort recall and spelling (e.g., Rittle-Johnson & Siegler, 1999). Whereas a correctly executed algorithmic strategy yields the correct answer in the algorithmic area, things are more complicated in most non-algorithmic tasks. First of

---

all, making use of an appropriate strategy in a non-algorithmic task often does not guarantee perfect success, but rather enhances the probability of a correct solution. Second, most non-algorithmic tasks are not restricted to a single straightforward solution of the problem, but rather can be solved through the use of different strategies and may sometimes even require a combination of different kinds of processing. Third, task requirements in the non-algorithmic area often change during task processing as a result of the solver's strategic behavior. For example, in a memory task like free recall children are faced with an increasing number of items making it more and more difficult to bear them in mind. Thus, they are increasingly forced to engage in activities that might help them to solve the task. As a consequence, variability and adaptiveness in strategy use may become observable within a single task.

One of the few studies that focused on the development of variable strategy use within a single task was conducted by Coyle and Bjorklund (1997). In a multitrial sort-recall task they found that both within and across different trials, variability was the rule rather than the exception. In addition, at different ages, children were using different numbers of strategies. A reanalysis of a subset of the data of the Coyle and Bjorklund study (1997) revealed information about the temporal organization within children's studying behavior (Hock, Park, & Bjorklund, 1998). While processing the sort-recall task, children temporally separated category-sorting of the items from rehearsal-behavior. Sorting basically occurred in the initial phase of each trial whereas rehearsal was principally observed during the latter phase. In the sort-recall paradigm, however, it is presumably the task itself that virtually always favors the coordinated combination of different strategies (Hasselhorn, 1992).

The factors responsible for variable strategy use seem to depend on specific task characteristics. As was shown by McGilly and Siegler (1990) as well as Lemaire and Siegler (1995), specificity in encoding the relevant task features changes with age and with task familiarity as does the adaptiveness of strategy choice. However, further individual factors and their development might be crucial. Some promising candidates were emphasized in recent discussions concerning the utilization deficiency phenomenon (Miller, 1990; Miller & Seier, 1994). Utilization deficiency refers to a transitional period in strategy development, during which either children's use of behaviors that are known to enhance task performance in older children does not improve their own performance or during which children do not benefit from the implementation of a more powerful strategy as compared to their use of a less sophisticated strategy. The utilization deficiency

---

phenomenon seems to be due to factors involving one's own experiences with the given task, the available metamnemonic knowledge about the strategies at hand, and working memory capacity (see also Siegler & Shipley, 1995). Hence, when analyzing the variability in strategic behavior one must take into account individual capabilities to produce and to execute different strategies in an efficient way. This is especially noticeable when children face memory tasks like free recall, where strategies are appropriate that require a high level of mental resources like working memory capacity (Guttentag, 1984; 1989).

Very little is known about adaptive and variable strategy use in children's list learning when preparing for free recall. However, the free recall task like other non-algorithmic tasks offers certain particularities that require more than the straightforward execution of a single strategy. A number of items are presented successively and during the presentation of the item-list, children must decide how to try to remember as many items as possible, and not just the most recent item. At the beginning of the task, few items have to be remembered. However, with an increasing number of presented items the level of task difficulty increases.

From the seminal work done by Ornstein and Naus (1985; Naus & Ornstein, 1983) we know much about the general developmental changes in the use and efficiency of different strategies children usually apply to free recall tasks. Initially, simple strategies are used, with kindergarteners preferring to label each presented item. Slightly older children do make use of a rote repetition strategy (single item rehearsal), which is characterized by an isolated simple repetition of each newly presented, to-be-remembered item. At the end of the elementary school years, a change towards a more active rehearsal strategy has been observed, in which children rehearse several previously presented list-items within so-called rehearsal sets. Ornstein and his colleagues also revealed substantial relationships between the quality of cumulative rehearsal (as assessed by rehearsal set size) and recall performance (see Ornstein, Baker-Ward, & Naus, 1988; Ornstein & Naus, 1978).

However, even if a developmental progression from labeling to single item rehearsal and also from single item rehearsal to more active cumulative rehearsal strategies can be observed, the view of a stepwise sequence in development seems rather simplistic. This simplistic view may stem from a convention regarding when children are categorized as using labeling, single word rehearsal or cumulative rehearsal, respectively. Traditionally, cumulative rehearsal is inferred to be used, when a mean rehearsal set size of at least two items is observed across the free intervals between consecutively presented list-items (see

for example, Guttentag, Ornstein, & Siemens, 1987). However, the reported data seldom show that labeling or single word rehearsal occurs alone, but rather these are shown to be accompanied by cumulative rehearsal. Consequently, variability in the strategic behavior seems to be present.

On the basis of these considerations the present study was designed to explore developmental changes in children's adaptive learning by examining their variable memory strategy use during preparation for free recall. We were especially interested in a fine grained description of children's intratask behavior during the typical "item by item" presentation, in which each item was removed from view before the next item was presented. Since the adaptiveness of variable strategy use within a task was hypothesized to be a function of children's available mental resources, working memory capacity was also taken into consideration. In order to describe individual developmental changes during the most relevant age period for the emergence of the advanced strategy of cumulative rehearsal (Kunzinger, 1985; Guttentag et al., 1987; Hasselhorn, 1995) we started with children at grade 2 and observed them longitudinally over a period of two years.

## Method

### *Participants and Design*

76 children (48 girls and 28 boys) from different public elementary schools in the area of Göttingen, Germany, participated in a longitudinal study. The children in this sample were primarily Caucasian from a middle-class background. Approximately 10% of the children had parents whose origins were not German, but all of them met the criteria of German as their first language. The children's parents had filled out consent forms to allow for the children's participation in the study and were informed about the assessments of the study. The children were tested for the first time while they attended the latter half of the second grade (mean age at the beginning of the study,  $M = 8$  years, 3 months,  $SD = 6$  months, mean age at the end of the study,  $M = 10$  years, 2 months,  $SD = 6$  months). Testing was repeated four times, with measurement points separated by intervals of approximately six months. Thus, the children of the longitudinal sample were attending the latter half of the fourth grade at the fifth measurement point.

Since the frequent repetitions of the testing procedure makes it difficult to decide whether age related increases are due to developmental changes or to practice effects, in addition a cross-sectional sample of 19 other children (9 girls and 10 boys) were recruited,

who were only tested once in the latter half of grade 4, ( $M = 10$  years, 6 months,  $SD = 6$  months). As in the longitudinal sample, children from the cross-sectional sample were recruited from different public elementary schools in the area of Göttingen. These children were again primarily Caucasian and had a middle-class background. Once more the children's parents were informed about the study and had given the permission for participation.

### *Procedure and Materials*

Children were administered three free recall lists at each measurement point. With the exception of the first measurement point where 14 items were presented, the free recall lists for the longitudinal sample consisted of 12 items (see Table 1). The lists were used repeatedly at each measurement point following the same order. Children from the cross-sectional sample were also given the 14-item list in order to ensure that both groups had to cope with the same problems, when working on the task for the very first time. The three lists were paralleled regarding syllables and the items within the three lists were highly concrete, familiar words from 14 categories, with each list containing only one word from each category. The stimulus items were presented from a CD player at a rate of one word every eight seconds. Simultaneously to the acoustic presentation children were shown a 5x5-cm picture card for each item with the object's name printed under the drawing. The children were tested individually and their learning and recall behavior was videotaped.

According to the procedure used in the study by Guttentag, Ornstein, and Siemens (1987) the children were told that they would be presented both acoustically and visually with a number of items to memorize and they were instructed to think aloud, that is, to verbalize whatever they were thinking or doing while memorizing the items. Simultaneous to the list-presentation from the CD, the index cards were placed in front of the children one at a time. Each card was available for the eight seconds interval, i.e. until the children could hear the following object name. At the end of list presentation, the children were instructed to recall as many items as possible. Recall-phase ended when the children could not name any further item for more than one minute. To make sure that they could accomplish the task requirements and in order to familiarize them with the demands of thinking aloud, three practice trials (6 items each) were given at the beginning of each session if it was the first time that the children performed the given task. This was valid for both the longitudinal sample and the cross-sectional sample. Furthermore, the children



from the longitudinal sample were given one practice trial at the subsequent measurement points.

Table 1. *Stimuli of the Three Learning Trials*

List 1	Reifen (tire), Buch (book), Gabel (fork), Maurer (mason), Klavier (piano), Teddy (teddy bear), Pinsel (brush), Hantel (dumb-bell), Regen (rain), Birke (birch), Ampel (traffic light), See (lake), Nelke <sup>a</sup> (carnation), Stroh <sup>a</sup> (straw)
List 2	Hupe (klaxon), Sonne (sun), Brief (letter), Teller (plate), Maler (painter), Geige (violin), Puzzle (jigsaw), Tanne (fir), Füller (pen), Angel (fishing rod), Rose (rose), Schild (traffic sign), Wiese <sup>a</sup> (meadow), Ziegel <sup>a</sup> (brick)
List 3	Auspuff (exhaust), Eiche (oak), Zeitung (newspaper), Topf (pot), Lehrer (teacher), Berg (mountain), Flöte (flute), Puppe (doll), Kreide (crayon), Barren (parallel bars), Tulpe (tulip), Schranke (barrier), Wolken <sup>a</sup> (clouds), Stein <sup>a</sup> (stone)

<sup>a</sup> Items only included in measurement point one.

Children's working memory capacity was assessed with a digit span backward task, similar to the WISC-version (HAWIK-III; Tewes, Rossmann & Schallberger, 1999). In this task, digit-sequences of increasing length were presented, starting with sequences of two one-syllable digits. At each sequence-length, two different series were presented acoustically by a rate of one digit every second. The digit span backward score was the maximal sequence-length recalled in the correct backward order. If both sequences of the same length were accurately recalled, half a point was added to the score.

## Results

Since preliminary analyses did not reveal any effects due to the children's gender, the data reported below have been collapsed across sex. Unless otherwise noted, all reported statistical comparisons are significant beyond the  $p < .05$  level.

### *Strategy Classification*

Children's videotaped behavior during the learning period was examined at each interstimulus interval. Four different categories of strategic learning behavior, which were

noted to occur or not to occur during the interstimulus intervals, were distinguished. Learning behavior was defined as *labeling* when children were speaking out loud just one single item's name only once during the interstimulus interval. In cases when children were repeating the name of one single item several times during the very same interstimulus interval behavior was classified as *single word rehearsal*. In accordance to Guttentag et al. (1987) *cumulative rehearsal* was defined by a rehearsal set containing at least two items. Children were also showing associative and elaborative learning behavior, but both in a very simple, unparticular way; this occurred when items happened to be associated several times to the same property ("book, we have that at home - fork, we have that at home, too - ..." and so on) or when the items' use was explained ("letter, I'm writing a letter - plate, I'm eating from it - ..." and so on). Since the number of children who were learning this way was very small and since there was not any observable straightforward strategy use of this kind, this learning behavior was subsumed as *association/elaboration*. Every subject was assigned to either one of the four categories at each interstimulus interval or to the remainder category of *no observable behavior*. Including this fifth category, strategy classification was exhaustive in that no other strategy type could be identified. Extremely rarely (range = 4-7 %) were children observed using a kind of combination of two different strategies during a single interstimulus interval within a trial; if this occurred it was a combination of labeling and association/elaboration. More precisely, in the terms of Schneider and Pressley (1997), these combinations were a matter of "nontransformational elaborations [which] are additions to to-be-learned content that are naturally and meaningfully associated with the content" (p. 239). Therefore, in these cases the problem of classification was resolved in favor of association/elaboration. The classification of the studying behavior started with the interval after the presentation of the second list item in order to avoid an underestimation of cumulative rehearsal. The total number of the examined interstimulus intervals was 39 per subject for the first measurement point (13 per each list) and 33 for the successive measurement points (11 per each list). The strategy assessments revealed to be of sufficient reliability (Cohen's kappa = .86). Two independent raters agreed on 89% of the classification of labeling, on 88% of the classification of single word rehearsal, on 94% of the classification of cumulative rehearsal, on 85% of the classification of association/elaboration, and on 86% of the classification of no observable learning behavior. Table 2 shows the means and standard deviations of the percentages of children's registered strategy use across lists and interstimulus intervals, as a function of measurement point.

*Table 2 Means (and Standard Deviations) for the Percentages of Strategic Behavior for the Longitudinal Sample at the Five Measurement Points (t<sub>1</sub> - t<sub>5</sub>) and for the Cross-Sectional Sample*

	Strategic behavior				
	Labeling	Singular rehearsal	Cumulative rehearsal	Association/elaboration	No observable learning behavior
Longitudinal sample ( <i>n</i> = 76)					
t <sub>1</sub>	41 (38)	11 (25)	17 (28)	8 (21)	23 (35)
t <sub>2</sub>	33 (36)	14 (31)	26 (33)	13 (27)	14 (26)
t <sub>3</sub>	28 (34)	13 (28)	34 (38)	13 (30)	12 (27)
t <sub>4</sub>	26 (35)	15 (31)	42 (41)	11 (27)	6 (20)
t <sub>5</sub>	26 (35)	11 (27)	46 (41)	9 (27)	8 (22)
Cross-sectional sample ( <i>n</i> = 19)					
	32 (42)	7 (24)	33 (37)	17 (35)	11 (18)

As indicated above, a combination of several strategies, in terms of multiple strategy use, should be the rule rather than the exception. In our study, the mean numbers of strategies used per trial were 1.95, 1.96, 1.81, 1.75, and 1.67 for measurement points one to five, respectively. Percentages of the children, who were rated to perform two (or more) strategies within the single trials at measurement points one to five, were 56, 64, 52, 52, and 48, respectively. However, on the measurement level we found 71%, 80%, 74%, 72%, and 67% of the children performing more than one single strategy.

#### *Age-dependency of Strategy Use and Variable Adaptation of Strategy Use during Item Presentation*

*Longitudinal observation.* As can be seen in Table 2 there were characteristic patterns of age related change in the observed strategy types. Since we were interested in a more fine grained examination of strategic behavior when preparing for free recall, trials were subdivided into four sectors. Due to the different trial sizes at measurement points one and two through five, the values of the four sectors represented the percentages of the respective strategies within a trial-subdivision as follows: Sectors one to four at measurement point one included the positions 2-4, 5-7, 8-10, and 11-14, respectively, and

sectors one to four at the other measurement points included the positions 2-3, 4-6, 7-9, and 10-12, respectively. We conducted a 5 (measurement point) x 3 (trial) x 4 (sector within a trial) x 5 (strategy type) repeated measures analysis of variance (ANOVA). Since this ANOVA treats ipsative measures on the first three factors, the degrees of freedom are adjusted by Box's epsilon. It was shown by Greer and Dunlap (1997) that Type I error rates within ANOVAs with ipsative measures can be controlled by means of this epsilon adjustment. It revealed a significant main effect of strategy type,  $F(3.36, 251.71) = 12.44$ ,  $p < .001$ ,  $MS_e = 5.33$ . This main effect was qualified by significant two-way interactions between measurement point and strategy type,  $F(9.38, 703.44) = 7.81$ ,  $p < .001$ ,  $MS_e = 1.18$ , trial and strategy type,  $F(4.99, 374.58) = 3.04$ ;  $p < .05$ ,  $MS_e = 0.13$ , and sector and strategy type,  $F(2.93, 219.78) = 49.00$ ;  $p < .001$ . In addition, the three-way interactions between measurement point, trial and strategy type,  $F(15.25, 1143.79) = 1.91$ ,  $p < .05$ ,  $MS_e = 0.14$ , measurement point, sector and strategy type,  $F(14.96, 1122.11) = 1.73$ ,  $p < .05$ ,  $MS_e = 0.11$ , and trial, sector and strategy type,  $F(11.67, 875.43) = 1.87$ ,  $p < .05$ ,  $MS_e = 0.05$ , were found to be significant. Post-hoc comparisons (Tukey's tests for honest significant difference) yielded the following strategy-specific differences between measurement points: Regarding labeling, reliable decreases from the 1st to the 3rd and subsequent measurement points were found. In contrast, the percentages in cumulative rehearsal increased between the 1st and the 3rd, 4th and 5th measurement points as well as between the 2nd and the 4th and the 2nd and the 5th measurement point. A significant decline was notable for the category no observable behavior from the 2nd measurement point onward, as compared to the 1st measurement point. Neither single word rehearsal nor association/elaboration showed any significant changes over the course of the five measurement points.

Regarding changes within single measurement points a reliable decrease for cumulative rehearsal was found from trial two to trial three at the 3rd and 5th measurement point. Contrary trends resulted for labeling at the 1st and the last measurement point, in that at the 1st measurement point the first trial showed the highest percentages of labeling, whereas at the 5th measurement point the third trial showed the highest percentages of labeling. In addition, a significant increase of the percentage of "no observable behavior" could be identified when comparing trial one and trial three at the 1st measurement point.

Post-hoc comparisons between the different strategies within each measurement point yielded a rather unequivocal pattern of results that was consistent at least at trials 1 and 2: At the 1st measurement point labeling turned out to be significantly more often

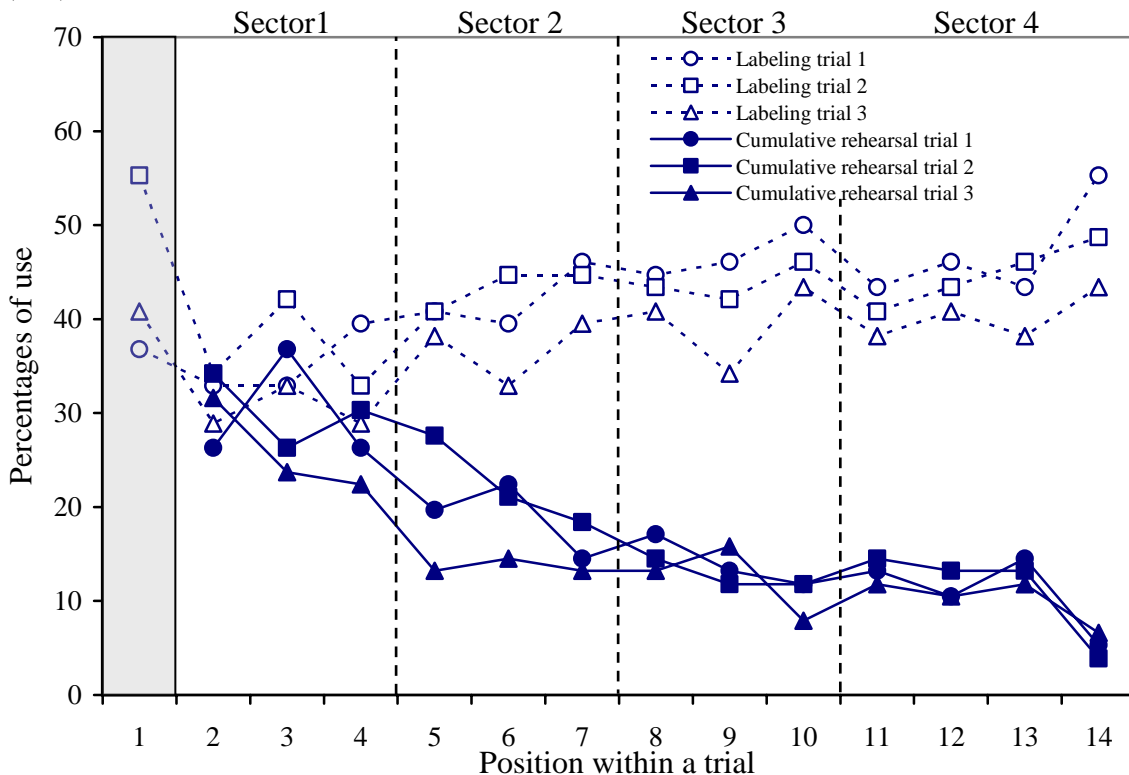
registered than all other strategies. At the 2nd measurement point, labeling still was more often used than single word rehearsal, association/elaboration and the remainder category, but was no longer more often used than cumulative rehearsal. From the 3rd measurement point on cumulative rehearsal became the most frequently observed strategy, even if here the difference between cumulative rehearsal and labeling did not reach significance. At the 4th and 5th measurement point cumulative rehearsal was observed significantly more often than all other strategies. At the same measurement points, labeling occurred more often than no observable learning behavior throughout all trials.

As noted above, the measurement point x strategy interaction was additionally qualified by sector. Here, this modification was basically salient for the two strategies that were shown to be the most common, namely labeling and cumulative rehearsal. Regarding the other three strategy classifications, only the category no observable behavior showed reliably higher percentages than any other strategy. This, however, was only the case at measurement point one at sectors three and four and only when compared to association/elaboration.

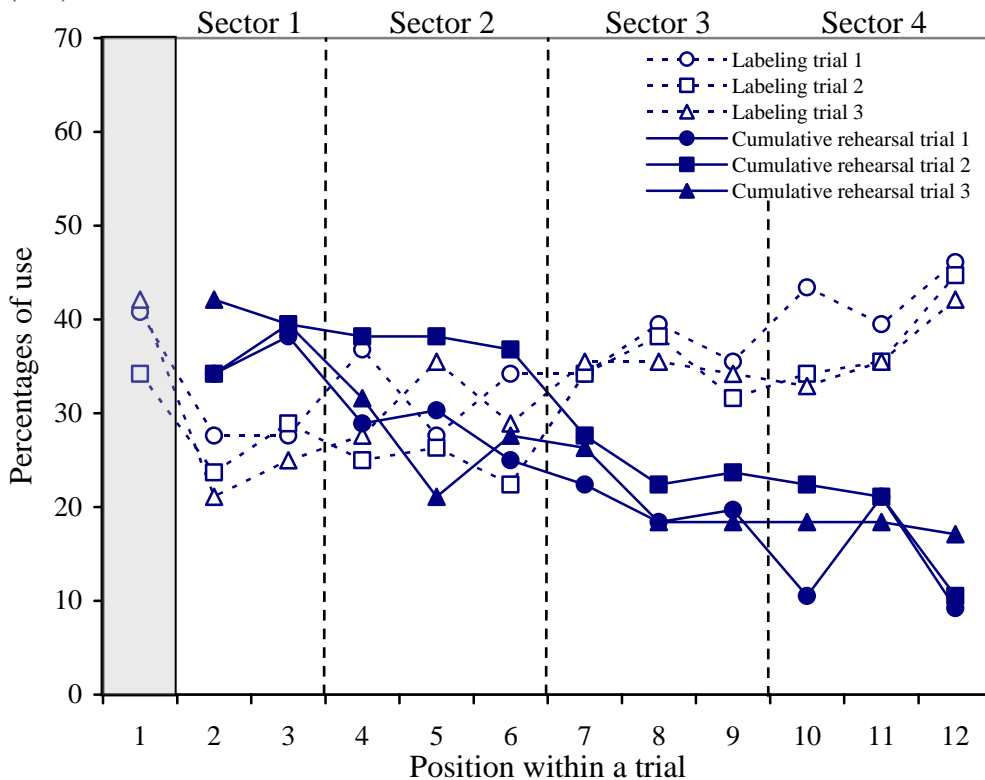
Consequently the post-hoc comparisons (Tukey's test for honest significant difference) for labeling and cumulative rehearsal are explained in more detail. Figure 1 illustrates the percentages of children's use of labeling and cumulative rehearsal as a function of sectors (and position within a trial). Since there was no possibility to use cumulative rehearsal during the first interstimulus interval, this first section in Figure 1 is grayed.

At the first measurement point labeling was more frequent than single word rehearsal and association/elaboration across all four sectors. Proceeding from the second sector onward labeling was also superior to cumulative rehearsal (see Figure 1a), and at the second sector it occurred more frequently than no observable behavior. Cumulative rehearsal, however, was more often observed than single word rehearsal and association/elaboration at the first sector.

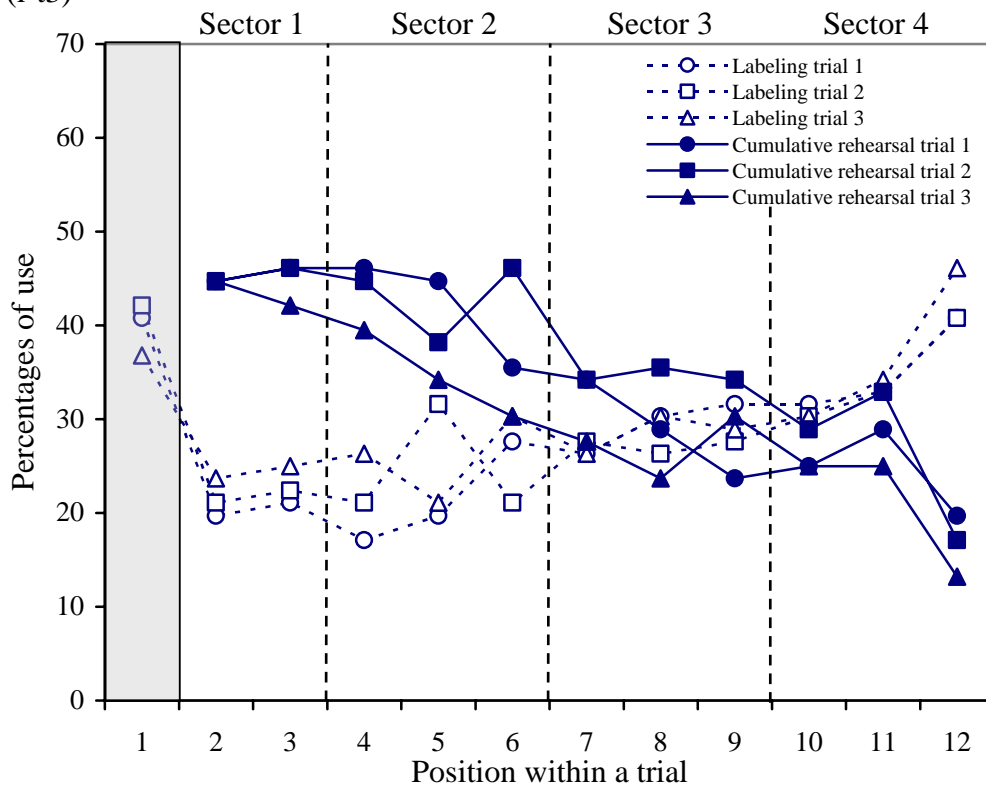
1a (1-t1)



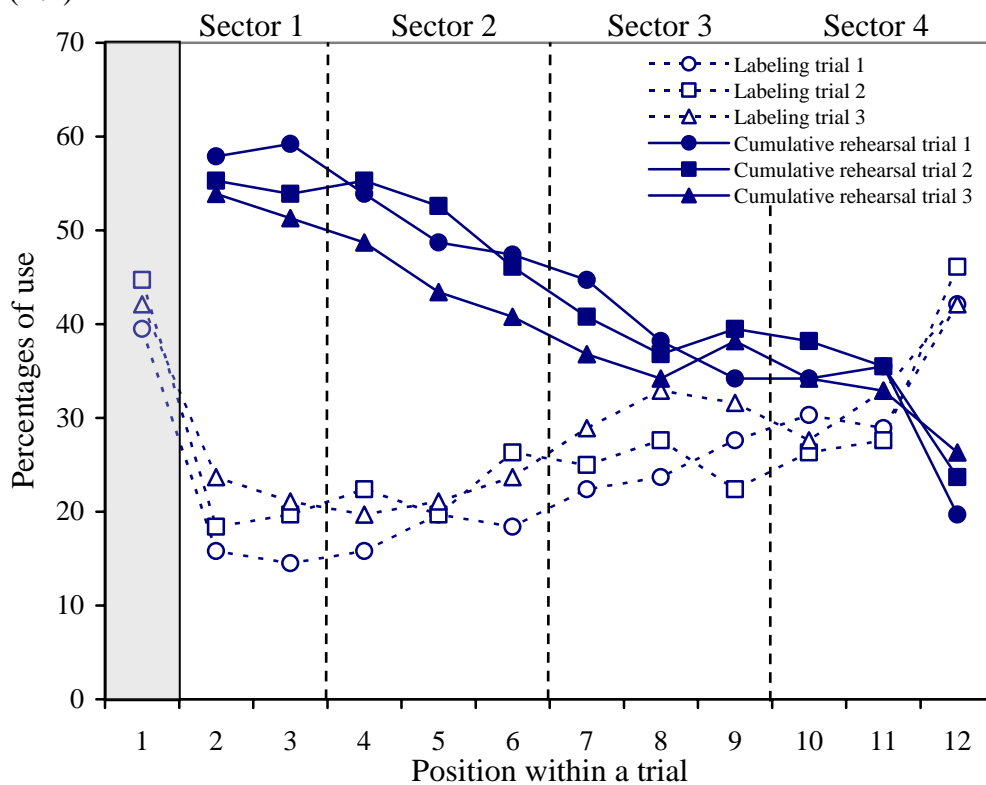
1b (1-t2)



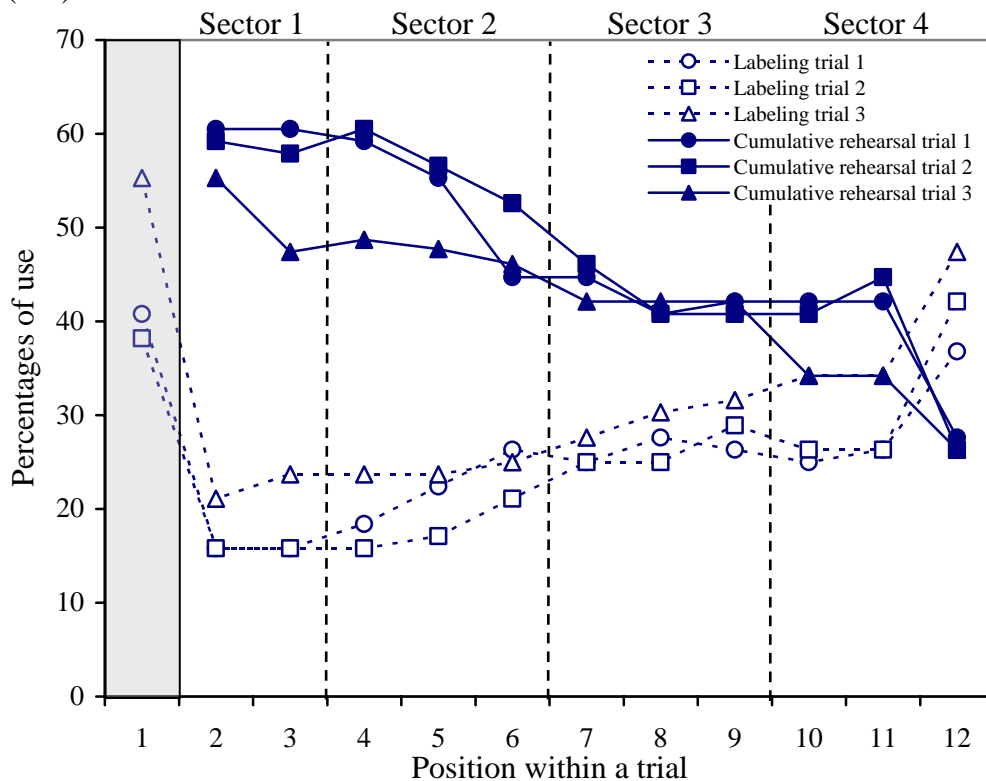
1c (1-t3)



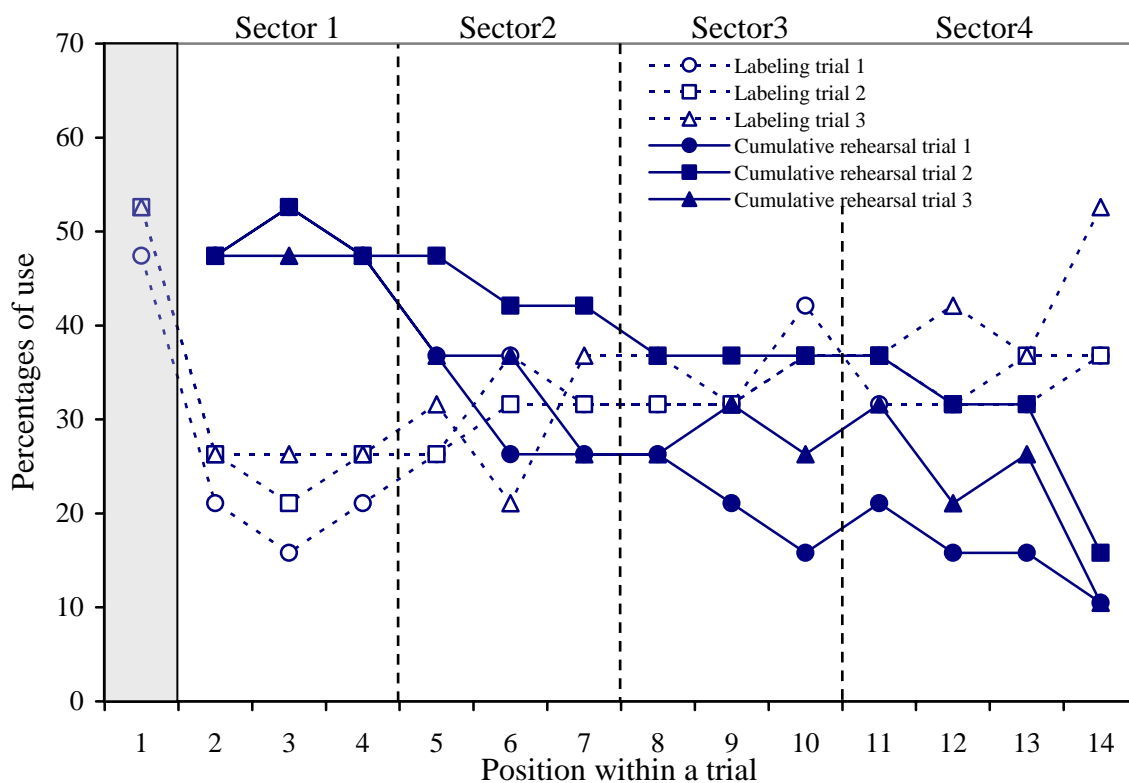
1d (1-t4)



1e (l-t5)



1f (c-s)



Figures 1a-f. Percentages of usage of labeling and cumulative rehearsal as a function of sector (and position within a trial) at measurement points 1-5 for the longitudinal sample (l-t<sub>1</sub> - l-t<sub>5</sub>) and for the cross-sectional sample (c-s).



---

With progressing age, the superiority of labeling was increasingly reduced and shifted towards later sectors. Again, labeling and cumulative rehearsal showed shifts in opposite directions (see Figure 1b). In addition, cumulative rehearsal was used more frequently than single word rehearsal, association/elaboration and no observable behavior at the first sector. In contrast, labeling yielded the highest percentages of all strategies at the last sector and at least higher percentages than single word rehearsal, association/elaboration and no observable behavior at sector three.

At the 3rd measurement point, the opposite shifts of labeling and cumulative rehearsal became more obvious (see Figure 1c). Furthermore, at this measurement point, the dominance of labeling over single word rehearsal, association/elaboration and no observable behavior was limited to the last sector. Cumulative rehearsal was, on the contrary, more extensively used than these latter strategies at the first two sectors. No differences, however, were significant between the use of labeling and cumulative rehearsal across all four sectors.

At the 4th measurement point (first half of grade 4) the children showed more extensive use of cumulative rehearsal than of labeling at the first two sectors (see Figure 1d). Further examination of the findings revealed that cumulative rehearsal was produced more often than all other strategies at sectors one and two, and was still produced more often than association/elaboration and no observable behavior at sectors three and four. Conversely, labeling showed higher percentages than no observable behavior across all sectors and higher percentages than association/elaboration at only the last two sectors.

Figure 1e presents a similar picture and an even more pronounced gap with regard to the percentages of use of cumulative rehearsal and labeling. Again, additional findings were that cumulative rehearsal was superior to all other strategies at the first two sectors, and was also superior to all other strategies but labeling at the last two sectors. At the end of the fourth grade, the former dominance of labeling was even more reduced yet it retained higher percentages than no observable behavior at sector three and than single word rehearsal, association/elaboration and no observable behavior at sector four.

Thus, in our opinion, multiple and variable strategy use in list learning during the elementary school years is represented by the change from a dominant use of cumulative rehearsal at the primary sectors within a list of words towards a more extensive use of labeling at latter sectors of this list.

Comparing the three trials, post-hoc analyses yielded reliable differences only at sector two. Here, cumulative rehearsal was observed more often on trial two than on trials one and three. Presumably, when working on this trial, the children on the one hand had familiarized themselves with the task, and on the other hand were not too exhausted to concentrate intensively.

Since the subdivision of the trials into four sectors resulted in different sector sizes for measurement points one and two through five, respectively, this subdivision might seem somehow arbitrary. Therefore, an alternative subdivision of the trials was conducted in which the first three sectors were chosen to consistently include three list positions and in which only the last sector-size differed (four positions at measurement point one and two positions at measurement points two through five, respectively). For this subdivision, a 5 (measurement point) x 3 (trial) x 4 (sector within a trial) x 5 (strategy type) repeated measures analysis of variance (ANOVA) showed nearly the same results as for the primarily chosen subdivision. Only the three-way interaction between measurement point, trial, and strategy type resulted in a somewhat reduced  $F$ -value ( $15.11, 1133.582$ ) = 1.91,  $p = .06$ ,  $MS_e = 0.18$ . The results, however, still showed the same tendencies as specified in the preceding subdivision.

*Cross-sectional control for practice effects.* Finally, it was tested whether the apparent changes in strategy use were a product of practice effect or maturation. For this purpose a 2 (5th measurement point of the longitudinal sample vs. cross-sectional control sample) x 3 (trial) x 4 (sector within a trial) x 5 (strategy type) ANOVA with repeated measures on the latter three factors was conducted. Again the Box's epsilon adjustment was used to control Type I error rates. The ANOVA yielded a main effect for strategy type,  $F(3.13, 291.11) = 9.33$ ,  $p < .001$ ,  $MS_e = 1.90$ . This effect was qualified by a trial by strategy type interaction,  $F(5.01, 465.94) = 2.56$ ,  $p < .05$ ,  $MS_e = 0.97$ , indicating that the second trial showed higher percentages of cumulative rehearsal than the third trial and the third trial showed higher percentages of labeling compared to the first trial. In addition, the sector by strategy interaction reached significance,  $F(3.41, 317.20) = 17.94$ ,  $p < .001$ ,  $MS_e = 1.41$ . Here, cumulative rehearsal was superior to all other strategies at sectors one and two, and superior to single word rehearsal, association/elaboration and no observable behavior at sectors three and four. Likewise, labeling showed higher percentages of use than single word rehearsal, association/elaboration and no observable behavior at the latter two sectors. At the first sector, however, labeling only showed dominance compared to no observable behavior, and at the second sector compared to single word rehearsal and no

observable behavior. No other main effects or interactions reached significance. This supports the view that the children from both the longitudinal and the cross-sectional sample did not differ at the second half of grade 4 regarding the implementation of their strategies.

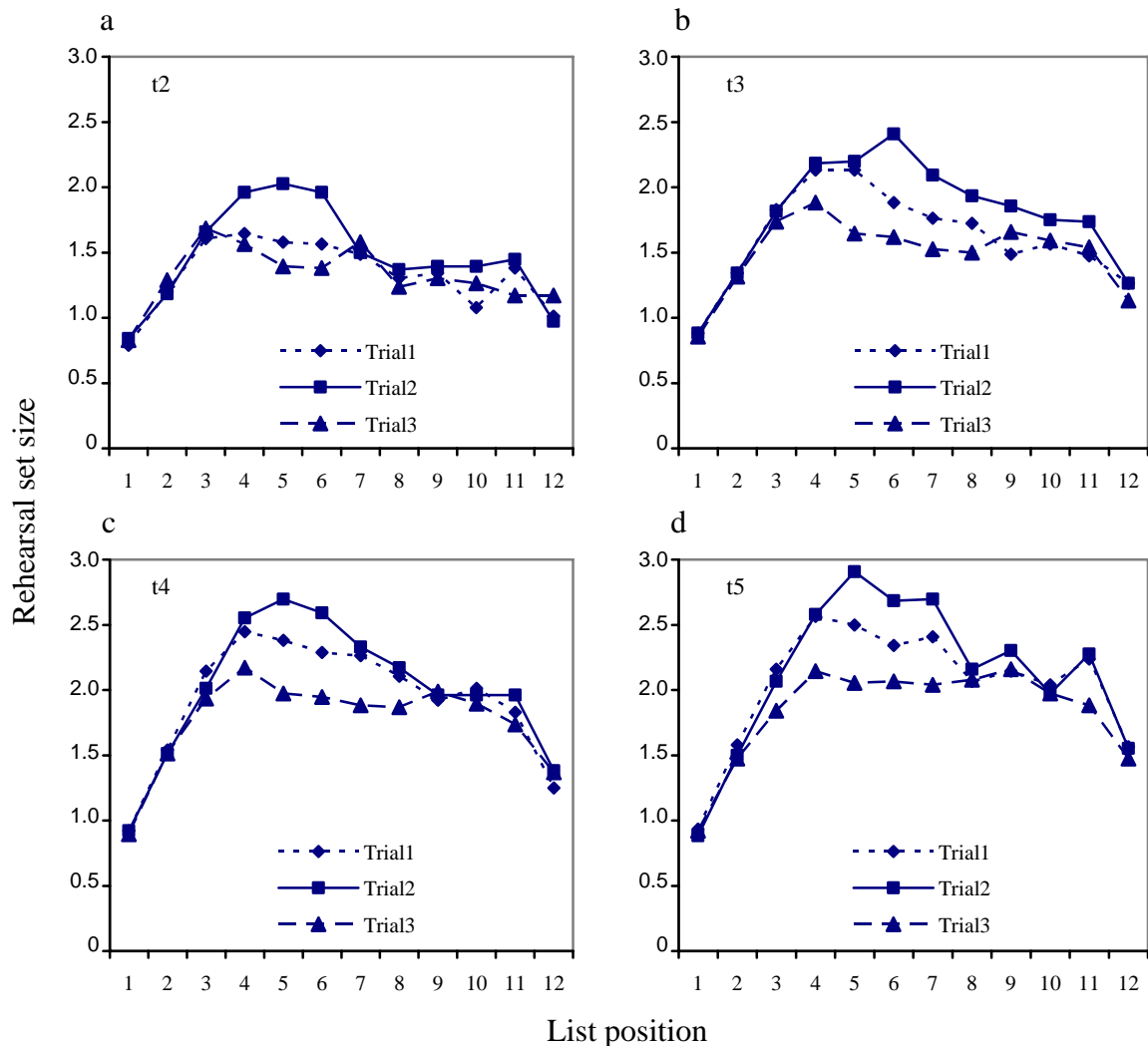
However, one has to be cautious to infer that no practice-effects were identified when comparing the longitudinal sample and the cross-sectional sample. On the one hand inspection of Figure 1f (cross-sectional sample) presented a similar picture regarding the shape of the curves of both labeling and cumulative rehearsal, as was previously seen in Figure 1e. This seemed to be especially valid for trial 2. On the other hand, the general characteristics including the level of percentages of the curves of the cross-sectional sample, resembled more the curves of the third measurement point (end of 3rd grade), and not of the fifth measurement point of the longitudinal sample.

#### *Qualitative Changes in the Use of Cumulative Rehearsal – Age Dependency and Position Specificity*

In contrast to the other strategies identified in this study, cumulative rehearsal is a strategy that features great variability from list position to list position and between children. Traditionally, the quality of active cumulative rehearsal has been captured by the mean rehearsal set size. But, as was demonstrated, cumulative rehearsal does not seem to be used throughout the entire learning process. Thus, to get a better understanding of how changes in the use of cumulative rehearsal occur we also analyzed rehearsal set size as a function of list positions. Rehearsal set size was measured by the number of different items included in one rehearsal set, respectively within one interstimulus interval. Therefore, labeling, single word rehearsal and association/elaboration constituted by definition a maximum rehearsal set size of one, whereas no overt behavior had a rehearsal set size of zero. Since cumulative rehearsal was registered very seldom among the second graders at the 1st measurement point the subsequent analyses were restricted to measurement points two through five.

As shown in Table 3 and in Figures 2a-d, both the general level of rehearsal set size and the distribution of rehearsal set sizes increased with age. A 4 (measurement point) x 3 (trial) x 12 (list position) ANOVA with repeated measures on all factors revealed main effects for measurement point,  $F(3, 225) = 17.51, p < .001, MS_e = 12.39$ , trial,  $F(2, 150) = 14.17, p < .001, MS_e = 3.80$ , and position  $F(11, 825) = 47.15, p < .001, MS_e = 2.74$ . These

main effects were qualified by two significant two-way interactions (measurement point x position:  $F(33, 2475) = 3.54, p < .001, MS_e = 0.92$ ; trial x position,  $F(22, 1650) = 5.96, p < .001, MS_e = 0.82$ ).



Figures 2a-d. Serial position curves of the rehearsal set sizes at measurement points 2-5 (t<sub>2</sub>-t<sub>5</sub>).

Subsequent step-down Bonferroni tests yielded increasing rehearsal set sizes from measurement points two to four,  $t_s(75) > 3.08$ . Post-hoc comparisons also revealed larger rehearsal set sizes at the first trial as compared to the third trial, and at the second trial as compared to the first trial,  $t_s(75) > 2.71$ . Rehearsal set sizes were found to be larger for the middle positions than for the positions at the beginning or end of the list. In particular, at list positions 4, 5 and 6 rehearsal set sizes were reliably more pronounced than rehearsal set sizes at both earlier and later positions,  $t_s(75) > 3.50$ . At position 7 rehearsal set sizes still turned out to be larger than in the following positions,  $t_s(75) > 3.15$ . Unsurprisingly,

the first two positions showed the smallest rehearsal set sizes,  $ts(75) > 3.41$ . As can be seen in Figures 2a-d, the trial by position interaction was due to reliable differences at the middle positions. The superiority of trial 2 over trial 3 was restricted to list positions 4 to 7,  $ts(75) > 3.29$ , that of trial 2 over trial 1 to list positions 5 and 6,  $ts(75) > 3.29$ , and that of trial 1 over trial 3 to list position 5,  $t(75) > 3.54$ . Finally, the measurement point by position interaction was mainly attributable to a reliable shift from measurement point two to four and from measurement point two to five, respectively. More specifically, when comparing with the 2nd measurement point, larger rehearsal set sizes at list positions 2 and 4-11,  $ts(75) > 3.58$ , and at list positions 2-12,  $ts(75) > 3.53$ , were found at the 4th and 5th measurement point, respectively. Furthermore, significant differences were also observed for list positions 7 and 11 between the 3rd and the 5th measurement point,  $ts(75) > 3.54$ .

*Table 3 Means (and Standard Deviations) for Memory Capacity, Rehearsal Set Size and Recall at the Five Measurement Points (t<sub>1</sub>-t<sub>5</sub>)*

t	Digit span backward	Rehearsal set size	Recall
t <sub>1</sub>	3.79 (0.67)	1.11 (0.78)	5.25 (1.61)
t <sub>2</sub>	3.88 (0.73)	1.38 (0.79)	5.55 (1.39)
t <sub>3</sub>	4.07 (0.80)	1.64 (1.03)	5.85 (1.53)
t <sub>4</sub>	4.24 (1.08)	1.90 (1.08)	6.28 (1.39)
t <sub>5</sub>	4.43 (.94)	2.00 (1.15)	6.81 (1.43)

#### *Working Memory Capacity Influence on Strategy Use*

Since it has been argued that the usage of complex strategies like cumulative rehearsal exceeds younger children's but not older children's mental resources (e.g. Guttentag, 1984, 1989), we also explored the impact of working memory capacity on strategic behavior. Means and standard deviations for the digit span backward, which is used to assess working memory capacity, are shown as a function of measurement point in Table 3. A repeated measures analysis of variance revealed a significant effect of measurement point,  $F(4, 300) = 10.99$ ,  $p < .001$ ,  $MS_e = .47$ . Subsequent step-down Bonferroni tests showed no significant differences at any successive measurement point,  $ts(75) < 1.84$ . A significant increase in working memory capacity was just observable at intervals of one year,  $ts(75) > 2.75$ .

For all but the first measurement point, digit span backward was substantially correlated with active cumulative rehearsal (i.e. percentages of cumulative rehearsal and

rehearsal set sizes). From the second to the fifth measurement point correlations between working memory capacity and percentages of cumulative rehearsal were  $r(74) = .27$ ,  $r(74) = .27$ ,  $r(74) = .28$  and  $r(74) = .36$ , respectively. At measurement point five a significant negative correlation was found for working memory capacity and labeling,  $r(74) = -.26$ . For all other strategies no significant relationships were observed for working memory capacity at any measurement point. Thus, as expected, working memory capacity had a substantial positive influence on cumulative rehearsal, which increased over the course of the elementary school years and working memory capacity had a negative impact on labeling, at least at the end of the fourth grade. Also, reliable correlations for the mean rehearsal set sizes could be found from the second measurement point onward,  $r(74) = .28$ ,  $r(74) = .29$ ,  $r(74) = .29$ ,  $r(74) = .38$  for measurement points two through five, respectively. Unsurprisingly, correlations of the two measures of active cumulative rehearsal turned out to be highly correlated throughout all measurement points,  $r(74) = .90$ ,  $r(74) = .92$ ,  $r(74) = .94$ ,  $r(74) = .94$  and  $r(74) = .95$ , for measurement points one to five, respectively.

In addition, correlation analyses between digit span backward and rehearsal set size were done for each list position. Even in this fine grained analysis no significant interrelations were found at the 1st measurement point. At the 2nd measurement point rehearsal set sizes at list positions 3-9 were reliably correlated with digit span backward,  $rs(74) > .23$  and  $rs(74) > .30$  for positions 3,4,9 and 5-8, respectively. At the 3rd measurement point all list positions except the 1st and 11th showed significant correlations between rehearsal set size and working memory capacity,  $rs(74) > .23$  and  $rs(74) > .30$  for positions 2-3,7-10, 12 and 4-6, respectively. The number of different list positions at which rehearsal set sizes were significantly interrelated with working memory capacity decreased at the 4th measurement point  $rs(74) > .29$  and  $rs(74) > .24$  for the middle positions 4-8 and list position 10, respectively. At the 5th measurement point, again, all but the first and the last position showed significant correlations. Here, the highest levels of correlation were identified at list positions 5, 6, 8 and 9,  $r(74) > .39$ ,  $r(74) > .45$ ,  $r(74) > .34$  and  $r(74) > .40$ , respectively.

### *Recall Consequences of Strategy Use*

Means and standard deviations of children's recall performance, as obtained for the five measurement points in the longitudinal sample, are shown in Table 3. The analysis of variance, with measurement point as a repeated measure revealed a significant main effect

of measurement point,  $F(4, 300) = 31.77$ ,  $p < .001$ ,  $MS_e = 0.91$ . Post-hoc comparisons yielded a significant increase in the number of recalled items from the 2nd measurement point (beginning of grade 3) onward,  $ts(75) > 2.29$ . In contrast, children's recall performance between the first two measurement points did not differ reliably,  $t(75) = 1.94$ . Taking into account that at the 1st measurement point two additional items were presented for recall, these different list-sizes may have been responsible for the non-significance of the recall difference between the first two measurement points. When we analyzed the percentages of recall, Step-Down Bonferroni comparisons revealed reliable increases from the first measurement point onward,  $ts(75) > 2.29$ .

*Table 4* Correlations between Percentage of Use of the Four Strategies and the Remainder Category and Recall by the Five Measurement Points for the Longitudinal Sample ( $t_1 - t_5$ )

t	Strategy				
	Labeling	Single word rehearsal	Cumulative rehearsal	Association/elaboration	No observable learning behavior
$t_1$	-.08	-.26*	.18	.15	.02
$t_2$	.03	-.26*	.25*	.08	-.15
$t_3$	-.06	-.38**	.22 <sup>§</sup>	.08	.05
$t_4$	-.07	-.22 <sup>§</sup>	.38**	-.14	-.14
$t_5$	-.21 <sup>§</sup>	-.10	.29*	.00	-.13

<sup>§</sup> $p < .1$       \* $p < .05$ .      \*\* $p < .01$        $df = 74$

In order to examine the efficiency of strategy use the impact of the usage of each strategy type on recall performance was also analyzed. Within the following analyses the final two list items are excluded for two reasons. First, differences in the effects of specific strategies tend to emerge in the prerecency portions of the list (e.g. Ornstein, Medlin, Stone, & Naus, 1985). Second, recall of the items from the recency portion of a list can mainly be ascribed to non-strategy-specific working memory activities. Yet, when analyzing the relationship between identified strategies and recall, the explicit strategy characteristics should be emphasized. For the longitudinal sample, correlation analyses on the five strategy classifications and recall were computed for each measurement point. As can be seen in Table 4, significant negative correlations between recall and the percentages of single word rehearsal usage were found for the first three measurement points and a

marginal negative correlation at the 4th measurement point. In contrast, cumulative rehearsal showed significant positive correlations at the 2nd, 4th and 5th measurement point and a marginally significant correlation at the 3rd measurement point. In addition, labeling demonstrated a marginal negative correlation regarding recall at the end of grade 4 (measurement point five). However, neither association/elaboration nor no observable behavior were correlated significantly with recall at any measurement point.

### Discussion

The present study explored developmental changes between grade 2 and 4 in children's adaptive learning behavior while making variable use of a variety of different memory strategies during preparation for free recall. Thus, we videotaped children's intratask behavior during the item by item presentation of a list of words. This presentation occurred acoustically and visually at a rate of one item every eight seconds and each item was removed from view when the next item was presented. Traditional analysis of strategy development within free recall had focused on qualitative changes in strategy use on the basis of the mean rehearsal set size. In many studies it has been demonstrated that the most noticeable changes occur from more passive to more active forms of strategy use. By analyzing learning behavior during the various interstimulus intervals, however, we could identify four different memory strategies in our study that were present at different age levels and were used in a variable way even within single trials. The extent of the remainder category (no observable strategy behavior) decreased with age.

In the course of the elementary school years two considerable developmental changes in strategy use were observed. Usage of labeling and cumulative rehearsal showed opposing trends in that the usage of labeling decreased and lost its dominance over all other strategies from the end of grade 3 onward. Usage of cumulative rehearsal, however, increased and was shown to replace labeling as the dominant strategy from grade 3 onward. The observed gradual shift from a passive rehearsal strategy to a more active and sophisticated strategy, like cumulative rehearsal is in accordance with classic observations (Ornstein & Naus, 1978; see also Guttentag et al., 1987). Also in accordance with former research is the revealed increasing effectiveness of cumulative rehearsal (Kunzinger, 1985). In-depth analyses of the observed change, however, yielded some quite surprising results. For example, the dominance of labeling at later sectors (later positions within the trials) somehow contradicts the expectation by Hitch, Halliday, Schaafstal, and Heffernan (1991) that labeling should only occur in the earlier phase of rehearsal strategy use. Also



the suggestion by Ornstein and his colleagues (Ornstein & Naus, 1978; Ornstein, Naus, & Liberty, 1975) that development is to occur via the intermediate step of an extended use of repeated single word rehearsal mismatches our observations: Altogether, in the present study, single word rehearsal usage was minimal, moreover, this strategy type didn't reveal notable changes over the five measurement points.

The fourth classified strategy, association/elaboration, showed a similar pattern to single word rehearsal in that the extent of its usage didn't vary over the five measurement points. In contrast to single word rehearsal, however, it did not have any impact on recall. The observed low-end implementation of association/elaboration at this age seems to be quite predictable from the literature since a sophisticated use of elaboration and other associative strategies has not been reported before adolescence (e.g., Beuhling & Kee, 1987).

In summation, contrary to previous studies regarding free recall, we could observe the coexistence of several strategies throughout the elementary school years with a gradual shift from the poorer strategy of labeling to the more advanced strategy of cumulative rehearsal without a single word rehearsal transitional phase.

#### *Variability in Intratask Behavior and its Developmental Changes*

Beyond the variability in strategy use over the five measurement points we also found intratask variability across the different list positions. More than half of the children involved in the longitudinal sample switched between two or more strategies within each measurement point. Whereas single word rehearsal and association/elaboration did not exhibit large variability over the course of the learning phase, and no observable behavior only showed an apparent shift at the last list position (see discussion below), considerable variability was observed for labeling and cumulative rehearsal. Here, the characteristics of the opposing trends of labeling and cumulative rehearsal that were already apparent as an age related trend, became also evident on a more exact level. Labeling was initially shown to be the dominant strategy across all sectors. At the same time, however, cumulative rehearsal showed pronounced percentages of usage at the primary trial portion and sloping percentages towards the latter trial portions. With increasing age, this pattern of cumulative rehearsal became more explicit and distinct from the pattern of labeling. The more cumulative rehearsal was used at the primary trial portion, the less labeling was observed at these sectors and also the more prolonged the dominance of cumulative rehearsal became, the longer labeling showed low levels of usage. These opposing shifts were

evident for all trials within each measurement point. In addition, the peak of the rehearsal set sizes for the different positions within the trials grew wider and was displaced towards the middle of the trial and beyond. Thus, strategy use in the course of the preparation process for free recall seems to be anything than straightforward. The opposing trends of the percentage curves for the two strategies suggest that children switch during the list learning process from cumulative rehearsal to labeling. More precisely, with increasing age this switching activity seems to occur later within the list learning process. Thus, variability is obvious both in the choice of the strategies and in the quality of using different strategies.

When examining the continuous slope of the labeling and cumulative rehearsal curves one characteristic seems peculiar. For all measurement points, there was an abrupt increase in the use of labeling from the penultimate position to the last position within the lists (range of increase 6.6% - 13.3%), and also an abrupt decrease in the use of cumulative rehearsal between these two positions (range of decrease 7.9% - 13.0%). Since an increase in strategy usage was not only observable for labeling but also for the category “no observable behavior” (range of increase 1.7% - 6.2%), we assume that this kind of behavior might have been strategic, too, but more on a metacognitive/ monitoring level. In two thirds of the cases, the last list item happened to be recalled as the first item. Thus, it is noteworthy to mention that in (far) more than half of these cases, the last list item has been memorized by using labeling or no observable behavior (83%, 58%, 58%, 57%, and 51% at measurement points one through five, respectively). Usage of these low-cost mnemonic strategies at this point during the learning phase may be ascribed to the implementation of a monitoring process focused on imminent recall. This seems to be reasonable, precisely because recall of the last list item, when recalled first, doesn't require intensive strategic activity but rather profits from the end-of-list recency effect (Howard & Kahana, 1999).

### *The Role of Working Memory Capacity*

Clearly, children with higher levels of working memory capacity are apt to capture a larger number of items into a rehearsal set and consequently to make use of cumulative rehearsal. In the present study this relationship was demonstrated from the beginning of the third grade onward. In addition, working memory capacity showed its influence on rehearsal set size. This influence was especially pronounced at the middle list positions, where the peak of the rehearsal set sizes was observed, and it reached its highest level at

the end of grade 4. These findings are consistent with an interpretation provided by Ornstein, Medlin, Stone, and Naus (1985), who claimed that second graders do have some difficulty in retrieving items when they are instructed to learn in an active way. The activation and retrieval, however, of early presented list items is crucial to cumulatively rehearse items. As Ornstein, Naus, and Stone (1977) have demonstrated second grade children could make use of cumulative rehearsal once the to-be-learned items were available. This availability, realized here, with the visibility of the items, highly facilitated the implementation of the active rehearsal strategy. Similarly, Guttentag et al. (1987) demonstrated that development in the composition of cumulative rehearsal sets was dependent on the item-availability. In this study, they used two procedures, one with the items available after their presentation and another one with the items removed after their presentation. Children were classified in terms of (a) using single word rehearsal on both procedures, (b) using cumulative rehearsal on the availability procedure and single word rehearsal on the items removed procedure and (c) using cumulative rehearsal on both procedures. Most of the children who were classified as using the two different strategies, depending on the procedure, were shown to use cumulative rehearsal on both procedures one year later. These results suggest that the high processing demands of cumulative rehearsal are responsible for the low level of usage of this strategy in young children.

In the course of development, however, the increase in working memory capacity seems to alter the tendency to activate information from the knowledge base and to manipulate it. Therefore, in free recall, earlier list items can be activated and may be subsequently integrated into newly constituted rehearsal sets. A recent study by Lehmann, Lingen, and Hasselhorn (2005) could demonstrate for third and fourth grade children that the number of integrations of items into different rehearsal sets during a list learning process was dependent on the level of working memory capacity. This integration was assumed to alter the interrelation of the different list items. Accordingly, it was shown that the number of integrations in different rehearsal sets was highly related to recall.

#### *Implications for the Adaptiveness of Variable Strategy Use*

Adaptive strategy choice and use seems to be a very common phenomenon in children's processing of cognitive challenges. On the one hand, these adaptive choices are found when children have to process tasks that vary in difficulty or in strategic demands, in terms of whether the problems are from an algorithmic and non-algorithmic area (Rittle-

---

Johnson & Siegler, 1999). On the other hand, variable adaptive strategy choices occur due to changes in the children's competences and experiences with specific problems (Lemaire & Siegler, 1995; McGilly & Siegler, 1990) or may also change as a result of developing individual abilities and capacities like working memory capacity.

Lemaire and Siegler (1995) recommended a method for predicting adaptive strategy choice. On the one hand, this method consists of identifying different types of problems on which specific strategies would show their greatest advantages over other strategies. On the other hand, it includes predicting an extensive use of these strategies on the identified problems. Consistently, Lemaire and Siegler (1995) showed an increasing interrelation between the use of retrieval of the solution and percentages of correct results for those problems, in which retrieval was used within a single-digit multiplication task. These results are in accordance with the assumptions made by the adaptive strategy choice model (ASCM; Siegler & Shipley, 1995), which states that strategy choice depends, by and large, on the performance advantage associated with this strategy.

In this regard, a possible explanation for the revealed lack of single word rehearsal usage in the present study might be found within the recall consequences of this strategy. During the main period of its implementation (early elementary school years) extensive use of single word rehearsal is negatively related to recall performance. This in turn should reduce the incitement to increasingly use single word rehearsal or even to use it at all. In addition, we assume the disadvantage of single word rehearsal for recall to be ascribed to the continuous repetition of a just presented item, in that it is a process that charges the phonological short-term memory store. Therefore, more recent information fades which in the end leads to poorer recall performance. In contrast, the usage of labeling or sounding out the to-be-learned items once does not have these negative implications.

However, a positive relationship between the amount of cumulative rehearsal usage and recall was demonstrated in the present study. At the beginning of grade 3 and throughout grade 4, children who were using cumulative rehearsal more extensively were also able to remember more items. This positive relationship, especially at grade 4, suggests that at this point in rehearsal strategy development, children are capable of using cumulative rehearsal in an efficient way. In other words, it is at this age, if not before, that children overcome the developmental stage of utilization deficiency, first highlighted by Miller (1990; Miller & Seier, 1994). Since children are no more utilization deficient in

their use of cumulative rehearsal, they may also be described as adaptive in their strategy choice.

During preparation for free recall, we think that the following sequence of intratask behavior or learning activities takes place: When children start with the first item, they choose among available strategies without the need of considering any restrictions regarding limitations of one's own mental capacities. With increasing number of presented items strategy choice becomes more and more dependent on the learning experience at the preceding list positions. If children succeeded in retrieving items from earlier list portions, seemingly dependent upon the amount of available working memory capacity, this experience of positive performance might strengthen the choice of cumulative rehearsal. This assumption is in accordance with the key concepts of ASCM by Siegler and Shipley (1995; see also Siegler & Lemaire, 1997), in that past performance is assumed to determine the projections for future performance. However, even if children start with a strategy other than cumulative rehearsal, a switch towards this strategy is always possible, and again depends on experience and whether or not the implemented strategy seems to be promising. Finally, if cumulative rehearsal is used during a number of interstimulus intervals, the decision to give this adequate strategy up might occur due to two reasons associated with the available amount of working memory capacity: children either do not have enough resources to integrate earlier presented items with the current item into a cumulative rehearsal set, and/or their working memory capacity is too small to reorganize and implement the same strategy in an alleviated manner. Their subsequent implementation of labeling as demonstrated in the present study does not have such high resource demands and might therefore be used as a starting point for the setup of new cumulative rehearsal sets from this list position onward.

## **4 Resümee unter Einbezug der beiden empirischen Arbeiten**

Nach Siegler (2005; 2006) kann Lernen und Entwicklung im Rahmen der overlapping waves Theorie anhand von 5 Dimensionen beschrieben werden: Pfad der Veränderung, Variabilität, Quelle der Veränderung, Entwicklungsrate und Wirkungsbreite der Veränderung. Diese 5 Dimensionen ermöglichen es Entwicklung aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Im Folgenden werden die Ergebnisse der beiden Veröffentlichungen anhand dieser 5 Dimensionen diskutiert und so versucht das komplexe Bild von Rehearsalstrategien in einem Entwicklungsmodell abzubilden.

### **4.1 Pfad der Veränderung**

Unter dem Pfad der Veränderung versteht man die Abfolge von Verhaltensweisen, die ein Kind vorrangig nutzt bzw. die Abfolge von Repräsentationen und Wissensstadien, während der Strategieentwicklung. Die beiden vorangegangenen Veröffentlichungen konnten nachweisen, dass ein Stufenmodell, in der Form wie es die Studien von Ornstein und Naus (1985; Naus & Ornstein, 1983) nahe gelegt hatten, die Entwicklung von Rehearsal nicht adäquat abbildet. Gleichwohl konnte bestätigt werden, dass der Weg der Wiederholstrategien von überwiegend passivem Wiederholen zu aktivem Wiederholen führt. Die Befunde aus Kapitel 3.1 und Kapitel 3.2 liefern jedoch auch Hinweise dafür, dass es sich nicht um einen geradlinigen Weg handelt. Des Weiteren deuten die Ergebnisse aus Kapitel 3.2 darauf hin, dass die ursprünglich vorgeschlagenen drei Entwicklungsstufen nicht von allen Kindern beschritten werden. Bei den meisten Kindern findet wohl eine Entwicklung direkt von Labeling hin zu Kumulativem Rehearsal statt, ohne den Zwischenschritt des Singulären Rehearsal zu durchlaufen.

Zwei große Einschränkungen der Annahme stufenartiger Entwicklung lassen sich im Kontext der beiden vorgelegten Studien feststellen. Zum einen wurde bisher nur am Rande berücksichtigt, dass qualitative Unterschiede innerhalb der Nutzung der drei Rehearsal-Arten (Labeling, Singuläres Rehearsal und Kumulatives Rehearsal) auftreten können (z.B. Cuvo 1975). So konnte zwar in der Trainingsstudie von Naus et al. (1977) identifiziert werden, dass trainierte DrittklässlerInnen rigidere, d.h. weniger durchmischte, Rehearsal-Sets aufwiesen, diese Befunde wurden allerdings lediglich im Rahmen resultierender Reproduktion diskutiert. Qualitative Unterschiede besonders im spontanen Gebrauch von Kumulativem Rehearsal innerhalb und über verschiedene Altersstufen hinweg wurden jedoch erst in der vorliegenden Arbeit (vgl. 3.1) differenziert analysiert. Dies war

insbesondere durch die Verwendung eines prozesssensiblen Maßes möglich, das es erlaubte Unterschiede im Lernverhalten über die Liste hinweg aufzudecken. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass qualitative Unterschiede im Rehearsal-Verhalten und damit auch deren Entwicklungspfad abhängig sind von zugrunde liegenden Mechanismen, wie dem Metagedächtnis aber insbesondere der Gedächtniskapazität.

Die zweite Einschränkung der Vorstellung eines Stufenmodells ist darin zu sehen, dass quantitative Veränderungen im Sinne der Häufigkeit der Nutzung alter und neuer Strategien nicht berücksichtigt wurden. Die Erkenntnisse über variablen, multiplen Strategiegebrauch (für eine Übersicht, siehe Siegler, 2000) stellen die Betrachtung in Frage, dass sich Kinder von einer Strategie zu einer anderen entsprechend eines „Alles oder Nichts-Mechanismus“ entwickeln. Somit ist anzunehmen, dass Entwicklung eher von der vermehrten Nutzung einer Strategie zu einer vermehrten Nutzung einer anderen Strategie erfolgt. Dadurch kann es zu Kombinationen von Strategien kommen. Diese Kombinationen stellen dabei möglicherweise die beste Lösung für die Kinder dar, da ihnen entweder Alternativstrategien fehlen oder sie aber noch nicht die nötigen Fähigkeiten besitzen, um ausschließlich komplexere Strategien anzuwenden. Die Kombination von Kumulativem Rehearsal und Labeling in Kapitel 3.2 ist ein Beispiel für eine derartige Mischlösung. Neben der Entwicklung zunehmender Nutzung von Kumulativem Rehearsal und abnehmender Nutzung von Labeling konnte eine Besonderheit in der Kombination dieser beiden Strategien festgestellt werden. In der 3. und 4. Klasse wurde Labeling in den Fällen, in denen Kumulatives Rehearsal als dominante Strategie auftrat (d.h. Nutzung mehr als 50%), als zweithäufigste Strategie identifiziert (14%, 13%, 17% und 14% für die Messzeitpunkte 2-5). Entsprechend wurde in den Fällen, in denen Labeling als dominante Strategie auftrat, Kumulatives Rehearsal als zweithäufigste Strategie ermittelt (13%, 12%, 10% und 11% für die Messzeitpunkte 2-5). Eine Möglichkeit Entwicklungspfade abzubilden liegt somit darin, die Reihenfolge zu beschreiben, in der Strategien innerhalb der Entwicklung als dominante Strategien auftreten. Der Differenziertheit der Entwicklung wird man zusätzlich gerecht, wenn man die auftretenden Strategiekombinationen verfolgt. Mit der Einführung des ersten Kriteriums scheint es zudem möglich dem Problem der Bestimmung der Entwicklungsphase des Produktionsdefizits im Rahmen multiplen Strategiegebrauchs zu begegnen<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Das Produktionsdefizit beschreibt eine Entwicklungsphase innerhalb des Strategieerwerbs, in der Kinder in der Lage sind eine bestimmte Strategie anzuwenden, wenn sie dazu instruiert werden. In dieser Entwicklungsphase kommt es jedoch nicht zu spontanem Gebrauch dieser Strategie (Flavell, 1970).

Ergebnisse aus einer Simulationsstudie zu Rechenstrategien von Shrager und Siegler (1998) legen nahe, dass neue Strategien häufig aus Subroutinen bereits bestehender Strategien entstehen. Dabei wird angenommen, dass dieser Konstruktionsprozess leichter fällt, wenn beide Strategien aktuell verwendet werden oder die Konzepte beider Strategien in Grundzügen aktiv sind. Die kombinierte Nutzung von Labeling und Kumulativem Rehearsal unterstützt diese Annahme. Kumulatives Rehearsal kann hierbei als eine Zusammensetzung mehrerer Labelings verstanden werden. Unklar ist noch, ob auch Aspekte von Singulärem Rehearsal bei der Weiterentwicklung von Kumulativem Rehearsal eine Rolle spielen. Die Ergebnisse aus Kapitel 3.2 widersprechen aufgrund der geringen Nutzung von Singulärem Rehearsal eher dieser Vermutung. Allerdings weist eine mehrmalige Wiederholung der verschiedenen Items eines Rehearsal-Sets, also die Wiederholung eines Item-Clusters (McGilly & Siegler, 1989; McGilly & Siegler, 1990) Ähnlichkeiten zu Singulärem Rehearsal auf. Eine noch differenziertere Auswertung von Rehearsal-Sets könnte über den Einfluss mehrmaliger Wiederholungen Aufschluss geben.

## **4.2 Variabilität**

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt erwähnt lässt sich auch Rehearsal als eine Strategie identifizieren, die nicht nach dem „Alles-oder-Nichts-Prinzip“ bei der Nutzung verschiedener Strategien funktioniert. Es ließ sich Variabilität auf mehreren Ebenen feststellen. Die untersuchten Kinder wiesen nicht nur zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedliche Strategien auf, auch innerhalb eines Messzeitpunktes bei der Bearbeitung einer Lernliste zeigte sich starke Variabilität im Lernverhalten. Anhand der Untersuchung der Interstimulusintervalle (im Gegensatz zur durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe) konnte aufgedeckt werden, dass mehr als die Hälfte der Kinder mindestens zwei und bis zu vier qualitativ verschiedene Strategien verwendeten, um die Listenitems zu memorieren (vgl. 3.2). Auch in der Verwendung von Kumulativem Rehearsal ließen sich während des Lernprozesses variable Verhaltensweisen beobachten, die vermutlich dazu dienten, das Lernmaterial zu strukturieren. Trotz des gefundenen variablen Verhaltens war eine klare Entwicklungstendenz zu qualitativ höheren Strategien, bzw. einer besseren Ausführung derselben beobachtbar. Allerdings fanden sich auch Rückschritte hinsichtlich strategischen Verhaltens (vgl. 3.2). Zu allen Messzeitpunkten zeigten Kinder in der dritten und ersten Lernliste weniger fortschrittliches Verhalten als in der zweiten Lernliste. Auch Guttentag et al. (1987) bzw. Ornstein et al. (1977b) hatten bei Grundschulkindern Veränderungen zu weniger reifen Strategien beobachten können. Dies macht deutlich wie labil der Gebrauch einer komplexen Rehearsal-Strategie in dieser Altersstufe ist.



Dynamische System-Theorien gehen davon aus, dass ein System sich dann ändert, wenn es zuvor instabil wird (Fischer & Bidell, 1998; Hosenfeld et al., 1997). Wenn Variabilität ein Symptom dafür ist, dass sich ein System ändert, kann der gesamte Altersabschnitt vom Ende der zweiten Klasse bis zum Ende der vierten Klasse als eine Übergangsphase zu reifem aktivem Strategiegebrauch angesehen werden. Variabilität in strategischem Verhalten muss also auch selbst als variabel beschrieben werden. Siegler und Svetina (2002) konnten bei Kindern feststellen, die Ergänzungsaufgaben einer Matrix lösen mussten, dass diese nach einer stabilen Phase, in der sie eine ungeeignete Strategie verwendet hatten in eine Phase kamen, in der sie viele verschiedene Strategien verwendeten und schließlich eine fortgeschrittene Strategie über einen längeren Zeitraum beibehielten. Betrachtet man den Untersuchungszeitraum der in den Kapiteln 3.1 und 3.2 berichteten Untersuchungen, so scheinen Kinder sich hier in einer Phase zu befinden, in der sie sich kontinuierlich von einer überwiegenden Nutzung von Labeling hin zu einer überwiegenden Nutzung von Kumulativem Rehearsal bewegen. Variabilität zwischen Kindern kann dabei zum einen durch zugrunde liegende Mechanismen strategischen Verhaltens (wie Metagedächtnis und Gedächtniskapazität) entstehen als auch durch das Ausmaß an Erfahrung und schließlich dem Alter der Kinder (siehe Kapitel 1.2.2).

Ein wichtiger Aspekt variablen Strategieverhaltens ist der der Strategiewahl. Kinder passen dabei ihr strategisches Verhalten der Aufgabenschwierigkeit, ihren Erfahrungen mit bestimmten Strategien und Aufgaben, ihren eigenen Kompetenzen oder den Anforderungen an, die bestimmte Strategien an die Ressourcen der Kinder stellen (z.B. Lemaire & Siegler, 1995; Guttentag, 1984). Die Kinder verhalten sich infolgedessen in ihrer Strategiewahl adaptiv. Ein Modell, das adaptive Strategiewahl beschreibt und anhand dessen sich auch die Strategiewahl von Rehearsal vorhersagen lässt, ist das „adaptive strategy choice model“ (ASCM) von Siegler und Shipley (1995). ASCM geht dabei von drei Grundannahmen bezüglich der Strategiewahl aus: (a) Information, die über den Einsatz einer bestimmten Strategie in der Vergangenheit gemacht wurde, wird gespeichert und für die zukünftige Strategiewahl verwendet; (b) die Strategiewahl ist hauptsächlich dadurch bestimmt, welche Leistungskonsequenzen eine bestimmte Strategie hatte und infolgedessen durch die projizierte Erwartung eines Strategieeinsatzes bei anderen Aufgaben; (c) Strategien werden je nach ihrer Stärke ausgewählt, die sich aus der Genauigkeit und Geschwindigkeit bei der Aufgabenlösung bestimmt. Je vertrauter Aufgabe und Strategie sind, desto eher spielen die Merkmale dieser beiden bei der Strategiewahl eine Rolle. Die Qualität strategischen Verhaltens (vgl. 3.1), kann insofern als

adaptiv bezeichnet werden, als die Kinder es durch die listenpositionsspezifischen Wiedereinbindungen erreichten, der ungruppierten, unstrukturierten Aneinanderreihung von Wörtern im Rahmen einer Free Recall Aufgabe, eine subjektive Struktur zu verleihen. Neben dieser Strukturierung boten die Wiedereinbindungen von Items, als „Reproduktionen im Kleinen“, den Kindern ein Feedback über die Leistungskonsequenzen dieser Wiedereinbindung in neue Rehearsal-Sets. Dass diese Strukturierung sich auch in der Reproduktionsphase niederschlug, kann zusätzlich die Stärke Kumulativen Rehearsals für eine zukünftige Strategiewahl erhöht haben. Ähnliche Mechanismen sind in Kapitel 3.2 zu beobachten, in der sich ab der dritten Klasse die Wahl Kumulativen Rehearsals fast durchgängig in einer guten Reproduktionsleistung niederschlug. In beiden Fällen konnte also eine Überwindung des Nutzungsdefizits beobachtet werden. In beiden Fällen wurde aber auch deutlich, dass sich nicht nur das strategische Verhalten über die Zeit veränderte, sondern auch Prozesse und Mechanismen, die den Gedächtnisstrategien zugrunde liegen, und die für die Variabilität und Stabilität und somit für die Veränderungen im Strategiegebrauch verantwortlich sind.

### **4.3 Quelle der Veränderung**

In den letzten beiden Abschnitten wurde deutlich, dass Rehearsal-Strategien sich im Laufe der Kindheit verändern und entwickeln. Diese Veränderungen sind aber nicht allein darauf zurückzuführen, dass Kinder älter werden. Stattdessen muss ein gesamtes System berücksichtigt werden, um Entwicklungsveränderungen verfolgen zu können. D.h. Veränderungen in einzelnen Fertigkeiten sind entweder auf Veränderungen in anderen Mechanismen zurückzuführen oder aber sie wirken selbst auf diese Mechanismen und Prozesse. Im Hinblick auf Veränderungen bei den Rehearsal-Strategien scheinen besonders drei Aspekte von Bedeutung zu sein: die Gedächtniskapazität, die Erfahrung mit bestimmten Aufgaben und Strategien und das aufgabenspezifische Metagedächtnis.

#### **4.3.1 Gedächtniskapazität**

Wie in Kapitel 1.2.1 berichtet hatten Ornstein et al. (1985) bzw. Guttentag et al. (1987) gezeigt, dass unter unterstützenden Bedingungen bei einer Free Recall Aufgabe die Wahrscheinlichkeit steigt Kumulatives Rehearsal zu zeigen und dass unter diesen Bedingungen mehr Items gemeinsam memoriert werden. Die AutorInnen interpretierten die Ergebnisse dahingehend, dass die Verarbeitungsanforderungen, die bei Kumulativem Rehearsal durch die Notwendigkeit, zuvor präsentierte Items abzurufen und sie in Rehearsal-Sets einzubinden, bei normaler Präsentation für manche Kinder zu hoch

gewesen waren. Sie vermuteten, dass der Mangel an mentalen Ressourcen dafür verantwortlich war, dass Kinder die Strategie nicht zeigten. In den Kapiteln 3.1 und 3.2 wurde sowohl strategisches Verhalten als auch der Einfluss der Gedächtniskapazität auf die Strategieproduktion untersucht. Es stellte sich heraus, dass die Gedächtniskapazität der stärkste Einflussfaktor bei der Produktion von Kumulativem Rehearsal war. Dies traf ab Beginn der dritten Klasse sowohl für qualitativ höher ausgeprägtes Kumulatives Rehearsal zu, als auch für den Anteil Kumulativen Rehearsals am gesamten strategischen Verhalten. Eine hohe Arbeitsgedächtniskapazität ermöglicht, dass zuvor präsentierte Items aktiviert werden können und im Sinne eines „mini-recalls“ in die Rehearsal-Sets eingebunden werden. Erst diese Aktivierung sorgt dafür, dass mehrere Items gemeinsam memoriert werden können und es zu Kumulativem Rehearsal kommt. Eine hohe Arbeitsgedächtniskapazität kann somit als notwendige Bedingung für den Gebrauch von Kumulativem Rehearsal angesehen werden.

#### **4.3.2 Erfahrung**

Eng verbunden mit der Arbeitsgedächtniskapazität ist die Erfahrung, die Kinder mit bestimmten Aufgaben und den zu verwendenden Strategien gemacht haben (z.B. Adolph, 1997). Wenn eine Aufgabe für Kinder neu ist, und sie nicht auf Erfahrungen mit ähnlichen Aufgaben zurückgreifen können, oder sie die Strategien, die bei dieser Art von Aufgabe angemessen sind, nicht in einer automatisierten Weise anwenden können, ist ein erhöhtes Maß an mentalen Ressourcen erforderlich (Howe & O’Sullivan, 1990). In Kapitel 3.2 wurde deutlich, dass ViertklässlerInnen, die die Aufgabe zum ersten Mal bearbeiteten bezüglich der Anteile fortgeschrittenen Strategieverhaltens einen Entwicklungsrückstand von ca. einem Jahr auf die Kinder aufwiesen, die diese Aufgabe bereits mehrere Male bearbeitet hatten<sup>5</sup>. Die prozentuellen Kurvenverläufe der Strategien offenbarten hingegen grundsätzlich gleiche Tendenzen im strategischen Verhalten. Im Sinne der Vorhersagen von ASCM (Siegler & Shipley, 1995) ist anzunehmen, dass sich das Strategieverhalten der Kinder aus der querschnittlichen Untersuchung bei wiederholten Bearbeitungen der Aufgabe dem Entwicklungsstand der Längsschnittgruppe angenähert hätte. Schließlich sollten Erfahrungen, die alte Strategien schwächen auch dazu führen, dass neue Strategien entdeckt und zunehmend intensiver verwendet werden.

---

<sup>5</sup> Die beiden Gruppen unterschieden sich allerdings nicht bedeutsam in ihrer Arbeitsgedächtniskapazität.

### 4.3.3 Metagedächtnis

Auf die Anwendung von aktivem Rehearsal scheint das Metagedächtnis ebenfalls einen starken Einfluss zu haben. So fand sich in Kapitel 3.1 zu allen drei Messzeitpunkten ein Einfluss des Metagedächtnisses auf die Rehearsal-Set-Größe. Zusätzlich ließ sich nachweisen, dass eine hohe Metagedächtnisausprägung am Ende der dritten Klasse wenigstens zu Beginn der Liste mitverantwortlich für ein qualitativ hoch anzusiedelndes Rehearsal-Verhalten war. Crowley et al. (1997), gehen davon aus, dass langsamere metakognitive Mechanismen und schnellere assoziative Mechanismen in einem Wettstreit bei der Strategiewahl stehen. Assoziative Mechanismen sind dabei gekennzeichnet durch implizites Wissen, das durch die Stärke der Beziehung zwischen dem auszuführenden Verhalten und den Merkmalen der Aufgabe und vorhergehenden Resultaten gekennzeichnet ist. Da die Gedächtniskapazität die notwendige Voraussetzung für die Anwendung von Kumulativem Rehearsal ist, kommt der zusätzliche Einfluss des Metagedächtnisses nur zum Vorschein, wenn diese anderen Mechanismen nicht stark genug sind oder mentale Ressourcen frei sind. Möglicherweise zeigte sich die Wirkung des Metagedächtnisses gerade am Anfang der Liste, weil zu diesem Zeitpunkt innerhalb der Lernphase eher die Strategiewahl im Vordergrund steht. Da die mentalen Anforderungen an Kumulatives Rehearsal zu Beginn der Liste niedriger sind, stehen somit eher hier als später im Lernprozess Ressourcen für metakognitive Mechanismen neben der aktiven Strategieausführung zur Verfügung. Mit zunehmender Informationsmenge müssen diese Ressourcen dann vorrangig assoziativen Mechanismen zugeteilt werden.

## 4.4 Rate und Wirkungsbreite der Veränderung

Die Rate der Veränderung erfasst, wie viel Zeit oder Erfahrung notwendig ist, um eine bestimmte Strategie zu erwerben. Unter der Wirkungsbreite der Veränderung versteht man zum einen, ob Transfer bestimmter Strategien oder Prozesse auf andere Aufgaben oder Anforderungen stattfindet. Zum anderen kann die Wirkungsbreite aber auch beinhalten, wie Erfahrungen aus verschiedenen Bereichen in ein komplexeres Verständnis integriert werden können, damit Lernen geschieht. Wie schon im Zusammenhang mit dem Pfad der Veränderung, der Variabilität und den Quellen der Veränderung deutlich geworden ist, greift eine ausschließliche Betrachtung der Entwicklungsveränderungen des Lernverhaltens zu kurz. Will man Modifikationen von Rehearsal beschreiben, muss man auch immer die Modifikationen des gesamten Systems identifizieren. Dabei können diese Veränderungen als Interaktion verschiedener Mechanismen, Verhaltensweisen und Repräsentationen und deren Entwicklung verstanden werden. Dies gilt auch für die Rate

der Veränderung und die Wirkungsbreite, wobei diese beiden Dimensionen dadurch verbunden sind, dass mit jeder neuen Anforderungserfahrung die Breite wächst und sich die Kinder einem reifen Strategieverbrauch annähern. Anforderungserfahrungen führen dazu, dass sich das aufgaben- und strategiespezifische Metagedächtnis entwickelt. Je häufiger neue Erfahrungen beim Einsatz von Strategien gemacht werden, desto elaborierter wird das deklarative Metagedächtnis und desto gezielter kann im Gegenzug strategisches Verhalten eingesetzt werden. Besonders deutlich konnte dieser bidirektionale Zusammenhang für die Organisationsstrategien aufgezeigt werden. In diesem Zusammenhang hat Hasselhorn (1995) ein integratives Rahmenmodell zur Emergenz fortgeschrittenen strategischen Verhaltens aufgestellt, das dazu geeignet ist, Erklärungsmuster für die Rate und Wirkungsbreite von Rehearsal zu liefern. Dieses Modell betrachtet vor allem die qualitativen Veränderungen der Kontrollprozesse beim Enkodieren und Abrufen von Information. Dabei werden diese Veränderungen hauptsächlich zurückgeführt auf Veränderungen in der Entwicklung des deklarativen Metagedächtnisses im Alter zwischen 8 und 10 Jahren (Hasselhorn & Grube, 2006). Ursprünglich war dieses Modell aufgrund von Befunden zum kategorialen Organisieren entstanden. Jedoch scheint es seine Gültigkeit auch im Bereich der Entwicklung von Rehearsal-Strategien zu besitzen. Die Variabilität in den Rehearsal-Strategien und der zunehmende Gebrauch des fortgeschrittenen Kumulativen Rehearsal fallen genau in den Zeitraum, in dem die Veränderungen im deklarativen Metagedächtnis stattfinden. In dieser Zeit machen Kinder bei der Bearbeitung der Free Recall Aufgabe Erfahrungen mit den verschiedenen Rehearsal-Strategien und lernen die Effektivität der unterschiedlichen Strategien kennen. Vergleicht man die Rehearsal- und Organisationsstrategien findet sich jedoch meist, dass sich Rehearsal langsamer entwickelt (Schlagmüller & Schneider, 2002) und die zugrunde liegenden Mechanismen unterschiedlich starken Einfluss auf die beiden Strategien ausüben. Bei Sort Recall Aufgaben gibt vor allem das aufgaben- und strategiebezogene Metagedächtnis den Ausschlag dafür, dass Kinder das zu lernende Material während der Memorierphase sortieren (Hasselhorn, 1995). Hier wiesen Schlagmüller und Schneider (2002) zum einen einen Zusammenhang zwischen dem metakognitiven Wissen über die Organisationsstrategie und dem Gebrauch dieser Strategie bei 8- bis 11-jährigen Kindern nach. Zum anderen stellten sie fest, dass ein Strategiewechsel zur Organisationsstrategie abrupt erfolgte. Bei den Rehearsal-Strategien konnte zwar gezeigt werden, dass metakognitive Komponenten beim Einsatz Kumulativen Rehearsals eine Rolle spielen

(vgl. 3.1), jedoch erwies sich die Gedächtniskapazität als bedeutsamerer Einflussfaktor für Entwicklungsveränderungen.

Organisationsstrategie und Rehearsal scheinen sich dadurch zu unterscheiden, dass eine Anwendung der Organisationsstrategie zu einer Ressourcenlimitierung führt, bei dem Gebrauch von Kumulativem Rehearsal jedoch über den gesamten Lernprozess hohe mentale Ressourcen aufgewendet werden müssen. Cox, Ornstein, Naus, Maxfield und Ziemler (1989) zeigten, dass die Möglichkeit Items zu sortieren zur Folge hatte, dass DrittklässlerInnen, die bereits in der Lage waren Kumulatives Rehearsal zu zeigen, größere Rehearsal-Sets bildeten. Dies lässt vermuten, dass die Möglichkeit der Strukturierung des Lernmaterials auch zu einer Reduzierung der mentalen Anforderung führt, was sich wiederum in aktiverem Rehearsal-Verhalten niederschlagen kann. Während bei einer Sort Recall Aufgabe oder bei einer Free Recall Aufgabe mit Sortiermöglichkeit die Anwendung einer Organisationsstrategie schon im wahrsten Sinne des Wortes die „halbe Miete“ des Lernprozesses darstellt bringt die Anwendung von Kumulativem Rehearsal mehrere Schwierigkeiten mit sich. Erstens muss erkannt werden, dass Kumulatives Rehearsal die fortgeschrittenste Rehearsal-Strategie darstellt und zweitens muss Kumulatives Rehearsal-Verhalten zu seinem Gelingen ständig erneuert werden. Dafür ist neben dem kontinuierlich hohen Einsatz mentaler Ressourcen für die Strategieranwendung auch ein ständiger Enkodierungsprozess bei der Itempräsentation notwendig. Möglicherweise manifestieren sich diese beiden Schritte in ihrer Ausprägung jedoch nicht gleichzeitig im Metagedächtnis. Das Wissen über die Nützlichkeit von Kumulativem Rehearsal entsteht wohl schon früher (vgl. 3.1) und kann dazu führen, dass Kumulatives Rehearsal gerade bei den Anfangsitems einer Liste angewendet wird. Es kann in seiner hohen Ausprägung außerdem zu größeren Rehearsal-Sets führen und Einfluss auf die Qualität Kumulativen Rehearsals haben. Allerdings kann die Limitierung der mentalen Ressourcen dazu führen, dass das Kumulative Rehearsal ab einer gewissen Informationsmenge mitten im Lernprozess abbricht. Wenn in diesem Fall kein Wissen darüber vorhanden ist, wie ein Lernprozess aktiv weiterzuführen ist, wird Kumulatives Rehearsal nicht wieder aufgenommen. Falls dies geschieht, wird auch keine Erfahrung mit der Möglichkeit der Ausweitung Kumulativen Rehearsals gemacht und infolgedessen kein Wissen darüber im Metagedächtnis aufgebaut. Dieses Wissen baut sich erst nach und nach auf, wobei dieser Prozess von einer Automatisierung des strategischen Verhaltens abhängt und von dadurch parallel zunehmend frei werdenden Ressourcen. Sobald allerdings Wissen über die Notwendigkeit und Möglichkeit der Aufrechterhaltung Kumulativen Rehearsals über den

gesamten Listenprozess hinweg vorhanden ist, sollte sich dieses Wissen, gepaart mit den verfügbaren mentalen Ressourcen in einem die gesamte Lernphase ausfüllenden Kumulativen Rehearsal äußern. Möglicherweise ist die Kombination dieser beiden sich langsam aufbauenden zugrunde liegenden Prozesse verantwortlich für die langsame Entwicklung Kumulativen Rehearsals.

## **5    Entwicklungsanalyse der Reproduktionskonsequenzen von Rehearsal**

Wie unter anderem auch die Befunde aus den Kapiteln 3.1 und 3.2 andeuteten, zeigen Strategien wie Rehearsal ihre Qualität und Besonderheiten oft erst wenn Individuen reproduzieren sollen, was sie zuvor gelernt haben (Schneider & Pressley, 1997; Waters & Andreasen, 1983). Die Reproduktionscharakteristika beim Einsatz von Rehearsal spielen seit Beginn der Untersuchung dieser Gedächtnisstrategie eine große Rolle. Hauptsächlich wurden sie dazu verwendet Informationen über das Lernverhalten zu gewinnen und Rückschlüsse über Speicher- und Abrufprozesse ziehen zu können. Im diesem Kapitel werden traditionelle Interpretationen der Merkmale des Erinnerns und neue Befunde aus der Allgemeinen Kognitionsforschung erörtert.

### **5.1    Forschungshintergrund der Reproduktionskonsequenzen von Rehearsal**

In den Studien der Arbeitsgruppe um Ornstein und Naus (1985; Naus & Ornstein, 1983) galt den seriellen Positionskurven<sup>6</sup> besonderes Augenmerk. Diese geben an, mit welcher Wahrscheinlichkeit die jeweiligen Items bestimmter Listenpositionen reproduziert werden. Man nahm an, dass aktives Rehearsal für den Primacy-Effekt verantwortlich sei, also für eine erhöhte Reproduktionsleistung der Wörter vom Anfang einer zu lernenden Liste. Primacy-Effekte waren bei spontanem, uninstruiertem aktiven Lernverhalten frühestens ab dem achten bis zehnten Lebensjahr zu erwarten (Schneider & Pressley, 1997). Passives Rehearsal, im Sinne von Labeling und Singulärem Rehearsal (Hagen & Kingsley, 1968; Hagen et al., 1970), sollte hingegen zu niedrigen Reproduktionswahrscheinlichkeiten bei Primacy-Items und Items aus der Mitte der Liste führen. Die Form der Positionskurven war für die Arbeitsgruppe um Ornstein somit immer ein Indiz dafür, ob Kinder aktives Rehearsal angewendet hatten oder nicht, bzw. ob es qualitative Unterschiede bezüglich des aktiven Rehearsal gegeben hatte (Ornstein et al., 1977b; Ornstein & Naus, 1983). Neben der Analyse von spontanem Rehearsal-Verhalten dienten vor allem Trainingsstudien dazu, herauszufinden, welche Besonderheiten aktives Rehearsal aufweisen muss, damit es zu einer guten Erinnerungsleistung und zu dem aufgedeckten Primacy-Effekt kommt. Die bereits erwähnte Trainingsstudie von Ornstein et al. (1977b) erreichte bei ZweitklässlerInnen mit der Instruktion, viele Items gemeinsam zu

---

<sup>6</sup> Serielle Positionskurven beschreiben die Reproduktionswahrscheinlichkeit der verschiedenen Listenitems in Abhängigkeit von der jeweiligen Listenposition.



lernen, erhöhte Werte im Primacy-Bereich. Die Reproduktionsleistung, besonders im Primacy-Bereich, befand sich bei den trainierten jüngeren Kindern allerdings nicht auf dem Niveau der spontan wiederholenden, oder der zu aktivem, viele Items umfassenden Lernverhalten aufgeforderten SechstklässlerInnen. Um den direkten Zusammenhang von Lernverhalten und Reproduktion zu bestimmen, setzten Ornstein und Naus (1983) eine Technik ein, die das „Lernverhalten“ festlegte. Es wurden unterschiedliche Rehearsal-Protokolle vorgegeben, die verschiedene Arten des Lernens umsetzten: 1-2 Items, 3 Items jeweils mehrmals wiederholt, 3 Items als Gruppe wiederholt, 4 Items jeweils mehrmals wiederholt, 4 Items als Gruppe wiederholt und 6-7 verschiedene Items in einem Rehearsal-Set. Diese Lernprotokolle sollten von Studierenden im Sinne festgelegten Lernverhaltens laut gelesen werden. Es zeigte sich, dass die Reproduktionsleistung am besten war, wenn viele Items gemeinsam „gelernt“ wurden. Dieser Effekt war unabhängig davon, ob 3, 4 oder 6-7 Items gemeinsam gelernt wurden, und wurde ebenfalls nicht davon beeinflusst, ob bei den 3er- oder 4er-Sets die Items einzeln oder als Gruppe mehrmals wiederholt worden waren. Zu einem ähnlichen Ergebnis war auch Cuvo (1975) in seiner Studie gekommen. Er stellte fest, dass neben einer gewissen minimalen Anzahl an Wiederholungen pro Item zwei Aspekte aktiven Rehearsals dafür verantwortlich waren, dass ältere Kinder oder auch Erwachsene bessere Reproduktionsleistungen und die ausgeprägten Primacy-Effekte aufwiesen. Dabei handelte es sich zum einen um die Rehearsal-Set-Größe. Nach Cuvo (1975) führt eine umfangreiche Rehearsal-Set-Größe dazu, dass viele verschiedene Items in Verbindung miteinander gelernt werden und somit eine Art subjektiver Organisation stattfindet. Darüber hinaus erwies sich der Wiedereinbezug früherer Items in spätere Rehearsal-Sets für die gefundenen Effekte verantwortlich. Dieser Wiedereinbezug hat zum einen zur Folge, dass die Items längere Zeit im Kurzzeitspeicher verfügbar bleiben, zum anderen, dass diese Items mit verschiedenen anderen Items verbunden und assoziiert werden können.

Die hohen Reproduktionswahrscheinlichkeiten für den Primacy-Bereich aber auch für den Recency-Bereich lassen sich bei Free Recall Aufgaben nach der *dual-store Theorie* (z.B. Atkinson & Shiffrin, 1968; Raaijmakers & Shiffrin, 1981) erklären. Der Befund des U-förmigen Verlaufs der Positionskurven hat dazu geführt, dass Free Recall als eine Aufgabe bestehend aus zwei Komponenten (Kurzzeitgedächtnis/KZG und Langzeitgedächtnis/LZG) angesehen wird (Ward, 2002). Dabei wird der Recency-Effekt auf den relativ einfachen Abruf der letzten Listenitems aus dem limitierten KZG zurückgeführt, der Primacy-Effekt auf den Abruf aus dem LZG. Der Abruf aus dem LZG

---

scheint abhängig zu sein von der assoziativen Stärke der Listenitems mit verschiedenen Abruf-Cues (Raaijmakers & Shiffrin, 1981; Shiffrin, 1970).

## 5.2 Offene Fragen als Grundlage für Untersuchung 3

Die Untersuchung der Reproduktionskonsequenzen von Rehearsal bzw. seiner Unterformen fand bisher hauptsächlich anhand von seriellen Positionskurven statt. Diese seriellen Positionskurven geben Auskunft darüber, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein Item von einer bestimmten Listenposition erinnert wird. Die Reproduktion der Items vom Listenanfang wird dabei auf einen Abruf aus dem Langzeitgedächtnis, die Reproduktion der Items vom Listenende auf einen Abruf aus dem Kurzzeitgedächtnis zurückgeführt. Aktives Rehearsal scheint in diesem Zusammenhang dafür verantwortlich zu sein, dass Items vom Listenanfang in den Langzeitspeicher überführt werden.

Serielle Positionskurven stellen aber lediglich das Endprodukt eines Reproduktionsprozesses dar. In diesem Reproduktionsmaß sind jedoch nicht die Dynamiken des Abrufverhaltens, Reproduktionsabfolgen oder mögliche Unterschiede in den Abrufprozessen enthalten.

Befunde von Cuvo (1975) und auch aus Kapitel 3.1 legen nahe, dass die Lernprozesse in Free Recall Aufgaben Entsprechungen im Abrufverhalten aufweisen. Ein Hauptaugenmerk gilt dabei den Assoziationen zwischen Items. Diese können, wie die Ergebnisse aus der Studie von Cuvo (1975) nahe legen, durch Wiedereinbindungen eines Items in folgende Rehearsal-Sets entstehen. Wenn durch Rehearsal gebildete Interitemassoziationen tatsächlich für eine bessere Reproduktionsleistung sorgen, so sollten sich Assoziationen auch im Reproduktionsverhalten in Form beobachtbarer Abrufsequenzen dieser assoziierten Items niederschlagen. Untersuchungen von Kahana (1996; Howard & Kahana, 1999) legen tatsächlich nahe, dass jedes Item bei seiner Reproduktion als Abruf-Cue für folgende Reproduktionen dienen kann. In dem Ansatz von Howard und Kahana (1999) spielen besonders kontextuelle Parallelen während der Lern- und Abrufphase eine entscheidende Rolle.

Untersuchung 3 ging somit der Frage nach, ob sich im Rahmen einer Free Recall Aufgabe Besonderheiten in der Abrufreihenfolge der Listenitems ergeben und ob sich diese im Laufe der Entwicklung verändern. Dabei lag der Fokus besonders auf der Identifizierung von möglichen Kontiguitäten beim Abruf von zuvor memorierten Items. Zusätzlich wurde der Zusammenhang zwischen qualitativen und quantitativen Ausprägungen strategischen Verhaltens, wie sie in den Kapiteln 3.1 und 3.2 gefunden

werden konnten, und den Charakteristika der Reproduktionsprozesses analysiert. Die Grundlage dieser Studie bildeten erneut die Daten der längsschnittlich untersuchten Kinder deren Befunde bereits in den beiden vorherigen Analysen diskutiert wurden (vgl. Kapitel 3.1 und 3.2)

### **5.3 Untersuchung 3: Reproduktionscharakteristika bei einer Free Recall Aufgabe und deren Zusammenhang mit Rehearsal: Längsschnittliche Entwicklungsanalysen**

Die Untersuchungen von Ornstein und Naus (1985; Naus & Ornstein, 1983) zu qualitativen Unterschieden im Rehearsal-Verhalten konnten zeigen, dass Kinder mit zunehmendem Alter in der Lage sind, Kumulatives Rehearsal zu nutzen. Gleichzeitig fand man, dass sich mit der Zunahme des Kumulativen Rehearsals auch die Charakteristika der seriellen Positionskurven änderten. Im Rahmen des Multispeicher Modells ging man davon aus, dass der bei älteren Kindern gefundene U-förmige Verlauf der seriellen Positionskurven auf zwei Mechanismen zurückzuführen sei. Dabei sollte der Recency-Effekt aus der direkten Reproduktion von Items aus einem leicht zugänglichen, kapazitätsbegrenzten KZG resultieren. Der Primacy-Effekt sollte hingegen die Vorteile des Kumulativen Rehearsals darstellen, das für die Einspeicherung von Items vom Beginn der Liste in das LZG verantwortlich gemacht wurde (z.B. Naus et al., 1977; Ornstein et al., 1977b). Der Abruf aus dem LZG schien infolgedessen abhängig zu sein von der assoziativen Stärke der Listenitems (Raaijmakers & Shiffrin, 1981; Shiffrin, 1970). Das Ausbleiben eines Primacy-Effektes wurde darauf zurückgeführt, dass die Items aufgrund passiven Wiederholens nicht in den Langzeitspeicher übertragen würden und somit auch nicht aus ihm abgerufen werden könnten.

Demgegenüber stehen Ansätze, die stärker die Prozesskomponenten des Lernverhaltens in den Vordergrund rücken und die Effekte aktiven Rehearsal-Verhaltens hervorheben. Rehearsal wird dabei als eine Strategie gesehen, die helfen kann, Lernmaterial zu strukturieren, oder es für einen späteren Abruf aktiv zu halten. Auf der anderen Seite werden Parallelen im Lernen und im Abruf diskutiert, wobei sowohl kontextuelle Aspekte, als auch die zugrunde liegenden Prozesse eine Rolle spielen. Rundus (1971) konnte beispielsweise nachweisen, dass die Items vom Listenanfang weit häufiger wiederholt wurden, als Items aus dem späteren Listenverlauf, und dass dieses selektive Wiederholverhalten in einem ausgeprägten Primacy-Effekt resultierte (siehe auch Cuvo, 1975). Die Ergebnisse der Untersuchungen in denen Kinder passives Wiederholverhalten aufwiesen, d.h. Anfangsitems nicht häufiger wiederholt wurden als andere Listenitems, und in denen sich anschließend kein Primacy-Effekt zeigen ließ, können somit auch im Sinne eines fehlenden selektiven Rehearsals interpretiert werden. Brodie (1975; Brodie & Murdock, 1977) wies einen Zusammenhang von Primacy- und Recency-Effekt nach. Wenn Items vom Listenende aufgrund des leichten Zuganges zum KZG gut erinnert werden

sollten, so nahm er an, müsste das auch auf Items zutreffen, die sich in Rehearsal-Sets, die zum Listenende gebildet werden, befänden. Brodie (1975) entwickelte ein Maß, das es erlaubte diese Besonderheit von Rehearsal-Verhalten zu analysieren. Dabei wurden die Listenitems danach sortiert, wann sie zuletzt wiederholt worden waren. Daraus ergaben sich so genannte funktionale Positionskurven. Diese funktionalen Positionskurven wiesen keinen Primacy-Effekt mehr auf, dafür aber einen ausgeprägten Recency-Effekt, d.h. die Aktivierung der Anfangsitems wurde über den gesamten Listenverlauf bis zum Listenende ausgedehnt. Neben der Transformation der seriellen Positionskurven in funktionale Positionskurven, scheint auch die Analyse des letzten Rehearsal-Sets zu einem Verschwinden des Primacy-Effektes zu führen (Tan & Ward, 2000). In sieben umfassenden Studien konnten Tan und Ward (2000) zeigen, dass sowohl die Anzahl an Wiederholungen, deren Verteilung über die Liste und auch deren Erscheinen in späten Rehearsal-Sets die Wahrscheinlichkeit der Reproduktion von Items erhöht.

Die bisher ausgeführten Ansätze befassten sich mit den Leistungskonsequenzen spezifischen Lernverhaltens und hoben dabei den Einfluss aktiven Rehearsals in der Lernphase hervor. Dieser Beschreibung aktiven Verhaltens stand jedoch zumeist eine statische Betrachtung der Reproduktionskonsequenzen gegenüber. Da die seriellen und funktionalen Positionskurven nur Reproduktionswahrscheinlichkeiten behandeln, unabhängig von der Reproduktionsreihenfolge, lassen sich anhand dieser Maße keine Rückschlüsse über mögliche Abrufprozesse und -dynamiken ziehen. Informationen über die Reproduktionsreihenfolge sind jedoch insofern von Bedeutung, da sie auch Informationen über mögliche Abrufmechanismen geben können.

Howard und Kahana (1999; Kahana, 1996) konnten zeigen, dass zeitlich bedingte Interitemassoziationen einen starken Einfluss auf die Reproduktionsreihenfolge haben. Dies äußerte sich dadurch, dass Items, die in der Lernliste nacheinander präsentiert worden waren, eine erhöhte Wahrscheinlichkeit aufwiesen auch nacheinander reproduziert zu werden. Im Vergleich dazu wiesen Items von weiter auseinander liegenden Listenpositionen eine geringere Wahrscheinlichkeit auf, nacheinander reproduziert zu werden. Sie bezeichneten dieses Phänomen als *lag recency Effekt*. Der Recency-Effekt, den man am Ende einer Liste antrifft, beruht darauf, dass Itempräsentationen, bzw. –wiederholungen am Ende der Lernliste eine hohe Aktivierungsstärke besitzen. Die anschließend als erste reproduzierten Items sind die Folge dieser Stärke. Im Unterschied dazu bezieht sich der lag recency Effekt auf die Nähe bzw. Assoziationsstärke zwischen zwei nacheinander reproduzierten Items, wobei das zuerst reproduzierte Item als

Ausgangspunkt gesehen wird. Erhoben wird der lag recency Effekt anhand der bedingten Antwort-Wahrscheinlichkeit (*BAW*). Diese beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mit der Items, die in der Lernliste einen bestimmten Listenpositions-Abstand (*lag*) innehaben, in der Reproduktionsphase nacheinander reproduziert werden. Die *BAW*-Kurven weisen dabei eine sehr charakteristische Form auf. Um den Ausgangspunkt des soeben reproduzierten Items besitzen direkt nachfolgende Reproduktionen mit geringen Abständen (*lag* von +1 oder -1) hohe Reproduktionswahrscheinlichkeiten. Diese Wahrscheinlichkeiten sinken mit zunehmend größerem Abstand ( $\text{lag} < -1$  oder  $\text{lag} > +1$ ). Kahana (1996) konnte für *BAWs* anhand von Reanalysen der Daten einiger groß angelegter Studien (Murdock, 1962; Murdock & Metcalfe, 1978; Murdock & Okada, 1970) drei grundlegende Charakteristika feststellen: (a) Nachdem ein bestimmtes Wort reproduziert wird, stammt das nächste reproduzierte Wort mit einer hohen Wahrscheinlichkeit von der Nachbarposition dieses Wortes; (b) es besteht eine Asymmetrie hinsichtlich dieser erhöhten Wahrscheinlichkeit: Reproduktionen von ursprünglich folgenden Listenitems sind wahrscheinlicher als Reproduktionen von ursprünglich vorangehenden Listenitems; (c) die Wahrscheinlichkeit für Reproduktionen von Nachbaritems ist am Anfang der Reproduktionsphase höher und verschwindet im Verlauf der Reproduktionsphase. Nach Howard und Kahana (1999) führt die Reproduktion eines Items zu einer teilweisen Wiederherstellung des Kontextes aus der Lernphase, der dann als Abruf-Cue für die folgenden Items wirkt. Infolgedessen kommt es zu dem lag recency Effekt.

Die Befunde der Arbeitsgruppe um Ornstein konnten Entwicklungsveränderungen im Reproduktionsverhalten bei Kindern nachweisen. Wie erwähnt beschränkten sie sich dabei allerdings lediglich auf die statischen Besonderheit der seriellen Positionskurven und deren Zusammenhang mit Kumulativem Rehearsal. Ein erstes Anliegen der nachfolgenden Analysen bestand somit darin, Entwicklungsveränderungen in Reproduktionsprozessen von Kindern aufzuzeigen. Gute Fähigkeiten im Erkennen und Erinnern von seriell angeordneter Information scheint bereits im Alter von 7 Jahren vorhanden zu sein (Gulya, 2000). Sobald Kinder in der Lage sind, ordinale Strukturen und Folgen zu enkodieren, ist auch zu erwarten, dass sich assoziative Effekte im Sinne des lag recency Effektes (Howard & Kahana, 1999) im Reproduktionsverhalten niederschlagen.

Nach Howard und Kahana (1999) entstehen Interitemassoziationen durch den Lernkontext bzw. durch die zeitliche Nähe bei der Präsentation der Items. Im Vergleich dazu führen in Free Recall-Aufgaben mit kategorisierbaren Items die starken semantischen

Beziehungen der Wörter zu Assoziationen innerhalb des Lernmaterials. So ließ sich bei Wortlisten mit kategorisierbarem Material beobachten, dass die untersuchten Kinder in der Abrufphase dazu tendierten, Items in der Form von Kategorien-Clustern zu reproduzieren (z.B. Hasselhorn, 1992). Eine Besonderheit dieses Abrufes besteht darin, dass die Reproduktion von Items aus derselben Kategorie in vergleichbar kurzen Zeitabständen (*interresponse times* bzw. IRTs) erfolgt, während die Reproduktion von Items, die aus unterschiedlichen Kategorien stammen, höhere IRTs nach sich zieht (vgl. Pollio, 1974). Man nimmt an, dass die kurzen IRTs innerhalb einer Kategorie durch kategoriale Abruf-Cues zustande kommen. Längere IRTs zwischen den Kategorien scheinen dadurch zu entstehen, dass zunächst überprüft wird, ob weitere Items aus derselben Kategorie abgerufen werden können und erst nach dieser Überprüfung eine neue Kategorie für die Fortführung der Reproduktion aufgerufen wird. Ein zweites Anliegen der Analysen des Reproduktionsverhaltens bei Kindern galt demnach den Abrufzeiten. Wenn starke Assoziationen von Items aus derselben Kategorie zu kürzeren IRTs führen, sollten sich auch die An- bzw. Abwesenheit von kontextgebundenen Assoziationen in IRTs niederschlagen.

Reproduktion im Rahmen einer Free Recall-Aufgabe kann jedoch nur als die eine Seite einer Medaille verstanden werden. Ein weiteres Anliegen der nachfolgenden Untersuchung lag infolgedessen darin zu analysieren, ob sich Entwicklungsbesonderheiten im Lernprozess auch in Abrufdynamiken wieder finden lassen. Besonders Aufgabenstellungen, wie sie bereits in den Kapiteln 3.1 und 3.2 beschrieben wurden, ermöglichen den Kindern, Memorierverhalten zu zeigen. In den Analysen aus Kapitel 3.2 wurde das strategische Verhalten von Kindern über einen Zeitraum von 2 ½ Jahren vom Ende der zweiten Klasse bis zum Ende der vierten Klasse untersucht. Mittels der Technik des lauten Lernens war es möglich während der Memorierphase einer Free Recall Aufgabe vier verschiedene Gedächtnisstrategien zu identifizieren. Diese Strategien wurden zu allen Messzeitpunkten und auch innerhalb der Messzeitpunkte variabel eingesetzt. In den Analysen über den Zusammenhang zwischen den nachgewiesenen Besonderheiten der Lern- und der Abrufphase standen besonders die gefundenen qualitativen Veränderungen strategischen Verhaltens und die quantitativen Entwicklungen (im Sinne des Ausmaßes spezifischer Strategien) und deren Auswirkung auf die Reproduktionsdynamiken im Vordergrund.

Das berichtete Verhalten der Kinder aus Kapitel 3.1 ließ selektives Wiederholverhalten im Sinne von Rundus (1971) und Brodie (1975) bei

Grundschulkindern erkennen. Jedoch zeigte sich hier, dass nicht nur die Anfangsitems relativ häufiger in weitere Kumulative Rehearsal-Sets eingebunden wurden (und sich somit nach hinten „verschoben“), sondern dies auch bei Items von späteren Listenpositionen zu beobachten war. Die gefundenen Ankerpositionen, und die daraus resultierenden mehrfach u-förmigen Kurvencharakteristika sprechen außerdem dafür, dass die seriellen Listenpositionen im Lernverhalten ebenfalls von Bedeutung sind. Ein letzter Auswertungsschritt sollte demnach darüber Aufschluss geben, ob sich das selektive Wiederholen von Itempaaren, d.h. von gemeinsam wiederholten Items, in einem vergleichbaren Abrufprozess wieder finden würde.

### Methode

Die Daten für die folgenden Analysen stammen von den Kindern aus der Längsschnittstudie, deren Daten auch bereits in die Analysen aus den Kapiteln 3.1 und 3.2 eingegangen sind. Aus diesem Grund werden die Charakteristika der Versuchspersonen, der Lernaufgabe und ihrer Durchführung bzw. der Bestimmung des strategischen Verhaltens lediglich knapp dargelegt. Ausführliche Beschreibungen dieser Aspekte finden sich in den beiden angegebenen Kapiteln.

*Versuchspersonen.* 76 Kinder (48 Mädchen und 28 Jungen) nahmen an einer Längsschnittstudie teil. Zum Zeitpunkt der ersten Erhebung, befanden sich die Kinder am Ende des zweiten Schuljahres und wiesen ein Durchschnittsalter von 8;3 Jahren auf ( $SD = 6$  Monate). Die Erhebungen fanden im Halbjahresabstand statt, so dass sich die Kinder bei der fünften und letzten Untersuchung des hier berichteten Analysezeitraumes, in der zweiten Hälfte der vierten Klasse befanden (Durchschnittsalter  $M = 10;2$  Jahre;  $SD = 6$  Monate)

*Lernmaterial und Versuchsdurchführung.* Den Kindern wurden zu jedem Messzeitpunkt Free Recall Listen vorgegeben. Bei dem ersten Messzeitpunkt bestanden die Listen aus 14 Wörtern, bei den folgenden Messzeitpunkten beinhalteten sie 12 Wörter. Das Lernmaterial bestand aus konkreten Substantiven, die aus unterschiedlichen Kategorien stammten. Die Items wurden parallel akustisch (standardisiert von CD) und visuell (auf 5x5 cm großen Bildkärtchen) im 8-Sekunden-Abstand präsentiert. Die Untersuchung der Kinder erfolgte im Einzelversuch und das Lern- und Abrufverhalten der Kinder wurde dabei videographiert.



In Anlehnung an die Studie von Guttentag, Ornstein und Siemens (1987) wurde dem Kind erklärt, dass ihm in der Folge Bildkärtchen vorgelegt würden, deren Namen es gleichzeitig von CD hören würde und es wurde instruiert, sich so viele Begriffe wie möglich zu merken. Zusätzlich wurde es aufgefordert, gleich vom ersten Kärtchen an zu lernen, wobei es nicht leise für sich, sondern „*laut lernen*“ sollte. Das Kind sollte so lernen, wie es dies auch sonst täte, mit dem Unterschied, dass es sein Lernverhalten verbalisieren sollte.

Die Bildkärtchen wurden nacheinander vor dem Kind auf den Tisch gelegt, wobei jedes Kärtchen für nur 8 Sekunden sichtbar blieb. Nach dieser Zeit wurde ein neues Bildkärtchen auf das zuvor präsentierte gelegt. Nach der Präsentation des letzten Listenitems wurde das Kind aufgefordert so viele Wörter wie möglich zu reproduzieren, wobei die Reproduktion in der von ihm gewählten Reihenfolge geschehen konnte. Die Abrufphase endete, wenn das Kind nach einer Minute kein weiteres Item mehr reproduzieren konnte. Um sicher zu gehen, dass das Kind die Anforderung des lauten Lernens bewältigen konnte, wurden ihm, vor den eigentlichen Lernlisten, Übungslisten (bestehend aus 6 Items) vorgegeben. Zum ersten Messzeitpunkt handelte es sich um zwei Übungslisten, ab dem zweiten Messzeitpunkt wurde lediglich eine Übungsliste verwendet.

*Strategieklassifikation.* In Kapitel 3.2 war für jedes Interstimulusintervall das strategische Verhalten der Kinder differenziert bestimmt worden. Dabei konnten vier unterschiedliche Strategien identifiziert werden: Labeling, Singuläres Rehearsal, Kumulatives Rehearsal und Assoziation/ Elaboration. Zu jedem Interstimulusintervall wurden die Kinder einer dieser vier Kategorien zugeteilt bzw. einer Restkategorie, die sich durch „kein beobachtbares Lernverhalten“ beschreiben ließ.

## Ergebnisse

Der Ergebnisteil gliedert sich in drei Abschnitte. Im ersten Abschnitt werden die Reproduktionscharakteristika bei der Free Recall Aufgabe dargestellt. In einem zweiten Abschnitt werden die Auswirkungen der in Kapitel 3.2 festgestellten quantitativen und qualitativen Aspekte strategischen Verhaltens auf die Reproduktionsdynamiken vorgestellt. In einem dritten Abschnitt wird schließlich geprüft inwieweit sich selektives Lernverhalten auf den Abruf auswirkt. Für alle statistischen Tests wurde der Fehler erster Art auf  $\alpha = .05$  festgelegt.

### Reproduktion

*Serielle Positionskurven.* Aus Kapitel 3.2 lässt sich für die Messzeitpunkte 1-5 die mittlere Reproduktionsleistung entnehmen. So reproduzierten die Kinder vom Ende der zweiten bis zum Ende der vierten Klasse durchschnittlich 5.25 (*SD* 1.61), 5.55 (*SD* 1.39), 5.85 (*SD* 1.53), 6.28 (*SD* 1.39) und 6.81 (*SD* 1.43) Wörter. Abbildung 1 zeigt die Reproduktionswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der seriellen Position für alle fünf Messzeitpunkte. Die fünf Kurven stehen insofern mit den klassischen Befunden in Einklang als gerade zu den früheren Messzeitpunkten der Primacy-Effekt niedriger ausfällt als der Recency-Effekt (z.B. Ornstein, Naus & Liberty, 1975). Im Gegensatz zu den traditionellen Befunden zeigen sich jedoch stärkere Variationen im Listenverlauf. Um Entwicklungsveränderungen über den Listenverlauf genauer zu untersuchen wurden die seriellen Positionskurven in vier Bereiche unterteilt. Beim ersten Messzeitpunkt umfassten diese die Listenpositionen 1-4, 5-7, 8-10 und 11-14. Da die Listen des ersten Messzeitpunktes zwei Items mehr enthielten als die der folgenden Messzeitpunkte unterschieden sich auch die Bereiche dieser späteren Erhebungen. Infolgedessen beinhalteten die vier Bereiche der Messzeitpunkte 2 bis 5 die Listenpositionen 1-3, 4-6, 7-9 und 10-12. Eine zweifaktorielle Varianzanalyse (Messzeitpunkt x Listenbereich) mit wiederholten Messungen bei beiden Faktoren ergab signifikante Haupteffekte für beide Faktoren (Messzeitpunkt:  $F(4,399) = 74.30$ ;  $MS_{Fehler} = .02$ ; Listenbereich:  $F(3,225) = 3.29$ ;  $MS_{Fehler} = .07$ ). Darüber hinaus erwies sich die Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Listenbereich als bedeutsam,  $F(12,900) = 2.78$ ;  $MS_{Fehler} = .02$ . Anhand anschließender Step-Down-Bonferroni Mittelwertsvergleiche konnten folgende Unterschiede aufgezeigt werden: Die Messzeitpunkte 3, 4 und 5 wiesen bei allen Listenbereichen, der Messzeitpunkt 2 bei allen außer dem ersten Listenbereich höhere Reproduktionswahrscheinlichkeiten als der 1. Messzeitpunkt auf. Demgegenüber besaßen die Messzeitpunkte 3, 4 und 5 im ersten Listenbereich höhere Reproduktionswahrscheinlichkeiten als der 2. Messzeitpunkt. Schließlich zeichnete sich der 5. Messzeitpunkt dadurch aus, dass hier Items aus den ersten drei Bereichen wahrscheinlicher reproduziert wurden, als bei den Messzeitpunkten 2 und 3, und Items aus dem 2. Listenbereich wahrscheinlicher als beim 4. Messzeitpunkt. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass zu allen Messzeitpunkten der letzte Listenbereich höhere Werte aufwies als der vorletzte. Bei den Messzeitpunkten 1, 2 und 4 fielen die Reproduktionswahrscheinlichkeiten des letzten Bereiches sogar höher aus als die des zweiten und bei den Messzeitpunkten 1 und 2 als die des ersten Listenbereiches.

Gegenüber dem dritten Listenbereich konnte eine Überlegenheit des ersten Bereiches zu den Messzeitpunkten 1, 3, 4 und 5 bzw. eine Überlegenheit des zweiten Listenbereiches zu den Messzeitpunkten 3, 4 und 5 nachgewiesen werden. Es zeigte sich also, dass sich die Reproduktionsleistung vom Ende der zweiten bis zum Ende der vierten Klasse stetig verbesserte. Während aber gerade bei den frühen Messzeitpunkten eine starke Ausprägung des Recency-Bereiches zu finden war, wurden die altersbezogenen Verbesserung besonders im Pre-Recency-Bereich deutlich.

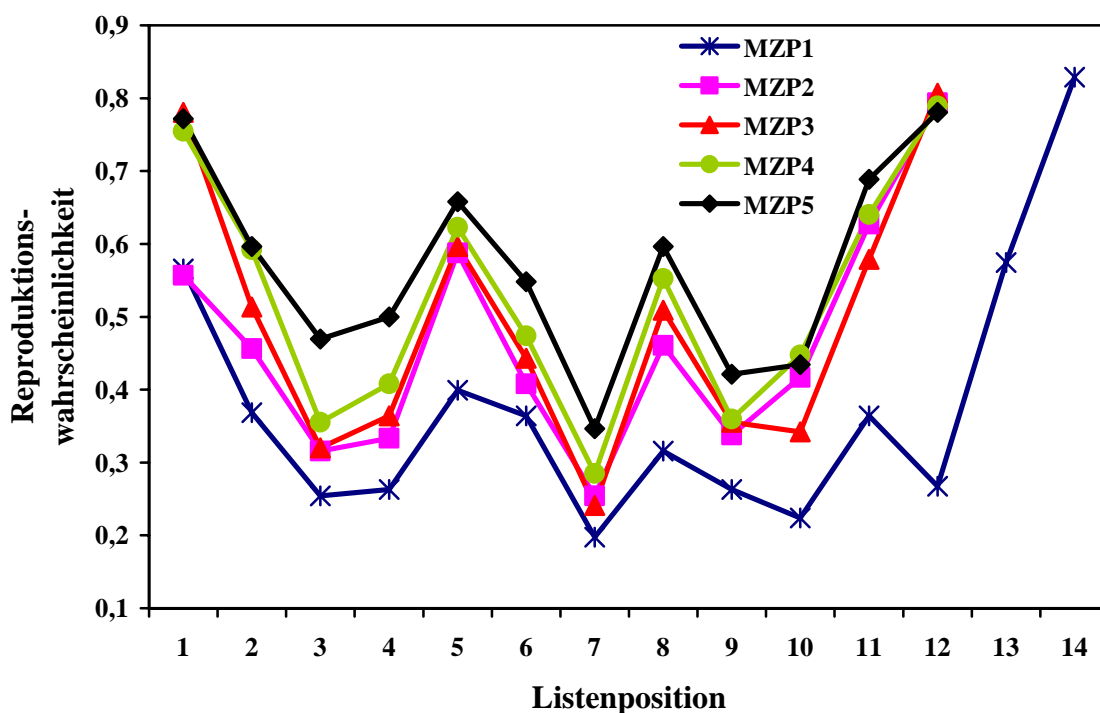


Abbildung 1. Serielle Positionskurven für die Messzeitpunkte 1-5 (MZIP1-MZIP5)

*Bedingte Antwort-Wahrscheinlichkeit (BAW).* Auch wenn die seriellen Positionskurven einen guten Überblick darüber liefern, welche Listenpositionen höhere und welche Listenpositionen niedrigere Reproduktionswahrscheinlichkeiten besitzen, so geben sie doch keine Auskunft über Reproduktionsprozesse bzw. über Dynamiken in der Reproduktionsphase. Die BAW erlaubt es, solche Dynamiken im Sinne von sequenzieller Kontiguität zu erfassen. Dabei wird für jedes lag (Abstand zwischen zwei Items bei der Listenpräsentation) die BAW anhand des folgenden Quotienten berechnet: Anzahl an Übergängen in der Reproduktionsphase, die diesen spezifischen Abstand aufwiesen, geteilt durch die Anzahl an möglichen Übergängen mit diesem spezifischen Abstand. Das maximale lag ist durch die Begrenzung „Listengröße minus 1“ definiert. Ebenfalls kann

ein Item vom Ende der Liste keine positiven Übergänge aufweisen, ein Item vom Anfang der Liste keine negativen. Reproduziert eine Person beispielsweise Items mit den seriellen Listenpositionsnummern 3, 4, 5, 7, 9, 10 in der Reihenfolge 3, 4, 7, 5, 9, 10, so lassen sich folgende lags identifizieren: +1, +3, -2, +4 und +1. Mit der Einschränkung, dass es keinen Abstand zur Reproduktion des ersten Items gibt, wären folgende lags für alle Items möglich gewesen: 5 x „+1“, da alle Items zu denen ein Übergang stattfindet jenseits der ersten Listenposition liegen; 5 x „+2“, da alle Items zu denen ein Übergang stattfindet jenseits der zweiten Listenposition liegen; 5 x „+3“, ...; jedoch nur 4 x „+4“, da ein Übergang auf das vierte Item frühestens von dem Listenitem mit der seriellen Position 1 stattfinden kann, was einem lag von „+3“ entspräche; etc. Die negativen lags, also rückwärts gerichtete Übergänge, wie in dem Beispiel von Item 7 auf Item 5, unterliegen ebenfalls den oben genannten Beschränkungen.

Im Folgenden werden die Entwicklungsveränderungen des lag recency Effektes bei Kindern analysiert. In den von Kahana (1996) durchgeführten Reanalysen der Studien von Murdock (1962), Murdock und Metcalfe (1978) und von Murdock & Okada (1970) waren die ersten drei Reproduktionen aus den Auswertungen ausgeschlossen worden, weil gezeigt werden konnte, dass es sich bei diesen Reproduktionen um Folgen des Recency Effektes handelte. In vorgeschalteten Analysen der Reproduktionsreihenfolge in der vorliegenden Untersuchung konnte festgestellt werden, dass das letzte Listenitem bei den ersten vier Messzeitpunkten im Vergleich zu Items von anderen Listenpositionen eine mindestens doppelt so hohe Wahrscheinlichkeit besaß als erstes Item reproduziert zu werden. Alle nachfolgenden Analysen, so auch die der BAWs begannen infolgedessen ab der zweiten Listenposition. Wie bereits berichtet, konnte für den ersten Messzeitpunkt eine durchschnittliche Reproduktionsleistung von 5.25 Wörtern festgestellt werden. Aus diesem Grund wurden Übergänge nach der 5. Reproduktion ebenfalls nicht in die Analysen eingeschlossen. Dies sollte zum einen verhindern, dass aufgrund stark differierender Reproduktionsleistungen, das Verhalten einzelner VersuchsteilnehmerInnen stärker gewichtet würde als das von anderen, bzw. ein möglicher Alterseffekt durch erhöhte Reproduktionsleistungen älterer Kinder verzerrt würde. Zum anderen sollte verhindert werden, dass es zu einer Konfundierung verschiedener Reproduktionsprozesse kommt. Obwohl der lag recency Effekt auch noch bei späten Reproduktionsübergängen zu finden ist, so fällt er dort sehr viel geringer aus als in der Anfangsphase des Reproduktionsvorganges.

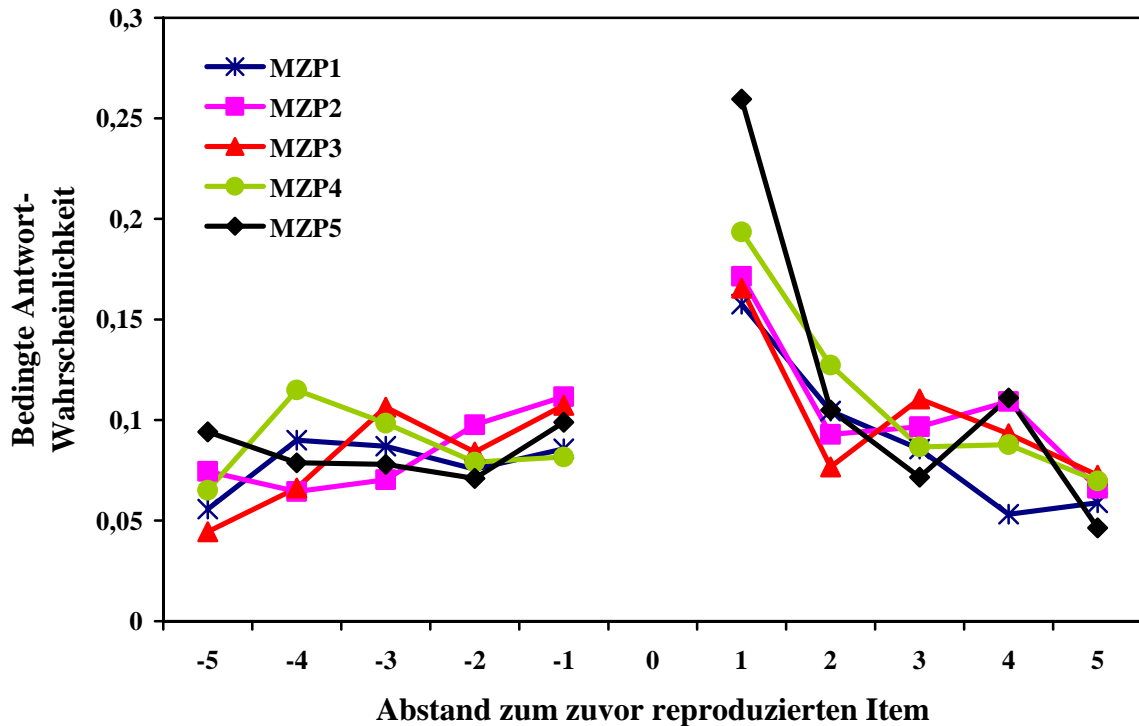


Abbildung 2. Verlaufskurven der Wahrscheinlichkeit des bedingten Abrufes (bedingte Antwort-Wahrscheinlichkeit) in Abhängigkeit vom Abstand (Lag) bei der Präsentation der Items für die Messzeitpunkte 1-5 (MZP1-MZP5)

Abbildung 2 zeigt die BAWs für die fünf Messzeitpunkte in Abhängigkeit von dem Abstand (lag). Die BAW-Kurven legen dabei Alterseffekte nahe, die Form der Kurven fällt jedoch nahezu gleich aus. Altersunabhängig rufen die Kinder, nachdem sie ein bestimmtes Item reproduziert haben, mit einer nahezu doppelt so großen Wahrscheinlichkeit ein Item von einer folgenden Listenposition ab, im Vergleich zu einer vorhergehenden Listenposition. Im Unterschied zu den Befunden von Howard und Kahana (1999) verlaufen diese Kurven jedoch nicht gleichartig. So lassen sich zwischen den rückwärtsgerichteten Übergängen kaum Unterschiede finden. Um Altersveränderungen hinsichtlich des lag recency Effektes inferenzstatistisch zu analysieren, wurden in Anlehnung an Kahana, Howard, Zaromb und Wingfield (2002) die BAWs in solche unterteilt, die von benachbarten Listenpositionen stammten (d.h. lags von +1 und -1) und solche, die von entfernteren Listenpositionen stammten (d.h. lags von +3, +4 und +5 bzw. -3, -4 und -5). Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den messwiederholten Faktoren Messzeitpunkt und lag erbrachte Haupteffekte für die beiden Faktoren (Messzeitpunkt:  $F(4,296) = 7.54$ ;  $MS_{Fehler} = .003$ ; lag:  $F(1,74) = 55.67$ ;  $MS_{Fehler} = .012$ ). Zusätzlich erwies sich die Interaktion zwischen Messzeitpunkt und lag als bedeutsam ( $F(4,296) = 3.19$ ;

$MS_{Fehler} = .006$ ). Anschließende Tukey HSD post-hoc Vergleiche konnten nachweisen, dass bei allen Messzeitpunkten die Wahrscheinlichkeit für den Abruf benachbarter Items höher war als der Abruf weiter entfernt präsentierter Items. Für die Frage nach der Entwicklungsveränderung jedoch viel bedeutsamer war der Befund, dass die Wahrscheinlichkeit für den Abruf benachbarter Items beim 5. Messzeitpunkt höher ausfiel als bei den Messzeitpunkten 1, 3 und 4.

*Bedingte Antwort-Latenz (BAL)*. Interitemassoziationen sollten dafür verantwortlich sein, dass die Abrufpositionen von Items nah beieinander liegen. Zusätzlich konnte für kategorial organisierte Items gezeigt werden, dass auch die Abrufzeiten von assoziierten Items kürzer ausfallen, als von Items mit weniger starken oder fehlenden Assoziationen. Zu diesem Zweck wurden die Abruflatenzen der reproduzierten Items erhoben. Die Daten für die folgenden Analysen wurden gewonnen, indem die digitalisierten Sprachprotokolle anhand computerbasierter visueller Anzeige der Audio-Signale ausgewertet wurden. Dabei wurden die Latenzen vom Beginn eines Wortes bis zum Beginn eines nächsten Wortes gemessen. Diese Art der Messung zwischen dem Beginn zweier Wörter wurde aus dem Grund verwendet, weil manche Kinder in der Untersuchung dazu tendierten das Ende von Wörtern sehr lange hinauszuziehen, während sie aber offensichtlich bereits nach dem nächsten Wort suchten.

Abbildung 3 zeigt die Latenzzeiten zwischen der Reproduktion von zwei Items in Abhängigkeit von den Abständen, die diese Items bei der Listenpräsentation aufweisen. Die Voraussetzungen und Einschränkungen, die schon für die zuvor beschriebenen BAW-Kurven galten, waren auch bei den Analysen der Latenzen gültig. Die abgebildeten Latenzen stammen somit ebenfalls aus dem oben beschriebenen Reproduktionsbereich (2-5). Der Abbildung kann entnommen werden, dass die Latenzzeiten am geringsten ausfielen, wenn die reproduzierten Items aufeinander folgten. Für eine quantitative Auswertung der Entwicklungsveränderungen der Latenzzeiten wurde auch hier wieder die Einteilung der Zeiten in solche von benachbarten bzw. von weiter entfernten Listenpositionen gewählt. Die zweifaktorielle Varianzanalyse mit den messwiederholten Faktoren Messzeitpunkt und lag ergab lediglich einen Haupteffekt für lag ( $F(1,30) = 6.71$ ;  $MS_{Fehler} = 34713877$ ). Anschließende Tukey HSD post-hoc Vergleiche wiesen nach, dass die Latenzen der reproduzierten Items, die von benachbarten Positionen stammten, niedriger ausfielen als diejenigen von weiter entfernten Positionen.

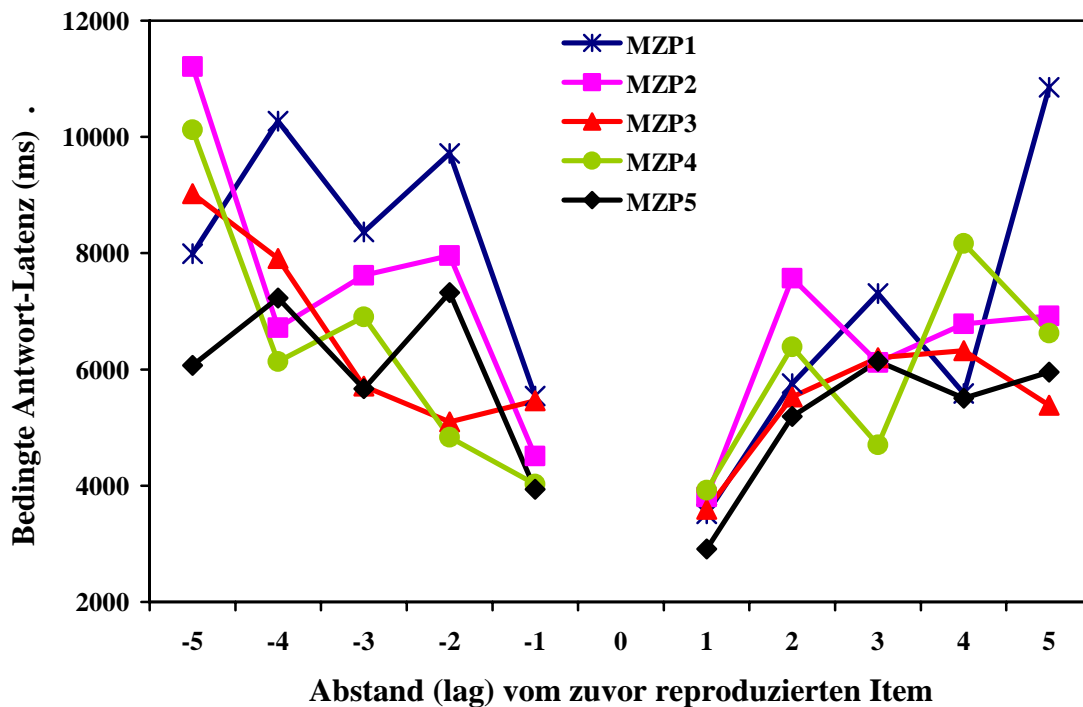


Abbildung 3. Bedingte Antwort-Latenz für die fünf Messzeitpunkte (MZP1-MZP5) in Millisekunden.

*Bedingte Antwort-Wahrscheinlichkeit und bedingte Antwort-Latenz.* Es wurden Produkt-Moment-Korrelationen zwischen den beiden Maßen für sequenzielle Kontiguität berechnet. Wie bereits zuvor, wurde auch bei diesen Analysen zwischen benachbarten und weiter entfernten Items unterschieden. Es zeigte sich, dass höhere Wahrscheinlichkeiten bei der Reproduktion weiter entfernter Items beim vierten Messzeitpunkt mit längeren Latenzzeiten verbunden waren ( $r(70) = .30$ ). Demgegenüber ließ sich ein Zusammenhang zwischen kurzen Latenzzeiten und einer hohen Wahrscheinlichkeit der Reproduktion von benachbarten Items zum 5. Messzeitpunkt, d.h. zum Ende der 4. Klasse feststellen ( $r(65) = -.26$ ). Alle übrigen Korrelationen erwiesen sich als nicht bedeutsam von 0 verschieden.

#### *Zusammenhang der Output-Charakteristika mit dem Input-Verhalten*

Laming (2006, S. 1159) interpretierte die Ergebnisse seiner durchgeführten Reanalysen von Reproduktionsdaten aus einer Studie von Murdock und Metcalfe (1978) dahingehend, dass „recall and rehearsal result from a common underlying process“. Die anschließenden Analysen gehen demnach der Frage nach, wie sich die quantitativen und qualitativen Aspekte von Rehearsal auf Reproduktionsprozesse bei Kindern auswirken und ob dabei Entwicklungsveränderungen zu beobachten sind.

*Rehearsal-Set-Größe und BAW.* Sowohl die Analysen aus Kapitel 3.1 als auch aus Kapitel 3.2 konnten nachweisen, dass sich mit zunehmendem Alter auch die Qualität Kumulativen Rehearsals verbessert. In Übereinstimmung mit den traditionellen Befunden der Arbeitsgruppe um Ornstein und Naus (1985; Naus & Ornstein, 1983) stiegen die durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größen als Maß der Einbindung verschiedener Wörter in ein Rehearsal-Set über die fünf Messzeitpunkte an und betragen in chronologischer Abfolge vom Ende der 2. Klasse bis zum Ende der 4. Klasse 1.11 (*SD* 0.78), 1.38 (*SD* 0.79), 1.64 (*SD* 1.03), 1.90 (*SD* 1.08) und 2.00 (*SD* 1.15) Wörter. Produkt-Moment-Korrelationen wiesen für den 4. Messzeitpunkt einen signifikanten negativen Zusammenhang der Wahrscheinlichkeit der Reproduktion weiter auseinander präsentierter Listenitems (s.o.) und der durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe nach ( $r(74) = -.33$ ). Konträr dazu ergaben Produkt-Moment-Korrelationen für die durchschnittliche Rehearsal-Set-Größe und die BAW für benachbart präsentierte Items (s.o.) bedeutsame positive Zusammenhänge bei dem 2. Messzeitpunkt ( $r(74) = .32$ ), dem 3. Messzeitpunkt ( $r(74) = .27$ ) und dem 4. Messzeitpunkt ( $r(74) = .41$ ). Eine große durchschnittliche Rehearsal-Set-Größe erleichterte somit den Abruf von benachbarten Items, während sie den Abruf von Items mit größerem Präsentationsabstand eher behinderte.

*Strategieanteile und BAW.* In Kapitel 3.2 waren quantitative Veränderungen strategischen Verhaltens insofern festgestellt worden, als Kinder sich in dem Ausmaß unterschieden, mit dem sie bestimmte Strategien anwendeten. Dabei wurden vier verschiedene Strategien identifiziert, die über die Messzeitpunkte hinweg und innerhalb der Messzeitpunkte eingesetzt worden waren. Bei diesen vier Strategien handelte es sich um Labeling, Singuläres Rehearsal, Kumulatives Rehearsal und Assoziation/ Elaboration. Zusätzlich konnte festgestellt werden, dass es Momente innerhalb der Lernphase gab, in denen die Kinder kein beobachtbares Lernverhalten zeigten. Es konnte ein Alterstrend von Labeling zu Kumulativem Rehearsal aufgezeigt werden, wobei sich Kumulatives Rehearsal von einer Nutzung beschränkt auf den Listenanfang zu einer umfassenderen Strategie über große Anteile des Listenlernprozesses ausweitete. Produkt-Moment-Korrelationen für den Anteil der identifizierten Strategien am gesamten Lernverhalten und den BAWs für benachbarte und weiter entfernte Listenitems wurden ermittelt. Es zeigten sich bedeutsame Zusammenhänge bei weiter auseinander präsentierten Items bei dem 1. Messzeitpunkt für das nicht beobachtbare Lernverhalten ( $r(74) = .33$ ) und bei dem 2. Messzeitpunkt für Singuläres Rehearsal ( $r(74) = .27$ ). Für die BAWs bei benachbarten Items und den Anteilen strategischen Verhaltens ergaben sich bedeutsame



Zusammenhänge bei dem 2. Messzeitpunkt für Singuläres Rehearsal ( $r(74) = -.36$ ) und Kumulatives Rehearsal ( $r(74) = .28$ ). Für Kumulatives Rehearsal ließ sich dieser Zusammenhang auch bei dem 3. ( $r(74) = .28$ ) und 4. Messzeitpunkt ( $r(74) = .32$ ) feststellen. Während eine hohe Ausprägung von Singulärem Rehearsal die Reproduktion von benachbarten Items somit eher behinderte und die Reproduktion von weiter entfernt liegenden Items eher begünstigte, ließ sich der entgegengesetzte Zusammenhang für Kumulatives Rehearsal in Bezug auf benachbarte Items nachweisen.

### *Selektives Lernverhalten und BAW bzw. BAL*

Tan und Ward (2000) konnten nachweisen, dass Individuen selektives Rehearsal betrieben, um Items länger aktiv zu halten, bzw. eine semantisch unverbundene Listen von Wörtern zu strukturieren (für ein ähnliches Befundmuster vgl. auch Kapitel 3.1). Um selektives Lernverhalten handelt es sich, wenn spezifische Items oder Itempaare wiederholt werden. Da bei semantisch unverbundenem Lernmaterial innerhalb einer Liste keine genuinen Interitemassoziationen vorhanden sein sollten, können diese durch selektives Lernverhalten hergestellt werden. Dabei sollte die Reihenfolge der Präsentation eine besondere Rolle spielen (Howard & Kahana, 1999). Zunächst wurde der Frage nachgegangen, ob sich allgemein Entwicklungsveränderungen bei selektivem Rehearsal beobachten lassen und ob eventuelle Entwicklungsveränderungen sich in der differenzierten Selektivität der zu wiederholenden Items zeigen würden. Dafür wurde das Lernverhalten dahingehend untersucht, ob Itempaare gemeinsam wiederholt, d.h. gemeinsam in Rehearsal-Sets eingebunden würden. Es wurde erneut zwischen solchen Paaren unterschieden, die von benachbarten Listenpositionen stammten (lag +/- 1) und solchen, die von entfernten Listenpositionen stammten (lags +/- 3, 4, 5). Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den messwiederholten Faktoren Messzeitpunkt und lag und der abhängigen Variable der durchschnittlichen Anzahl der gemeinsamen Wiederholungen ergab für beide Faktoren bedeutsame Haupteffekte (Messzeitpunkt:  $F(4,300) = 36.00$ ;  $MS_{Fehler} = .23$ ; lag:  $F(1,75) = 89.64$ ;  $MS_{Fehler} = 0.28$ ). Darüber hinaus erwies sich die Interaktion der beiden Faktoren als signifikant ( $F(4,300) = 39.43$ ;  $MS_{Fehler} = 0.05$ ). Nachfolgende Tukey HSD post-hoc Vergleiche konnten nachweisen, dass zu allen Messzeitpunkten mehr benachbarte Itempaare während der Lernphase wiederholt wurden als entfernte Itempaare. Des Weiteren ließen sich bedeutsame Unterschiede der durchschnittlichen Anzahl der Wiederholung benachbarter Listenitems zu jeweils folgenden Messzeitpunkten vom Ende der zweiten Klasse bis zum Anfang der vierten

Klasse aufzeigen. Keine Unterschiede konnten hingegen innerhalb der vierten Klasse ausgemacht werden. Im Bezug auf die entfernt präsentierten aber gemeinsam gelernten Listenitems konnten Unterschiede erst in größeren Abständen, d.h. im Verlaufe eines Jahres nachgewiesen werden. Infolgedessen wurden die Kinder mit zunehmendem Alter in ihrem Wiederholverhalten immer selektiver, was sich besonders für Items von benachbarten Listenpositionen zeigen ließ.

Um zu überprüfen, welche differenzierten Auswirkungen selektives Rehearsal haben kann, wurde untersucht, ob sich ein Zusammenhang zwischen der Anzahl kombiniert gelernter Wörter und der Reproduktion dieser Itemabfolgen ergibt. Erneut wurde zwischen angrenzenden und entfernten Itempaaren unterschieden. Anhand von Produkt-Moment-Korrelationen konnte ab dem zweiten Messzeitpunkt ein positiver Zusammenhang der durchschnittlichen Anzahl gemeinsamer Wiederholungen von benachbarten Listenitems und deren Reproduktion beobachtet werden ( $r_{s(74)} > .24$ ). Die durchschnittliche Anzahl der Wiederholungen entfernter Items und der Reproduktionsleistung dieser Items erwies sich zu keinem der fünf Messzeitpunkte als bedeutsam.

In einem zweiten Schritt sollten Entwicklungsveränderungen des Lernverhaltens der tatsächlich reproduzierten benachbarten und entfernten Itempaare analysiert werden. Dazu wurden die Reproduktionsfolgen zwischen der zweiten und fünften Reproduktion erneut danach beurteilt, ob Items von benachbarten Listenpositionen aufeinander folgend reproduziert wurden bzw. ob Items von weiter entfernt präsentierten Listenpositionen aufeinander folgend reproduziert wurden. Für diese ausgewählten Reproduktionspaare wurde die Anzahl identifiziert, mit der sie gemeinsam in Rehearsal-Sets gelernt wurden. Für jede Person ergab sich somit eine durchschnittliche Anzahl an gemeinsamen Wiederholungen für benachbart präsentierte und nacheinander reproduzierte Item-Paare und für entfernt präsentierte und nacheinander reproduzierte Item-Paare. Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den messwiederholten Faktoren Messzeitpunkt und lag und der abhängigen Variable „durchschnittliche Anzahl gemeinsamer Lernsets bei reproduzierten Itempaaren“ erbrachte für beide Faktoren bedeutsame Haupteffekte (Messzeitpunkt:  $F(4,300) = 13.437$ ;  $MS_{Fehler} = 15.20$ ; lag:  $F(1,75) = 21.91$ ;  $MS_{Fehler} = 47.68$ ). Zusätzlich erwies sich die Interaktion der beiden Faktoren als signifikant ( $F(4,296) = 4.38$ ;  $MS_{Fehler} = 12.47$ ). Tukey HSD post-hoc Vergleiche konnten zeigen, dass bei den Messzeitpunkten 2 bis 5 die Anzahl der gemeinsamen Lernkombinationen für die benachbarten Items bedeutsam höher ausfielen als für die weiter entfernt präsentierten Listenitems. Zusätzlich erwies sich diese Anzahl bei den benachbarten Items bei dem 5.

Messzeitpunkt als höher, verglichen mit dem 1. und 3. Messzeitpunkt. Bei dem 4. Messzeitpunkt fiel sie höher aus als bei dem 1. Messzeitpunkt. Je älter die Kinder wurden, desto deutlicher zeigte sich, dass reproduzierte Items von aufeinander folgenden Listenpositionen auch häufiger miteinander gelernt wurden.

Anhand von Produkt-Moment-Korrelationen zeigte sich für den zweiten Messzeitpunkt, dass sich eine hohe durchschnittliche Anzahl von Lernkombinationen entfernt präsentierter, aber nacheinander reproduzierter, Listenitems in einer kürzeren Latenzzeit niederschlug ( $r(74) = -.24$ ). Am Ende der Grundschulzeit zeigte sich hingegen ein bedeutsamer Zusammenhang zwischen der Anzahl gemeinsamer Lernsets bei benachbarten Listenitems und kurzen Reproduktionslatenzen dieser benachbarten Items ( $r(70) = -.26$ ).

### Diskussion

Die Untersuchung von Entwicklungsveränderungen bei Reproduktionsprozessen und -dynamiken im Rahmen einer Free Recall Aufgabe bei Grundschulkindern stand im Zentrum dieser Analysen. Die Daten für diese Untersuchung stammten dabei von den Kindern, deren strategisches Verhalten bereits in Kapitel 3.2 dargestellt wurde. Da die Reproduktionsprozesse und -leistungen meist die Folge vorhergehenden Lernverhaltens sind, lag ein weiterer Interessenschwerpunkt der vorgestellten Reanalysen auf der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen qualitativen und quantitativen Aspekten gezeigten Strategieverhaltens und identifizierten Reproduktionsprozessen und -dynamiken. In Studien der Arbeitsgruppe um Ornstein und Naus (1985; Naus & Ornstein, 1983) waren neben Veränderungen des strategischen Verhaltens im Schulalter parallele Veränderungen in den Reproduktionsleistungen bei Free Recall Aufgaben festgestellt worden. Dabei hatten die Autoren nachgewiesen, dass eine alterskorrelierte Zunahme der Aktivität im Rehearsal-Verhalten, im Sinne der Einbindung verschiedener Items in Rehearsal-Sets, zu einer höheren Reproduktionswahrscheinlichkeit der Items vom Listenanfang (Primacy-Effekt) geführt hatte. Im Vergleich zu diesen klassischen Befunden zum Free Recall konnte in einem ersten Schritt gezeigt werden, dass auch die längsschnittlich untersuchten Kinder einen ausgeprägten Primacy-Effekt aufwiesen, der mit zunehmendem Alter ebenfalls anstieg. Zusätzlich wurde eine Ausdehnung der erhöhten Reproduktionswahrscheinlichkeit bei Items vom Listenanfang auf Items aus der

Listenmitte beobachtet. Darüber hinaus ließ sich ein Recency-Effekt feststellen, der jedoch ab der 3. Klasse keinen Entwicklungsveränderungen mehr zu unterliegen schien.

*Sequenzeffekte bei der Reproduktion.* Die seriellen Positionskurven liefern lediglich Informationen darüber, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass Items von spezifischen Listenpositionen auch tatsächlich reproduziert werden. Aufschluss über die Reihenfolge der reproduzierten Items und damit Hinweise auf zugrunde liegende Gedächtnisprozesse können ihnen aber nicht entnommen werden. Ein Maß, das die Reproduktionsreihenfolge einbezieht und sie mit der Präsentationsreihenfolge der Items in Verbindung setzt lässt sich in den von Kahana (1996; Howard & Kahana, 1999) entworfenen bedingten Antwort-Wahrscheinlichkeiten (BAWs) finden. Anhand dieser bedingten Antwort-Wahrscheinlichkeiten konnten der so genannte Lag Recency Effekt identifiziert werden, der besagt, dass Items von benachbarten Listenpositionen eine höhere Wahrscheinlichkeit besitzen nacheinander reproduziert zu werden als Items mit größerem Präsentationsabstand. Dabei fällt der lag recency Effekt für nachfolgend präsentierte Items höher aus, als für vorangehend präsentierte Items. Bei den Kindern aus der vorliegenden Untersuchung ließ sich der lag recency Effekt ebenfalls nachweisen. Im Vergleich zu Befunden bei Erwachsenen erwies sich der lag recency Effekt bei Kindern jedoch als noch asymmetrischer. Demzufolge ließen sich zwar sehr schwache Tendenzen für die Reproduktion direkt vorangehender Items beobachten (lag „-1“), insgesamt variierten die BAWs über das Spektrum der vorangehenden Items jedoch kaum. Demgegenüber wiesen die nachfolgenden Items, und hier besonders das direkt folgende Item, hohe BAWs auf. Hervorzuheben ist der Befund, dass am Ende der 4. Klasse der lag recency Effekt stärker ausgeprägt war, als zu früheren Messzeitpunkten. Die Kinder reproduzierten also am Ende der Grundschule mit erhöhter Wahrscheinlichkeit benachbart präsentierte Wörter nacheinander. Während sich die Unterschiede zwischen benachbarten und weiter entfernt präsentierten Items auch in kürzeren Latenzzeiten bemerkbar machten, d.h. Reproduktionen von benachbarten Items schneller aufeinander folgten als Reproduktionen von weiter auseinander präsentierten Items, ließ sich hinsichtlich der Interitemlatenzen kein Alterseffekt feststellen. In einer Studie zu Organisationsstrategien erhob Hasselhorn (1992) die Interitemlatenzen für inter- und intrakategoriales Abrufverhalten. Dabei konnte er nachweisen, dass bei der Anwendung der Organisationsstrategie im Grundschulalter und den dadurch entstehenden Interitemassoziationen bei der Kategorienbildung ebenfalls Unterschiede zwischen den Abruflatenzen auftraten, abhängig davon, ob nacheinander abgerufene Items aus derselben oder aus zwei verschiedenen Kategorien stammten.

Ebenfalls vergleichbar mit den in der vorliegenden Studie berichteten Befunden, konnte in der Untersuchung von Hasselhorn (1992) kein zusätzlicher Alterseffekt in Bezug auf die inter- und extrakategorialen Latenzunterschiede (8-jährige Kinder vs. 10-jährige Kinder) festgestellt werden. Setzt man einen intrakategorialen Abruf der aufeinander folgenden Reproduktion benachbart präsentierter Items und einen extrakategorialen Abruf der aufeinander folgenden Reproduktion entfernt präsentierter Items gleich, so lässt sich in beiden Studien ein übereinstimmendes Befundmuster feststellen. Bei der Untersuchung des direkten Zusammenhanges von BAW und BAL in den vorliegenden Analysen konnte jedoch gezeigt werden, dass in der ersten Hälfte der 4. Klasse der sequenzielle Abruf weiter auseinander präsentierter Items in engem Zusammenhang mit langen Latenzen bei deren Abruf stand. In der zweiten Hälfte der 4. Klasse hing der sequenzielle Abruf benachbart präsentierter Items hingegen eng mit kurzen Latenzzeiten zusammen. Je höher also die Wahrscheinlichkeit des sequenziellen Abrufes benachbarter Items am Ende der Grundschule war, desto schneller erfolgte dieser Abruf. Bei einer Free Recall Aufgabe mit semantisch unverbundenem Material können die Charakteristika der Latenzzeiten zum Ende der Grundschule somit dahingehend interpretiert werden, dass die Interitemassoziationen, die durch die zeitliche und/ oder kontextuelle Nähe bei der Listenpräsentation entstehen, zum Ende der Grundschulzeit besonders stark ausfallen und sich in einer schnellen Reproduktionsfolge niederschlagen.

*Zusammenhang von Lernverhalten und Sequenzeffekten beim Reproduzieren.* Neben den Entwicklungsveränderungen von Reproduktionsprozessen und Abrufdynamiken im Grundschulalter im Rahmen einer Free Recall Aufgabe konnten auch Veränderungen im Strategieverhalten festgestellt werden. Die Frage nach Zusammenhängen und Parallelen zwischen Lern- und Abrufverhalten stand infolgedessen im Zentrum des Interesses eines zweiten Auswertungsschrittes.

Da in den vorliegenden Untersuchungen der Fokus auf den Reproduktionsprozessen lag, wurde der Zusammenhang zwischen dem Rehearsal-Verhalten und dem beschriebenen Maß für einen sequenziellen Abruf, der BAW, analysiert. Im Mittelpunkt standen dabei sowohl qualitative Aspekte von Rehearsal, im Sinne der durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe als Maß für die Einbindung verschiedener Items in ein Rehearsal-Set, als auch quantitative Aspekte von Rehearsal. Hinsichtlich des ersten Kriteriums fanden sich bedeutsame positive Zusammenhänge zwischen der durchschnittlichen Rehearsal-Set-Größe und den BAWs benachbarter Items zu den Messzeitpunkten 2 bis 4 und ein bedeutsam negativer Zusammenhang entfernter Items zum 4. Messzeitpunkt. Während also

die Qualität von Rehearsal zur Hälfte der Grundschulzeit zunächst mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit der aufeinander folgenden Reproduktion benachbart präsentierter Items und einer verringerten Wahrscheinlichkeit der aufeinander folgenden Reproduktion entfernt präsentierter Items einherging, verschwand diese gemeinsame Ausprägung zum Ende der Grundschuljahre wieder. Der gleiche Trend ließ sich auch für die quantitativen Aspekte strategischen Verhaltens aufzeigen. Die in Kapitel 3.2 identifizierten Anteile Kumulativen Rehearsals am gesamt gezeigten Strategieverhalten wiesen ebenfalls signifikant positive Zusammenhänge mit der sequenziellen Reproduktion benachbarter Items zwischen dem 2. und 4. Messzeitpunkt auf, nicht jedoch danach. Eine große durchschnittliche Rehearsal-Set-Größe und auch ein hoher Anteil Kumulativen Rehearsals haben möglicherweise zur Folge, dass nacheinander präsentierte Items immer wieder gemeinsam in ein Rehearsal-Set eingebunden werden und sich somit die Assoziationsstärke dieser Items erhöht. Das Verschwinden dieses Zusammenhangs am Ende der vierten Klasse lässt jedoch vermuten, dass sich zu diesem Messzeitpunkt qualitative Veränderungen im strategischen Verhalten der Kinder vollziehen, die sich weder durch die Rehearsal-Set-Größe noch durch den Anteil Kumulativen Rehearsals am gesamten Strategieverhalten erklären lassen. Einschränkend ist jedoch zu sagen, dass die vorliegenden Datenanalysen nur die 2. bis 5. Reproduktionsposition berücksichtigten, nicht jedoch die Reproduktionsdynamiken nach einer 5. Reproduktion. Eine differenziertere Betrachtung des anschließenden Lernverhaltens sollte über die Abrufdynamiken später reproduzierter Items Aufschluss geben.

*Einfluss selektiven Rehearsals auf die Reproduktionsfolge.* In einem letzten Auswertungsschritt wurden gemäß diesen Überlegungen die Reproduktionsreihenfolgen und das spezifische Wiederholverhalten analysiert. Hier konnte eine altersabhängige und sequenzspezifische Zunahme der selektiven Wiederholung von Listenitems festgestellt werden. Während insgesamt die Anzahl der Wiederholungen von gemeinsam gelernten Item-Paaren zunahm, war ein besonders starker Anstieg dieser Wiederholungen für benachbarte Items festzustellen. Das dadurch erhaltene Maß bildet eine Kombination qualitativer und quantitativer Aspekte von Rehearsal ab. Je häufiger Item-Paare gemeinsam wiederholt werden, desto höher ist per definitionem der Anteil an Kumulativem Rehearsal (man spricht von Kumulativem Rehearsal ab einer Rehearsal-Set-Größe von mindestens 2 Items). Dieses Maß beinhaltet infolgedessen Aspekte aus dem in Kapitel 3.2 identifizierten Anteil strategischen Verhaltens am Gesamtverhalten und berücksichtigt das quantitative Ausmaß der Nutzung Kumulativen Lernverhaltens.

Außerdem beinhaltet dieses Maß Aspekte des Quotienten für die Qualität Kumulativen Rehearsals aus Kapitel 3.1, dessen Zähler durch die Anzahl der Wiedereinbindungen von Listenitems in Kumulative Rehearsal-Sets gebildet worden war. Je häufiger Items in Rehearsal-Sets eingebunden werden, desto stärker werden sie mit anderen Items vermischt. Diese Vermischungen können dazu führen, dass vielfältige Interitemassoziationen entstehen, die in der Reproduktionsphase als Abruf-Cues genutzt werden können (z.B. Cuvo, 1975).

Der festgestellte Zusammenhang zwischen dem wiederholten Rehearsal von benachbarten Itempaaren und der Reproduktionswahrscheinlichkeit dieser Itempaare spricht jedoch eher dafür, dass in der Anfangsphase des Reproduktionsvorganges weniger die Vermischung von verschiedenen Items sondern eher eine starke Assoziation zwischen bestimmten (sequenziell präsentierten) Items für hohe Reproduktionsleistungen verantwortlich ist. Möglicherweise führt aber eine Vermischung von Items in großen Rehearsal-Sets dazu, dass Items, die keine starren Interitemassoziation zu einem bestimmten anderen Item aufweisen, in einer späteren Reproduktionsphase von diesen multiplen Abruf-Cues profitieren und erst dadurch abgerufen werden können (Crowder, 1976).

Weitere Hinweise für die Plausibilität der Interpretation der Befunde im Sinne starker sequenzieller Verknüpfung liefern die abrufspezifischen Analysen. Dabei wurden die nacheinander folgend reproduzierten Itempaare ermittelt und danach eingeteilt, ob sie von benachbarten Listenpositionen stammten oder von entfernten Listenpositionen. Für diese reproduzierten Paare wurde im Anschluss jeweils die Anzahl gemeinsamer Einbindungen in Lernsets bestimmt. Bei allen Messzeitpunkten, bis auf den ersten, waren reproduzierte Paare von benachbarten Items durchschnittlich häufiger gemeinsam gelernt worden als reproduzierte Paare von entfernt präsentierten Items. Zusätzlich konnten Altersveränderungen festgestellt werden, wobei nacheinander reproduzierte benachbarte Listenitems am Anfang der 4. Klasse (4. Messzeitpunkt) durchschnittlich häufiger gemeinsam wiederholt wurden als nacheinander reproduzierte benachbarte Items am Ende der zweiten Klasse (1. Messzeitpunkt). Am Ende der 4. Klasse (5. Messzeitpunkt) war dieser Effekt sogar noch ausgeprägter. Hier wurden nacheinander reproduzierte Listenitems von benachbarten Listenpositionen durchschnittlich häufiger gemeinsam wiederholt als zum Ende der 2. und zum Ende der 3. Klasse. Bei diesem 5. Messzeitpunkt konnte zusätzlich nachgewiesen werden, dass sich eine hohe durchschnittliche Anzahl an Wiederholungen von benachbarten Listenitems in kurzen Interitemlatenzzeiten

niederschlag und eine hohe durchschnittliche Anzahl der Wiederholung entfernter Listenitems mit langen Latenzzeiten einherging.

Betrachtet man die gemeinsame Wiederholung von benachbarten Items über die Grundschuljahre, so lassen sich in diesen Wiederholungen stabile Muster aktiven Rehearsals feststellen. Möglicherweise bilden diese Paare das Geländer, an dem sich die Kinder orientieren können, während sie zwischen aktivem, viele Wörter umfassenden Lernverhalten und dem Wiederholen einzelner Wörter oder weniger Items pendeln. Für diese Interpretation sprechen auch die Befunde der Instruktionsstudie von Naus et al., (1977), in der DrittklässlerInnen instruiert worden waren aktives Rehearsal zu verwenden. Dabei wurden sie dazu aufgefordert das aktuell präsentierte Item mit zwei zuvor präsentierten Items gemeinsam zu wiederholen. Diese Kinder waren tatsächlich in der Lage Kumulatives Rehearsal zu verwenden. Allerdings handelte es sich bei den Items, die sie über den Listenverlauf hinweg in die Rehearsal-Set einbanden, in den allermeisten Fällen um die Items der ersten beiden Listenpositionen und das aktuell präsentierten Item. Eine sequenzielle Kombination von Items in Rehearsal-Sets, die zu erhöhten Interitemassoziationen dieser Items führt und dadurch die Wiedereinbindungen dieser Items in Rehearsal-Sets erleichtert, scheint somit auch in einer Anfangsphase zu ermöglichen, dass aktives Rehearsal durchgeführt werden kann.



## 6 Vergleichbarkeit von Lern- und Abrufverhalten?

Die Befunde dieser abschließenden Analysen, bei denen ein hoher Zusammenhang zwischen gemeinsam wiederholten Items benachbarter Listenpositionen und einer hohen Wahrscheinlichkeit des sequenziellen Abrufes dieser Items gefunden werden konnte, legen folgenden Bearbeitungsprozess einer Free Recall Aufgabe bei Kindern nahe:

Durch die extern vorgegebene Reihung der Items wird ein erster Anstoß für Interitemassoziationen gegeben. Nacheinander präsentierte Items werden dabei gemeinsam wiederholt und dieser Wiederholmechanismus verstärkt somit die Interitemassoziationen der aufeinander folgenden Items und hält sie für weitere Wiederholungen aktiv. Rehearsal zwischen der Präsentation von zwei Items kann dabei auch als eine Art „mini-recall“ (Tan & Ward, 2000; vgl. auch Kapitel 3.1) verstanden werden und ist dadurch geprägt, dass die zuvor präsentierten Items in Rehearsal-Sets eingebunden werden. Je höher die Assoziationsstärke zwischen zwei Items ist, desto wahrscheinlicher ist ihre Wiedereinbindung. Dabei ist zu beachten, dass es sich nicht nur um zwei Items handeln muss, sondern vorzugsweise jeweils um die nacheinander präsentierten Items. Dadurch kann es zu einem Anwachsen der Rehearsal-Sets während der Lernphase kommen. In Kapitel 3.2 konnte nachgewiesen werden, dass die Rehearsal-Set-Größe über den Listenverlauf anstieg, bevor sie alterskorreliert bzw. abhängig von der Ausprägung der Gedächtniskapazität früher oder später im Lernprozess wieder abnahm. Je häufiger Items oder Itempaare gemeinsam in Rehearsal-Sets eingebunden werden konnten, desto stärker scheint die Assoziation zwischen diesen Items zu sein und desto länger ist Kumulatives Rehearsal beobachtbar. Die Gedächtniskapazität ist dabei mitverantwortlich dafür, dass diese Interitemassoziationen durch wiederholten Abruf der Itempaare aufrechterhalten werden. Dieses Wiederholverhalten gibt einen differenzierten Aufschluss darüber, wie sich verschiedene Rehearsal-Sets zusammensetzen und liefert somit Information über die Qualität Kumulativen Rehearsals. Auf der anderen Seite gibt es auch an, wie lange Assoziationsprozesse dieser Art über den Listenverlauf aufrechterhalten werden können. Wie in Kapitel 4.4 angedeutet wurde, wirken während des Listenprozesses möglicherweise zusätzlich metakognitive Kompetenzen auf die Enkodier- und Informationsverarbeitungsprozesse ein und führen somit dazu, dass der Listenkontext als Wiederholungsanker genutzt wird.

Sobald die Lernphase endet und die Reproduktionsphase beginnt, findet ein nahezu vergleichbarer Prozess zum Rehearsal statt. Items mit hoher Assoziationsstärke werden

nacheinander reproduziert. Da bei einer seriellen Präsentation von Items die direkt aufeinander folgenden Items die höchsten Interitemassoziationen gewonnen zu haben scheinen, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass sie auch in der Reproduktionsphase nacheinander abgerufen werden. Die Reproduktion des ersten Items scheint mit einer Wiederinkraftsetzung des Kontextes einherzugehen und dient infolgedessen als Abruf-Cue für das anschließend reproduzierte Item (Howard & Kahana, 1999). Weist dieses eine hohe Assoziationsstärke mit einem weiteren Item auf, so ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass dieses wiederum anschließend reproduziert wird. Im Sinne des lag recency Effektes ist die Wahrscheinlichkeit eines folgenden Abrufes von benachbart präsentierten Listenitems am höchsten. Dieser Prozess scheint besonders ausgeprägt am Ende der Grundschuljahre stattzufinden. Hier fand sich während der Lernphase zum einen eine Zunahme der durchschnittlichen Wiederholungen derjenigen benachbarten Listenitems, die später auch nacheinander reproduziert wurden. Zum anderen erwiesen sich die Abruflatenzen zwischen diesen benachbart präsentierten Items als besonders kurz. Laming (2006) vergleicht das Lernen und den Abruf bei einer Free Recall Aufgabe mit dem Aufnehmen und Abspielen einer DVD. Dabei werden die Items in der Reihenfolge, in der sie wiederholt werden auf die DVD gespielt. Beim Abruf wird ein Track von der DVD angewählt und ein Abruf von einem folgenden Track stellt sich müheloser dar als der von einem weiter entfernten Track.

Diese Prozesse scheinen besonders gut für eine erste Phase innerhalb des Abrufes von Items zu funktionieren. Offen bleibt jedoch die Frage nach Prozessen beim Abruf von später reproduzierten Items, bei denen schnelle assoziative Mechanismen nicht mehr zu wirken scheinen. Dafür, dass diese schnellen assoziativen Mechanismen hier nicht mehr wirken, sprechen die abnehmenden lag recency Effekte (Howard & Kahana, 1999) und eine abnehmende Abruftrate, die davon abhängig ist, wie viele Items noch nicht reproduziert wurden (Rohrer & Wixted, 1994; Murdock & Okada, 1970). Im Vergleich zu einer Lernphase, die durch die Technik des lauten Denkens relativ gut beschrieben ist, stehen in Bezug auf eine Reproduktionsphase in den seltensten Fällen Protokolle über das Denken beim Reproduzieren oder über „lautes Abrufverhalten“ der Kinder zur Verfügung. Zur Erklärung von zugrunde liegenden Prozessen für Reproduktionsreihenfolgen liegen zumeist nur indirekte Maße wie die Latenzzeiten oder die Protokolle aus der Lernphase vor. Es ist jedoch anzunehmen, dass auch während der Abrufphase immer wieder zuvor reproduzierte Items in Gedanken abgerufen werden. Im Rahmen der DVD-Analogie bedeutet dies, dass Kinder auf der DVD nach Tracks suchen, die sie noch nicht abgespielt haben. Dabei kommt es zu einem wiederholten Anwählen bereits gespielter Tracks. Diese

wiederholte Anwahl scheint, im Sinne der Gabe von Abruf-Cues, dazu zu dienen, Verbindungen oder Spuren zu noch nicht reproduzierten Items/ Tracks (wieder)herzustellen. bzw. sich eine Übersicht über die möglichen Inhalte der DVD zu verschaffen. So wie es beim Anspielen von Titeln einer DVD immer wieder dazu kommt, dass man die Anfänge eines Titels hört oder sieht, so kommt es bei Kindern, häufiger als bei Erwachsenen, dazu, dass die wiederholten Reproduktionen ausgesprochen werden. Diese offenen Wiederholungen zu verfolgen, scheint eine Möglichkeit zu bieten, Abrufmechanismen im Sinne weit gestreuter Abruf-Cues von Kindern aufzudecken.

## 7 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es anhand von längsschnittlichen Analysen Entwicklungsveränderungen bei Rehearsal-Strategien im Rahmen einer Free Recall Aufgabe zwischen dem Ende der zweiten Klasse und dem Ende der vierten Klasse aufzudecken und mögliche Einflussfaktoren für diese Veränderungen zu identifizieren. Bei Rehearsal handelt es sich um eine Enkodierungsstrategie, die sich dadurch auszeichnet, dass das zu lernende Material für einen späteren Abruf verbal wiederholt wird. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Entwicklungsanalysen dieser Gedächtnisstrategie verfolgten drei Untersuchungsstränge. Dabei behandelte der erste qualitative Veränderungen, im Sinne von Veränderungen der Güte fortgeschrittenen strategischen Verhaltens, und der zweite quantitative Veränderungen, bei denen Veränderungen in der Intensität strategischen Verhaltens im Mittelpunkt standen. Der dritte Untersuchungsstrang befasste sich mit den Reproduktionskonsequenzen dieser qualitativen und quantitativen Veränderungen. Über alle Untersuchungen hinweg wurde deutlich, dass sich die Entwicklung der Gedächtnisstrategie Rehearsal durch Variabilität und adaptives Strategieverhalten auszeichnete.

Da in der bisherigen Forschung qualitative Unterschiede von Rehearsal hauptsächlich anhand eines Globalmaßes bestimmt worden waren, wurde ein Maß entwickelt, das es ermöglichte qualitative Unterschiede bei der Anwendung der fortgeschrittensten Rehearsal-Form, dem Kumulativen Rehearsal, während des Memorierverhaltens zu identifizieren. Anhand dieses prozesssensitiven Maßes konnte nachgewiesen werden, dass Kinder aktives Rehearsal nutzten, um das Lernmaterial für einen späteren Abruf zu strukturieren. Dabei zeigte sich, dass sowohl das aufgabenspezifische Metagedächtnis als auch besonders die Gedächtniskapazität Einfluss auf die Qualität Kumulativen Rehearsals hatten und dass diese Qualität in Zusammenhang mit einer guten Erinnerungsleistung stand.

Neben diesen qualitativen Entwicklungsveränderungen konnten auch quantitative Unterschiede beim Einsatz von Rehearsal nachgewiesen werden. Es zeigte sich, dass sich Kinder zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb der Entwicklung als auch über den Entwicklungsverlauf hinweg hinsichtlich der Intensität der Nutzung verschiedener Strategien unterschieden. Anhand der Berücksichtigung der quantitativen Ausprägung bei der Nutzung von Rehearsal-Strategien konnte auf der einen Seite der klassische Befund der Entwicklung von passivem zu aktivem Rehearsal bestätigt werden. Auf der anderen Seite

war es anhand detaillierter Analysen des Lernverhaltens während der Lernphase möglich aufzudecken, dass es sich bei den Übergängen zwischen den Strategien nicht wie ursprünglich angenommen, um abrupte, sprunghafte Veränderungen, sondern um fließende Übergänge handelte, die durch die parallele Existenz verschiedener Strategien während der Aufgabenbearbeitung gekennzeichnet waren. Die Gedächtniskapazität konnte dabei als einflussreiche Entwicklungsdeterminante für die gefundenen Entwicklungsveränderungen von einer anfänglich intensiven Nutzung passiver Rehearsalstrategien zu einer folgenden intensiven Nutzung der aktiven Rehearsal-Strategie identifiziert werden.

Schließlich wurden Reproduktionsdynamiken und –prozesse in der Abrufphase einer Free Recall Aufgabe untersucht und Entwicklungsanalysen hinsichtlich der Reproduktionskonsequenzen von Rehearsal durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass sich die serielle Präsentationsfolge der Listenitems häufig in Form einer sequenziellen Reproduktionsfolge dieser Items in der Abrufphase wieder finden ließ. Neben dem Zusammenhang zwischen qualitativen und quantitativen Ausprägungen von Kumulativem Rehearsal und dem sequenziellen Abruf benachbarter Listenitems konnte besonders für selektives Wiederholverhalten von Items benachbarter Listenpositionen ein Zusammenhang mit diesem Sequenzeffekt im Abrufverhalten wieder gefunden werden. Die selektive Wiederholung benachbarter Listenitems in der Lernphase vereint qualitative und quantitative Aspekte Kumulativen Rehearsals und scheint in ihrem Prozess dem Abrufverhalten in der Reproduktionsphase sehr ähnlich zu sein.

## 8 Literaturverzeichnis

- Adolph, K. E. (1997). Learning and the development of infant locomotion. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 62, (3, Serial No. 251).
- Appel, L. F., Cooper, R. G., McCarrell, N., Sims-Knight, J., Yussen, S. R., & Flavell, J. H. (1972). The development of the distinction between perceiving and memorizing. *Child Development*, 43, 1365-1381.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control process. In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* Vol. 2 (pp. 89-195). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D. (1990). *Human memory: Theory and practice*. Boston: Allyn & Bacon.
- Baker-Ward, L., Ornstein, P. A., & Holden, D. J. (1984). The expression of memorization in early childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 37, 555-575.
- Beuhring, T., & Kee, D. (1987). Developmental relationships among metamemory, elaborative strategy use, and associative memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 44, 377-400.
- Bjorklund, D. F. (1987). How age changes in knowledge base contribute to the development of children's memory: An interpretative review. *Developmental Review*, 7, 93-130.
- Bjorklund, D. F., & Douglas, R. N. (1997). The development of memory strategies. In N. Cowan (Ed.). *The development of memory in childhood* (pp. 201-246). Hove, East Sussex: Psychology Press.
- Brodie, D. A. (1975). Free recall measures of short-term store: Are rehearsal and order of recall data necessary? *Memory and Cognition*, 3, 653-662.
- Brodie, D. A., & Murdock, B. S. (1977). Effect of presentation time on nominal and functional serial-position curves of free recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16, 185-200.
- Brown, G. D. A., & Hulme, C. (1995). Modeling item length effects in memory span: No rehearsal needed? *Journal of Memory and Language*, 34, 594-621.

- Case, R., Kurland, D. M., & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, *33*, 386-404.
- Cavanaugh, J. C., & Perlmutter, M. (1982). Metamemory: A critical examination. *Child Development*, *53*, 11-28.
- Cox, B. D., Ornstein, P. A., Naus, M. J., Maxfield, D., & Zimler, J. (1989). Children's concurrent use of rehearsal and organizational strategies. *Developmental Psychology*, *25*, 619-627.
- Crowder, R. G. (1976). *Principles of learning and memory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Crowley, K., Shrager, J., & Siegler, R. S. (1997). Strategy discovery as a competitive negotiation between metacognitive and associative mechanisms. *Developmental Review*, *17*, 462-489.
- Cuvo, A. J. (1975). Developmental differences in rehearsal and free recall. *Journal of Experimental Child Psychology*, *19*, 265-278.
- Fischer, K. W., & Bidell, T. R. (1998). Dynamic development of psychological structures in action and thought. In R. M. Lerner (Ed.) & W. Damon (Series Ed.), *Handbook of child psychology: Vol. 1. Theoretical models of human development* (5th ed., pp. 467-561). New York: Wiley.
- Flavell, J. H. (1970). Developmental studies of mediated memory: In H. W. Reese & L. P. Lipsitt (Eds.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 5, pp. 181-211). New York: Academic Press.
- Flavell, J. H., Beach, D. H., & Chinsky, J. M. (1966). Spontaneous verbal rehearsal in a memory task as a function of age. *Child Development*, *37*, 283-299.
- Flavell, J. H., & Wellman, H. M. (1977). Metamemory. In R. V. Kail & J. W. Hagen (Eds.), *Perspectives on the development of memory and cognition* (pp. 3-33). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Footo, M. M., Guttentag, R., & Ornstein, P. A. (1988). *Capacity demands of strategy execution: Effects of training and practice*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
- Garrity, L. I. (1975). An electromyographical study of subvocal speech and recall in preschool children. *Developmental Psychology*, *11*, 274-281.

- 
- Gathercole, S. E., Adams, A.-M., & Hitch, G. J. (1994). Do young children rehearse? An individual-differences analysis. *Memory and Cognition*, *22*, 201-207.
- Gathercole, S. E., & Hitch, G. J. (1993). Developmental changes in short-term memory: A revised working memory perspective. In A. Collins, S. E. Gathercole, M. A. Conway & P. E. Morris (Eds.), *Theories of memory*. Hove: Erlbaum.
- Goldin-Meadow, S., Alibali, M. W., & Church, R. B. (1993). Transitions in concept acquisition: Using the hand to read the mind. *Psychological Review*, *100*, 279-297.
- Guttentag, R. E. (1984). The mental effort requirement of cumulative rehearsal: A developmental study. *Journal of Experimental Child Psychology*, *37*, 92-106.
- Guttentag, R. E. (1989). Age differences in dual-task performance: Procedures, assumptions, and results. *Developmental Review*, *9*, 146-170.
- Guttentag, R. E. (1995). Mental effort and motivation: Influences on children's memory strategy use. In F. E. Weinert & W. Schneider (Eds.), *Research on memory development: State of the art and future directions*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Guttentag, R. E., Ornstein, P. A., & Siemens, L. (1987). Children's spontaneous rehearsal: Transitions in strategy acquisition. *Cognitive Development*, *2*, 307-326.
- Goswami, U. (2001). *So denken Kinder. Einführung in die Psychologie der kognitiven Entwicklung*. Bern: Huber.
- Greer, T., & Dunlap, W. P. (1997). Analysis of variance with ipsative measures. *Psychological Methods*, *2*, 200-207.
- Gulya, M. R. (2000). Find more like this: The development of memory for serial order. *Dissertation Abstracts International : Section B: The Sciences and Engineering*, *Volume 60* (10-B), May 2000, p. 5242.
- Hagen, J. W., Hargrave, S., & Ross, W. (1973). Prompting and rehearsal in short-term memory. *Child Development*, *44*, 201-204.
- Hagen, J. W., & Kingsley, P. R. (1968). Labeling effects in short-term memory. *Child Development*, *39*, 113-121.
- Hagen, J. W., Meacham, J. A., & Mesibov, G. (1970). Verbal learning, rehearsal, and short-term memory. *Cognitive Psychology*, *1*, 47-58.



- Hasselhorn, M. (1992). Task dependency and the role of category typicality and metamemory in the development of an organizational strategy. *Child Development*, 63, 202-214.
- Hasselhorn, M. (1995). Beyond production deficiency and utilization inefficiency: Mechanisms of the emergence of strategic categorization in episodic memory tasks. In F. E. Weinert & W. Schneider (Eds.), *Memory development and competencies: Issues in growth and development* (pp. 141-159). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Hasselhorn, M. (1996). *Kategoriales Organisieren bei Kindern: Zur Entwicklung einer Gedächtnisstrategie*. Göttingen: Hogrefe.
- Hasselhorn, M. & Grube, D. (2006). Gedächtnisentwicklung (Grundlagen). In W. Schneider und B. Sodian (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Serie „Entwicklungspsychologie, Band 2: Kognitive Entwicklung* (S. 271-325). Göttingen: Hogrefe.
- Hasselhorn, M. & Lindner-Müller, C. (1995). Kategoriales Organisieren und kumulatives Rehearsal: Zur Entwicklung der kombinierten Nutzung zweier Gedächtnisstrategien. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 27, 139-156.
- Henry, L. A., & Millar, S. (1993). Why does memory span improve with age? A review of the evidence of two current hypotheses. *European Journal of Cognitive Psychology*, 5, 241-287.
- Hitch, G. J. (1990). Developmental fractionation of working memory. In G. Vallar & T. Shallice (Eds.), *Neuropsychological impairments of short-term memory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hitch, G. J., Halliday, M. S., Schaafstal, A. M., & Heffernan, T. M. (1991). Speech, "inner speech", and the development of short-term memory: Effects of picture labeling on recall. *Journal of Experimental Child Psychology*, 51, 220-234.
- Hock, S., Park, C. L., & Bjorklund, D. F. (1998). Temporal organization in children's strategy formation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 70, 187-206.
- Hosenfeld, B., van der Maas, H. L., & van den Boom, D. C. (1997). Indicators of discontinuous change in the development of analogical reasoning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 64, 367-395.

- Howard, M. W., & Kahana, M. J. (1999). Contextual variability and serial position effects in free recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *25*, 923–941.
- Howe, M. L., & O’Sullivan, J. T. (1990). The development of strategic memory: Coordinating knowledge, Metamemory, and resources. In D. F. Bjorklund (Ed.), *Children’s strategies: Contemporary views of cognitive development* (pp. 129-155). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kahana, M. J. (1996). Associative retrieval processes in free recall. *Memory and Cognition*, *24*, 103-109.
- Kahana, M. J., Howard, M. W., Zaromb, F., & Wingfield, A. (2002). Age dissociates recency and lag recency effects in free recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *28*, 530-540.
- Keeney, T. J., Cannizzo, S. R., & Flavell, J. H. (1967). Spontaneous and induced verbal rehearsal in a recall task. *Child Development*, *38*, 952-966.
- Kingsley, P. R., & Hagen, J. W. (1969). Induced versus spontaneous rehearsal in short-term memory in nursery school children. *Developmental Psychology*, *1*, 40-46.
- Kunzinger, E. L. (1985). A short-term longitudinal study of memorial development during early grade school. *Developmental Psychology*, *21*, 642-646.
- Laming, D. (2006). Predicting free recalls. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *32*, 1146-1163.
- Lange, G., Guttentag, R. E., & Nida, R. E. (1990). Relationships between study organization, retrieval organization, and general strategy-specific memory knowledge in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *49*, 126-146.
- Lehmann, M., & Hasselhorn, M. (2007). Variable memory strategy use in children’s adaptive intratask learning behavior: Developmental changes and working memory influences in free recall. *Child Development*, *78*, 1068-1082.

- Lehmann, M., Lingen, M. & Hasselhorn, M. (2005). Zur adaptiven Qualität kumulativen Rehearsals beim freien Reproduzieren im späten Grundschulalter [The adaptive quality of cumulative rehearsal activities in free recall during late elementary school years]. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *37*, 184-193.
- Lemaire, P., & Siegler, R. S. (1995). Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology: General*, *124*, 83-97.
- Locke, J. L., & Fehr, F. S. (1970). Young children's use of speech code in a recall task. *Journal of Experimental Child Psychology*, *10*, 367-373.
- McDougall, S., & Gruneberg, M. (2002). What memory strategy is best for examinations in psychology? *Applied Cognitive Psychology*, *16*, 451-458.
- McGilly, K., & Siegler, R. S. (1989). How children choose among serial recall strategies. *Child Development*, *60*, 172-182.
- McGilly, K., & Siegler, R. S. (1990). The influence of encoding and strategic knowledge on children's choices among serial recall strategies. *Developmental Psychology*, *26*, 931-941.
- Miller, P. H. (1990). The development of strategies of selective attention. In D. F. Bjorklund (Ed.), *Children's strategies: Contemporary views of cognitive development* (pp. 157-184). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Miller, P.H., & Aloise-Young, P.A. (1995). Preschooler's strategic behavior and performance on a same-different task. *Journal of Experimental Child Psychology*, *60*, 284-303.
- Miller, P. H., & Seier, W. L. (1994). Strategy utilization deficiencies in children: when, where, and why. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in Child Development and Behavior* (pp. 107-156). New York: Academic Press.
- Murdock, B. B. (1962). The serial position effect of free recall. *Journal of Experimental Psychology*, *64*, 482-488.
- Murdock, B. B., & Metcalfe, J. A. (1978). Controlled rehearsal in single-trial free recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *17*, 309-324.

- 
- Murdock, B. B., & Okada, R. (1970). Interresponse times in single-trial free recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *86*, 263-267.
- Naus, M. J., & Ornstein, P. A. (1983). The development of memory strategies: Analysis, questions, and issues. In M. T. H. Chi (Ed.), *Trends in memory development research (Contributions to Human Development)*, (Vol. 9, pp. 1-30). Basel: S. Karger.
- Naus, M. J., Ornstein, P. A. & Aivano, S. (1977). Developmental changes in memory: The effects of processing time and rehearsal instructions. *Journal of Experimental Child Psychology*, *23*, 237-251.
- Ornstein, P. A., Baker-Ward, L., & Naus, M. J. (1988). The Development of Mnemonic Skill. In F. E. Weinert & M. Perlmutter (Eds.), *Memory Development: Universal Changes and Individual Differences* (pp. 31-51). Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Ornstein, P. A., & Haden, C. A. (2001). Memory development or the development of memory? *Current Directions in Psychological Science*, *10*, 202-205.
- Ornstein, P. A., Medlin, R. G., Stone, B. P., & Naus, M. J. (1985). Retrieving for rehearsal: An analysis of active rehearsal in children's memory. *Developmental Psychology*, *21*, 633-641.
- Ornstein, P. A., & Naus, M. J. (1978). Rehearsal processes in children's memory. In P. A. Ornstein (Ed.), *Memory Development in Children* (pp. 69-99). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Ornstein, P. A., & Naus, M. J. (1985). Effects of the knowledge base on children's memory strategies. *Advances in Child Development and Behavior*, *19*, 113-148.
- Ornstein, P. A., Naus, M. J. & Liberty, C. (1975). Rehearsal and organizational processes in children's memory. *Child Development*, *46*, 818-830.
- Ornstein, P. A., Naus, M. J. & Miller, T. D. (1977a). The effects of list organization and rehearsal activity on children's free recall. *Child Development*, *48*, 292-295.
- Ornstein, P. A., Naus, M. J. & Stone, B. P. (1977b). Rehearsal training and development differences in memory. *Child Development*, *13*, 15-24.
- Pollio, H. R. (1974). *The psychology of symbolic activity*. Reading, MA: Edison-Wesley.

- Pressley, M., Forrest-Pressley, D., Elliott-Faust, D. L., & Miller, G. E. (1985). Children's use of cognitive strategies, how to teach strategies, and what to do if they can't be taught. In M. Pressley & C. J. Brainerd (Eds.), *Cognitive learning and memory in children* (pp. 1-47). New York: Springer-Verlag.
- Rittle-Johnson, B., & Siegler, R. S. (1999). Learning to spell: Variability, choice, and change in children's strategy use. *Child Development, 70*, 332-348.
- Raaijmakers, J. G. W., & Shiffrin, R. M. (1981). Search of associative memory. *Psychological Review, 88*, 93-134.
- Rohrer, D., & Wixted, J. T. (1994). An analysis of latency and interresponse time in free recall. *Memory and Cognition, 22*, 511-524.
- Rundus, D. (1971). Analysis of rehearsal processes in free recall. *Journal of Experimental Psychology, 89*, 63-77.
- Rundus, D., & Atkinson, R. C. (1970). Rehearsal processes in free recall: A procedure for direct observation. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 9*, 99-105.
- Schlagmüller, M., & Schneider, W. (2002). The development of organizational strategies in children: evidence from a microgenetic longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology, 81*, 298-319.
- Schneider, W. (1985). Developmental trends in the metamemory – memory behavior relationship: An integrative review. In D. L. Forrest-Pressley, G. E. MacKinnon & T. G. Waller (Eds.), *Metacognition, cognition, and human performance* (Vol. I, pp. 111-153). Orlando, FL: Academic Press.
- Schneider, W. (1986). The role of conceptual knowledge and metamemory in the development of organizational processes in memory. *Journal of Experimental Child Psychology, 42*, 218-236.
- Schneider, W., & Bjorklund, D. F. (1998). Memory. In W. Damon, D. Kuhn, & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology: Cognition, perception, and language* (Vol. 2, pp. 467–521). New York: Wiley.
- Schneider, W. & Büttner, G. (2002). Entwicklung des Gedächtnisses bei Kindern und Jugendlichen. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie* (5. Aufl., S. 495-516). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

- 
- Schneider, W., & Pressley, M. (1997). *Memory development between 2 and 20*. (2nd ed.). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Shiffrin, R. M. (1970). Forgetting: Trace erosion or retrieval failure? *Science*, *168*, 1601-1603.
- Shrager, J., & Siegler, R. S. (1998). SCADS: A model of children's strategy choices and strategy discoveries. *Psychological Science*, *9*, 405-410.
- Siegler, R. S. (1994). Cognitive variability: A key to understanding cognitive development. *Current Directions in Psychological Science*, *1*, 1-5.
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds. The process of change in children's thinking*. New York: Oxford University Press.
- Siegler, R. S. (2000). The rebirth of children's learning. *Child Development*, *71*, 26-35.
- Siegler, R. S. (2005). Children's learning. *American Psychologist*, *60*, 769-778.
- Siegler, R. S. (2006). Microgenetic analyses of learning. In W. Damon & R. M. Lerner (Series Eds.) & D. Kuhn & R. S. Siegler (Vol. Eds.), *Handbook of child psychology: Volume 2: Cognition, perception, and language* (6<sup>th</sup> ed., pp. 464-510). Hoboken, NJ: Wiley.
- Siegler, R. S. (2007). Cognitive variability. *Developmental Science*, *10*, 104-109.
- Siegler, R. S., & Crowley, K. (1994). Constraints on learning in non-privileged domains. *Cognitive Psychology*, *27*, 194-227.
- Siegler, R. S., & Jenkins, E. A. (1989). *How children discover new strategies*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Siegler, R. S., & Lemaire, P. (1997). Older and younger adults' strategy choices in multiplication: Testing predictions of ASCM using the choice/no-choice method. *Journal of Experimental Psychology: General*, *126*, 71-92.
- Siegler, R. S., & Shipley, C. (1995). Variation, selection, and cognitive change. In T. Simon & G. Halford (Eds.), *Developing cognitive competence: New approaches to process modelling* (pp. 31-76). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Siegler, R. S., & Shrager, J. (1984). Strategy choices in addition and subtraction: How do children know what to do? In C. Sophian (Ed.), *The origins of cognitive skills* (pp. 229-293). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- 
- Siegler, R. S., & Svetina, M. (2002). A microgenetic/cross-sectional study of matrix completion comparing short-term and long-term change. *Child Development, 73*, 793-809.
- Tan, L., & Ward, G. (2000). A recency-based account of the primacy effect in free recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 26*, 1589-1625.
- Tewes, U., Rossmann, K. & Schallberger, U. (1999). *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder III (HAWIK III)*. Göttingen: Hogrefe.
- Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. New York: Wiley (Original work published 1934).
- Ward, G. (2002). A recency-based account of the list length effect in free recall. *Memory and Cognition, 30*, 885-892.
- Waters, H. S., & Andreassen, C. (1983). Children's use of memory strategies under instruction. In M. Presseley & J. R. Levin (Eds.), *Cognitive strategies: Developmental, educational, and treatment-related issues*. New York: Springer.
- Weinert, F.E. & Schneider, W. (1996). Entwicklung des Gedächtnisses. In D. Albert & K.H. Stapf (Hrsg.) *Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich C: Theorie und Forschung. Serie II: Kognition, Band 4: Gedächtnis* (S. 433-487). Göttingen: Hogrefe.
- Woody-Dorning, J., & Miller, P. H. (2001). Children's individual differences in capacity: Effects on strategy production and utilization. *British Journal of Developmental Psychology, 19*, 543-557.

# LEBENS LAUF

## PERSÖNLICHE DATEN

---

Name: Lehmann  
Vorname: Martin  
Geburtsdatum: 02.07.1975  
Geburtsort: München  
Staatsangehörigkeit: deutsch

## WISSENSCHAFTLICHER WERDEGANG

---

10/1996 – 9/1998 Grundstudium in Psychologie am Georg-Elias-Müller Institut für Psychologie an der Georg-August-Universität Göttingen

10/1998 – 9/2000 Auslandsstudium an der Università degli Studi di Padova (Italien) in Psychologie

10/2000 – 01/2003 Hauptstudium in Psychologie am Georg-Elias-Müller Institut für Psychologie an der Georg-August-Universität Göttingen

02/2001 – 01/2003 Studentische Hilfskraft in einem DFG-Projekt zu *Bedingungen und intraindividuellen Entwicklungsverläufen strategischer Gedächtnisprozesse zwischen 5 und 12 Jahren*

01/2004 – 03/2006 Geprüfte wissenschaftliche Hilfskraft in der Abteilung für Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie des Georg-Elias-Müller Instituts für Psychologie an der Universität Göttingen

04/2006 – 06/2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie des Georg-Elias-Müller Instituts für Psychologie an der Universität Göttingen

Seit 07/2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Institut für Internationale Pädagogische Forschung, Arbeitseinheit Bildung und Entwicklung

Frankfurt am Main, 12. November 2007