

# Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeit bei Vorschulkindern mit gestörter und unauffälliger Sprachentwicklung

Markus Janczyk, Hermann Schöler und Joachim Grabowski

Pädagogische Hochschule Heidelberg

**Zusammenfassung.** Eine Beeinträchtigung der Funktionen der Phonologischen Schleife wurde bei der Untersuchung von Sprachentwicklungsstörungen und ihren Bedingungsfaktoren mehrfach nachgewiesen. Durch ein Doppelaufgaben-Experiment wird nun im Vergleich von sprachunauffälligen mit sprachentwicklungsgestörten Kindern untersucht, ob auch die Funktion der Zentralen Exekutive, Aufmerksamkeit zuzuteilen, beeinträchtigt ist. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass nur die Phonologische Schleife, nicht aber die Zentrale Exekutive eine Rolle bei Sprachentwicklungsstörungen spielt.

Schlüsselwörter: Arbeitsgedächtnis, Sprachentwicklungsstörung, Doppelaufgaben-Paradigma

Working memory and attention: A study in pre-school children with normal and impaired language development

**Abstract.** It has been repeatedly shown that limited processing of the phonological loop (within a model of working memory) may count as a condition for impaired language development. Here, we report on a dual-task experiment in which children with normal and impaired language development were compared with respect to a crucial function of the central executive: the ability to direct and allocate attention. The results indicate that only the phonological loop, but not the functioning of the central executive, appears to be responsible for impaired language development.

Key words: working memory, impaired language development, dual-task paradigm

Das menschliche Arbeitsgedächtnis als funktional grundlegendes System aller höheren kognitiven Leistungen spielt eine entscheidende Rolle bei Lernprozessen jeglicher Art. Seine Untersuchung kann deshalb auch zur Bestimmung bereits vorliegender oder zukünftig erwartbarer Risiken in Entwicklungsverläufen beitragen: „Given the range of important everyday cognitive activities that appear to be constrained by working memory, it seems reasonable to suppose that children with severely compromised working-memory capacities will be educationally disadvantaged at school, experiencing a range of learning difficulties“ (Gathercole, 1999, p. 417).

Das Arbeitsgedächtnis und seine Subsysteme werden im Allgemeinen als ein System zur kurzfristigen Speicherung und zur Bearbeitung von Informationen modelliert (Oberauer, 2002; Rummer, 1996). Ob das Arbeitsgedächtnis dabei eine eigenständige Struktur oder verschiedene Aktivierungszustände des Langzeitgedächtnisses darstellt, wird kontrovers diskutiert (Hasselhorn & Schumann-Hengsteler, 1998). Das verbreitetste Modell des Arbeitsgedächtnisses wurde von Baddeley und Mitarbei-

tern entwickelt (siehe u. a. Baddeley, 1986, 2000). Danach besteht das Arbeitsgedächtnis aus einer *Zentralen Exekutive*, zwei modalitätsspezifischen Hilffsystemen (der *Phonologischen Schleife* und dem *Räumlich-visuellen Notizblock*) sowie dem *Episodischen Puffer*. Bei der Phonologischen Schleife werden darüber hinaus eine passive und eine aktive Komponente unterschieden: Der passive phonologische Speicher und der aktive Rehearsal-Mechanismus.

Eine wichtige Rolle kommt dem Arbeitsgedächtnis – und hier insbesondere dem Subsystem *Phonologische Schleife* – beim kindlichen Spracherwerb zu (Gathercole & Pickering, 2000; Hasselhorn & Werner, 2000). So zeigten beispielsweise Baddeley, Gathercole und Papagno (1998) in einer Studie mit Kindern im Vorschulalter, dass sich ein Teil der beobachteten Wortschatzunterschiede durch Indikatoren der Gedächtnisspanne aufklären lässt. Auch die Befunde von Gathercole, Service, Hitch, Adams und Martin (1999) zum Zusammenhang zwischen Wortschatz und dem kurzfristigen Aufrechterhalten von Information weisen auf die Bedeutung der Leistungsfähigkeit

der Phonologischen Schleife für die Sprachentwicklung hin. Neben der Entwicklung des Wortschatzes lässt auch der Erwerb grammatischen Wissens und Könnens den Beitrag der Phonologischen Schleife erkennen: Adams und Gathercole (1995) fanden bei Kindern mit hohen Gedächtnisleistungen im späteren Entwicklungsverlauf sowohl längere als auch komplexere Äußerungen. Weitere Evidenz liefern die Untersuchungen von Hasselhorn und Körner (1997), bei denen sich Korrelationen zwischen Indikatoren der Leistungsfähigkeit der Phonologischen Schleife und dem Nachsprechen von Sätzen (Subtest *IS* des *H-S-E-T*; Grimm & Schöler, 1978) als einem Indikator für grammatisches Wissen fanden.

Störungen der Funktionstüchtigkeit eines solchen, für den Spracherwerb wichtigen Verarbeitungssystems sollten sich – trivialerweise – nachteilig auf den Erwerb sprachlichen Wissens und Könnens auswirken. Gathercole und Baddeley (1990) sehen in Minderleistungen der Phonologischen Schleife *verursachende* Bedingungen von Spracherwerbsstörungen; zwischenzeitlich konnten ihre Befunde in einer Reihe von Studien (u. a. Schöler, Fromm & Kany, 1998; Spohn, Spohn & Schöler, 1998) bestätigt werden: Defizite der Phonologischen Schleife werden auch als (zumindest mit-)bedingender Faktor bei der Spezifischen Sprachentwicklungsstörung (*SSES*) gesehen (zur Definition der *SSES*, ihrer Problematik und dem Erscheinungsbild siehe Fromm, Schöler & Scherer, 1998). Neben einer immer wieder beobachteten kürzeren Gedächtnisspanne kommt insbesondere auch der Verarbeitungsqualität des phonologischen Speichers eine Rolle zu (Hasselhorn & Werner, 2000). So konnte das Leistungsniveau einer sprachunauffälligen Gruppe von Kindern beim Nachsprechen von verzerrt dargebotenen Kunstwörtern auf das von den sprachentwicklungsgestörten Kindern erreichte Niveau gesenkt werden.

Die Beteiligung der Phonologischen Schleife beziehungsweise ihrer Minderleistung an Sprachentwicklungsstörungen kann als unstrittig und gesichert gelten (u. a. Gathercole & Baddeley, 1990; Hasselhorn & Werner, 2000; Schöler, Roos & Fromm, 2003). Fraglich bleibt jedoch, ob nicht auch weitere Teile des Arbeitsgedächtnisses an der Entwicklung von Sprachstörungen beteiligt sein können. Angesichts des oft berichteten gleichzeitigen Auftretens von Sprachentwicklungs- und Aufmerksamkeitsstörungen (u. a. Schöler, Keilmann, Heinemann & Schakib-Ekbatan, 2002) liegt insbesondere die Annahme nahe, dass sich das Defizit auch in einer anderen Komponente des Arbeitsgedächtnisses – nämlich der Zentralen Exekutive – manifestieren könnte, wo es als Problem der gezielten Verteilung von Aufmerksamkeit beziehungsweise des schnellen Umschaltens auf einen zweiten Verarbeitungsprozess zu Tage tritt. Im Modell des Arbeitsgedächtnisses würde eine solche Aufgabe ja gerade der Zentralen Exekutive zukommen, deren Funktion Baddeley (1990) durch die „*Supervisory Attentional System (SAS)*“-Theorie von Norman und Shallice (1986) spezifiziert. In dieser Theorie wird angenommen, dass automatisierte, geübte Prozesse von Umweltreizen (oder anderen Prozessen) initiiert werden und ohne nennens-

werten Ressourcenverbrauch ablaufen können. Konflikte zwischen ablaufenden Prozessen werden durch ein autonomes System, das *contention scheduling*, gelöst. Tritt allerdings ein bedrohlicher oder neuer Reiz auf, oder soll alternativen Handlungen bewusst Priorität gegeben werden, kann das *SAS* unter Ressourcenverbrauch aktiv eingreifen und Prozesse aktivieren oder hemmen. Auf Zusammenhänge zwischen Funktionen der Zentralen Exekutive und Sprach- und Lesefähigkeiten weisen auch Gathercole und Pickering (2000) hin.

In der vorliegenden Untersuchung werden bei Vorschulkindern mit gestörter und mit unauffälliger Sprachentwicklung die Leistungen der Phonologischen Schleife (Aufrechterhaltung verbaler Information) sowie der Zentralen Exekutive (Aufmerksamkeitszuteilung bei zwei verschiedenen Aufgaben beziehungsweise Fähigkeit zum schnellen Reagieren auf eine Zweitaufgabe) verglichen. Neben (1) der erwarteten Replikation von Leistungsunterschieden der Phonologischen Schleife wird damit geprüft, ob bei Sprachentwicklungsstörungen (2) auch eine Minderleistung der Zentralen Exekutive vorliegt und (3) in welcher Beziehung die beiden Teilsysteme des Arbeitsgedächtnisses dabei zueinander stehen.

## Methode

*Stichproben.* An der Untersuchung nahmen insgesamt 48 Vorschulkinder aus zwei Regelkindergärten sowie aus zwei Schulkindergärten für Sprachbehinderte im Raum Heidelberg/Mannheim teil. Die sprachentwicklungsgestörten Kinder mussten eine der Diagnosen ‚kindlicher Dysgrammatismus‘, ‚Sprachentwicklungsverzögerung‘ oder ‚Spezifische Sprachentwicklungsstörung‘ aufweisen. Neun Kinder mussten auf Grund fehlenden Instruktionsverständnisses (7) oder wegen anderer Muttersprache als Deutsch (2) aus den Analysen ausgeschlossen werden. In der Gruppe der sprachentwicklungsgestörten Kinder (*SES*) verblieben 18 Kinder mit einem durchschnittlichen Alter von 6;1 Jahren ( $s = 0;6$  Jahre), davon neun fünfjährige und neun sechsjährige Kinder. Die Gruppe der 21 sprachunauffälligen Kinder (*Norm*) hatte ein durchschnittliches Alter von 5;6 Jahren ( $SD = 0;4$  Jahre) und bestand aus 20 fünfjährigen und einem sechsjährigen Kind. Die *SES*-Kinder sind mit 6;1 Jahren durchschnittlich (und statistisch bedeutsam:  $|t| = 4.11$ ;  $p < .01$ ) sieben Monate älter als die *Norm*-Kinder. Da aber zum einen die Leistung in Abhängigkeit vom Lebensalter variiert und ältere Kinder höhere Leistungen erbringen, zum anderen *SES*-Kinder in den untersuchten Leistungsbereichen geringere Leistungen als *Norm*-Kinder erzielen, kann sich der Altersunterschied allenfalls konservativ auf die gerichtete Unterschiedsprüfung auswirken; die erwarteten schwächeren Leistungen der *SES*-Gruppe werden weniger wahrscheinlich.

Die Gruppe der sprachentwicklungsgestörten Kinder besteht aus 13 Jungen und 5 Mädchen. Dieses Verhältnis von Jungen zu Mädchen entspricht in etwa dem in der Literatur (z. B. Fromm, Schöler & Scherer, 1998) berich-

teten von 3:1. Bei der Gruppe der sprachunauffälligen Kinder liegt eine ähnliche Geschlechterverteilung (13 Jungen, 8 Mädchen) vor, der diesbezügliche Unterschied zwischen den Gruppen *SES* und *Norm* ist statistisch unbedeutend ( $\chi^2 = 0.46$ ;  $p = 0.5$ ).

**Doppelaufgaben-Paradigma.** Eine häufige Methode zur Untersuchung der (Fähigkeit zur) Aufmerksamkeitsverteilung ist das Doppelaufgaben- oder Dual-task-Paradigma. Bei Experimenten dieser Art werden den Probanden gleichzeitig zwei verschiedene Aufgaben zur Bearbeitung gegeben, um – ausgehend von der Annahme einer begrenzten zentralen Ressource – Grenzen der menschlichen Informationsverarbeitung zu bestimmen. Eine maximale Auslastung dieser Ressource führt zu beeinträchtigenden Wechselwirkungen bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben. Dies zeigt sich zumeist in einem Anstieg an Handlungsfehlern oder einem Rückgang der Verarbeitungsgeschwindigkeit (Rummer, 1996).

**Aufmerksamkeitsleistung.** Bei der ersten Aufgabe des Doppelaufgaben-Experiments (Primäraufgabe) wurden die Kinder mit Hilfe einer Nachführanforderung *kontinuierlicher mentaler Belastung* ausgesetzt. Dazu wurden sie aufgefordert, in einem ‚Computerspiel‘ mittels eines Joysticks ein ‚Raumschiff‘ möglichst genau in der Mitte einer von oben nach unten scrollenden Straße zu halten. Der Kurvenverlauf der Straße wurde quasi-zufällig variiert, so dass ständig nach rechts oder links ausgeglichen werden musste, um die Aufgabe zu erfüllen. Die Abweichungen der ‚Raumschiffspitze‘ zur Straßenmitte wurden mit 9 Hz fortlaufend protokolliert.

Die zweite Aufgabe (Sekundäraufgabe) bestand aus einer *sprachlichen Entscheidungsaufgabe*. In fest programmierten, aber unregelmäßigen Abständen wurde der sprachliche Reiz ‚drei‘ beziehungsweise ‚neun‘ präsentiert. Die Vorgabezeitpunkte sind den Abbildungen 1 und 2 zu entnehmen. Aufgabe der Kinder war es, bei ‚drei‘ möglichst schnell den Reiz zu wiederholen; bei ‚neun‘ sollte keine Reaktion erfolgen. Die Reaktionen wurden digital aufgezeichnet. (Zur Erhöhung der Motivation und des ‚Spielwertes‘ der Gesamtaufgabe wurde die Sekundäraufgabe durch eine raumschiffbezogene Rahmenhandlung begründet.)

**Leistung der Phonologischen Schleife.** Zur Erfassung der Gedächtnisspanne als Indikator für die *Kapazität* der Phonologischen Schleife wurde die Aufgabe „Wiedergabe von Zahlen-Folgen“ (ZF) aus dem *Inventar diagnostischer Informationen bei Sprachentwicklungsstörungen* (IDIS; Schöler, 1999) eingesetzt. Hierbei werden dem Kind Folgen von zwei bis sechs einsilbigen Zahlen zum direkten Nachsprechen vorgegeben.

Die *Verarbeitungsgenauigkeit* des phonologischen Speichers wurde mit der Aufgabe „Nachsprechen von Kunstwörtern“ (NK) aus IDIS erfasst. Die Kinder bekommen jeweils drei zwei-, drei- und viersilbige Kunstwörter (z. B. „MALI“, „LAKEMO“ oder „PUKAWORE“) zum Nachsprechen vorgegeben. Dabei werden zwei Maße unterschieden: die Summe der korrekt nachgesprochenen

Kunstwörter sowie die Silbenspanne (= die Silbenzahl des längsten korrekt reproduzierten Kunstwortes).

Die *Geschwindigkeit* des Rehearsal-Mechanismus wurde über die *Sprechrate* ermittelt. In Anlehnung an Hasselhorn und Marx (2000) sollten die Kinder das Worttripler ‚Baum – Schuh – Topf‘ zehnmal möglichst schnell artikulieren. Aus den fünf kürzesten Artikulationszeiten wurde die mittlere Silbenzahl bestimmt, die pro Sekunde artikuliert werden kann.

**Durchführung.** Die Untersuchungen wurden in einem separaten Raum der jeweiligen Einrichtung durchgeführt. Begonnen wurde mit den Aufgaben ZF und NK. Danach wurde die Sekundäraufgabe zunächst allein durchgeführt: Binnen 60 Sekunden wurde in vorprogrammierten Intervallen 5-mal ‚drei‘ und 3-mal ‚neun‘ vorgegeben. Vorab wurde durch einzelne Präsentationen der Stimuli geprüft und sichergestellt, dass das Kind die Aufgabe verstanden hatte. Die Primäraufgabe (Nachführaufgabe) wurde anschließend ebenfalls 60 Sekunden lang als Einzelaufgabe bearbeitet. Auch hier erhielten die Kinder vorab Zeit (20 Sekunden), um mit der Aufgabenstellung vertraut zu werden. Nach der separaten Durchführung der beiden Aufgaben sollten diese nun 90 Sekunden lang simultan bearbeitet werden (= Doppelaufgabenbedingung); bei der Sekundäraufgabe wurde 6-mal ‚drei‘ (nachsprechen) und 3-mal ‚neun‘ (keine Reaktion) präsentiert. Die Kinder wurden instruiert, die Ausführung der Primäraufgabe zu priorisieren (‚focussed attention design‘; vgl. Rummer, 1996). Abschließend wurden von den Kindern die Worttripler zur Ermittlung der Sprechrate gesprochen.

## Auswertung und Ergebnisse

**Auswertung.** Bei der Primäraufgabe wurden die mittlere und die maximale Abweichung während der Nachführzeit von 60 beziehungsweise 90 Sekunden bestimmt. Bei der Sekundäraufgabe wurde die mittlere Reaktionszeit auf den Reiz ‚drei‘ berechnet, und zwar nach zwei alternativen Berechnungsvorschriften: (1) für alle fünf beziehungsweise sechs erfassten Reaktionen; (2) unter Ausschluss der beiden jeweils längsten Reaktionszeiten, um die maximale Leistungsfähigkeit der Aufmerksamkeitskoordination möglichst valide zu erfassen und um den Einfluss bloßer Konzentrationsschwankungen zu bereinigen. Zusätzlich wurde die Anzahl korrekte Reaktionen erfasst und deren Anteil an den acht beziehungsweise neun möglichen Reaktionen berechnet.

**Doppelaufgabenexperiment.** Dem Doppelaufgaben-Paradigma liegt die Annahme zu Grunde, dass beide Aufgaben um die gleiche begrenzte Ressource konkurrieren. Daher ist zu erwarten, dass sich die Leistungen unter Doppelaufgabenbelastung gegenüber der alleinigen Durchführung reduzieren. Solche Haupteffekte der ‚Durchführungsbedingung‘ (separate Durchführung vs. Doppelaufgabenbedingung) finden sich für die maximale Abweichung bei der Primäraufgabe ( $F = 5.55$ ;  $p < .05$ ), für die gemessenen Reaktionszeiten der Sekundäraufgabe

**Tabelle 1.** Leistungsmaße der Primär- und Sekundäraufgabe bei separater Durchführung (*Reaktionszeit (alle)*: Berücksichtigung aller fünf Reaktionszeiten; *Reaktionszeit (Ausschluss)*: Ausschluss der beiden längsten Reaktionszeiten)

		<i>SES-Kinder</i>	<i>Norm-Kinder</i>	$ t $	$p$
<i>Primäraufgabe</i>					
mittlere Abweichung	$M (SD)$	0.60 (0.24)	0.64 (0.25)	0.43	0.67
maximale Abweichung	$M (SD)$	2.15 (0.80)	2.50 (0.95)	1.26	0.22
<i>Sekundäraufgabe</i>					
Reaktionszeit (alle)	$M (SD)$	1.16 (0.30)	1.07 (0.22)	1.06	0.30
Reaktionszeit (Ausschluss)	$M (SD)$	0.98 (0.21)	0.90 (0.20)	1.09	0.28
Anteil korrekter Reaktionen	$M (SD)$	0.85 (0.17)	0.95 (0.11)	2.35	< .05

( $F = 4.69$ ;  $p < .05$ ) und für die Anteile korrekter Reaktionen ( $F = 20.87$ ,  $p < .001$ ), nicht für die durchschnittliche Abweichung bei der Primäraufgabe ( $F = 0.50$ ;  $p = 0.48$ ). Auf Grund der längeren Durchführungszeit unter der Doppelaufgabenbedingung ist der Haupteffekt der ‚maximalen Abweichung‘ jedoch nicht zwingend als Bedingungseffekt zu interpretieren. Bedeutsame Wechselwirkungseffekte des Faktors ‚Durchführungsbedingung‘ mit dem Faktor ‚Gruppenzugehörigkeit‘ (*SES* vs. *Norm*) treten bei keiner der vier abhängigen Variablen auf (maximale Abweichung:  $F = 1.78$ ;  $p = 0.19$ ; Reaktionszeiten:  $F = 1.68$ ;  $p = 0.20$ ; Anteil korrekter Reaktionen:  $F = 1.32$ ,  $p = 0.26$ ; durchschnittliche Abweichung:  $F = 3.23$ ;  $p = 0.08$ ). Bei Ausschluss der beiden jeweils längsten Reaktionszeiten bleibt das Befundmuster erhalten, der Haupteffekt ‚Durchführungsbedingung‘ wird sogar substanzieller (Haupteffekt:  $F = 10.93$ ;  $p < 0.01$ /kein Wechselwirkungseffekt:  $F = 0.02$ ;  $p = 0.90$ ).

**Primäraufgabe.** Bei separater Bearbeitung der Primäraufgabe liegen sowohl die mittlere als auch die maximale Abweichung bei den *Norm-Kindern* numerisch sogar geringfügig – statistisch jedoch nicht bedeutsam – höher als bei den *SES-Kindern* (vgl. Tab. 1). Die sprachentwicklungsgestörten Kinder unterscheiden sich also von den sprachunauffälligen Kindern nicht in der Fähigkeit,

ihre Aufmerksamkeit einer Aufgabe zuzuwenden, die ständige (kontinuierliche) Beachtung erfordert.

Die Unterschiede zwischen den Gruppen unter der Doppelaufgabenbedingung sind ebenfalls statistisch nicht signifikant. Allerdings schneiden hier die *SES-Kinder* numerisch schlechter ab als die *Norm-Kinder* (vgl. Tab. 2).

**Sekundäraufgabe.** Die Reaktionszeiten auf den kritischen sprachlichen Stimulus ‚drei‘ sind bei separater Durchführung der Sekundäraufgabe bei den *SES-Kindern* durchschnittlich etwa um eine Zehntelsekunde länger als bei den *Norm-Kindern* (vgl. Tab. 1). Unter der Doppelaufgabenbedingung nimmt die Reaktionszeit in beiden Gruppen zu, allerdings sind nun die Reaktionszeiten der *SES-Kinder* geringfügig kürzer als die der *Norm-Kinder* (vgl. Tab. 2). Diese Mittelwertsunterschiede sind statistisch jedoch nicht abgesichert. Bei Ausschluss der zwei jeweils längsten Reaktionszeiten sind die durchschnittlichen Reaktionszeiten der *SES-Kinder* bei separater Durchführung der Aufgabe ebenfalls um etwa eine Zehntelsekunde höher als die der *Norm-Kinder* (vgl. Tab. 1), unter der Doppelaufgabenbedingung nimmt die Reaktionszeit bei gleich bleibender Differenz um etwa eine Zehntelsekunde zu (vgl. Tab. 2). Auch hier

**Tabelle 2.** Leistungsmaße der Primär- und Sekundäraufgabe unter Doppelaufgaben-Bedingung (*Reaktionszeit (alle)*: Berücksichtigung aller sechs Reaktionszeiten; *Reaktionszeit (Ausschluss)*: Ausschluss der beiden längsten Reaktionszeiten)

		<i>SES-Kinder</i>	<i>Norm-Kinder</i>	$ t $	$p$
<i>Primäraufgabe</i>					
mittlere Abweichung	$M (SD)$	0.69 (0.33)	0.60 (0.16)	1.17	0.25
maximale Abweichung	$M (SD)$	2.92 (1.68)	2.72 (1.18)	0.44	0.66
<i>Sekundäraufgabe</i>					
Reaktionszeit (alle)	$M (SD)$	1.21 (0.26)	1.26 (0.36)	0.52	0.61
Reaktionszeit (Ausschluss)	$M (SD)$	1.08 (0.25)	1.02 (0.26)	0.76	0.45
Anteil korrekter Reaktionen	$M (SD)$	0.78 (0.16)	0.85 (0.11)	1.45	0.15



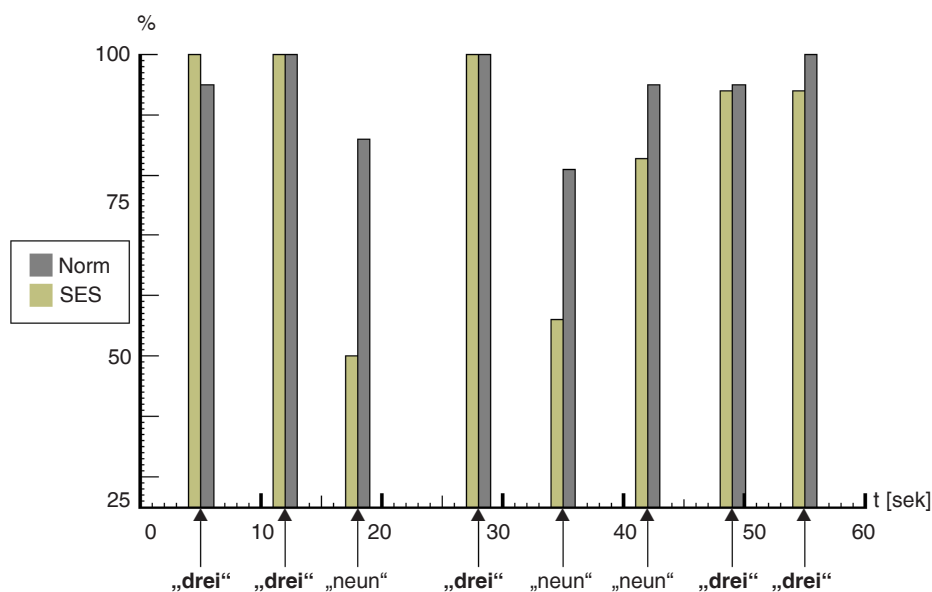


Abbildung 1. Anteil korrekter Reaktionen (SES vs. Norm) bei der separaten Bearbeitung der Sekundäraufgabe.

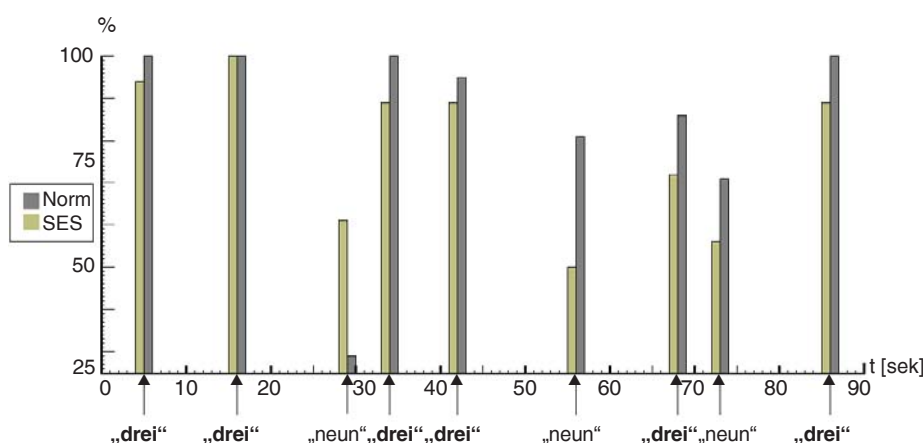


Abbildung 2. Anteil korrekter Reaktionen (SES vs. Norm) bei der Bearbeitung der Sekundäraufgabe unter Doppelaufgabenbedingung.

treten keine statistisch bedeutsamen Mittelwertsunterschiede auf.

Der Anteil der korrekten Reaktionen ist bei separater Durchführung der Aufgabe bei den *Norm*-Kindern bedeutsam höher als bei den *SES*-Kindern (vgl. Tab. 1), die auf die acht Stimuli durchschnittlich einmal mehr falsch reagieren. Unter der Doppelaufgaben-Bedingung nivellieren sich die Leistungen der beiden Gruppen (vgl. Tab. 2).

Abbildungen 1 und 2 zeigen die Verteilung der korrekten Reaktionen über den Verlauf des Experiments hinweg in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit. Bei den meisten Stimuli liegt die Trefferquote der *Norm*-Kinder geringfügig höher als die der *SES*-Kinder. Auffällige (und bei statistischem Paarvergleich signifikante) Einzel-

Unterschiede zwischen den Gruppen treten bei separater Durchführung beim dritten Reiz (vgl. Abb. 1) und in der Doppelaufgabenbedingung beim sechsten Reiz (vgl. Abb. 2) auf: Hier reagieren jeweils 50 % der *SES*-Kinder korrekt, aber 86 % beziehungsweise 81 % der *Norm*-Kinder. In beiden Fällen handelt es sich nach einer Folge von nachzusprechenden ‚dreii‘-Reizen um den Stimulus ‚neun‘, auf den *keine* Nachsprech-Reaktion erfolgen sollte (beziehungsweise die gegebenenfalls bereits herausgebildete Intention, den Reiz nachzusprechen, unterdrückt werden musste).

Ein diesbezüglich umgekehrtes, wiederum statistisch bedeutsames Reizmuster – auch wieder bei einer korrekten Null-Reaktion auf den Reiz ‚neun‘ – tritt bei der dritten Reaktion in der Doppelaufgabenbedingung auf (vgl. Abb. 2), bei der 61 % der *SES*-Kinder, aber nur 29 % der *Norm*-Kinder korrekt (nicht) reagieren.

*Leistungen der Phonologischen Schleife.* Bei allen drei Indikatoren für die Leistungsfähigkeit der Phonologischen Schleife ergeben sich statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen den *SES*-Kindern und den *Norm*-Kindern (vgl. Tab. 3). (1) Die *SES*-Kinder verfügen über eine geringere

Zahlen-Spanne (ZF) als die *Norm*-Kinder: Mit einer mittleren Zahlen-Spanne von 2.3 erreichen sie eine durchschnittlich um mehr als eine Zahl geringere Spanne als die *Norm*-Kinder. (2) Auch beim Nachsprechen der Kunstwörter (NK) ergibt sich mit einem Wert von 2.9 eine um durchschnittlich eine Silbe verringerte Silben-Spanne bei den *SES*-Kindern gegenüber den *Norm*-Kindern. Die *SES*-Kinder können weniger als die Hälfte, nur etwa vier (43 %) der neun Kunstwörter korrekt reproduzieren; die meisten *Norm*-Kinder haben dagegen keine Probleme mit der Wiedergabe dieser Kunstwörter und reproduzieren mit durchschnittlich 7.6 (83 %) fast doppelt so viele korrekt. (3) Die Sprechgeschwindigkeit für eine Silbe ist bei den *SES*-Kindern ebenfalls reduziert: Die *Norm*-Kinder können etwa 0.7 Silben mehr pro Sekunde artikulieren als die *SES*-Kinder.

Tabelle 3. Leistungen der Phonologischen Schleife (ZF = Zahlenspanne; NK = Zahl korrekt reproduzierter Kunstwörter; NK-Spanne = Silbenspanne; Sprechrate = Zahl der pro Sekunde produzierten Silben)

		SES-Kinder	Norm-Kinder	t	p
ZF	M (SD)	2.3 (1.0)	3.5 (0.5)	4.94	< .01
NK	M (SD)	3.9 (1.9)	7.6 (1.3)	7.03	< .01
NK-Spanne	M (SD)	2.9 (0.8)	4.0 (0.0)	5.66	< .01
Sprechrate	M (SD)	2.64 (0.75)	3.35 (0.56)	3.31	< .01

## Diskussion

Die immer wieder beobachtete Leistungsminderung der Phonologischen Schleife bei sprachentwicklungsgestörten Kindern (*SES*) lässt sich auch in dieser Untersuchung bestätigen: Bei allen drei Leistungsindikatoren, der Zahlen-Spanne, der Leistung beim Nachsprechen von Kunstwörtern und der Sprechrate, ergeben sich bedeutsame Leistungsunterschiede zu einer Gruppe sprachunauffälliger Kinder (*Norm*). Obwohl die *Norm*-Kinder sogar durchschnittlich sieben Monate jünger sind als die *SES*-Kinder, erreichen sie bei den Leistungen der Phonologischen Schleife bedeutsam höhere Leistungen als die älteren *SES*-Kinder.

Die Befunde replizieren u. a. die Ergebnisse von Hasselhorn und Marx (2000), die bei *SES*-Kindern ebenfalls eine bedeutsam langsamere Sprechrate feststellten. Neben einer möglicherweise reduzierten Kapazität der Phonologischen Schleife – dafür spricht die reduzierte Zahlen-Spanne – scheint durch eine längere Artikulationsdauer auch die Prozess-Komponente, der subvokale Rehearsal-Prozess, beeinträchtigt. Ebenfalls gemindert ist die Verarbeitungsgenauigkeit, indiziert durch das Nachsprechen von Kunstwörtern (vgl. Hasselhorn & Körner, 1997).

Die Art und Weise, wie diese drei Defizite der Phonologischen Schleife interagieren, wurde nicht untersucht; ob beispielsweise ein Defizit grundlegend für die beiden anderen ist, kann aus der vorliegenden Untersuchung nicht bestimmt werden. Vor dem Hintergrund der vorliegenden Befunde kann aber eine Schlussfolgerung gezogen werden: Die Defizite der Phonologischen Schleife des Arbeitsgedächtnisses sind zumindest mitbedingend für Sprachentwicklungsstörungen. So sprechen z. B. die Befunde von Gathercole und Baddeley (1990) dafür, dass diese Defizite als Kausalfaktoren zu bewerten sind (s. auch Schöler et al., 2003, S. 227f.). Die Diskrepanzen zwischen den gemessenen Leistungen der Phonologischen Schleife und dem auf Grund des Alters der Kinder erwarteten Wert sind größer als die der Sprachleistungen.

Die zentrale Frage der vorliegenden Untersuchung, ob neben der Phonologischen Schleife auch die Zentrale Exekutive als weitere Komponente des Arbeitsgedächtnisses bei *SES*-Kindern beeinträchtigt sein könnte, lässt sich vorläufig wie folgt beantworten: Die Befunde sprechen insgesamt eher dafür, dass den *SES*-Kindern die Aufmerksamkeitsverteilung, wie sie im Doppelaufgaben-

Experiment erforderlich ist, in ähnlicher Weise gelingt wie den *Norm*-Kindern. Die Kinder scheinen keine Probleme bei der gezielten Verteilung von Aufmerksamkeit beziehungsweise dem raschen Umschalten auf einen zweiten Verarbeitungsprozess zu haben. Erwartungsgemäß weisen beide Gruppen bei gleichzeitiger Bearbeitung einer kontinuierlich belastenden Primäraufgabe und einer Sekundäraufgabe längere Reaktionszeiten auf als bei alleiniger Vorgabe der beiden Aufgaben. Die Auslastung der begrenzten Ressource unter der Doppelaufgabenbedingung wurde bestätigt durch signifikante Haupteffekte des Faktors ‚Durchführungsbedingung‘ bei beiden abhängigen Variablen der Sekundäraufgabe. Bedeutsame Leistungsunterschiede zwischen den beiden Gruppen sind im Doppelaufgaben-Experiment nicht beobachtbar.

Beide Gruppen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer maximalen und durchschnittlichen Abweichung in der Primäraufgabe und ihrer Reaktionszeit auf sprachliche Stimuli in der Sekundäraufgabe in jeweils separater Durchführung nicht. Auf Grund der bedeutsam weniger korrekten Reaktionen auf die sprachlichen Stimuli während der separaten Durchführung könnte man allerdings annehmen, dass es den *SES*-Kindern weniger gut gelingt, sich auf einen einzigen Reiz zu konzentrieren.

Die berichteten paarweisen Unterschiede bei einzelnen Reaktionsfehlern lassen allenfalls vermuten, dass die *SES*-Kinder eine geringere Reaktionsflexibilität besitzen; das geübte Reaktionsmuster bei der Sekundäraufgabe (das Nachsprechen des Reizes ‚drei‘) wird von ihnen – anders als von den *Norm*-Kindern – beibehalten, auch wenn auf den Reiz (‚neun‘) instruktionsgemäß keine verbale Reaktion erfolgen soll. (Dies würde auf Unterschiede in der Fähigkeit hinweisen, bei einem Aufgabenwechsel – hier das Reagieren bzw. Nichtreagieren – irrelevante Reaktionsschemata zu hemmen.) Es bedürfte aber differenzierterer Versuchsanordnungen, um diese Vermutung von der Erklärung abzugrenzen, dass es sich lediglich um eine Folge der (zu starken) Priorisierung der Bearbeitung der Primäraufgabe handelt. Problematisch bliebe auch die Interpretation des umgekehrten Reaktionsmusters auf den dritten Reiz im Doppelaufgaben-Experiment. Sowohl der Befund der unterschiedlichen Anteile korrekter Reaktionen bei isolierter Durchführung der Sekundäraufgabe als auch die bedeutsamen Unterschiede bei den Reaktionen auf einzelne Reize bedürfen allerdings weiterer Studien und Replikationen.

*Fazit.* Die Konzentration auf einen Reiz scheint *SES*-Kindern weniger gut zu gelingen als *Norm*-Kindern. Eine Minderleistung der Zentralen Exekutive ist aber nicht anzunehmen: Sprachentwicklungsgestörte und sprachunauffällige Kinder unterscheiden sich nicht in ihren Leistungen, wenn sie ihre Aufmerksamkeit zwischen zwei Reizen verteilen müssen. Die vorliegenden Ergebnisse replizieren die Befunde zahlreicher Studien, in denen Minderleistungen der Phonologischen Schleife bei sprachentwicklungsgestörten Kindern festgestellt wurden. Die andere hier betrachtete Komponente des Arbeitsgedächtnisses, die Zentrale Exekutive, scheint aber nicht beeinträchtigt zu sein. Mit Blick auf Förderungsmöglichkeiten für sprachentwicklungsgestörte Kinder und ihren Kompensationsbedarf ist das zugleich ein positiver Befund.

## Literatur

- Adams, A.-M. & Gathercole, S. E. (1995). Phonological working memory and speech production in preschool children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38, 403–414.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1990). *Human memory. Theory and praxis*. Hove: Erlbaum.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4, 417–423.
- Baddeley, A. D., Gathercole, S. E. & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105, 158–173.
- Fromm, W., Schöler, H. & Scherer, C. (1998). Jedes vierte Kind sprachgestört? Definition, Verbreitung, Erscheinungsbild, Entwicklungsbedingungen und -voraussetzungen der Spezifischen Sprachentwicklungsstörung. In H. Schöler, W. Fromm & W. Kany (Hrsg.), *Spezifische Sprachentwicklungsstörung und Sprachlernen* (S. 21–63). Heidelberg: Edition Schindele im Universitätsverlag C. Winter.
- Gathercole, S. E. (1999). Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 410–419.
- Gathercole, S. E. & Baddeley, A. D. (1990). Phonological memory deficits in language disordered children: Is there a causal connection? *Journal of Memory and Language*, 29, 336–360.
- Gathercole, S. E. & Pickering, S. J. (2000). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70, 177–194.
- Gathercole, S. E., Service, E., Hitch, G. J., Adams, A.-M. & Martin, A. J. (1999). Phonological short-term memory and vocabulary development: Further evidence on the nature of the relationship. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 65–77.
- Grimm, H. & Schöler, H. (1978). *Heidelberger Sprachentwicklungstest (HSET)*. Göttingen: Hogrefe.
- Hasselhorn, M. & Körner, K. (1997). Nachsprechen von Kunstwörtern: Zum Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnis und syntaktischen Sprachleistungen bei Sechs- und Achtjährigen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 29, 212–224.
- Hasselhorn, M. & Marx, H. (2000). Arbeitsgedächtnis und Leseleistungen. In M. Hasselhorn, W. Schneider & H. Marx (Hrsg.), *Diagnostik von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten* (S. 135–148). Göttingen: Hogrefe.
- Hasselhorn, M. & Schumann-Hengsteler, R. (1998). Arbeitsgedächtnis. In D. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 14–17). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Hasselhorn, M. & Werner, I. (2000). Zur Bedeutung des phonologischen Arbeitsgedächtnisses für die Sprachentwicklung. In H. Grimm (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich C Theorie und Forschung, Serie III Sprache, Band 3 Sprachentwicklung* (S. 363–378). Göttingen: Hogrefe.
- Norman, D. A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation. Advances in research and theory*, Vol. 4 (pp. 1–18). New York: Plenum Press.
- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory: Exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 411–421.
- Rummer, R. (1996). *Kognitive Beanspruchung beim Sprechen*. Weinheim: Beltz.
- Schöler, H. (1999). *IDIS – Inventar diagnostischer Informationen bei Sprachentwicklungsauffälligkeiten*. Heidelberg: Edition Schindele im Universitätsverlag C. Winter.
- Schöler, H., Fromm, W. & Kany, W. (1998). *Spezifische Sprachentwicklungsstörung und Sprachlernen*. Heidelberg: Edition Schindele im Universitätsverlag C. Winter.
- Schöler, H., Keilmann, A., Heinemann, M. & Schakib-Ekbatan, K. (2002). *Biographische und anamnestiche Informationen sowie sprachliche und nichtsprachliche Leistungen bei 172 stationär behandelten schwer sprachentwicklungsgestörten Kindern* (Arbeitsberichte aus dem Forschungsprojekt „Differentialdiagnostik“ Nr. 12). Heidelberg: Pädagogische Hochschule, Fakultät I, Sonderpädagogische Psychologie.
- Schöler, H., Roos, J. & Fromm, W. (2003). Arbeitsgedächtnis und Sprechlernen. Untersuchungen an sprachentwicklungsgestörten und sprachunauffälligen Schulkindern. In A. Werani, M.-C. Bertau & G. Kegel (Hrsg.), *Psycholinguistische Studien I* (S. 207–237). Aachen: Shaker.
- Spohn, S., Spohn, B. & Schöler, H. (1998). *Spezifische Sprachentwicklungsstörung: Prozeß- oder Strukturdefizit der phonologischen Schleife?* (Arbeitsberichte aus dem Forschungsprojekt „Differentialdiagnostik“ Nr. 6). Heidelberg: Pädagogische Hochschule, Fakultät I, Sonderpädagogische Psychologie.

Prof. Dr. Hermann Schöler

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Institut für Sonderpädagogik  
Keplerstraße 87  
69120 Heidelberg  
E-Mail: k40@popix.urz.uni-heidelberg.de