

Hasselhorn, Marcus

## Wie und warum verändert sich die Gedächtnisspanne über die Lebensspanne?

*Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie* 20 (1988) 4, S. 322-337



Quellenangabe/ Reference:

Hasselhorn, Marcus: Wie und warum verändert sich die Gedächtnisspanne über die Lebensspanne? - In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie* 20 (1988) 4, S. 322-337 - URN: urn:nbn:de:0111-opus-17063 - DOI: 10.25656/01:1706

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-17063>

<https://doi.org/10.25656/01:1706>

### Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

### Kontakt / Contact:

peDOCS  
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Digitalisiert

## Wie und warum verändert sich die Gedächtnisspanne über die Lebensspanne? <sup>1)</sup>

Marcus Hasselhorn  
Universität Göttingen

Ausgehend von kontroversen Positionen hinsichtlich der Fragestellungen, ob (a) die Gedächtnisspanne (GS) einem bedeutsamen Altersabbau unterliegt und (b) die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses über die Lebensspanne hinweg weitgehend konstant bleibt, werden vier Erwartungen formuliert: (1) Es gibt einen bedeutsamen GS-Altersabbau. (2) Die Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (IVG) nimmt bis zum frühen Erwachsenenalter zu und unterliegt ebenfalls einem Altersabbau. (3) Die IVG ist über die gesamte Lebensspanne eine wesentliche Determinante interindividueller GS-Differenzen. (4) Die Kapazität der artikulatorischen Memorier-Schleife (MS) des Arbeitsgedächtnisses ist altersinvariant. Die Erwartungen werden in einer Studie mit je 30 Pbn aus fünf Altersgruppen (6, 8, 10, 22, 72 Jahre) überprüft, in denen die GS und die IVG für einsilbige Wörter erhoben und die MS aus dem Produkt von GS und IVG geschätzt wird. Alle vier Erwartungen lassen sich empirisch bestätigen. Allerdings legt ein marginaler Alterstrend der MS-Mittelwerte nahe, der Frage nach der MS-Altersinvarianz weitere Untersuchungen zu widmen.

Die Annahme der Kapazitätsbegrenzung des menschlichen Gedächtnisses durch physiologische Strukturen ist seit Ende des 19. Jahrhunderts in nahezu allen gedächtnispsychologischen Theorie-Entwürfen enthalten. Die Gedächtnisspanne gilt als ein klassisches Verfahren zur individuellen Messung dieser Kapazitätsbegrenzung. Sie wurde als Methode von Jacobs (1887) eingeführt und ist definiert als Anzahl von Items, die im Anschluß an eine einmalige Darbietung in der richtigen Reihenfolge reproduziert werden können. Die typische Alterszunahme der Gedächtnisspanne von der Kindheit bis ins junge Erwachsenenalter ist bereits in sehr frühen Untersuchungen dokumentiert (z. B. Bolton, 1892; Ebbinghaus, 1897; Jacobs, 1887). Eine verstärkte entwicklungspsychologische Analyse der

---

1) Die vorliegende Untersuchung wurde durch eine Sachbeihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Ha 1452/1-1) unterstützt. Dafür sowie für die Anmerkungen von Willi Hager, Reinhold Kliegl und Wolfgang Schneider zu einer früheren Fassung dieser Arbeit sei herzlich gedankt.

Gedächtnisspannen-Aufgabe hat jedoch erst Anfang der 70er Jahre eingesetzt, im Zuge eines aufkommenden Interesses an der Frage, welche Mechanismen der alterskorrelierten Zunahme verschiedener Gedächtnisleistungen zugrundeliegen.

### Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne

Dempster (1981) hat eine Fülle empirischer Arbeiten gesichtet, in denen Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne (GS) vom Kindergartenalter bis ins frühe Erwachsenenalter dokumentiert werden. Dabei zeigt sich eine kontinuierliche GS-Zunahme, deren Ausmaß allerdings stark von der Präsentationsart und dem verwendeten Item-Material abhängig ist. So verdoppelt sich z. B. die GS für Ziffern (Zahlenspanne) etwa zwischen dem vierten und zwölften Lebensjahr, die GS für Wörter (Wortspanne) dagegen benötigt für eine Verdoppelung den Zeitraum vom dritten bis zum achtzehnten Lebensjahr. Vergleichsweise selten wurden dagegen bisher Altersdifferenzen in der GS zwischen alten Menschen und jungen Erwachsenen oder Kindern analysiert. In seiner bekannten Überblicksarbeit über die bis Mitte der 70er Jahre zusammengetragenen Befunde der gerontologischen Gedächtnisforschung kommt Craik (1977, S. 395) zu dem Schluß, daß der Altersabbau der GS vernachlässigbar gering sei. Diese Position wurde von vielen Autoren übernommen und ohne nennenswerte zusätzliche empirische Belege auch in jüngerer Zeit vertreten (z. B. von Labouvie-Vief & Schell, 1982, S. 831; Schonfield & Stones, 1979, S. 131f; Wippich, 1984, S. 91f; Weinert, Knopf & Schneider, 1987, S. 449). Auf der anderen Seite liegen viele empirische Studien vor, in denen ein deutlicher Altersabbau der GS dokumentiert wird (vgl. den Überblick bei Burke & Light, 1981, S. 516; außerdem Cronholm & Schalling, 1973; Fleischmann, 1982; Light & Anderson, 1985; Parkinson, Lindholm & Inman, 1982). In einigen neueren Lehrbüchern findet man daher die modifizierte Schlußfolgerung, daß mit einem „leichten Altersabbau“ der GS zu rechnen sei (z. B. Perlmutter & Hall, 1985, S. 218; Poon, 1985, S. 431). Eine erste Fragestellung der vorliegenden Untersuchung bezieht sich daher auf diese uneinheitliche Einschätzung der GS-Entwicklung über die Lebensspanne: Gibt es neben dem GS-Anstieg bis ins junge Erwachsenenalter hinein einen bedeutsamen GS-Abbau im hohen Erwachsenenalter?

### Erklärungsansätze der GS-Altersdifferenzen

Die Analyse der Mechanismen, die den GS-Altersdifferenzen zugrundeliegen, ist angesichts der 100jährigen Tradition von GS-Aufgaben in den verschiedenen Bereichen der Psychologie ein vergleichsweise junges Thema. Lange Zeit galten die GS-Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen als Beleg für Altersunterschiede in der Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses (z. B. Biggs, 1971).

Diese Position wurde in den 70er Jahren von vielen Autoren in Frage gestellt, was die ersten systematischen Bedingungsanalysen zur Folge hatte. Seither sind zahlreiche Bedingungshypothesen der GS-Altersdifferenzen (allerdings fast immer nur zwischen Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen) empirischen Prüfungen unterzogen worden (vgl. im einzelnen Dempster, 1981; Schneider, 1987, Kap. 2.1). Diese Hypothesen lassen sich drei übergeordneten Erklärungsansätzen zuordnen: Entweder werden Entwicklungsveränderungen hinsichtlich strategischer Prozesse, nicht-strategischer Prozesse oder der strukturellen Kapazität für die GS-Altersdifferenzen verantwortlich gemacht.

a) *Strategische Prozesse.* Die Anfang der 70er Jahre dominierende Strategiehypothese, nach der die wesentliche Determinante der Gedächtnisentwicklung im Kindes- und Jugendalter der zunehmende spontane und intentionale Einsatz leistungsförderlicher Gedächtnisaktivitäten sei (vgl. ausführlicher dazu Hasselhorn, 1986, S. 32 ff), wurde auch zur Erklärung von GS-Altersdifferenzen herangezogen (z. B. Chi, 1976; Frank & Rabinovitch, 1974; Harris & Burke, 1972). Die ursprüngliche Hoffnung, strategische Aktivitäten wie das Repetieren und/oder Organisieren des bei den GS-Aufgaben dargebotenen Materials als wesentliche „Quellen“ der beschriebenen typischen Altersunterschiede nachzuweisen, erfüllte sich jedoch nicht (vgl. z. B. Chi, 1977; Engle & Marshall, 1983; Huttenlocher & Burke, 1976).

b) *Nicht-strategische Prozesse.* Stattdessen begannen verschiedene Autoren über mögliche Entwicklungsveränderungen nicht-strategischer Grundprozesse der Informationsverarbeitung als Bedingung der GS-Altersdifferenzen zu spekulieren. Insbesondere die Geschwindigkeit einzelner (automatisierter) mentaler Operationen wurde in diesem Zusammenhang als wesentlicher Aspekt herausgestellt. Dazu zählen z. B. auch die Enkodier- bzw. Item-Identifikationsgeschwindigkeit oder die Geschwindigkeit, mit der die serielle Item-Sequenzierung erfolgt (Chi, 1977; Dempster, 1978; Huttenlocher & Burke, 1976). Mittlerweile liegen zahlreiche empirische Belege dafür vor, daß es zumindest einen hohen korrelativen Zusammenhang zwischen Gedächtnisspanne und Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (IVG) gibt (s. u.). Da die IVG im Sinne einer Kapazitätsbegrenzung die maximale Leistungsfähigkeit des Gedächtnisses determiniert, wird sie in neuerer Zeit auch als „funktionale Kapazität“ des Gedächtnisses bezeichnet (z. B. Flavell, 1985; S. 85 ff).

c) *Strukturelle Kapazität.* Aber auch die klassische Hypothese, nach der den GS-Altersdifferenzen strukturelle Veränderungen in den mentalen Ressourcen zugrundeliegen, wird in jüngerer Zeit — vor allem auch unter gerontologischer Perspektive — wieder zur Diskussion gestellt (vgl. Burtis, 1982; Craik & Byrd, 1982; Parkinson, Lindholm & Urell, 1980; Pascual-Leone, 1983; Wright, 1981). Der Versuch einer Beurteilung der Gültigkeit dieser Hypothese stößt gegenwärtig auf zwei grundlegende Problembereiche. Zum einen liegt keine allgemein

anerkannte Definition des Begriffs der strukturellen Kapazität vor und angesichts der vielfältigen, oft synonym gebrauchten theoretischen Bezeichnungen (z. B. mentale Energie, Aktivations-Energie, Aufmerksamkeits-Ressourcen, Verarbeitungskapazität, Kurzzeitspeicher-Kapazität, mentale Reserven, Arbeitsgedächtnis) ist damit in naher Zukunft auch kaum zu rechnen. Zum anderen sind derzeit keine befriedigenden Operationalisierungen bzw. Meßverfahren bekannt, mit deren Hilfe strukturelle Kapazitäten unabhängig von funktionalen Kapazitätsaspekten (wie etwa der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit) erfaßt werden könnten. Doch auch wenn gegenwärtig die Sichtweise dominiert, daß nicht mit nennenswerten Veränderungen der strukturellen Kapazität über die Lebensspanne zu rechnen ist (vgl. Baltes, Reese & Lipsitt, 1980, S. 83 f; Case, Kurland & Goldberg, 1982), kann man die grundsätzliche Möglichkeit solcher Veränderungen derzeit nicht ausschließen (Flavell, 1985, S. 88).

Aus diesem kurzen Überblick wird deutlich, daß insbesondere Entwicklungsveränderungen nicht-strategischer Prozesse (funktionale Kapazität) und eventuell der strukturellen Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses für GS-Unterschiede über die Lebensspanne verantwortlich gemacht werden. Im folgenden wird etwas ausführlicher eingegangen auf einige empirische Befunde und Überlegungen zum Zusammenhang zwischen einerseits der Gedächtnisspanne und andererseits der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit als funktionalem Kapazitätsaspekt sowie der „artikulatorischen Memorier-Schleife“ (*articulatory rehearsal loop*), wie sie als zeitlich dimensionierter Aspekt der strukturellen Kapazität erstmals im Modell des Arbeitsgedächtnisses von Baddeley und Hitch (1974, 1977) konzipiert wurde. Aus diesen Ausführungen ergeben sich dann auch die einzelnen Fragestellungen der vorliegenden Untersuchung.

#### Gedächtnisspanne (GS), Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (IVG) und Memorier-Schleife (MS) des Arbeitsgedächtnisses

Der Zusammenhang von IVG und GS ist erstmals systematisch von Mackworth (1963) untersucht worden. Bei visuellen GS-Aufgaben konnte sie zeigen, daß die bekannte Materialabhängigkeit der GS auf die materialspezifischen Lese- und Schreibgeschwindigkeiten zurückgeführt werden kann. Baddeley, Thomson und Buchanan (1975) replizierten diesen Befund für die akustische GS und verknüpften ihre Analyse mit der allgemeinspsychologischen Frage, welche Art von Kapazitätsbegrenzung der GS-Leistung zugrunde liegt. Der für die vorliegende Untersuchung wesentliche Befund (vgl. Exp. 6) ist im Sinne einer wechselseitigen Abhängigkeit von GS, IVG und MS interpretierbar. Es zeigte sich nämlich, daß die GS in etwa der Anzahl von Items entspricht, die eine Person in 1.87 Sekunden verarbeiten kann, während interindividuelle GS-Differenzen auf entsprechende Unterschiede in der IVG zurückführbar sind ( $r = .685$  zwischen GS und der

Leserate in Wörtern pro Sekunde). Die Zeitkonstante (hier 1.87 Sekunden) interpretieren Baddeley und Mitarbeiter als Schätzwert für die artikulatorische Memorier-Schleife (MS), deren Aufbau oft über die Metapher einer Tonband-Endloschleife beschrieben wird: Während des festgelegten Zeitintervalls werden alle Informationen in der Input-Reihenfolge aufgenommen; nach Ablauf des Intervalls wird alte Information dann jedoch überschrieben.

Die MS-Modellvorstellung, nach der die strukturelle Kapazität des Arbeitsgedächtnisses zeitlich dimensioniert ist, hat sich seither auch in weiteren allgemeinspsychologischen GS-Analysen gut bewährt (vgl. Schweickert & Boruff, 1986). Darüber hinaus liegen mittlerweile auch einige GS-IVG-MS-Analysen mit Kindern unterschiedlicher Altersgruppen vor. Nicolson (1981) replizierte das Exp. 6 von Baddeley et al. (1975) mit 8-, 10- und 12jährigen Kindern und fand ähnlich hohe Korrelationen zwischen GS und der IVG ( $r = .71, .51, .66$ ) sowie regressionsanalytisch geschätzte MS-Werte (1.83, 2.31, 2.34 sec) ohne bedeutsame Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Unter Verwendung einer alternativen IVG-Operationalisierung — die Kinder bekamen Bildpaare zum möglichst raschen Benennen vorgelegt — konnten Hitch und Halliday (1983) die Befunde von Nicolson für die Altersspanne von 6 bis 10 Jahren replizieren. Ähnliche Befunde berichten Hulme, Thomson, Muir und Lawrence (1984), die die IVG über die Nachsprechgeschwindigkeit von Wort-Tripeln operationalisierten. Sie schätzten die individuellen MS-Werte für 4-, 7-, 10- und 20jährige Vpn und fanden keine MS-Altersdifferenzen (Durchschnittswert: 1.5 Sekunden). Deutliche Korrelationen zwischen GS und (inversen) IVG-Maßen bei Stichproben mit Kindern verschiedener Altersgruppen mit einer statistischen Ausparialisierung der Altersvariable berichten auch Case et al. (1982:  $r = -.35$ ) und Howard und Polich (1985:  $r = -.43$ ). Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß in den beiden zuletzt genannten Arbeiten völlig unterschiedliche IVG-Operationalisierungen gewählt wurden. Während die Befunde von Case et al. (1982) auf der Wiederholungs-Benennungszeit für Wörter basieren, verwendeten Howard und Polich (1985) die als physiologisches Maß der Reiz-Evaluationszeit anerkannte P300-Latenz sensorisch evozierter Hirnpotentiale.

Zusammengefaßt ergeben sich aus diesem Befundmaterial für die entwicklungspsychologische Perspektive zwei Schlußfolgerungen: zum einen, daß die bis ins junge Erwachsenenalter andauernde GS-Zunahme im wesentlichen auf die ebenfalls zunehmende IVG zurückführbar ist; zum anderen, daß es keine Anhaltspunkte gibt für die Annahme einer nennenswerten Zunahme der strukturellen Kapazität des Arbeitsgedächtnisses (im Sinne der MS) zwischen dem 4. und 20. Lebensjahr.

Unklar — und daher Gegenstand der vorliegenden Untersuchung — ist dagegen, ob der GS-IVG-Zusammenhang auch bis ins hohe Erwachsenenalter erhalten bleibt und ob die strukturelle Kapazität des Arbeitsgedächtnisses über

die gesamte Lebensspanne altersinvariant ist. Zwar existieren mittlerweile zahlreiche Belege für die Hypothese eines Altersabbaus der Geschwindigkeit (IVG), mit der mentale Operationen ausgeführt werden können (vgl. Cerella, 1985; Salthouse, 1985), direkte GS-IVG-Analysen im hohen Erwachsenenalter wurden jedoch bisher nicht unternommen. Wenn tatsächlich die IVG-Abnahme eines der zentralen kognitiven Altersmerkmale ist und wenn es einen relativ altersinvarianten GS-IVG-Zusammenhang gibt, so sollte (entgegen der oben beschriebenen häufig zu findenden Ansicht) auch ein deutlicher GS-Abbau im Alter stattfinden. Zum anderen hat Salthouse (1985, S. 413) völlig zu recht darauf hingewiesen, daß auch die weit verbreitete Position einer Altersinvarianz der strukturellen Arbeitsgedächtnis-Kapazität keineswegs empirisch hinreichend abgesichert ist.

Aus den bisherigen Ausführungen ergeben sich folgende vier Fragen für die vorliegende Untersuchung:

1) Wie verändert sich die Gedächtnisspanne über die Lebensspanne? In diesem Zusammenhang wird die Annahme formuliert, daß es neben einem kontinuierlichen GS-Anstieg bis ins junge Erwachsenenalter zu einem nennenswerten GS-Abbau im hohen Erwachsenenalter kommt.

2) Läßt sich die in der einschlägigen Literatur übereinstimmend getroffene Annahme bestätigen, daß die Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit vom Vorschulalter bis ins junge Erwachsenenalter kontinuierlich zunimmt und zum hohen Erwachsenenalter hin einem deutlichen Altersabbau unterliegt?

3) Bleibt der deutliche Zusammenhang zwischen Gedächtnisspanne und Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit über die Lebensspanne erhalten? Im Hinblick auf diese Frage wird erwartet, daß sich die IVG auf jeder Altersstufe (also bis ins hohe Erwachsenenalter) als wesentliche Determinante interindividueller GS-Differenzen erweist.

4) Welchen Veränderungen unterliegt die strukturelle Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, wie sie sich in der Zeitkonstante für die Memorier-Schleife niederschlägt, über die Lebensspanne? Die theoretische Vorannahme im Bezug auf diese Frage ist die der Invarianz der zeitlichen Kapazität der artikulatorischen Memorier-Schleife bis ins hohe Erwachsenenalter.

## Methode

*Versuchspersonen.* Jeweils 30 Personen aus folgenden fünf Altersstufen nahmen an der Untersuchung teil: Vorschulkinder (Durchschnittsalter 6;3 Jahre, 53 % männlich), Zweitkläßler (8;3 Jahre, 50 % männlich), Viertkläßler 10;5 Jahre, 50 % männlich), junge Erwachsene (22;6 Jahre, 53 % männlich) und Senioren (72;8 Jahre, 20 % männlich). Bei den jungen Erwachsenen (JE) (Altersspanne: 18—30 Jahre) handelte es sich jeweils zur Hälfte um Studenten bzw. um Berufstätige ohne Hochschulabschluss). Die Gruppe der Senioren (S) (Altersspanne: 62—87 Jahre) bestand etwa zur Hälfte

aus Altenheimbewohnern (14 Personen mit einem Durchschnittsalter von 77;4 Jahren), die von ihrer Heimleitung als besonders „rüstig“ und „geistig rege“ eingestuft worden waren. Die andere Hälfte setzte sich aus Teilnehmern eines Senioren-Volkshochschulkurses zusammen (16 Personen mit Durchschnittsalter von 68;9 Jahren).

*Gedächtnisspanne (GS).* Die Gedächtnisspanne wurde über eine in Anlehnung an die Prozedur von Case et al. (1982) entwickelte Wortspannenaufgabe erhoben. Bei dieser Aufgabe werden den Vpn bis zu maximal 10 Wort-Sets über einen Kassettenrekorder akustisch dargeboten. Die Set-Größe nimmt kontinuierlich von zunächst drei bis zu sieben Wörtern zu, wobei jeweils zwei Varianten jeder Set-Größe Verwendung finden. Zur Bildung der Sets wurden ausschließlich folgende sieben einsilbige Substantive verwendet: Fisch, Stern, Schuh, Topf, Ball, Baum, Stuhl. Die Wörter jedes Sets wurden mit einer Interstimulus-Rate von 1 Sekunde dargeboten. Ein Signalton, der ebenfalls 1 Sekunde nach dem letzten Wort eines Sets ertönte, bedeutete für die Vpn, mit dem seriellen Nachsprechen des zuletzt gehörten Sets zu beginnen. Gelang der Vpn bei zwei Sets nacheinander keine vollständige serielle Reproduktion, so wurde der Versuch abgebrochen. Als GS-Indikator diente die Wort-Anzahl des längsten korrekt reproduzierten Sets, wobei wiederum in Anlehnung an einen Vorschlag von Case et al. (1982) ein halber Zusatzpunkt vergeben wurde, wenn diese Set-Länge beide Male erfolgreich bearbeitet worden war.

*Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (IVG).* In Anlehnung an die von Hulme et al. (1984) verwendete Operationalisierung wurden zur Erfassung der IVG zwei Wort-Tripel mit einsilbigen Wörtern (A. Fisch — Ball — Stern, B. Baum — Schuh — Topf) konstruiert. Zuerst wurden der Vp die Wörter aus Tripel A vorgesprochen, mit der Aufforderung, sie so schnell wie möglich 10 Mal hintereinander aufzusagen. Ebenso wurde mit Tripel B verfahren. Die Reaktionen der Vpn wurden mit Hilfe eines Kassettenrekorders aufgezeichnet, was eine anschließende Zeitmessung der Nachsprechdauer für das zehnmahlige Wiederholen jedes Tripels ermöglichte. Als Schätzwert für die Verarbeitungszeit eines der (im übrigen auch beim Gedächtnisspannen-Test verwendeten) einsilbigen Wörter wurden die Nachsprechzeiten für beide Tripel-Blöcke addiert und durch 60 (= Anzahl der insgesamt ausgesprochenen Wörter) dividiert.

$$IVG_i = (\text{Nachsprechzeit}_i \text{ Tripel-Block A} + \text{Nachsprechzeit}_i \text{ Tripel-Block B}) / 60$$

Probleme mit der gewählten (inversen) IVG-Operationalisierung ergaben sich bei 14 der 30 Versuchskinder. Diese Kinder verstanden offenbar nicht genau die Aufforderung, das vorgegebene Worttripel 10 Mal so schnell wie möglich nachzusprechen. Trotz wiederholter Hinweise vom Versuchsleiter sprachen sie immer nur eine Tripel-Sequenz so schnell sie konnten aus, machten dann eine kurze Pause und wiederholten wieder schnell die Tripel-Sequenz, bis sie sie schließlich 10 Mal aufgesagt hatten. Dieses Verhalten erschwerte die genaue Messung der Nachsprechzeiten, da die übermäßigen Inter-Tripel-Pausen geschätzt und von der Gesamt-Nachsprechzeit abgezogen werden mußten. Im übrigen wurden alle Zeitmessungen von zwei Ratern unabhängig voneinander vorgenommen (Inter-Rater-Korrelation: .92 bzw. .98) Bei Abweichungen von mehr als 0.2 Sekunden (für das 10malige Tripel-Nachsprechen) wurde noch eine dritte Messung gemeinsam durchgeführt.

*Memorier-Schleife.* Als Schätzmaß für die individuelle zeitliche Kapazität der Memorier-Schleife des Arbeitsgedächtnisses wurde für jede Person das Produkt aus der Gedächtnisspanne und dem IVG-Wert ermittelt:

$$MS_i = GS_i \times IVG_i.$$

Diese MS-Operationalisierung weicht von dem von Baddeley et al. (1975) eingeführten und in den oben referierten Arbeiten meist verwendeten Verfahren zur Schätzung des MS-Wertes ab. In diesen Arbeiten hatten die Vpn nämlich jeweils mehrere GS-Aufgaben (z. B. Wortspannen für unterschiedliche Wortlängen) zu bearbeiten, und ebenso wurden auch mehrere IVG-Messungen (z. B. Nachsprichrate für Worttripel der unterschiedlichen Wortlängen) vorgenommen. Die MS wurde



anschließend (altersgruppenspezifisch) über eine Regressionsanalyse geschätzt, und zwar als Steigung der Regressionsgeraden zwischen GS und IVG. Da bei einem solchen Verfahren systematische Altersdifferenzen hinsichtlich des Standard-Schätzfehlers der Regressionsgeraden-Steigung nicht auszuschließen sind und außerdem aus Ökonomiegründen in der vorliegenden Studie jede Vp jeweils nur eine GS-Aufgabe bearbeitete, wurde die oben definierte individuen-spezifische MS-Schätzung vorgezogen (vgl. aber die alternative Datenanalyse im Ergebnisteil).

*Versuchsablauf<sup>2)</sup>*. Die Untersuchung wurde ausschließlich in Einzelversuchen durchgeführt. Nach einer allgemeinen Information erfolgte die Bearbeitung der Nachsprechaufgabe mit der expliziten Instruktion, die vorgegebenen Begriffe so schnell wie möglich 10 Mal hintereinander aufzusagen. Nach der Bearbeitung beider Wort-Tripel folgte zum Abschluß des Versuchs die Bearbeitung der Wortspannen-Aufgabe. Die durchschnittliche Versuchsdauer betrug ca. 15 Minuten.

## Ergebnisse

In einem ersten Auswertungsschritt wurden die Halbierungsreliabilitäten (*Spearman-Brown-Technik*) des verwendeten IVG-Maßes aus dem Vergleich der Nachsprechgeschwindigkeiten für den Tripel-Block A mit dem Tripel-Block B ermittelt. Da sich hier befriedigende Werte sowohl für die Gesamtstichprobe ( $r = .91$ ) als auch für die einzelnen Altersgruppen ( $r$ 's zwischen  $.63$  und  $.95$ ) ergaben, kann davon ausgegangen werden, daß eine zuverlässige IVG-Messung realisiert wurde.

Auf dieser Grundlage wurden in einem zweiten Auswertungsschritt die Erwartungen geprüft, die im Zusammenhang mit den vier der Untersuchung vorangestellten Fragen formuliert wurden. In Tabelle 1 sind neben den altersspezifischen IVG-Reliabilitäten die wesentlichen Informationen dazu zusammengefaßt.

*Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne*. Die Hypothese, daß die Gedächtnisspanne nach einem kontinuierlichen Anstieg vom Vorschulalter bis ins dritte Lebensjahrzehnt zum hohen Erwachsenenalter hin wieder deutlich abnimmt, wurde über eine Varianzanalyse mit dem Faktor Altersgruppe ( $\alpha = .05$  wie in allen weiteren Berechnungen) über die Variable Gedächtnisspanne geprüft. Dabei zeigte sich ein statistisch bedeutsamer Altersgruppen-Effekt ( $F(4, 145) = 43.39$ ,  $R^2 = .545$ ,  $p < \alpha$ ). Post hoc durchgeführte Paar-Vergleiche (*Tukey-Technik*) eraben, daß mit einer Ausnahme alle einzelnen Altersunterschiede statistisch bedeutsam sind; lediglich die 10jährigen und die Senioren unterscheiden sich nicht in ihrer Gedächtnisspanne.<sup>3)</sup>

---

2) Antje Buchman, Arnika Jaspers, Ulrike Kropf und Claudia Mähler waren bei der Durchführung der Einzelversuche behilflich. Ihnen und Margret Kamm, die sich um die z. T. mühsamen Zeitmessungen verdient gemacht hat, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

3) An diesem Befund ändert sich grundsätzlich auch dann nichts, wenn man die Seniorengruppe nach Altenheimbewohnern und Teilnehmern des Volkshochschulkurses differenziert (vgl. dazu Tabelle 1).

Tab. 1. Mittelwerte (in Klammern Standardabweichungen) für die Gedächtnisspanne (GS), Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (IVG) (in msec pro Wort) und zeitliche Größenordnung (in sec) der Memorier-Schleife (MS) sowie die Korrelation zwischen GS und IVG und die Spearman-Brown-Halbierungsreliabilität der IVG, getrennt für alle fünf Altersgruppen

Altersgruppe <sup>1)</sup>	GS	IVG	MS	$r_{GS, IVG^2)}$	Rel.
<i>Kinder</i>					
6 Jahre	3.87 (.57)	502 (97)	1.92 (.34)	-.43	.80
8 Jahre	4.35 (.60)	432 (79)	1.85 (.27)	-.55	.80
10 Jahre	4.95 (.58)	374 (64)	1.83 (.26)	-.55	.63
<i>Junge Erwachsene</i>					
22 Jahre	5.97 (.72)	294 (97)	1.73 (.49)	-.38	.95
<i>Senioren</i>					
72 Jahre	4.77 (.76)	357 (97)	1.67 (.41)	-.41	.90
VK <sup>3)</sup> : 68 J. (n = 16)	5.12 (.70)	328 (77)	1.69 (.49)		
AH <sup>4)</sup> : 77 J. (n = 14)	4.36 (.63)	391 (109)	1.66 (.31)		

1) n = 30 pro Gruppe, wenn nicht explizit anders angegeben

2) Sämtliche Korrelationskoeffizienten bei  $\alpha = .05$  signifikant

3) VK: Volkshochschulkurs-Teilnehmer

4) AH: Altenheimbewohner

*Altersdifferenzen in der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit.* Die Annahme, daß parallel zur Entwicklung der Gedächtnisspanne über die Lebensspanne auch die Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (IVG) zunächst bis ins junge Erwachsenenalter zunimmt und zum Alter wieder abnimmt, wurde ebenfalls varianzanalytisch überprüft. Auch hier erwies sich der Altersgruppen-Effekt als bedeutsam ( $F(4, 145) = 24.07$ ,  $R^2 = .40$ ,  $p < \alpha$ ). Wiederum ergaben die anschließenden Paar-Vergleiche statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen

allen Altersgruppen mit der einen Ausnahme, daß es keinen IVG-Unterschied zwischen den 10jährigen und den Senioren gibt. Es zeigt sich also in völliger Parallelität zu den GS-Altersdifferenzen auch hier der erwartete kurvilineare IVG-Verlauf über die Lebensspanne.

*Altersinvarianz des Zusammenhangs zwischen GS und IVG.* Um zu prüfen, ob der postulierte positive Zusammenhang zwischen GS und IVG vom Vorschulalter bis ins hohe Erwachsenenalter erhalten bleibt, wurden entsprechende altersgruppenspezifische Produkt-Moment-Korrelationen berechnet. Da hier aus Vergleichsgründen zu oben referierten einschlägigen entwicklungspsychologischen Arbeiten mit einem inversen Maß der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit gearbeitet wird (genaugenommen handelt es sich nämlich um die durchschnittliche Zeit, mit der ein Wort der in der Untersuchung verwendeten Wortklasse verarbeitet werden kann), sind unter Gültigkeit der Annahme eines positiven GS-IVG-Zusammenhangs negative Koeffizienten zu erwarten. Die empirischen Koeffizienten sind Tabelle 1 zu entnehmen. Sie sind sämtlich in der erwarteten Richtung bedeutsam von Null verschieden (einseitige  $t$ -Tests) und weisen in ihrer Größenordnung keine bedeutsamen Differenzen untereinander auf (zweiseitige Korrelations-Differenzen-Tests). Übereinstimmend mit den von Case et al. (1982) berichteten Ergebnissen, fällt die Korrelation zwischen IVG und GS noch deutlicher aus, wenn man sie über die Personen aller Altersgruppen hinweg ermittelt ( $r = -.68$ ).

*Altersinvarianz der Kapazität der Memorier-Schleife.* Die Hypothese, daß über die Lebensspanne keine bedeutsamen Unterschiede in der zeitlichen Kapazität der artikulatorischen Memorier-Schleife des Arbeitsgedächtnisses auftreten, wurde wiederum über eine einfaktorielles Varianzanalyse geprüft. Hypothesenkonform zeigte sich kein Altersgruppen-Effekt ( $F(4, 145) = 2.18, R^2 = .057, p > \alpha$ ), so daß die Hypothese der Altersinvarianz der zeitlichen Größenordnung der artikulatorischen Memorier-Schleife des Arbeitsgedächtnisses (als Aspekt der strukturellen Gedächtniskapazität) beibehalten werden kann.

*Alternative Datenanalyse.*<sup>4)</sup> Von einem statistischen Standpunkt aus lassen sich die bis hierher durchgeführten Hypothesenprüfungen kritisieren, da sie auf separaten Analysen für abhängige Messungen basieren. Dieser mögliche Einwand ließe sich durch die Wahl einer multiplen Regressionsanalyse beheben, auf die hier zunächst verzichtet wurde, da einerseits vorläufige Analysen bedeutsame Altersdifferenzen hinsichtlich des Standard-Schätzfehlers ergeben hatten, und andererseits die oben berichteten einfachen Mittelwertsvergleiche direkter an den tatsächlich erhobenen empirischen Werten liegen (bei den regressionsanalytisch geschätzten Werten handelt es sich immer um partialisierte Größen) und gleichzeitig sehr viel einfacher überschaubar sind. Zur besseren Vergleichbarkeit mit

---

4) Die Anregungen zu dieser Datenanalyse stammen von einem Gutachter (Reinhold Kliegl).

den eingangs referierten einschlägigen Arbeiten zum Zusammenhang zwischen Gedächtnisspanne (GS) und Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (IVG), wurde dennoch zusätzlich folgendes Regressionsmodell in zwei Schritten analysiert:

$$\widehat{GS} = a + b_0 IVG + b_1 K1 + b_2 K2 + b_3 K3 + b_4 S + b_5 K1 \times IVG + b_6 K2 \times IVG + b_7 K3 \times IVG + b_8 S \times IVG$$

wobei: K1 = 1, wenn Vorschulkinder, sonst 0.

K2 = 1, wenn Zweitkläßler, sonst 0.

K3 = 1, wenn Viertkläßler, sonst 0.

S = 1, wenn Senioren, sonst 0.

Im ersten Schritt wurden die Interaktionsterme weggelassen (d. h.  $b_5 = b_6 = b_7 = b_8 = 0$ ). Eine Schätzung dieses Modells mit Hilfe des Statistik-Programmes SPSS-PC + erbrachte folgende Ergebnisse:

$a = 6.82$ ,  $b_0 = -2.90$  ( $Beta_0 = -.41$ ),  $b_1 = -1.30$  ( $Beta_1 = -.55$ ),  $b_2 = -1.22$  ( $Beta_2 = -.51$ ),  $b_3 = -0.79$  ( $Beta_3 = -.33$ ),  $b_4 = -1.02$  ( $Beta_4 = -.43$ ). Das multiple  $R^2$  für diese Modell-Schätzung betrug .63 (adjustiert .62) bei einem Standardfehler von .59. Sämtliche  $b$ -Koeffizienten erwiesen sich als statistisch signifikant ( $t_s > 4.98$ ). Dieses Befundmuster bestätigt, daß die GS (mit IVG auspartialisiert) für die jungen Erwachsenen (Schätzwert ist  $a$ ) bedeutsam größer ist als für alle anderen untersuchten Altersgruppen. Im zweiten Analyseschritt wurde das oben skizzierte Gesamtmodell geschätzt mit folgendem Ergebnis:

$$\widehat{GS} = 6.79 - 2.81 IVG - 1.87 K1 - 0.63 K2 + 0.01 K3 - 0.87 S + 0.96 IVG \times K1 - 1.38 IVG \times K2 - 2.15 IVG \times K3 - 0.43 IVG \times S$$

mit  $R^2 = .64$  (adjustiert .62) und einem Standardfehler von .59. Lediglich die Koeffizienten  $a$ ,  $b_0$  und  $b_1$  erweisen sich auf dem 5 %-Niveau als statistisch bedeutsam. Da es zwischen beiden geschätzten Modellen zu keinem signifikanten Anstieg von  $R^2$  kommt, bestätigt sich wiederum die Hypothese von der Altersinvarianz der MS. Somit kommt auch diese alternative Datenanalyse zu keinen anderen Ergebnissen als die oben skizzierten Hypothesenprüfungen über einfache Mittelwertvergleiche.

### Zusammenfassende Diskussion

Die vorliegende Untersuchung nahm ihren Ausgangspunkt einerseits an der Unvereinbarkeit dreier in der einschlägigen neueren Literatur häufig zu findenden Aussagen und andererseits an der kontrovers diskutierten Frage, ob die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses systematischen Altersveränderungen über die Lebensspanne unterliegt.

*Zu den unvereinbaren Aussagen.* Die als unvereinbar erachteten drei Aussagen lassen sich vereinfacht wie folgt formulieren: (a) Die Gedächtnisspanne nimmt bis zum frühen Erwachsenenalter kontinuierlich zu und unterliegt keinem bzw. lediglich einem vernachlässigbar geringen Altersabbau. (b) Die Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit nimmt ebenfalls bis ins dritte Lebensjahrzehnt zu und sinkt zum hohen Erwachsenenalter bedeutsam ab. (c) Zwischen Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit und Gedächtnisspanne besteht ein bedeutsamer korrelativer — nach Case et al. (1982) sogar kausaler — Zusammenhang.

Es wurde argumentiert, daß alle drei Aussagen zusammengenommen kein einheitliches Bild ergeben. Um die Inkonsistenz aufzuheben, muß entweder angenommen werden, daß der IVG-GS-Zusammenhang im hohen Erwachsenenalter nicht mehr vorliegt, oder aber es muß die Aussage revidiert werden, daß es keinen nennenswerten GS-Abbau im Alter gibt. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sprechen eindeutig für die letztere Variante. Es wird daher vorgeschlagen, die verbreitete These einer kaum nachlassenden Gedächtnisspanne im hohen Erwachsenenalter aufzugeben und vielmehr davon auszugehen, daß die GS ebenso wie die IVG einem deutlichen Altersabbau — zumindest nach dem 60. Lebensjahr — unterliegt.

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang auch der Detailbefund, daß Gedächtnisspanne und Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit der hier untersuchten Senioren sich nicht von den entsprechenden Niveaus der 10jährigen Kinder unterscheiden. Ein Befund, der gut mit der z. B. von Denney (1982) formulierten Spiegelbildhypothese übereinstimmt, nach der sich der kognitive Leistungsabbau im höheren Erwachsenenalter formal als Spiegelbild der zunehmenden kognitiven Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter beschreiben läßt. Bei aller Ähnlichkeit zwischen Kindern und alten Menschen auf der Performanzebene ist damit jedoch noch nichts darüber gesagt, ob die *Altersveränderungen* bzw. die ihnen zugrundeliegenden *Mechanismen*, die während der Kindheit und im hohen Erwachsenenalter zum gleichen *Performanzniveau* führen, ebenfalls symmetrisch im Sinne der Spiegelbildhypothese sind.

*Zur Frage der Altersinvarianz der Arbeitsgedächtniskapazität.* An der einleitend skizzierten Problematik, bei der gegenwärtigen Vielfalt verschiedener Kapazitätskonzeptionen keine allgemeine Aussage über die lebensspannumfassende Stabilität der strukturellen Kapazität(en) des Arbeitsgedächtnisses machen zu können, ändert auch die vorliegende Untersuchung nichts. Wohl aber konnte für einen Aspekt dieser Kapazität(en), nämlich die zeitlich dimensionierte Kapazität der artikulatorischen Memorier-Schleife — einem Subsystem in dem Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley und Hitch (1974, 1977) — die Hypothese der Kapazitätsinvarianz bis über das 70. Lebensjahr hinaus bestätigt werden. Mit 1.8 Sekunden (gemittelt über alle Altersgruppen) stimmt der in dieser Untersuchung

mit einer neu eingeführten Schätzprozedur für die Größenordnung der Memorier-Schleife empirisch ermittelte Wert für diese Kapazität überdies erstaunlich genau mit den bereits erwähnten allgemeinspsychologischen Schätzungen von Baddeley et al. (1975) und Boruff und Schweickert (1986) überein.

Aber selbst diese Bestätigung kann nicht einmal für den hier untersuchten Kapazitätsaspekt den letzten Zweifel an der Altersinvarianzhypothese der Arbeitsgedächtniskapazität ausräumen. Schaut man sich nämlich die MS-Schätzwerte für die über die Lebensspanne verteilten fünf Altersgruppen genauer an, so fällt ein zwar quantitativ nicht übermäßig ausgeprägter, jedoch konsequenter Trend auf: Mit zunehmendem Lebensalter fallen die altersspezifischen Schätzungen für die MS-Konstante der Tendenz nach immer niedriger aus. Bedeutet dies, daß die Kapazität der artikulatorischen Memorier-Schleife doch nicht konstant ist über die Lebensspanne? Nimmt sie etwa zwar nicht übermäßig, aber doch kontinuierlich mit zunehmendem Alter ab und dies sogar schon vom 6. Lebensjahr an? Daß man über Antworten auf diese Fragen derzeit bestenfalls spekulieren kann, unterstreicht nur die Notwendigkeit weiterer hypothesenprüfender Untersuchungen auf diesem Gebiet der entwicklungspsychologischen Gedächtnisforschung.

### Summary

In recent memory development research some issues surrounding (a) memory span differences between young and old people and (b) working memory capacity across life span are discussed controversial. This study was designed to test the following assumptions: (1) Memory span (MS) does decline in old age. (2) Information processing speed (IPS) increases from childhood to early adulthood and decreases to the end of the life span. (3) There exists a strong relationship between MS and IPS independent of people's age. (4) The time-limited capacity of the articulatory rehearsal loop (RL) as a subsystem of working memory is age-invariant across life span. Wordspan and speech rate for monosyllabic nouns were assessed from 30 Ss from each of five different age-groups (6, 8, 10, 22, 72 years). An individual RL-score was computed by the product of subject's wordspan and the calculated mean time for processing one word. The four assumptions mentioned above could be confirmed statistically. However, a marginal but consistent age-trend regarding RL does raise some doubts on the hypothesized constant RL-capacity across life span.

### Literatur

- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation. Advances in research and theory* (Bd. 8, pp. 47—89). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1977). Commentaty on "working memory". In G. H. Bower (Ed.), *Human memory. Basic processes* (pp. 191—197). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D., Thomson, N. & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 575—589.

- Baltes, P. B., Reese, H. W. & Lipsitt, L. P. (1980). Life-span developmental psychology. *Annual Review of Psychology*, 31, 65—110.
- Biggs, J. B. (1971). *Information and human learning*. Glenview Il.: Scott, Foresman.
- Bolton, T. L. (1892). The growth of memory in school children. *American Journal of Psychology*, 4, 362—382.
- Burke, D. M. & Light, L. L. (1981). Memory and aging: The role of retrieval processes. *Psychological Bulletin*, 90, 513—546.
- Burtis, P. J. (1982). Capacity increase and chunking in the development of short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 34, 387—413.
- 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.
- Cerella, J. (1985). Information processing rates in the elderly. *Psychological Bulletin*, 98, 67—83.
- Chi, M. T. H. (1976). Short-term memory limitations in children: Capacity or processing deficits? *Memory & Cognition*, 4, 559—572.
- Chi, M. T. H. (1977). Age differences in memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 19, 266—281.
- Craik, F. I. M. (1977). Age differences in human memory. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (pp. 384—420). New York: Van Nostrand.
- Craik, F. I. M. & Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits. The role of attentional resources. In F. I. M. Craik & S. E. Trehub (Eds.), *Aging and cognitive processes* (pp. 191—213). New York: Plenum Press.
- Cronholm, B. & Schalling, D. (1973). A study of memory in aged people. In H. P. Zippel (Ed.), *Memory and transfer of information* (pp. 23—42). New York: Plenum Press.
- Dempster, F. N. (1978). Memory span and short-term memory capacity: A developmental study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 26, 419—431.
- Dempster, F. N. (1981). Memory span: Sources of individual and developmental differences. *Psychological Bulletin*, 89, 63—100.
- Denney, N. W. (1982). Aging and cognitive changes. In B. B. Wolman (Ed.), *Handbook of developmental psychology* (pp. 807—827). Englewood, N. J.: Prentice Hall.
- Ebbinghaus, H. (1897). Über eine neue Methode zur Prüfung geistiger Fähigkeiten und ihre Anwendung bei Schulkindern. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, 13, 401—459.
- Engle, R. W. & Marshall, K. (1983). Do developmental changes in digit span result from acquisition strategies? *Journal of Experimental Child Psychology*, 36, 429—436.
- Flavell, J. H. (1985). *Cognitive development (2nd. Ed.)*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall.
- Fleischmann, U. M. (1982). Zur Gültigkeit des Zahlennachsprechens im hohen Erwachsenenalter. *Zeitschrift für Gerontologie*, 15, 15—21.
- Frank, H. S. & Rabinovitch, M. S. (1974). Auditory short-term memory: Developmental changes in rehearsal. *Child Development*, 45, 397—407.

- Harris, G. J. & Burke, D. (1972). The effects of grouping on short-term serial recall of digits by children: Developmental trends. *Journal of Experimental Child Psychology*, 43, 710—716.
- Hasselhorn, M. (1986). *Differentielle Bedingungsanalyse verbaler Gedächtnisleistungen bei Schulkindern*. Frankfurt/M.: Lang.
- Hitch, G. J. & Halliday, M. S. (1983). Working memory in children. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B* 302, 325—340.
- Howard, L. & Polich, J. (1985). P 300 latency and memory span development. *Developmental Psychology*, 21, 283—289.
- Hulme, C., Thomson, N., Muir, C. & Lawrence, A. (1984). Speech rate and the development of shortterm memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 38, 241—253.
- Huttenlocher, J. & Burke, D. (1976). Why does memory span increase with age? *Cognitive Psychology*, 8, 1—31.
- Jacobs, J. (1887). Experiments on "prehension". *Mind*, 12, 75—79.
- Johnston, R. S., Johnson, C. & Gray, C. (1987). The emergence of the word length effect in young children: The effects of overt and covert rehearsal. *British Journal of Developmental Psychology*, 5, 243—248.
- Labouvie-Vief, G. & Schell, D. A. (1982). Learning and memory in later life. In B. B. Wolman (Ed.), *Handbook of developmental psychology*, (pp. 828—846). Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall.
- Light, L. L. & Anderson, P. A. (1985). Working-memory capacity, age, and memory for discourse. *Journal of Gerontology*, 40, 737—747.
- Mackworth, J. F. (1963). The relation between the visual image and post-perceptual immediate memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 2, 75—85.
- Nicolson, R. (1981). The relationship between memory span and processing speed. In M. P. Friedman, J. P. Das & N. O'Connor (Eds.), *Intelligence and learning* (pp. 179—183). New York: Plenum Press.
- Parkinson, S. R., Lindholm, J. M. & Inman, V. W. (1982). An analysis of age differences in immediate recall. *Journal of Gerontology*, 37, 425—431.
- Parkinson, S. R., Lindholm, J. M. & Urell, T. (1980). Aging, dichotic memory, and digit span. *Journal of Gerontology*, 35, 87—95.
- Pascual-Leone, J. (1983). Growing into human maturity: Toward a metasubjective theory of adulthood stages. In P. B. Baltes & O. G. Brim (Eds.), *Life-span development and behavior*. Vol. 5 (pp. 117—156). New York: Academic Press.
- Perlmutter, M. & Hall, E. (1985). *Adult development and aging*. New York: Wiley.
- Poon, L. W. (1985). Differences in human memory with aging: Nature, causes, and clinical implications. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (2nd. ed.) (pp. 427—462). New York: Van Nostrand.
- Salthouse, T. A. (1985). Speed of behavior and its implications for cognition. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (2nd. ed.) (pp. 400—426). New York: Van Nostrand.



- Schneider, W. (1987). *Zur Entwicklung des Gedächtnisses und Metagedächtnisses bei Kindern*. Unveröffentlichte Habilitationsschrift Universität München.
- Schonfield, D. & Stones, M. J. (1979). Remembering and aging. In J. F. Kihlstrom & F. J. Evans (Eds.), *Functional disorders of memory* (pp. 103—139). Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Schweickert, R. & Boruff, B. (1986). Short-term memory capacity: Magic number or magic spell? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12, 419—425.
- Weinert, F. E., Knopf, M. & Schneider, W. (1987). Von allgemeinen Theorien der Gedächtnisentwicklung zur Analyse spezifischer Lern- und Erinnerungsleistungen. In M. Amelang (Hg.), *Bericht über den 35. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Heidelberg 1986*, Bd. 2 (S. 447—460). Göttingen: Hogrefe.
- Wippich, W. (1984). *Lehrbuch der angewandten Gedächtnispsychologie. Bd. 1*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Wright, R. E. (1981). Aging, divided attention, and processing capacity. *Journal of Gerontology*, 36, 605—614.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Marcus Hasselhorn  
Institut für Psychologie der Universität Göttingen  
Goßlerstraße 14, 3400 Göttingen