

Die Beeinträchtigung von Arbeitsgedächtnisleistungen durch auditive Distraktoren im Altersvergleich

Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung des Doktorgrades der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Raoul Bell

aus Neunkirchen

November 2006

Aus dem Institut für Experimentelle Psychologie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Gedruckt mit Genehmigung der Mathematisch-
Naturwissenschaftlichen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf

Referent: Prof. Dr. Axel Buchner

Koreferent: Prof. Dr. Martin Heil

Tag der mündlichen Prüfung: 26.01.2007

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	6
Abstract.....	7
1 Der <i>Irrelevant-Sound</i> -Effekt.....	8
1.1 Arbeitsgedächtnismodelle.....	10
1.1.1 Das modulare Arbeitsgedächtnismodell.....	10
1.1.2 Das <i>Object-Oriented Episodic Record</i> -Modell	16
1.1.3 Das Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell.....	19
1.1.4 Das <i>Feature</i> -Modell.....	24
1.2 Ist der <i>Irrelevant-Sound</i> -Effekt ein Aufmerksamkeitsphänomen?	25
2 Kognitives Altern.....	27
3 Die Inhibitionsdefizittheorie des kognitiven Alterns	33
3.1 Empirische Befundlage	36
3.1.1 Das <i>Negative-Priming</i> -Paradigma	36
3.1.2 Psychophysiologische Befunde.....	38
3.1.3 Interferenzphänomene	40
3.2 Vorhersagen der Inhibitionsdefizittheorie über die Alterssensitivität des <i>Irrelevant-Sound</i> -Effekts.....	43
4 Der <i>Irrelevant-Sound</i> -Effekt im Altersvergleich	46
5 Experiment 1a.....	50
5.1 Methode.....	50
5.1.1 Versuchspersonen	50
5.1.2 Material	51
5.1.3 Ablauf.....	52
5.1.4 Design	55
5.2 Ergebnisse	55
5.3 Diskussion.....	57
6 Experiment 1b.....	58
6.1 Methode.....	59
6.1.1 Versuchspersonen	59
6.1.2 Material, Ablauf und Design.....	60
6.2 Ergebnisse	60

6.3	Diskussion.....	62
7	Experiment 2.....	65
7.1	Methode.....	65
7.1.1	Versuchspersonen	65
7.1.2	Material	66
7.1.3	Ablauf.....	66
7.1.4	Design	67
7.2	Ergebnisse	67
7.3	Diskussion.....	69
8	Zusammenfassende Diskussion der Experimente 1a, 1b und 2	70
9	Der Effekt bedeutungshaltiger irrelevanter Sprache auf das Textgedächtnis	73
10	Experiment 3.....	77
10.1	Methode.....	77
10.1.1	Versuchspersonen	77
10.1.2	Material	78
10.1.3	Ablauf.....	80
10.1.4	Design	82
10.2	Ergebnisse	82
10.3	Diskussion.....	90
11	Experiment 4.....	99
11.1	Methode.....	99
11.1.1	Versuchspersonen	99
11.1.2	Material	100
11.1.3	Ablauf.....	101
11.1.4	Design	103
11.2	Ergebnisse	103
11.2.1	Auswertung der Textreproduktionsleistung	104
11.2.2	Modellbasierte Analyse der Quellengedächtnisprozesse	107
11.3	Diskussion.....	112
12	Allgemeine Diskussion.....	117
12.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	117
12.2	Einordnung der Befunde in den Forschungskontext	119
12.3	Kritische Betrachtung der Inhibitionsdefizittheorie.....	124

12.4	Fazit.....	127
13	Literatur.....	129
Anhang A: Vergleich des <i>Irrelevant-Sound</i> -Effekts von jungen und sehr alten Erwachsenen		
		145
Anhang B: Vergleiche von jüngeren und älteren Erwachsenen mit Abitur		
		147

Zusammenfassung

Die Inhibitionsdefizittheorie des kognitiven Alterns (Hasher & Zacks, 1988) nimmt an, dass ein großer Teil der altersbezogenen Unterschiede in Gedächtnis, Aufmerksamkeit und Sprache im Erwachsenenalter auf ein Defizit der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle zurückgeht. Eine wichtige Vorhersage der Inhibitionsdefizittheorie stellt die Behauptung dar, dass ältere Erwachsene im Vergleich zu jüngeren durch die Präsentation von aufgabenirrelevanten Informationen stärker beeinträchtigt sind, weil sie den Zugang von aufgabenirrelevanten Informationen zum Arbeitsgedächtnis schlechter kontrollieren können. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob ältere Erwachsene durch die Präsentation von auditiven Störreizen stärker in visuellen, das Arbeitsgedächtnis beanspruchenden Aufgaben beeinträchtigt werden als jüngere. Die Experimente 1a, 1b und 2 zeigten, dass sich die Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion durch auditive Distraktoren, der so genannte *Irrelevant-Sound-Effekt*, nicht zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen unterschied, obwohl die Experimente eine ausreichende Teststärke aufwiesen und der Schalldruck der Störgeräusche an die Hörfähigkeit der Versuchspersonen angepasst wurde. Experiment 2 zeigte, dass sich der *Irrelevant-Sound-Effekt* selbst dann nicht zwischen älteren und jüngeren Erwachsenen unterschied, wenn die Aufgabenschwierigkeit individuell an die Gedächtnisleistung der Versuchspersonen angepasst wurde. Das Ausbleiben von altersbezogenen Unterschieden im *Irrelevant-Sound-Effekt* wurde von Rouleau und Belleville (1996) mit der Annahme erklärt, dass sich das altersbezogene Inhibitionsdefizit auf die Unterdrückung von semantischen Informationen beschränkt. Konsistent mit dieser Annahme wurden in den Experimenten 3 und 4 altersbezogene Unterschiede in der Beeinträchtigung der sofortigen Textreproduktion durch bedeutungsvolle, semantisch auf das zu erinnernde Material bezogene Sprache gefunden. In einem überraschenden Quellengedächtnistest fand sich allerdings kein Beleg für die Annahme der Inhibitionsdefizittheorie, dass jüngere Erwachsene die Verarbeitung der irrelevanten Informationen effizienter unterdrückt hatten. Stattdessen unterstützten die Befunde eine alternative Erklärung der altersbezogenen Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit durch altersbezogene Unterschiede im Quellengedächtnis. Insgesamt waren die Befunde mit der Inhibitionsdefizittheorie des kognitiven Alterns also nicht vereinbar.

Abstract

The inhibitory deficit theory of cognitive aging (Hasher & Zacks, 1988) assumes that most evidence concerning age-related differences in memory, attention, and speech production and comprehension can be attributed to a decrease of inhibitory control over working memory in old age. As a consequence of the diminished inhibitory control over the access of task-irrelevant information to working memory, old adults are thought to be more susceptible to distraction by irrelevant environmental events than young adults. In contrast to these predictions, Experiments 1a, 1b and 2 revealed that the disruption of serial recall by auditory distractors, the so-called irrelevant sound effect, did not differ between younger and older adults, even though the experiments had sufficient power and the sound level of the auditory distractors was individually adjusted to hearing capabilities of the participants. Rouleau and Belleville (1996) explained the absence of age-related differences in the irrelevant sound effect by assuming that the age-related inhibitory deficit was restricted to the suppression semantic information. Consistent with this claim, Experiments 3 and 4 show age-related differences in the disruption of prose recall by meaningful speech that was semantically related to the to-be remembered material. However, the results of a source-discrimination test in Experiment 4 suggest that these age-related differences in the susceptibility to interference are due to an age-related decrement of source memory rather than to an age-related deficit in inhibitory processes. Taken together, the results of the present series of experiments are inconsistent with the inhibitory deficit theory of cognitive aging.

1 Der *Irrelevant-Sound*-Effekt

In den meisten Bibliotheken werden die Nutzer darauf hingewiesen, vor Betreten der Lesesäle ihre Mobiltelefone auszustellen und sich innerhalb der Lesesäle ruhig zu verhalten. Hinter diesen Verhaltensregeln steht die implizite Annahme, dass lautstarke Unterhaltungen oder das Klingeln von Mobiltelefonen konzentriertes geistiges Arbeiten stören können. In der Psychologie wird die Beeinträchtigung kognitiver Leistungen durch Umgebungslärm systematisch untersucht, indem Versuchspersonen Aufgaben vorgegeben werden, die entweder in Ruhe oder bei gleichzeitiger Präsentation von aufgabenirrelevanten auditiven Reizen bearbeitet werden sollen. In dem Vergleich zwischen der Ruhebedingung und Bedingung mit auditiver Stimulation zeigt sich, inwieweit die Präsentation von aufgabenirrelevanten auditiven Reizen mit der kognitiven Leistungsfähigkeit interferiert.

Als sehr robustes Phänomen hat sich die deutliche Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion durch irrelevante auditive Distraktoren erwiesen. In dem *Irrelevant-Sound*-Paradigma sollen Sequenzen von visuell präsentierten, verbalen Items (Wörtern, Buchstaben oder Zahlen) entweder sofort oder nach einem kurzen Behaltensintervall in der Reihenfolge ihrer Präsentation erinnert werden. Der *Irrelevant-Sound*-Effekt bezeichnet eine Reduktion der seriellen Reproduktionsleistung in den Bedingungen, in denen auditive Distraktoren entweder während der Präsentation der visuellen Items oder im Behaltensintervall präsentiert werden, verglichen mit einer Ruhebedingung. Die irrelevanten Schalle beeinträchtigen die serielle Reproduktion, obwohl die Versuchspersonen explizit instruiert werden, die Störgeräusche zu ignorieren (z.B. Salamé & Baddeley, 1982). Der Effekt wurde zunächst in der englischen Literatur unter dem Etikett „*Unattended Speech Effect*“ (Salamé & Baddeley, 1982) bekannt; heutzutage wird allerdings die Bezeichnung „*Irrelevant Sound Effect*“ oft bevorzugt, da die ursprüngliche Bezeichnung implizite Annahmen enthält, die entweder als widerlegt gelten oder zumindest umstritten sind.¹

¹ Die Bezeichnung impliziert, dass nur sprachliche, nicht aber nicht-sprachliche auditive Stimuli eine Beeinträchtigung verursachen können. Das gilt als widerlegt (Jones & Macken, 1993; Jones, Macken & Murray, 1993; Salamé & Baddeley, 1989). Außerdem legt die Bezeichnung nahe, dass die auditiven Distraktoren unbeachtet bleiben. Dem widersprechen bestimmte Erklärungen des *Irrelevant-Sound*-Effekts (z.B. Cowan, 1995; Neath, 1999, 2000), die weiter unten vorgestellt werden.

Die Größe des *Irrelevant-Sound*-Effekts wird hauptsächlich durch die Anzahl von abrupten Veränderungen in Frequenz und Schalldruck im irrelevanten auditiven Material determiniert, die in der englischen Literatur als „*Changing States*“ bezeichnet werden (Jones & Macken, 1993, 1995a; Jones et al., 1993; Jones, Madden & Miles, 1992). Je mehr Variabilität das irrelevante auditive Material aufweist, desto größer ist die Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion. Die Bedeutungshaltigkeit der Distraktoren (Buchner, Irmen & Erdfelder, 1996; Jones & Macken, 1993, 1995c; Tremblay, Nicholls, Alford & Jones, 2000) und die semantische (Buchner et al., 1996; Jones & Macken, 1995c) und phonologische (Bridges & Jones, 1996; Jones & Macken, 1995c) Ähnlichkeit zwischen den Distraktoren und den zu erinnernden Items haben dagegen zumeist keinen nennenswerten Einfluss auf die Größe des *Irrelevant-Sound*-Effekts. Auch der absolute Schalldruck der auditiven Distraktoren beeinflusst das Ausmaß der Gedächtnisbeeinträchtigung nicht, sofern die auditiven Distraktoren lauter als die Hörschwelle, aber leiser als die Schmerzschwelle sind (d.h. zwischen 40 und 76 dB[A]; siehe Colle, 1980; Ellermeier & Hellbrück, 1998; Tremblay & Jones, 1999). Dass der *Irrelevant-Sound*-Effekt fast ausschließlich von qualitativen Merkmalen der Störschalle abhängt, ihre Intensität hingegen wenig Einfluss hat, ist unter anderem ein Hinweis darauf, dass die Störwirkung der auditiven Distraktoren nicht durch Veränderungen des physiologischen Erregungsniveaus vermittelt wird.² Da die auditiven Distraktoren gleichermaßen stören, egal ob sie zeitgleich mit der Präsentation der visuellen, zu erinnernden Items oder in dem nachfolgenden Behaltensintervall präsentiert werden (Buchner, Rothermund, Wentura & Mehl, 2004; Jones & Macken, 1993; Miles, Jones & Madden, 1991), wird angenommen, dass die auditiven Distraktoren nicht die Enkodierung der visuellen Items beeinträchtigen, sondern die kurzfristige Aufrechterhaltung der zu erinnernden Items im Arbeitsgedächtnis stören. Abgesehen davon, dass das *Irrelevant-Sound*-Paradigma in der anwendungsbezogenen Forschung als Modell für negative Auswirkungen von Lärm auf kognitiv anspruchsvolle Aufgaben eingesetzt wird (siehe z.B. Banbury & Berry, 1997, 1998; Banbury, Tremblay, Macken & Jones, 2001; Beaman, 2005a), hat das Paradigma insbesondere deshalb an

² *Arousal*-Theorien nehmen an, dass für jede Person abhängig von dem Schwierigkeitsgrad der Aufgabe ein Grad der physiologischen Aktiviertheit existiert, bei dem die Person maximal leistungsfähig ist. Im Zusammenhang mit diesen *Arousal*-Theorien wurde vermutet, dass sich die Auswirkungen von hochintensivem Lärm teilweise damit erklären lassen, dass der Lärm das Erregungsniveau der Versuchspersonen beeinflusst (siehe z.B. Furnham & Strbac, 2002).

Bedeutung gewonnen, weil es in der psychologischen Grundlagenforschung zur Differenzierung der Funktionsweise des Arbeitsgedächtnisses eingesetzt wird.

1.1 Arbeitsgedächtnismodelle

Unter dem Arbeitsgedächtnis versteht man ein Speichersystem mit begrenzter Kapazität, in dem eine begrenzte Menge von Informationen über eine kurze Zeitspanne hinweg bereitgehalten wird, damit sie für laufende kognitive Verarbeitungsprozesse zur Verfügung steht. Das Konzept geht auf William James (1890) zurück, der einen kurzfristigen Gedächtnisspeicher postulierte, in dem sich eine begrenzte Anzahl von Informationen befindet, auf die man die bewusste Aufmerksamkeit richtet. Dieses so genannte primäre Gedächtnis grenzte er gegen das sekundäre Gedächtnis – einen passiven Langzeitspeicher ohne Kapazitätsbegrenzung – ab. Das primäre Gedächtnis wurde als Schnittstelle zwischen Wahrnehmung, Langzeitgedächtnis und Verhalten angesehen und mit der bewussten Informationsverarbeitung assoziiert. Heutzutage wird allerdings eher der Begriff „Arbeitsgedächtnis“ verwendet, um die zentrale Rolle dieses Gedächtnissystems in der aktiven Informationsverarbeitung zu betonen. Neben dem Transfer von Informationen ins Langzeitgedächtnis werden dem Arbeitsgedächtnis wichtige Funktionen in komplexen Aufgaben wie dem Textverständnis, dem Problemlösen und dem logischem Schließen zugeschrieben (Baddeley, 2003; Baddeley & Hitch, 1974; Hitch & Baddeley, 1976). Mit der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ist die Notwendigkeit verknüpft, aus der Fülle von Informationen, die in jedem Moment auf das menschliche Gehirn einströmen, diejenigen auszuwählen, die für die gegenwärtigen Ziele und Aufgaben des Individuums relevant erscheinen. Aus diesem Grund beinhalten die meisten Arbeitsgedächtnismodelle Annahmen über die dieser Selektionsleistung zugrunde liegenden Aufmerksamkeitsmechanismen. Im Folgenden werden diejenigen Arbeitsgedächtnismodelle vorgestellt, die miteinander um die beste Erklärung des *Irrelevant-Speech*-Effekts konkurrieren.

1.1.1 Das modulare Arbeitsgedächtnismodell

Ein sehr populäres Modell des Arbeitsgedächtnisses ist das modulare Arbeitsgedächtnismodell (Baddeley, 1997, 2002, 2003; Baddeley & Hitch, 1974). Im Vergleich zu früheren Modellen des Kurzzeitspeichers war die wesentliche Neuerung des modularen Arbeitsgedächtnismodells, dass das Konzept eines einheitlichen Systems durch ein

differenzierteres Modell ersetzt wurde, das aus mehreren spezialisierten Komponenten mit unterschiedlicher Funktionsweise besteht. Aufgrund von Befunden aus dem Zweitaufgabenparadigma (*Dual-Task-Paradigma*)³ und unterstützender psychophysiologischer Befunde wurden zunächst drei Arbeitsgedächtniskomponenten vorgeschlagen: Die zentrale Exekutive dient als übergeordnete Kontrollinstanz, während der visuell-räumliche Notizblock und die phonologische Schleife zwei Sub- oder „Sklaven“-Systeme darstellen, die auf die Verarbeitung von visuell-räumlicher, beziehungsweise akustisch-verbaler Information spezialisiert sind und separate funktionelle und strukturelle Speicherkapazitäten besitzen (Baddeley, 1997, 2002; Baddeley & Hitch, 1974). Das Arbeitsgedächtnismodell wurde kürzlich um eine zusätzliche Komponente – den episodischen Zwischenspeicher – erweitert (Baddeley, 2000a, 2002, 2003). Das modifizierte modulare Arbeitsgedächtnismodell ist in Abbildung 1 dargestellt.

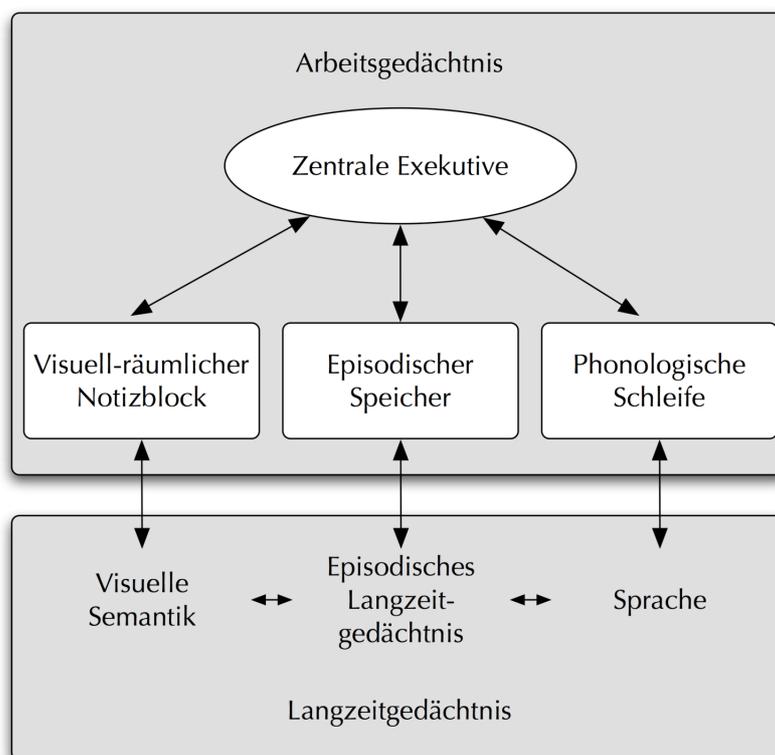


Abbildung 1: Das modulare Arbeitsgedächtnismodell (nach Baddeley, 2002, eigene Übersetzung). Das Modell wird im Text in den relevanten Aspekten erläutert.

³ Im Zweitaufgabenparadigma wird untersucht, inwieweit eine Aufgabe – wie z.B. logisches Schlussfolgern – von einer konkurrierenden Sekundäraufgabe – wie z.B. dem Behalten einer Zahlensequenz – beeinträchtigt wird. Ist die Interferenz zwischen den Aufgaben sehr groß – reduziert sich also die Leistung in einer oder beiden Aufgaben durch die Gleichzeitigkeit ihrer Bearbeitung dramatisch – geht man davon aus, dass sie gemeinsame Verarbeitungsressourcen beanspruchen, beispielsweise eine kapazitätsbegrenzte Struktur im Arbeitsgedächtnis (Baddeley & Hitch, 1974).

Da der visuell-räumliche Notizblock für die vorliegende Arbeit von untergeordneter Bedeutung ist, wird im Folgenden nur auf die zentrale Exekutive, den episodischen Zwischenspeicher und die phonologische Schleife eingegangen. Die zentrale Exekutive (Baddeley, 1996, 1997, 2003; Baddeley, Emslie, Kolodny & Duncan, 1998) ist ein Aufmerksamkeitssystem, dem eine Vielzahl von Überwachungs- und Kontrollfunktionen zugeschrieben werden, unter anderem die Zuweisung von Ressourcen (bei der simultanen Bearbeitung mehrerer Aufgaben), die Koordination von Aufgabenwechseln, die Auswahl und die Ausführung von Strategien, das Zusammenführen von Informationen aus den Subsystemen, die Bereithaltung und die Manipulation von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis und nicht zuletzt die Inhibition von irrelevanten Reizen und Handlungstendenzen. Den meisten Funktionen der zentralen Exekutive lassen sich klassische Aufmerksamkeitsfunktionen zuordnen: Fokussierung, Teilung und Wechsel der Aufmerksamkeit (Baddeley, 1996). Es wird angenommen, dass der dorsolaterale präfrontale Kortex das neuroanatomische Substrat der zentralen Exekutive darstellt (Baddeley, 2003; Chein, Ravizza & Fiez, 2003; Gisselgård, Petersson, Baddeley & Ingvar, 2003).

Der episodische Zwischenspeicher (Baddeley, 2000a, 2002, 2003) hat die Aufgabe, Informationen aus den beiden untergeordneten Subsystemen – dem visuell-räumlichen Notizblock und der phonologischen Schleife – und dem Langzeitgedächtnis zusammenzubinden. Das ist möglich, weil die Gedächtnisspuren im episodischen Zwischenspeicher in einem multidimensionalen Kode vorliegen. Damit übernimmt der episodische Zwischenspeicher Funktionen, die von Baddeley und Hitch (1974) ursprünglich der zentralen Exekutive zugeordnet wurden, die nun als reines Aufmerksamkeits- und Kontrollsystem ohne eigene Gedächtniskapazität verstanden wird. Genau wie die beiden anderen Speichersysteme ist der episodische Zwischenspeicher ein Gedächtnissystem mit begrenzter Kapazität, das Informationen kurzfristig bereithält und von der zentralen Exekutive kontrolliert wird. Die Funktion des episodischen Speichers, aus verschiedenen Informationsquellen ein Modell der Umwelt zu erzeugen, das dann aktiv manipuliert werden kann, ist möglicherweise zentral für das Planen zukünftigen Verhaltens und das Problemlösen (Baddeley, 2002). Es wird angenommen, dass der episodische Zwischenspeicher durch seine enge Verbindung zum Langzeitge-

dächtnis auch einen wichtigen Beitrag zum Textverständnis und zur Textreproduktion leistet (Baddeley, 2000a, 2002).

Die phonologische Schleife (Baddeley, 1997, 2000b; Baddeley & Hitch, 1974) ist für das kurzfristige Bereithalten und die Manipulation von sprachbasierten (oder akustischen) Informationen verantwortlich. Es wird angenommen, dass sie eine wichtige Rolle bei der Sprachwahrnehmung, der Sprachproduktion und dem Spracherwerb spielt. Die phonologische Schleife besteht aus zwei Komponenten, dem phonologischen Speicher und dem artikulatorischen Kontrollprozess. Im phonologischen Speicher sind Informationen sprachbasiert (oder akustisch) kodiert. Die Gedächtnisinhalte dieses Speichers unterliegen zeitabhängigem Spurenerfall; sie können bereits nach zirka zwei Sekunden nicht mehr abgerufen werden. Um die Gedächtnisinhalte über einen längeren Zeitraum bereitzuhalten, müssen die Gedächtnisspuren durch den artikulatorischen Kontrollprozess „aufgefrischt“ werden, indem sie aus dem phonologischen Speicher abgerufen und durch subvokale Artikulation („inneres Sprechen“) wieder in den Speicher eingelesen werden. Der artikulatorische Kontrollprozess ist außerdem dafür verantwortlich, visuell präsentiertes, sprachliches Material in einen phonologischen Kode zu überführen und in den phonologischen Speicher einzulesen. Die Unterstützung des phonologischen Speichers durch den artikulatorischen Kontrollprozess ist ein Grund dafür, dass sich die phonologische Schleife besonders zur Aufrechterhaltung von sequentieller Information eignet. Abbildung 2 stellt die phonologische Schleife dar und es werden die mit den Subkomponenten der phonologischen Schleife assoziierten Gehirnstrukturen genannt (für einen Überblick über Bildgebungsstudien zum modularen Arbeitsgedächtnismodell siehe Chein et al., 2003).

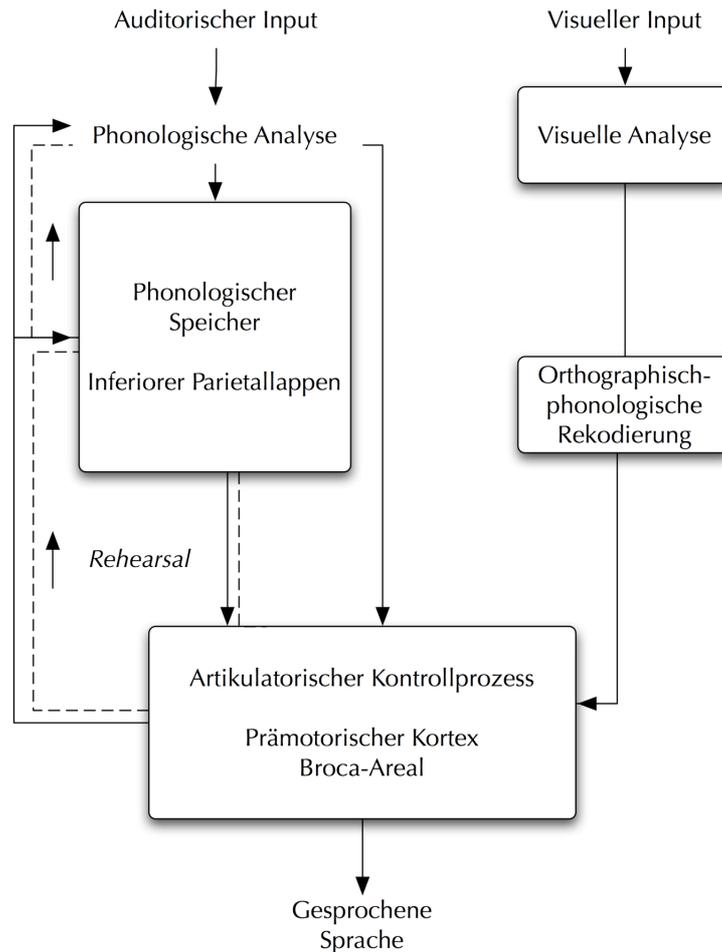


Abbildung 2: Die phonologische Schleife des modularen Arbeitsgedächtnismodells (nach Baddeley, 2003, eigene Übersetzung). Auditive Informationen haben einen direkten Zugang zum phonologischen Speicher, während visuelles Material in phonologischen Code übertragen werden muss, um in den phonologischen Speicher zu gelangen. Informationen werden aus dem phonologischen Speicher abgerufen, um entweder reproduziert oder durch subvokales *Rehearsal* wieder in den phonologischen Speicher eingelesen zu werden.

Ausgehend von Befunden, die zeigten, dass bedeutungsvolles und bedeutungsloses sprachliches Material im Gegensatz zu Breitbandrauschen die serielle Reproduktion beeinträchtigen kann (Salamé & Baddeley, 1982, 1987), wurde vorgeschlagen, dass der *Irrelevant-Sound-Effekt* auf einer Interferenz zwischen den irrelevanten und den relevanten Informationen im phonologischen Speicher beruht (Baddeley & Salamé, 1986). Es wurde angenommen, dass die visuell präsentierten, verbalen Items durch den artikulatorischen Kontrollprozess in sprachlich basierten Code umgewandelt und in den phonologischen Speicher eingelesen werden. Die auditiven Distraktoren haben nach dem Modell aufgrund ihrer Sprachähnlichkeit einen obligatorischen Zugang zum phonologischen Speicher. Salamé und Baddeley (1987; 1989) nahmen an, dass ein Filter den Zugang zum phonologischen Speicher reguliert. Da auch Instrumentalmusik

die serielle Reproduktion störte, schlugen Salamé und Baddeley (1989) vor, dass bestimmte akustische Eigenschaften (wie Fluktuationen in Schalldruck und Frequenz) die Sprachähnlichkeit der auditiven Distraktoren und damit den Zugang zum phonologischen Speicher bestimmen. Zunächst wurde angenommen, dass die Interferenz im phonologischen Speicher aus der Maskierung der Repräsentationen der relevanten Items durch die Repräsentationen der auditiven Distraktoren resultiert. Es wurde vorhergesagt, dass das Ausmaß der Beeinträchtigung davon abhängt, inwieweit die Störreize akustische Eigenschaften mit der subvokalen Sprache teilen, die zum Aufrechterhalten der zu erinnernden Items im phonologischen Speicher dient (Salamé & Baddeley, 1982, 1989). Das gilt allerdings mittlerweile als widerlegt (Bridges & Jones, 1996; Buchner et al., 1996; Jones & Macken, 1993, 1995c).

Obwohl Baddeley bei der Erklärung des *Irrelevant-Sound*-Effekts ursprünglich von einer Interferenz zwischen relevanten und irrelevanten Repräsentationen in der phonologischen Schleife ohne Beteiligung der zentralen Exekutive ausging – was gegen einen Einfluss von Aufmerksamkeitsmechanismen auf den *Irrelevant-Sound*-Effekt sprechen würde – wurden in den letzten Jahren Hinweise darauf gefunden, dass inhibitorische Aufmerksamkeitsprozesse (zur Erläuterung des Begriffs siehe Kapitel 3) im *Irrelevant-Sound*-Paradigma eine wichtige Rolle spielen. Baddeley und Larsen (2003) schlugen vor, dass ein inhibitorischer Aufmerksamkeitsmechanismus gemäß der Aufgabeninstruktion die Verarbeitung der auditiven Distraktoren aktiv unterdrückt, indem die Reaktivität von auf die Verarbeitung auditiver Reize spezialisierten Nervenzellen moduliert wird. Diese Behauptung beruhte auf den Ergebnissen einer funktionellen Bildgebungsstudie⁴ (Gisselgård et al., 2003), in der bei Präsentation von auditiven Distraktoren und gleichzeitiger Inanspruchnahme des Arbeitsgedächtnisses reduzierte metabolische Aktivität im sekundären auditiven Kortex und in mit der phonologischen Schleife assoziierten Strukturen (im inferioren präfrontalen Kortex und im inferioren Parietalkortex) beobachtet wurde. Das modulare Arbeitsgedächtnismodell ist also prinzipiell vereinbar mit der Annahme, dass inhibitorische Aufmerksamkeitsmechanis-

⁴ Funktionelle Bildgebungsstudien wie die Positronen-Emissions-Tomografie (PET) oder die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT) machen Veränderungen des zerebralen Blutflusses, beziehungsweise der lokalen Sauerstoffanreicherung im Blut, die infolge von Gehirnaktivität entstehen, sichtbar. Diese Veränderungen geben Hinweise darauf, welche Gehirnstrukturen an bestimmten Informationsverarbeitungsvorgängen beteiligt sind.

men eingesetzt werden, um die Verarbeitung der auditiven Distraktoren zu hemmen und dadurch die Interferenz zu dämpfen.

1.1.2 Das *Object-Oriented Episodic Record*-Modell

In dem *Object-Oriented Episodic Record (O-OER)*-Modell (Jones, 1993, 1999) wird – im Gegensatz zum modularen Arbeitsgedächtnismodell – die Existenz funktional und strukturell verschiedener Speichersystemen bestritten (Jones, Macken & Nicholls, 2004; Macken & Jones, 2003). Es wird ein einheitliches, amodales Gedächtnissystem postuliert, in dem Informationen mit Ursprung in der visuellen und der auditiven Modalität in abstrakten Repräsentationen vorliegen. Als Analogie für das Arbeitsgedächtnis wird das Bild einer Schreibtafel verwendet, auf deren Oberfläche die zu erinnernden Gedächtnisinhalte eingetragen werden (Jones, 1993).

Der wesentliche Zweck der Speichereinheit ist die kurzfristige Aufrechterhaltung von Reihenfolgeinformationen im Gedächtnis. Es wird davon ausgegangen, dass die primäre Herausforderung bei der seriellen Reproduktion nicht die Enkodierung und Aufrechterhaltung der Identität der zu erinnernden Items darstellt, sondern die Enkodierung und Aufrechterhaltung der in der Itemsequenz enthaltenen Reihenfolgeinformationen. Üblicherweise fehlen im Paradigma der seriellen Reproduktion syntaktische oder semantische Hinweise, die eine Rekonstruktion der Reihenfolge erleichtern könnten. Daher müssen zusammen mit den Informationen über die Identität der Items immer Informationen über ihre serielle Position in der Sequenz abgespeichert werden (Macken & Jones, 2003). Das wird erreicht, indem die zu erinnernden Sequenzen im Arbeitsgedächtnis als Kombinationen aus Objekten und episodischen Verweisen repräsentiert werden (Jones, 1993; Jones & Macken, 1993, 1995b; Jones et al., 1992). Ein Objekt ist eine amodale, abstrakte Repräsentation eines Items im Arbeitsgedächtnis. Jedes Objekt ist mit einem episodischen Verweisen versehen, der auf das nächste Objekt der Sequenz verweist (Jones & Macken, 1995b). Sofern die Sequenz aus unterschiedlichen Items besteht, bilden die im Arbeitsgedächtnis gespeicherten Objekte und Verweise eine Kette. Anders als im modularen Arbeitsgedächtnismodell werden die Objektrepräsentationen selbst als relativ stabil angesehen. Die Begrenzung der seriellen Reproduktion ergibt sich aus dem zeitabhängigen Zerfall der episodischen Verweise. Damit müssen diese Verbindungen zwischen den Objekten – und nicht die Objektrepräsentationen selbst – bei der willkürlichen Aufrechterhaltung der Informatio-

nen (durch serielles *Rehearsal*) wiederbelebt werden (Jones, 1993; Jones & Macken, 1993, 1995b; Jones et al., 1992; Macken & Jones, 1995).

Um die Störung der seriellen Reproduktion durch auditive Distraktoren zu erklären, wird angenommen, dass die Speicherung der Reihenfolge von Schallereignissen im auditiven System automatisch und präattentiv erfolgt (Jones & Macken, 1993). Der auditive Input wird auf Basis von abrupten Wechseln in Frequenz und Amplitude (*Changing States*) segmentiert. Die Segmentierung resultiert in einer Reihe von auditiven Ereignissen oder Objekten. Auf einer höheren Ebene der Wahrnehmungsorganisation, aber immer noch automatisch und präattentiv, werden diese auditiven Objekte in Ströme eingebunden, indem Verknüpfungen zwischen unterschiedlichen, aufeinander folgenden Objekten enkodiert werden. Zustandsveränderungen im zu ignorierenden Schallstrom haben also letztlich zu Folge, dass die zeitliche Organisation der Schallereignisse automatisch in Form von Verknüpfungen zwischen aufeinander folgenden Schallobjekten registriert wird (Beaman & Jones, 1997; Hughes & Jones, 2005; Jones, 1993; Jones & Macken, 1993; Jones et al., 1993; Jones et al., 1992; Jones & Morris, 1992; Jones, Saint Aubin & Tremblay, 1999; Macken & Jones, 1995; Tremblay & Jones, 1999).

Die Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion im *Irrelevant-Sound*-Paradigma wird im *O-OER*-Modell nicht als Folge eines Konflikts zwischen relevanten und irrelevanten Objektrepräsentationen angesehen, sondern als Folge eines Konflikts zwischen relevanten und irrelevanten Reihenfolgeinformationen (Hughes & Jones, 2005; Jones, 1993; Jones & Macken, 1993, 1995b; Jones et al., 1993; Jones et al., 1992; Jones & Morris, 1992; Jones et al., 1999; Macken & Jones, 1995, 2003; Tremblay & Jones, 1999). Die Effizienz, mit der die im Arbeitsgedächtnis abgespeicherten Reihenfolgeinformationen der zu erinnernden Sequenz beim *Rehearsal* oder beim Abruf zur Navigation durch die relevanten Objektrepräsentationen genutzt werden können, wird durch die Präsenz von irrelevanten Reihenfolgeinformationen, die aus der präattentiven Verarbeitung der irrelevanten Schalle resultieren, reduziert. Die mit den relevanten Objektrepräsentationen assoziierten episodischen Verweise stellen Hinweisreize für den Abruf der Identität des nächsten Objekts dar. Daher führt die reduzierte Verfügbarkeit von Informationen über die sequentielle Ordnung der zu erinnernden Items nicht nur zu Reihenfolgefehlern (Items in einer Sequenz werden in einer falschen Reihenfolge erinnert), sondern auch zu Auslassungsfehlern (die Items

ge erinnert), sondern auch zu Auslassungsfehlern (die Items können gar nicht erinnert werden; Beaman & Jones, 1998). In Abbildung 3 wird die von Jones postulierte Erklärung des *Irrelevant-Sound*-Effekts visualisiert.

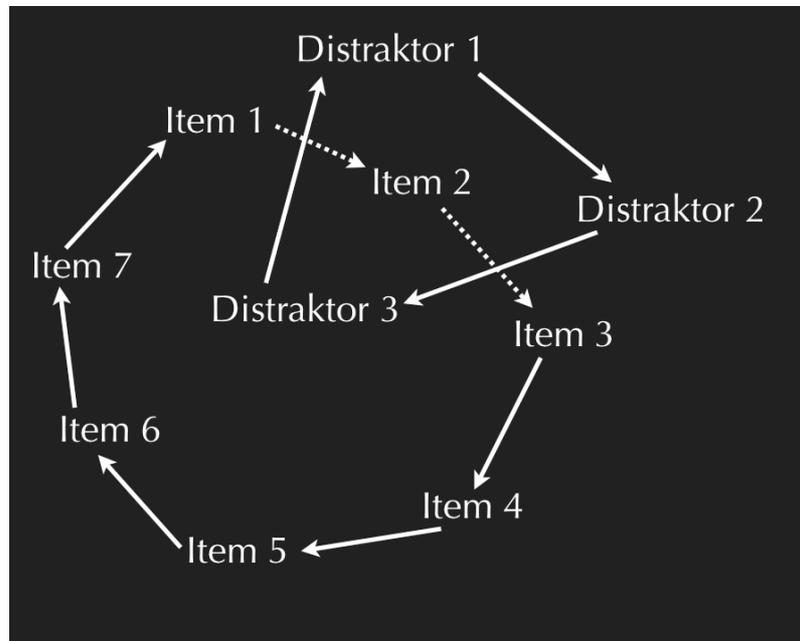


Abbildung 3: Visualisierung des *O-OER*-Modells (Jones, 1993). Die visuell präsentierten Zielitems und die auditiven Distraktoren werden in einem amodalen Repräsentationsraum als Objekte registriert. Zusammen mit den Objektrepräsentationen werden episodische Verweise abgespeichert, welche die Objekte miteinander verknüpfen (hier als Pfeile dargestellt) und welche die Reihenfolge der visuellen und auditiven Sequenzen repräsentieren. Die Beeinträchtigung durch die auditiven Distraktoren resultiert nicht aus einem Konflikt zwischen den Objektrepräsentationen, sondern aus einem Konflikt zwischen den Reihenfolgeinformationen (durch die gekreuzten Pfeile symbolisiert).

Innerhalb des *O-OER*-Modells wurde immer wieder explizit gegen eine Beteiligung von Aufmerksamkeitsprozessen am *Irrelevant-Sound*-Effekt argumentiert (z.B. Jones, 1999; Macken, Tremblay, Houghton, Nicholls & Jones, 2003). Eine kürzlich veröffentlichte Untersuchung von Hughes und Jones (2003) spricht allerdings dafür, dass ein inhibitorischer Aufmerksamkeitsmechanismus eingesetzt wird, um den *Irrelevant-Sound*-Effekt abzuschwächen. Hughes und Jones präsentierten ihren Versuchspersonen in einigen Durchgängen diejenigen Sequenzen als visuelles, zu beachtendes Material, die zuvor als zu ignorierendes Material auditiv präsentiert worden waren. Diese Durchgänge wurden mit einer Kontrollbedingung verglichen, in der die zu erinnernde Sequenz dieselben Items enthielt wie die zuvor auditiv präsentierte, aber in einer anderen Reihenfolge. Sie fanden, dass die serielle Reproduktion stärker beeinträchtigt war, wenn die Reihenfolge der zu erinnernden Zahlenreihe der Reihenfolge der zuvor ignorierten, auditiv präsentierten Zahlenreihe entsprach als wenn sie dieser nicht

entsprach. Dieser Befund wurde als Hinweis darauf angesehen, dass ein inhibitorischer Aufmerksamkeitsmechanismus im *Irrelevant-Sound*-Paradigma eingesetzt wird, um die Verarbeitung der auditiven Distraktoren zu unterdrücken. Die Autoren nahmen an, dass sich die Inhibition selektiv auf diejenigen Merkmale der irrelevanten Informationen richtet, die mit dem durch die Primäraufgabe festgelegten Verhaltensziel in Konflikt stehen. Aus den Ergebnissen schlossen sie, dass die Inhibition im *Irrelevant-Sound*-Paradigma auf die Verknüpfungen zwischen den irrelevanten auditiven Ereignissen gerichtet sei. Die inhibitorischen Prozesse dienten demnach dem Ziel, der Bildung von Assoziationen zwischen irrelevanten auditiven Ereignissen zeitlich begrenzt entgegenzuwirken, um so ein effektives *Rehearsal* der relevanten Reihenfolgeinformationen zu ermöglichen (Hughes & Jones, 2003; siehe auch Hughes & Jones, 2005).

Unbestrittener Verdienst von Jones und Kollegen ist, dass sie durch intensive Erforschung des *Irrelevant-Sound*-Effekts diejenigen Charakteristika der irrelevanten auditiven Distraktoren identifiziert haben, die hauptsächlich das Ausmaß der Störwirkung determinieren. Die *Changing-States*-Hypothese, die besagt, dass vor allem abrupte Zustandsveränderungen in Frequenz und Amplitude im unbeachteten auditiven Kanal die serielle Reproduktion beeinträchtigen, ist heute weitgehend akzeptiert (siehe z.B. Baddeley, 2000b). Allerdings bleibt der von Jones postulierte Erklärungsmechanismus für dieses Phänomen umstritten, ebenso wie andere zentrale Annahmen des *O-OER*-Modells. Zudem bieten andere Arbeitsgedächtnismodelle, wie beispielsweise das Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell von Cowan (1995), alternative Erklärungen für den Einfluss von abrupten Veränderungen der Schallcharakteristika auf die serielle Reproduktion an.

1.1.3 Das Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell

Nach dem funktionalen, prozessorientierten Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell (Cowan, 1988, 1995, 1999) ist das Arbeitsgedächtnis hierarchisch gegliedert. Es umfasst alle Elemente im Langzeitgedächtnis, die sich vorübergehend in einem erhöhten Aktivierungszustand befinden. Das aktivierte Gedächtnis muss nicht kohärent sein, sondern kann in verschiedenen disjunkten Arealen des Langzeitgedächtnisses repräsentiert sein. Wenn externe Stimuli oder interne Prozesse eine Gedächtnisrepräsentation aktivieren, determinieren die Eigenschaften des aktivierten Elements, wo die Repräsentation im Kortex verarbeitet wird. Sensorische Merkmale werden vermutlich in

denselben Gehirnarealen verarbeitet, die auch in Wahrnehmungsprozesse involviert sind (primäre sensorische Areale). Merkmale, die nicht sensorischer Natur sind (z.B. semantische oder phonologische Merkmale) sind im Assoziationskortex repräsentiert. Eine Teilmenge der aktivierten Elemente befindet sich im Fokus der Aufmerksamkeit. Möglicherweise treten alle Elemente, deren Aktivierung eine bestimmte Schwelle überschreitet, automatisch in den Fokus der Aufmerksamkeit ein. Es ist aber auch vorstellbar, dass es einen qualitativen Unterschied zwischen beachteten und nicht beachteten Gedächtniselementen gibt, der nicht auf ein quantitatives Maß reduziert werden kann. Beispielsweise wurde vorgeschlagen, dass die Verarbeitung des aktivierten Materials im Fokus der Aufmerksamkeit zusätzliche Aktivität im inferioren Parietalkortex erfordert (Chein et al., 2003; Cowan, 1995).

Das Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell (Cowan, 1988, 1995, 1999) ist in Abbildung 4 graphisch dargestellt. Nachdem einer Person ein Stimulus präsentiert wurde, durchläuft die Reizinformation zunächst ein sensorisches Register, das die physikalischen Eigenschaften des Stimulus für einen Zeitraum von mehreren hundert Millisekunden aufrechterhält. Während dieser Zeit kommt es bereits zu einer automatischen Aktivierung von Informationen im Langzeitgedächtnis, die den sensorischen Merkmalen des Stimulus entsprechen. Ob und in welchem Ausmaß auch das semantische Gedächtnissystem von diesen automatischen Prozessen ohne Beteiligung des Fokus der Aufmerksamkeit aktiviert werden kann, bleibt unklar. Die Aktivierung dient dazu, die Items für den Zugriff weiterer kognitiver Prozesse bereitzuhalten. Aktivierte Informationen, die außerhalb des Fokus der Aufmerksamkeit bleiben, werden Teil des prozeduralen oder impliziten Langzeitgedächtnisses, da durch die Aktivierung Antworten in impliziten Gedächtnistests beeinflusst werden können, die Informationen über den Stimulus aber nicht willkürlich abgerufen oder zeitlich eingeordnet werden können. Nur die aktive Verarbeitung im Fokus der Aufmerksamkeit führt zu einem episodischen Langzeitgedächtniseintrag und ist damit Voraussetzung dafür, dass die Erinnerung an den Stimulus später willkürlich abgerufen werden kann, da reichhaltigere Gedächtnisspuren abgespeichert werden als bei einer automatischen Verarbeitung außerhalb des Fokus der Aufmerksamkeit. Der Fokus der Aufmerksamkeit ist derjenige Teil des Arbeitsgedächtnisses, der mit der bewussten Informationsverarbeitung assoziiert ist. Das Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell nimmt an, dass die

kurzzeitige Speicherung und die Verarbeitung von Informationen im Arbeitsgedächtnis durch zwei Systemeigenschaften begrenzt werden. Erstens existiert eine zeitliche Begrenzung des Arbeitsgedächtnisses, da die Aktivierung eines Elements im Gedächtnis nur wenige Sekunden anhält, sofern das Element nicht in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt wird. Zweitens existiert eine Kapazitätsbegrenzung, da die Anzahl der Items, die sich gleichzeitig im Fokus der Aufmerksamkeit befinden können, ebenfalls begrenzt ist.

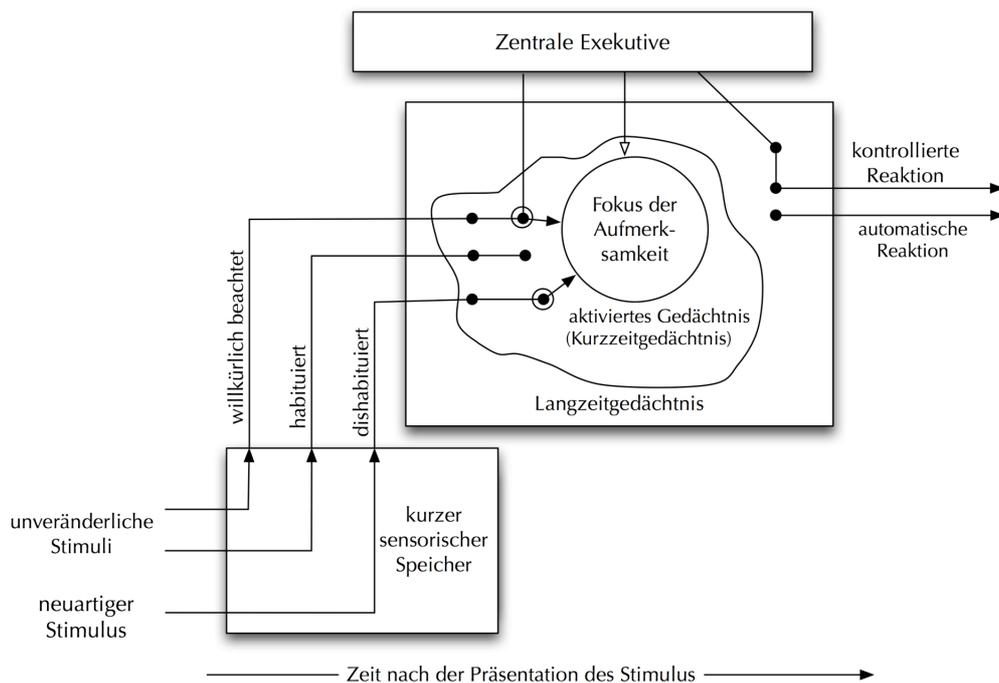


Abbildung 4: Das Informationsverarbeitungsmodell von Cowan (1988; 1995; 1999). Jedes abgeschlossene Areal in der Abbildung repräsentiert eine Verarbeitungskomponente, die sich funktional von anderen Komponenten unterscheiden lässt. Die funktionale Unterscheidbarkeit bedeutet aber nicht zwingend eine räumlich getrennte Verarbeitung im Gehirn. Die Darstellung ist eine lineare Repräsentation des zeitlichen Ablaufs der Reizverarbeitung. Die Pfeile repräsentieren den Transfer von Informationen zwischen verschiedenen Komponenten des Modells. (Abbildung nach Cowan, 1988, 1995; 1999, eigene Übersetzung).

Die Orientierung der Aufmerksamkeit unterliegt nur teilweise der willkürlichen Kontrolle der Person (Cowan, 1988, 1995, 1999). Die kapazitätsbegrenzten, aktiven Kontrollprozesse der willkürlichen Aufmerksamkeitssteuerung werden unter dem Begriff der zentralen Exekutiven subsumiert. Die Aufgabe der zentralen Exekutiven besteht hauptsächlich in der Kontrolle des Fokus der Aufmerksamkeit, der unter anderem dazu genutzt wird, Informationen im Arbeitsgedächtnis zu aktivieren oder aktiv aufrechtzuerhalten, sofern sie für die Aufgabe oder die Ziele der Person wichtig sind. Außerdem

werden Informationen aus dem Langzeitgedächtnis aktiv abgerufen, um die Informationen im Arbeitsgedächtnis mit dem vorhandenen, langfristig gespeicherten Wissen in Beziehung zu setzen. Irrelevante, zu ignorierende Informationen werden gewöhnlich außerhalb des Fokus der Aufmerksamkeit verarbeitet.

In drei Situationen kann allerdings ohne Beteiligung der zentralen Exekutive eine unwillkürliche, automatische Orientierung der Aufmerksamkeit zum irrelevanten Kanal ausgelöst werden: (1) Es erfolgt ein abrupter Wechsel in den physikalischen Eigenschaften der unbeachteten Stimuli; (2) ein Stimulus besitzt eine etablierte Bedeutsamkeit für die Person (beispielsweise der eigene Name) oder (3) der zu ignorierende Kanal enthält Informationen, die durch den derzeitigen Kontext voraktiviert wurden (wenn die Passung zwischen dem Stimulus und der Repräsentation aufgabenrelevanter Reize sehr groß ist). Die wichtigste Eigenschaft dieses automatischen Aufmerksamkeitsmechanismus stellt die Tendenz dar, die Aufmerksamkeit auf einen Kanal (eine Modalität, einen Ort, etc.) zu lenken, in der sich die Stimulation verändert hat. Um dies zu ermöglichen, werden die eintreffenden Stimuli mit den im Arbeitsgedächtnis aktivierten Informationen verglichen. Bei Widersprüchen zwischen diesen beiden Informationsquellen wird eine Orientierungsreaktion ausgelöst, durch die der Fokus der Aufmerksamkeit automatisch auf den neuartigen Stimulus gelenkt wird. Neuartige Stimuli könnten potentiell wichtig für den Organismus sein. Sie erfordern daher eine weitere, Aufmerksamkeit beanspruchende Evaluation, damit ihre Relevanz für den Organismus bestimmt werden kann. Bei Persistenz oder andauernder Wiederholung eines Stimulus oder eines einfachen Stimulismusters habituiert die Orientierungsreaktion, so dass der Fokus der Aufmerksamkeit nicht länger automatisch auf den Stimulus gelenkt wird. Aktivierte Elemente, die Stimuli entsprechen, auf welche die Person bereits habituiert ist, verbleiben in einem aktivierten Zustand im Arbeitsgedächtnis, aber außerhalb des Fokus der Aufmerksamkeit. Die Habituation der Orientierungsreaktion dient in diesem Modell somit als automatischer Aufmerksamkeitsfilter.

Die Begrenzung der seriellen Reproduktionsleistung resultiert aus der zeitlichen Begrenzung der Aktivierung der Gedächtniselemente außerhalb des Fokus der Aufmerksamkeit. Beim *Rehearsal* wird der Fokus der Aufmerksamkeit unter Beteiligung der zentralen Exekutive sequentiell auf die zu erinnernden Items gelenkt. Dadurch wird die sich abschwächende Aktivierung der phonologischen Einheiten im Gedächtnis

wiederaufgefrischt. Somit ist es möglich, mehr Items intentional im Arbeitsgedächtnis aufrechtzuerhalten, als sich zu einem bestimmten Zeitpunkt im Fokus der Aufmerksamkeit befinden. Cowan (1995) argumentiert gegen eine Rekonstruktion der seriellen Ordnung einer Sequenz von Items aus der Aktivierungsstärke der Items im Arbeitsgedächtnis, da die Versuchspersonen die Items durch mentales *Rehearsal* reaktivieren und die Aktivierungsstärke somit nichts über serielle Position der Items aussagt. Die aktivierten Informationen müssen also zusätzlich zu den Informationen über die Identität der Items Reihenfolgeinformationen enthalten. Verbindungen zwischen den Items und / oder zwischen jedem Item und Kontextinformationen, die über die serielle Position Aufschluss geben, müssen wahrscheinlich im Fokus der Aufmerksamkeit generiert und als aktivierte Informationen aufrechterhalten werden. Die Verbindungen bilden eine episodische Gedächtnisspur, die Teil des Langzeitgedächtnisses wird.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, wie man die Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion durch irrelevante Schalle innerhalb des Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modells (Cowan, 1988, 1995, 1999) erklären könnte. Eine Reduktion der Verfügbarkeit von Merkmalen im Arbeitsgedächtnis kann durch jeden Stimulus oder Gedankenprozess verursacht werden, der die Aktivierung von ähnlichen Merkmalen auslöst (analog zu Baddeley & Salamé, 1986; Jones, 1993). Die oben vorgestellten Erklärungen des *Irrelevant-Sound*-Effekts sind also prinzipiell mit dem Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell vereinbar. Cowan (1995) weist sie aber aufgrund der Beobachtung zurück, dass die Ähnlichkeit zwischen dem zu erinnernden und dem zu ignorierenden Material im *Irrelevant-Sound*-Paradigma keine Rolle spielt (Jones & Macken, 1995c) und bietet eine andere Erklärung des *Irrelevant-Sound*-Effekts an, die von dem oben beschriebenen selektiven Aufmerksamkeitsfilter nahe gelegt wird: Die zu ignorierenden, irrelevanten auditiven Distraktoren aktivieren automatisch Merkmale im Langzeitgedächtnis, die hauptsächlich physikalischer Natur sind. Die neu eintreffenden Stimuli werden mit den bereits aktivierten Elementen im Arbeitsgedächtnis verglichen. Ein Wechsel in den physikalischen Eigenschaften der auditiven Stimulation führt zu einer Orientierungsreaktion, die den Fokus der Aufmerksamkeit von der seriellen Reproduktionsaufgabe weg auf die irrelevanten auditiven Distraktoren lenkt. Da Aufmerksamkeit eine begrenzte Ressource ist, wird durch diesen Vorgang Aufmerksamkeit von der relevanten Aufgabe abgezogen. Der Fokus der Aufmerksamkeit steht somit nur begrenzt zur Aufrechterhal-

tung der relevanten Items zur Verfügung. Das hat zur Folge, dass sich die Aktivierung der relevanten Items im Gedächtnis reduziert und damit auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Items bei der seriellen Reproduktion für den Abruf zur Verfügung stehen. Es ist offensichtlich, dass das Modell von Cowan (1988; 1995) mindestens ebenso gut wie das *O-OER*-Modell von Jones (1993) erklären kann, warum vor allem abrupte Wechsel in den physikalischen Eigenschaften der auditiven Distraktoren die Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion determinieren.

Da Aktivierung eine zentrale Rolle in dem Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell (Cowan, 1995) spielt, das Arbeitsgedächtnis sogar über die Aktivierung von Merkmalen im Langzeitgedächtnis definiert wird, ist die Möglichkeit einer inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle diesem Modell inhärent. Neben dem beschriebenen Habituationsmechanismus wird die aktive Unterdrückung oder Inhibition von irrelevanten Informationen von Cowan als ein weiterer Kontrollmechanismus postuliert, durch den irrelevante Stimuli oder Konzepte im Arbeitsgedächtnis daran gehindert werden können, den Fokus der Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Aufmerksamkeit wird also nicht nur exzitatorisch oder aktiv gebraucht, sondern wirkt auch über die Inhibition von irrelevanten Elementen im Langzeitgedächtnis, wodurch diese Elemente weniger leicht aktiviert werden können als Elemente, die sich in einem neutralen Ruhezustand befinden.

1.1.4 Das *Feature*-Modell

Neben den bereits beschriebenen Arbeitsgedächtnismodellen, die versuchen, eine relativ große Anzahl von Befunden zusammenzufassen und zu integrieren, wurde eine Reihe von komputationalen Modellen entwickelt, die dazu dienen, die Antwortmuster von Versuchspersonen im Paradigma der seriellen Reproduktion zu simulieren und vorherzusagen. Das *Feature*-Modell von Nairne (1990) wurde eingesetzt, um Befunde im *Irrelevant-Sound*-Paradigma zu modellieren (Neath, 1999, 2000) und macht dabei detaillierte Aussagen über die Wirkungsweise des *Irrelevant-Sound*-Effekts, die im Folgenden vorgestellt werden. Im *Feature*-Modell sind die zu erinnernden Items im Arbeitsgedächtnis als Merkmalsvektoren repräsentiert. Es gibt zwei Arten von Merkmalen: Abstrakte Merkmale, die von der Präsentationsmodalität unabhängig sind und modalitätsabhängige Merkmale, welche die physikalischen Eigenschaften eines Reizes repräsentieren.

Die Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion durch irrelevante Sprache wird durch ähnlichkeitsbasierte Interferenz erklärt (Neath, 1999, 2000). Es wird angenommen, dass bei der Präsentation von Distraktoren während der Präsentation der zu lernenden Items oder während des *Rehearsals* Teile der modalitätsunabhängigen Merkmale der relevanten Items im primären Gedächtnis durch modalitätsunabhängige Merkmale der Distraktoren überschrieben werden. Darüber hinaus enthält das Modell einen Aufmerksamkeitsparameter, der mit der allgemeinen Verfügbarkeit von Verarbeitungsressourcen assoziiert ist. Das ist wichtig, da das Modell die Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion durch nonverbale auditive Reize ohne diesen Aufmerksamkeitsparameter nicht erklären könnte. Da davon ausgegangen wird, dass es zu einer Interferenz von irrelevanten mit relevanten Merkmalsrepräsentationen vor allem dann kommt, wenn relevantes und irrelevantes Material ähnliche Merkmale teilen, ist es unwahrscheinlich, dass aus der Verarbeitung eines irrelevanten nonverbalen auditiven Reizes resultierende Merkmale mit Merkmalen eines relevanten verbalen Items interferieren. Die dennoch beobachtbare Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion wird dadurch erklärt, dass das Ignorieren der irrelevanten Geräusche Aufmerksamkeitsressourcen von der Primäraufgabe abzieht. Das Modell weicht also von anderen Erklärungen des *Irrelevant-Sound*-Effekts dadurch ab, dass die Beeinträchtigung durch nonverbale auditive Distraktoren anders erklärt wird als die Beeinträchtigung durch irrelevante Sprache (Neath & Surprenant, 2001). Die Festlegung, welche Eigenschaften der auditiven Distraktoren den Aufmerksamkeitsparameter beeinflussen, bleibt das *Feature*-Modell jedoch schuldig.

1.2 Ist der *Irrelevant-Sound*-Effekt ein Aufmerksamkeitsphänomen?

Die Erklärungsansätze des *Irrelevant-Sound*-Effekts kann man in zwei Klassen einteilen. Die erste Klasse von Erklärungsansätzen geht von ähnlichkeitsbasierter Interferenz von Gedächtnisinhalten oder Prozessen im Arbeitsgedächtnis aus. Zu dieser Klasse gehören das modulare Arbeitsgedächtnismodell (Baddeley, 1997; Baddeley & Hitch, 1974) und das *O-OER*-Modell (Jones, 1993). Diesen Modellen stehen Ansätze gegenüber, die stattdessen annehmen, dass der *Irrelevant-Sound*-Effekt daraus resultiert, dass die auditiven Distraktoren Aufmerksamkeit von der zu bearbeitenden Aufgabe abziehen

(Cowan, 1995; Page & Norris, 2003). Das *Feature*-Modell von Neath (1999; 2000) nimmt eine mittlere Position zwischen diesen Klassen von Erklärungsansätzen ein.

Neuere Befunde stützen diejenigen Theorien, die den *Irrelevant-Sound*-Effekt als Aufmerksamkeitsphänomen konzipieren. So wurden Belege dafür gefunden, dass Faktoren wie die Worthäufigkeit der im auditiven Kanal präsentierten Wörter und ihre emotionale Valenz einen Einfluss auf das Ausmaß des *Irrelevant-Sound*-Effekts haben können (Buchner & Erdfelder, 2005; Buchner, Mehl, Rothermund & Wentura, in press; Buchner et al., 2004). Beispielsweise störte die Präsentation von negativ valenten Wörtern die serielle Reproduktion mehr als die Präsentation von neutralen Wörtern (Buchner et al., in press; Buchner et al., 2004). Arbeitsgedächtnismodelle, die den *Irrelevant-Sound*-Effekt ausschließlich auf ähnlichkeitsbasierte Interferenz im Arbeitsgedächtnis zurückführen (Baddeley, 1997; Baddeley & Hitch, 1974; Jones, 1993), können diese Befunde nicht integrieren, da man aus diesen Modellen ableiten kann, dass nur akustische Eigenschaften der Distraktoren das Ausmaß der Beeinträchtigung determinieren. Die Befunde sind dagegen konsistent mit der aufmerksamkeitsbasierten Erklärung des *Irrelevant-Sound*-Effekts von Cowan (1995) und komputationalen Modellen, die einen Aufmerksamkeitsparameter beinhalten (Neath, 1999, 2000; Page & Norris, 1998, 2003). Auch psychophysiologische Befunde zum *Irrelevant-Sound*-Effekt unterstützen die aufmerksamkeitsbasierten Erklärungen (Campbell, Winkler & Kujala, 2005; Campbell, Winkler, Kujala & Näätänen, 2003; Gisselgård et al., 2003; Valtonen, May, Mäkinen & Tiitinen, 2003; Weisz & Schlittmeier, 2006).

Eine Beteiligung von Aufmerksamkeitsprozessen am *Irrelevant-Sound*-Effekt wird auch durch kürzlich durchgeführte entwicklungspsychologische Studien unterstützt. Elliott (2002) untersuchte, ob sich der *Irrelevant-Sound*-Effekt von Kindern verschiedener Altersstufen und jungen Erwachsenen unterschied. Die Kinder wurden stärker durch sprachliche und nicht-sprachliche auditive Distraktoren in der seriellen Reproduktion beeinträchtigt als die Erwachsenen. Das Ergebnis konnte durch Elliott und Cowan (2005) repliziert werden. Die Befunde wurden auf altersabhängige Unterschiede in der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle zurückgeführt. Es wurde vorgeschlagen, dass Kinder irrelevante auditive Reize schlechter ignorieren können, weil der Frontalkortex, der unter anderem mit Funktionen der selektiven Aufmerksamkeit und Interferenzkon-

trolle assoziiert wird, sich auf einer ontogenetischen Zeitskala im Vergleich zu anderen Gehirnstrukturen sehr langsam entwickelt (Dempster, 1992, 1993).

Gleichzeitig ist der Frontalkortex auch diejenige Struktur, die im Vergleich zu anderen Gehirnstrukturen am frühesten von Abbauprozessen im höheren Lebensalter betroffen ist. Es wurde postuliert, dass ältere Erwachsene ähnliche Probleme mit der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle hätten wie Kinder und dass beide Altersgruppen im Vergleich zu jungen Erwachsenen in der Fähigkeit, irrelevante Umweltreize zu ignorieren, beeinträchtigt seien (siehe z.B. Christ, White, Mandernach & Keys, 2001; Dempster, 1993). Daraus ergibt sich die Frage, ob auch ältere Erwachsene im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen einen erhöhten *Irrelevant-Sound*-Effekt zeigen. Bevor die Frage nach Altersunterschieden wieder aufgegriffen wird, wird zunächst einmal das Phänomen des „kognitiven Alterns“, also die altersbezogenen Veränderungen der kognitiven Informationsverarbeitung, beschrieben und es werden gängige Theorien zum kognitiven Altern vorgestellt.

2 Kognitives Altern

Die umfangreiche Literatur zu altersbezogenen Veränderungen von kognitiven Leistungen im Verlauf des Erwachsenenalters zeigt relativ einheitlich einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem biologischen Alter und der Effizienz der Informationsverarbeitung auf. Sowohl in Querschnittstudien als auch in Längsschnittstudien wurde eine alterskorrelierte Reduktion der kognitiven Leistungsfähigkeit in einer großen Anzahl von kognitiven Funktionen wie dem Gedächtnis, der Aufmerksamkeit, dem logischen Denken und räumlichen Fähigkeiten gefunden; allerdings sind nicht alle Informationsverarbeitungsprozesse gleichermaßen von dem Alterungsprozess betroffen (Salthouse, 1996a; Schroeder & Salthouse, 2004; Verhaeghen & Salthouse, 1997). Einflussreich für die Beschreibung der unterschiedlichen Entwicklungsverläufe von kognitiven Leistungen hat sich die Unterscheidung zwischen kristalliner und fluider Intelligenz (Horn & Cattell, 1967) erwiesen. Die kristalline Intelligenz bezeichnet das im Verlauf des Lebens erworbene Wissen um Fakten und Strategien. Da diese Intelligenzkomponente die Akkumulation von Lernerfahrungen widerspiegelt, kann sie bis ins hohe Lebensalter zunehmen oder bleibt zumindest bis ins hohe Lebensalter unbeeinträchtigt (z.B. Christensen et al., 2000). Beispielsweise zeigte sich, dass ältere

Personen oft über einen größeren Wortschatz verfügen als jüngere Personen (Schroeder & Salthouse, 2004). Die kognitive Altersforschung konzentriert sich allerdings oft auf die ausgeprägte Reduktion der kognitiven Leistungsfähigkeit im Alter, also auf alterskorrelierte Veränderungen der fluiden Intelligenz. Aspekte der fluiden Intelligenz werden meist mit Aufgaben gemessen, welche die Verarbeitung von unvertrautem, neuartigem Material erfordern, beispielsweise Aufgaben zur Aufmerksamkeit, dem Arbeitsgedächtnis und dem logischen Denken. Sowohl in Längsschnitt-, als auch in Querschnittuntersuchungen finden sich Hinweise darauf, dass die fluide Intelligenz im Erwachsenenalter bereits relativ früh abnimmt; diese Reduktion der kognitiven Leistungsfähigkeit zeigt sich allerdings im hohen Lebensalter (ab dem sechsten Lebensjahrzehnt) besonders deutlich (Salthouse, 1996a; Verhaeghen & Salthouse, 1997).

Einen wichtigen Befund der kognitiven Altersforschung stellt die Beobachtung dar, dass die in Querschnittuntersuchungen beobachtete Reduktion der fluiden Intelligenz im höheren Lebensalter über verschiedene Maße der kognitiven Leistungsfähigkeit hinweg sehr einheitlich ist. Altersbezogene Unterschiede in verschiedenen Aufgaben sind statistisch miteinander korreliert, selbst wenn diese Aufgaben wenig Ähnlichkeit miteinander haben und üblicherweise angenommen wird, dass sie verschiedene kognitive Funktionen widerspiegeln und von der Funktionsfähigkeit verschiedener Gehirnareale abhängen. Nur ein kleiner Anteil der altersbezogenen Varianz in einer bestimmten Variable, die als Maß einer bestimmten kognitiven Funktion herangezogen wird, ist demnach statistisch unabhängig von altersbezogenen Unterschieden in anderen kognitiven Funktionen (Salthouse, 1996a, 1996b; Salthouse & Czaja, 2000; Salthouse, Hancock, Mainz & Hambrick, 1996; Schroeder & Salthouse, 2004; Verhaeghen & Salthouse, 1997). Außerdem bestehen starke korrelative Zusammenhänge zwischen dem Alter, sensorischen Funktionen und der Intelligenz in dem Sinne, dass Maße der korrigierten Sehfähigkeit und der Hörfähigkeit einen großen Anteil der altersbezogenen Varianz der fluiden Intelligenz teilen (Anstey, Dear, Christensen & Jorm, 2005; Lindenberger & Baltes, 1994; Salthouse, Hambrick & McGuthry, 1998; Salthouse et al., 1996). Obwohl nahe liegend, haben sich keine überzeugenden Belege dafür gefunden, dass Indikatoren der körperlichen Gesundheit, der Lebensstil oder das typischerweise schlechtere Ausbildungsniveau der älteren Erwachsenen zur Aufklärung

der alterskorrelierten Varianz in Maßen der kognitiven Leistungsfähigkeit wesentlich beitragen können (Anstey et al., 2005; Lindenberger & Baltes, 1994; Salthouse, 2000a; Salthouse & Czaja, 2000). Stattdessen wird unter anderem diskutiert, ob sich das kognitive Altern auf eine gemeinsame biologische, möglicherweise genetische Ursache zurückführen lässt (Anstey et al., 2005; Christensen et al., 2000). Die beobachtbare Reduktion der kognitiven Leistungsfähigkeit im Alter wäre damit höchstwahrscheinlich die Konsequenz von umfassenden physiologischen Abbauprozessen im Zentralnervensystem (Anstey et al., 2005; Lindenberger & Baltes, 1994; Salthouse, 1996b, 2000a; Salthouse, Atkinson & Berish, 2003; Salthouse et al., 1996). Als mögliche Ursachen der Verminderung der Effizienz von Informationsverarbeitungsprozessen kämen unter anderem Störungen der neuronalen Kommunikation durch eine Reduktion der Anzahl von Neuronen und Synapsen und Veränderungen in der Quantität oder dem Gleichgewicht von Neurotransmittern in Frage (für einen Überblick über altersbezogene Veränderungen im zentralen Nervensystem siehe z.B. Cabeza, Nyberg & Park, 2005; Ivy, MacLeod, Petit & Markus, 1992; Raz, 2000).

Einhergehend mit den neurophysiologischen Theorien des kognitiven Alterns gibt es Bestrebungen, die im Alter zu beobachtenden Veränderungen der kognitiven Leistungsfähigkeit auf bestimmte Charakteristika des kognitiven Systems zurückzuführen. Kognitionspsychologische Theorien zur Erklärung der altersbezogenen Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit kann man in zwei Klassen einteilen: 1) Theorien, die betonen, dass nicht alle kognitiven Funktionen gleichermaßen von dem altersbezogenen Abbau der kognitiven Leistungsfähigkeit betroffen sind und von spezifischen altersbezogenen Ausfällen in bestimmten Aspekten der kognitiven Leistungsfähigkeit wie dem Gedächtnis, der Aufmerksamkeit und der Sprache ausgehen und 2) Theorien, die dagegen die Gleichförmigkeit der altersbezogenen Reduktion der kognitiven Leistungsfähigkeit betonen und davon ausgehen, dass kognitives Altern das Ergebnis eines einzelnen globalen Prozesses ist, der weit reichende Auswirkungen auf die Effizienz der Informationsverarbeitung auf breiter Ebene hat.

In die zweite Kategorie fallen Ressourcen-Theorien des kognitiven Alterns, die davon ausgehen, dass sich die alterskorrelierte Reduktion der kognitiven Leistungsfähigkeit durch eine Reduktion unspezifischer kognitiver Ressourcen beschreiben lassen (Lindenberger & Baltes, 1994; Perfect & Maylor, 2000; Rabbitt, 2000; Salthouse,

1996b; Salthouse et al., 1996; Schroeder & Salthouse, 2004; Verhaeghen & Salthouse, 1997). Eine dieser Theorien, die Verarbeitungsgeschwindigkeitstheorie (*Processing-Speed-Theorie*, Salthouse, 1996b), geht von der Annahme aus, dass kognitives Altern durch eine Reduktion der Geschwindigkeit charakterisiert ist, mit der mentale Operationen ausgeführt werden können, unabhängig davon, welche Informationen verarbeitet werden oder welche kognitiven Verarbeitungsmechanismen durch die Aufgabe gefordert sind (Burke, MacKay & James, 2000; Salthouse, 1996b). Dadurch werden relevante mentale Operationen oft so langsam ausgeführt, dass sie in einem gegebenen Zeitfenster nicht erfolgreich abgeschlossen werden können (Salthouse, 1996b). Auch in Aufgaben ohne externe Zeitbegrenzung kann es zu einem altersbezogenen Anstieg von Fehlern kommen, da viele komplexe Informationsverarbeitungsabläufe die Synchronisation von konstituierenden Teilabläufen erfordern. Wenn die Verarbeitungsgeschwindigkeit stark verlangsamt ist, kann auf Ergebnisse früherer Teilabläufe möglicherweise nicht mehr zugegriffen werden, wenn sie für weiterführende kognitive Verarbeitungsprozesse benötigt werden (Salthouse, 1996b).⁵

Zur Unterstützung der Verarbeitungsgeschwindigkeitstheorie werden vor allem Ergebnisse von statistischen Kontrollprozeduren herangezogen, die zeigen, dass sich die altersbezogene Varianz in verschiedenen Maßen der fluiden Intelligenz stark reduziert, wenn die altersbezogene Varianz der Verarbeitungsgeschwindigkeit statistisch kontrolliert wird. Als Maße der Verarbeitungsgeschwindigkeit werden einfache Reaktionszeitaufgaben wie der Zahlen-Symbol-Test aus dem Hamburg-Wechsler-Intelligenztest (Tewes, 1991) verwendet. Es wird angenommen, dass die Leistung in diesen einfachen Reaktionszeitaufgaben ein Maß dafür darstellt, wie schnell basale Informationsverarbeitungsabläufe ausgeführt werden können. Die teilweise drastische Reduktion der alterskorrelierten Varianz in verschiedenen Maßen der fluiden Intelligenz nach statistischer Kontrolle der altersbezogenen Varianz der Verarbeitungs-

⁵Als Beispiel kann das subvokale *Rehearsal* der zu Erinnernden Items bei der seriellen Reproduktion dienen: Viele Theorien zur seriellen Reproduktion gehen davon aus, dass die Repräsentationen der zu Erinnernden Items im Arbeitsgedächtnis mit der Zeit schwächer werden und über einen *Rehearsalprozess* wiederaufgefrischt werden müssen, um nach einem kurzen Behaltensintervall abgerufen werden zu können (z.B. Baddeley, 1997, 2000b; Baddeley & Hitch, 1974). Wenn der *Rehearsalprozess* aufgrund der altersbedingten Verlangsamung der Verarbeitungsgeschwindigkeit sehr lange dauert, so ist die Repräsentation des zuletzt präsentierten Items möglicherweise bereits so sehr abgeschwächt, dass auf dieses Item nicht mehr zugegriffen werden kann, wenn das *Rehearsal* der früheren Items abgeschlossen ist. So kann die Verarbeitungsgeschwindigkeitstheorie die bei älteren Erwachsenen im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen typischerweise erhöhte Fehlerzahl bei der seriellen Reproduktion erklären.

geschwindigkeit wird als Hinweis darauf angesehen, dass auch Altersunterschiede in komplexeren Aufgaben auf eine allgemeine kognitive Verlangsamung zurückgeführt werden könnten (z.B. Salthouse, 1996b, 2000a; Salthouse & Miles, 2002).

Die Interpretation dieser Ergebnisse bleibt jedoch umstritten. Ein wesentlicher Streitpunkt ist die Frage, ob die alterskorrelierte Verlangsamung besser als Ursache von Altersunterschieden in anderen kognitiven Leistungen oder als Folge von Altersunterschieden in grundlegenden Verhaltenskonstrukten angesehen werden soll (Perfect & Maylor, 2000; Rabbitt, 2000; Salthouse, 1996a, 1996b, 2000a). Es ist keineswegs sicher, dass die Reaktionszeitaufgaben, die zur Messung der Verarbeitungsgeschwindigkeit eingesetzt werden, tatsächlich die Geschwindigkeit messen, mit der Informationen im Zentralnervensystem weitergeleitet werden (Rabbitt, 2000). Die angebliche Einfachheit der Aufgaben beruht allein auf Augenscheinvalidität; es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass in den Aufgaben, die zur Erfassung der Verarbeitungsgeschwindigkeit eingesetzt werden, höhere kognitive Funktionen – beispielsweise das Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeitsfunktionen – in erheblichem Ausmaß beansprucht werden (z.B. Lustig, Hasher & Tonev, in press). Zudem wurde kritisiert, dass die Verarbeitungsgeschwindigkeitstheorie die unterschiedliche altersbezogene Beeinträchtigung verschiedener kognitiver Funktionen unzureichend abbilden kann.

Neben der Verarbeitungsgeschwindigkeit kann auch das Arbeitsgedächtnis als Verarbeitungsressource angesehen werden, da angenommen wird, dass es eine begrenzte Kapazität hat und für eine große Vielfalt kognitiver Aufgaben relevant ist (z.B. Salthouse, 1990). Zudem weisen Arbeitsgedächtnisleistungen einen deutlichen Zusammenhang mit dem biologischen Alter auf (Craik & Jennings, 1992; Hasher & Zacks, 1988; Salthouse, 1990; Verhaeghen & Salthouse, 1997). Oftmals wird angenommen, dass Arbeitsgedächtnisleistungen von der Mobilisierung von Aufmerksamkeitsressourcen abhängen. Die altersabhängige Reduktion von Arbeitsgedächtnisleistungen ließe sich somit auch durch eine Reduktion von Aufmerksamkeitsressourcen beschreiben. Aufmerksamkeits-theorien des kognitiven Alterns betonen im Gegensatz zu der Verarbeitungsgeschwindigkeitstheorie, dass kognitive Leistungen von dem kognitiven Abbau im höheren Lebensalter unterschiedlich betroffen sind. Häufig wird zwischen automatischen und kontrollierten Prozessen unterschieden. Es wird angenommen, dass automatische Prozesse unwillkürlich ablaufen, keine bewusste

Aufmerksamkeit erfordern und nicht mit anderen Tätigkeiten interferieren. Kontrollierte Prozesse sind dagegen willkürlich, optional, erfordern bewusste Aufmerksamkeit und interferieren mit anderen Tätigkeiten. Es wird davon ausgegangen, dass nur kontrollierte Prozesse einen deutlichen Zusammenhang mit dem Alter aufweisen (Craik & Byrd, 1982; Hasher & Zacks, 1979). Auf das Gedächtnis bezogen bedeutet dies beispielsweise, dass ältere Erwachsene im Vergleich zu jüngeren weniger häufig Gedächtnisstrategien anwenden und während der Enkodierung das zu erinnernde Material weniger tief und ausführlich verarbeiten (Craik & Byrd, 1982). An dem Konzept der Aufmerksamkeitsressourcen wurde allerdings kritisiert, dass es zu unpräzise sei und eher eine Beschreibung als eine Erklärung der Literatur zum kognitiven Altern darstelle.

Unter Bezugnahme auf das Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley wurde versucht, die im Alter reduzierten Aufmerksamkeitsmechanismen näher zu spezifizieren (Baddeley, 1996; Salthouse, 2001; Salthouse et al., 2003). Unter dem Etikett „exekutive Funktionen“ werden eine Vielzahl von Aufmerksamkeits- und Kontrollprozessen zusammengefasst. Dazu gehörten unter anderem die Fokussierung und Teilung der Aufmerksamkeit, die Steuerung von Aufmerksamkeitswechseln, die Unterdrückung von irrelevanten Informationen und Prozessen, die Aktualisierung und die Überwachung der Inhalte des Arbeitsgedächtnisses und die Planung, Koordination und Bewertung von Teilschritten im Hinblick auf übergeordnete Ziele (z.B. Baddeley, 1996; Salthouse, 2001; Salthouse et al., 2003). Exekutive Funktionen haben also mit Sicherheit das Potential, die Leistung in einer Vielzahl von kognitiven Funktionen zu beeinflussen. Beeinträchtigungen von verschiedenen Funktionen der Aufmerksamkeit und der exekutiven Kontrolle im höheren Lebensalter sind gut belegt (Holtzer, Stern & Rakitin, 2004; Keys & White, 2000; McDowd & Shaw, 2000; Salthouse, 2001; Salthouse et al., 2003; Salthouse & Miles, 2002; aber siehe auch Verhaeghen & Cerella, 2002). Außerdem reduziert sich altersbezogene Varianz in anderen kognitiven Fähigkeiten teilweise stark, wenn die alterbezogene Varianz in Maßen der exekutiven Kontrolle statistisch kontrolliert wird (Salthouse, 2001; Salthouse et al., 2003; Salthouse & Miles, 2002).

Strukturen im Frontalkortex (insbesondere der präfrontale Kortex) werden als wichtige Substrate exekutiver Prozesse angesehen (z.B. Baddeley, 2003; Norman & Shallice, 1986; Pennington, 1994; West, 1996). Daher ist die Annahme, dass eine Beeinträchtigung von exekutiven Funktionen ursächlich für die altersbezogenen Unterschiede in

der fluiden Intelligenz ist, eng verbunden mit der Hypothese, dass altersbezogene kognitiver Defizite durch eine Beeinträchtigung von Frontalhirnfunktionen verursacht werden. Der Frontalkortex ist von altersbedingten neurophysiologischen Veränderungen des Gehirns am stärksten betroffen. Die Reduktion des Gehirnvolumens im höheren Lebensalter, die vor allem auf eine Reduktion der Neuronengröße und den Verlust von Synapsen zurückgeht, ist im Frontalkortex besonders evident (Cabeza et al., 2005; Dempster, 1993; Ivy et al., 1992; Raz, 2000, 2005). Die Schrumpfung des Frontalkortex wird mit normalen, nicht-pathologischen Alterungsprozessen assoziiert, während in medialen Strukturen anscheinend kumulative pathologische Effekte eine größere Rolle spielen (Raz, 2000, 2005). Es wird daher angenommen, dass kognitives Altern durch eine Beeinträchtigung von Funktionen der exekutiven Kontrolle gekennzeichnet ist, die durch altersbezogene Veränderungen des Frontalkortex verursacht werden (z.B. Pennington, 1994; West, 1996). Gestützt wird diese Annahme durch Beobachtungen von spezifischen Beeinträchtigungen älterer Erwachsener, die Defiziten von Patienten mit Frontalhirnläsionen ähneln, obwohl sie typischerweise weniger gravierend ausfallen (Moscovitch & Winocur, 1992; Parkin & Java, 2000).

3 Die Inhibitionsdefizittheorie des kognitiven Alterns

Neben den Theorien, die ein globales Aufmerksamkeitsdefizit als Ursache der altersbezogenen Reduktion der fluiden Intelligenz ansehen, gibt es auch Theorien, die davon ausgehen, dass kognitives Altern von einem spezifischen Aufmerksamkeitsdefizit gekennzeichnet ist. Ein Beispiel ist die Inhibitionsdefizittheorie des kognitiven Alterns (Hasher & Zacks, 1988), die besagt, dass ein Defizit der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle Ursache für einen Großteil der mit dem höheren Lebensalter assoziierten Veränderungen der kognitiven Leistungsfähigkeit ist. Viele Aufmerksamkeitstheorien gehen davon aus, dass selektive Aufmerksamkeit aus zwei Aspekten besteht – nicht nur erfahren zielrelevante Informationen eine bevorzugte Verarbeitung, aufgabenirrelevante Informationen und Reaktionstendenzen, die automatisch über sensorische Prozesse aktiviert werden, müssen auch unterdrückt werden, um eine effiziente Verarbeitung der relevanten Informationen zu gewährleisten (z.B. Dempster, 1992; Hasher & Zacks, 1988; Houghton & Tipper, 1994, 1998). Die Annahme, dass die Informationsverarbei-

tung sowohl exzitatorisch als auch inhibitorisch gesteuert wird, hat sich nicht zuletzt aufgrund der neurobiologischen Erkenntnis durchgesetzt, dass im Gehirn neben der neuronalen Aktivierungsausbreitung auch die Möglichkeit einer hemmenden Beeinflussung durch entsprechende synaptische Verschaltungen von Neuronenverbänden gegeben ist. Es wird angenommen, dass nur das Zusammenspiel beider Aspekte der selektiven Aufmerksamkeit eine effiziente Informationsverarbeitung gewährleisten kann. Ein Defizit in der inhibitorischen Aufmerksamkeit hätte somit drastische Konsequenzen für die Fähigkeit, die Informationsverarbeitung und das Handeln willkürlich und zielführend zu steuern. Da von diesen dualen Aufmerksamkeitstheorien angenommen wird, dass effiziente Inhibition eine notwendige Voraussetzung für eine effiziente Informationsverarbeitung und kontrolliertes Verhalten darstellt, wurde oftmals ein Defizit der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle postuliert, um kognitive Beeinträchtigungen und abweichendes Verhalten zu erklären. Insbesondere werden Defizite von Inhibitionsmechanismen als Ursache für unterschiedliche psychopathologische Phänomene wie Schizophrenie (Beech, Powell, McWilliam & Claridge, 1989), Demenz (Duchek, Balota & Thessing, 1998), und Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-Störung (ADHS) bei Kindern (Nigg, 2000), aber auch für normale entwicklungsbedingte Unterschiede der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen Kindern und Erwachsenen (Dempster, 1992, 1993) und nicht zuletzt für den Abfall der kognitiven Leistungsfähigkeit im höheren Lebensalter (Hasher & Zacks, 1988) diskutiert.

Zur Verdeutlichung der Konsequenzen des altersbezogenen Defizits der selektiven Aufmerksamkeit wird in modernen Versionen der Inhibitionsdefizittheorie des kognitiven Alterns zwischen drei Funktionen der Inhibition unterschieden (Hasher, Tonev, Lustig & Zacks, 2001; Hasher, Zacks & May, 1999; Zacks, Hasher & Li, 2000).

- (1) Die Zugangsfunktion (*Access Function*) der Inhibition begrenzt den Zugang von Informationen zum Arbeitsgedächtnis, indem Informationen unterdrückt werden, die automatisch durch externe Stimulation oder interne Gedankenprozesse aktiviert werden, die aber für die gegenwärtige Aufgabe und die Ziele der Person irrelevant sind.
- (2) Die Löschfunktion (*Deletion Function*) der Inhibition unterdrückt bereits im Arbeitsgedächtnis aktivierte Informationen, die entweder versehentlich aktiviert wurden oder irrelevant geworden sind, weil sich die Aufgabenanforderungen oder die Ziele der Person verändert haben. Die irrelevanten oder nicht länger relevanten Informationen

werden damit aus dem Arbeitsgedächtnis gelöscht. (3) Die Zurückhaltungsfunktion (*Restraint Function*) der Inhibition verhindert, dass Denken und Handeln der Person durch dominante Informationen und starke Verhaltenstendenzen kontrolliert werden. Dadurch können auch weniger dominante Informationen und weniger starke Verhaltensalternativen berücksichtigt werden, die potentiell relevant sein könnten. Das ist vor allem dann wichtig, wenn vorherrschende Verhaltenstendenzen der Situation unangemessen sind.

Die Inhibitionsdefizittheorie des kognitiven Alterns nimmt an, dass alle drei Inhibitionsfunktionen im höheren Lebensalter beeinträchtigt sind. Dieses zentrale Defizit der inhibitorischen Kontrolle über die Inhalte des Arbeitsgedächtnisses führt letztendlich dazu, dass bei älteren Erwachsenen mehr irrelevante Elemente im Arbeitsgedächtnis aktiviert sind als bei jüngeren. Als Konsequenz der Präsenz der irrelevanten Elemente im Arbeitsgedächtnis reduziert sich die funktionale Kapazität des Arbeitsgedächtnisses und die Bereithaltung und Verarbeitung von relevanten Informationen wird beeinträchtigt (Zacks & Hasher, 1997; Zacks et al., 2000). Es wird angenommen, dass die fehlende inhibitorische Kontrolle weitreichende Konsequenzen auf eine Reihe von kognitiven Funktionen hat, einschließlich Sprache, Gedächtnis und Aufmerksamkeit (Hasher & Zacks, 1988; Zacks & Hasher, 1994, 1997). Beispielsweise schreiben McDowd, Oseas-Kreger und Fillion (1995, S. 364): *„Altered information processing in the form of less suppression of irrelevant information could produce the age-related deficits in selective attention, memory, reasoning and problem solving, and language abilities [...] identified as core topics in cognitive aging.“*

Als neurobiologische Ursache für das Defizit der inhibitorischen Aufmerksamkeit im höheren Lebensalter werden hauptsächlich alterskorrelierte Veränderungen des Frontalkortex diskutiert (Dempster, 1992, 1993; Hasher, Lustig & Zacks, in press; West, 1996). Die von den altersbezogenen Veränderungen am stärksten betroffenen Regionen (der dorsolaterale und der orbitale präfrontale Kortex) werden mit Arbeitsgedächtnisfunktionen, selektiver Aufmerksamkeit und Interferenzkontrolle in Verbindung gebracht (z.B. Dempster, 1992, 1993; Hasher et al., in press; Houghton & Tipper, 1994; Kane & Engle, 2002; Moscovitch & Winocur, 1992; Pennington, 1994; West, 1996). Neben strukturellen Veränderungen des Frontalkortex werden Veränderungen von Neurotransmittersystemen als Ursache des Inhibitionsdefizits diskutiert, insbesondere

Veränderungen des Dopaminsystems (Hasher et al., in press; West, 1996). Die Evidenz einer altersbezogenen Reduktion der dopaminergen Transmitterkonzentration und Rezeptordichte (unter anderem im präfrontalen Kortex, siehe Cabeza et al., 2005; Gazzaley & D'Esposito, 2005; Raz, 2000) sind im gegenwärtigen Kontext interessant, weil Dopamin unter anderem eine Schlüsselrolle in der selektiven Aufmerksamkeit und der Modulation der kognitiven Leistungsfähigkeit zugesprochen wird (Gazzaley & D'Esposito, 2005).

3.1 Empirische Befundlage

Die Inhibitionsdefizittheorie des kognitiven Alterns wurde bereits in einer Vielzahl von Paradigmen untersucht. Die Literatur ist so umfangreich, dass an dieser Stelle nicht alle Studien vorgestellt werden können (für Überblicksarbeiten siehe Lustig, Hasher & Tonev, 2001; McDowd et al., 1995; Zacks & Hasher, 1994). Insgesamt ergibt sich allerdings eine widersprüchliche Befundlage (für eine kritische Betrachtung der Inhibitionsdefizittheorie siehe z.B. Burke, 1997; Burke et al., 2000; McDowd, 1997; McDowd et al., 1995). Ein Hauptproblem dieser Forschung ist, dass Inhibition als Erklärungs-konstrukt in so gut wie allen zur Verfügung stehenden Paradigmen umstritten ist. Das lässt sich unter anderem anhand des *Negative-Priming*-Paradigmas veranschaulichen.

3.1.1 Das *Negative-Priming*-Paradigma

Im *Negative-Priming*-Paradigma wird von den Versuchspersonen üblicherweise verlangt, auf einen Zielstimulus zu reagieren und gleichzeitig einen irrelevanten Distraktorstimulus zu ignorieren. Wenn der zu ignorierende Distraktorstimulus in dem vorangegangenen Durchgang (dem *Prime*-Durchgang) in dem darauf folgenden Durchgang (dem *Probe*-Durchgang) zum zu beachtenden Zielstimulus wird, ist die Reaktion auf diesen Stimulus typischerweise verlangsamt. Dieses Phänomen nennt man den *Negative-Priming*-Effekt. Lange Zeit wurde der *Negative-Priming*-Effekt als indikativ für inhibitorische Aufmerksamkeitsmechanismen angesehen. Es wurde angenommen, dass inhibitorische Mechanismen die Repräsentation des Distraktorreizes im *Prime*-Durchgang unterdrücken (siehe z.B. Tipper, 2001). Der *Negative-Priming*-Effekt, also die Verlangsamung der Reaktion auf einen identischen oder ähnlichen Stimulus im *Probe*-Durchgang, wurde dadurch erklärt, dass eine residuale Inhibition der Repräsen-

tation des zuvor ignorierten Stimulus zunächst einmal überwunden werden muss. Der Befund, dass ältere im Gegensatz zu jüngeren Erwachsenen keinen *Negative-Priming*-Effekt zeigten (Hasher, Stoltzfus, Zacks & Rypma, 1991; Kane, Hasher, Stoltzfus & Zacks, 1994; Stoltzfus, Hasher, Zacks, Ulivi & Goldstein, 1993), wurde daher als Beleg für ein inhibitorisches Aufmerksamkeitsdefizit älterer Erwachsener angesehen. Beispielsweise schreiben Zacks und Hasher (1994, S. 243) „We [...] have found age differences in negative priming, currently taken as a key marker of attentional inhibition“.

In aktuelleren Studien sprechen die Befunde allerdings gegen die Annahme eines allgemeinen Inhibitionsdefizits im höheren Lebensalter. So fanden Connelly und Hasher (1993) entgegen ihren Erwartungen, dass ältere im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen zwar reduziertes negatives *Identitätspriming*, aber erhaltenes negatives *Lokalisationspriming* zeigten. Beim *Lokalisationspriming* ist die erforderliche Antwort der Versuchspersonen nicht wie beim *Identitätspriming* auf die Identität, sondern auf die räumliche Position des Stimulus bezogen. Der *Negative-Priming*-Effekt zeigt sich, wenn der Zielstimulus im *Probe*-Durchgang denselben Ort auf dem Display einnimmt, an dem im *Prime*-Durchgang der Distraktor präsentiert wurde. Die Befunde der Altersinvarianz des *Lokalisationspriming* wurden dahingehend interpretiert, dass für die Unterdrückung der Identität eines Stimulus und für die Unterdrückung des Stimulusorts separate inhibitorische Systeme verantwortlich sind, die von Veränderungen im Alter unterschiedlich betroffen sind (siehe auch Hartley, 1993; Verhaeghen & De Meersman, 1998a). Dabei bezogen sich Connelly und Hasher auf neurophysiologische Befunde, die für eine getrennte neuronale Verarbeitung der räumlichen Position und der Identität von Objekten bei der visuellen Informationsverarbeitung sprechen. Spätere Befunde zur Altersinvarianz des *Negative-Priming*-Effekts zeigten allerdings, dass die Unterscheidung zwischen der Inhibition der räumlichen Position von Objekten und der Inhibition der Identität von Objekten die Abwesenheit von Altersunterschieden im *Negative-Priming*-Paradigma nicht erklären kann (Kieley & Hartley, 1997; Kramer, Humphrey, Larish, Logan & Strayer, 1994; Kramer & Strayer, 2001; Sullivan & Faust, 1993; Sullivan, Faust & Balota, 1995). Beispielsweise konnten in einer aktuellen Metaanalyse keine Belege dafür gefunden werden, dass ältere Erwachsene einen geringeren *Negative-Priming*-Effekt zeigen als jüngere und zwar unabhängig davon, ob sie auf die

Identität oder die räumliche Position eines Stimulus reagieren sollten (Gamboz, Russo & Fox, 2002). Die Bewertung dieser Befunde wird jedoch dadurch verkompliziert, dass inzwischen Alternativerklärungen für das Zustandekommen des *Negative-Priming*-Effekts vorgeschlagen wurden, die ohne Inhibition als Erklärungskonstrukt auskommen (siehe Mayr & Buchner, in press; Mayr, Niedeggen, Buchner & Pietrowsky, 2003; Tipper, 2001). Die ursprüngliche mit dem *Negative-Priming*-Effekt verbundene Hoffnung, Inhibition direkt messen zu können, erwies sich somit als trügerisch. Nichtsdestotrotz haben die Befunde einer Altersinvarianz des *Negative-Priming*-Effekts mit dazu beigetragen, dass die Annahme, kognitives Altern sei durch ein inhibitorisches Defizit gekennzeichnet, in Zweifel gezogen wurde (McDowd & Shaw, 2000).

3.1.2 Psychophysiologische Befunde

Auch psychophysiologische Studien liefern bezüglich der Gültigkeit der Inhibitionsdefizittheorie widersprüchliche Befunde. Elektrophysiologische Studien haben die neuronale Antwort auf irrelevante Stimuli über ereigniskorrelierte Potentiale erfasst. Dabei wurden Altersunterschiede in EKP-Komponenten⁶ gefunden, die als elektrophysiologische Korrelate von Aufmerksamkeitsprozessen angesehen werden. Beispielsweise wurde in einigen Studien festgestellt, dass die Amplitude der auditiven *N1*, die durch aufgabenirrelevante Stimuli ausgelöst wird, bei älteren Erwachsenen im Vergleich zu jüngeren stärker ausgeprägt ist (Alain & Woods, 1999; Chao & Knight, 1997). Die Ergebnisse dieser und anderer Studien wurden dahingehend interpretiert, dass ältere Erwachsene im Vergleich zu jüngeren Defizite in frühen sensorischen Aufmerksamkeitsprozessen und der Habituation auf irrelevante, sich wiederholende Stimuli haben (für einen Überblick über diese Forschung siehe Fabiani & Gratton, 2005). Die altersbezogene Verstärkung der auditiven *N1* ist für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit auch deswegen interessant, weil aufgrund einer EKP-Studie zum *Irrelevant-Sound*-Effekt vorgeschlagen wurde, dass der Mechanismus, der die auditive *N1*

⁶ Das Elektroenzephalogramm (EEG) ist eine Methode zur Messung der elektrischen Aktivität des Gehirns durch Aufzeichnung von Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche. Ein ereigniskorreliertes Potential (EKP) ist eine Veränderung im EEG, die in Reaktion auf ein diskretes Ereignis (beispielsweise den Beginn oder das Ende einer sensorischen Stimulation) verursacht werden kann. Wenn kurze, auf das interessierende Ereignis bezogene EEG-Zeiträume über viele Präsentationen desselben Stimulus hinweg gemittelt werden, reduziert sich der Einfluss von spontanen (nicht an das Ereignis gebundenen) Gehirnwellen und -rhythmen. Dadurch werden EKP-Wellenformen, die auf die Verarbeitung des interessierenden Ereignisses bezogen sind, sichtbar.

generiert, auch für die Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion im *Irrelevant-Sound*-Paradigma verantwortlich ist (Campbell et al., 2005; Campbell et al., 2003). Andererseits ist die Amplitude der *Mismatch-Negativität* (MMN) im höheren Lebensalter reduziert (Alain & Woods, 1999; Pekkonen, 2000; Wang, Friedman, Ritter, Bersick & Latif, 2006). Die MMN wird in Reaktion auf abweichende Stimuli in einer homogenen, repetitiven Sequenz von Standardstimuli ausgelöst. Voraussetzung für die Auslösung der MMN ist höchstwahrscheinlich, dass ein interner Vergleichsprozess die Abweichung des devianten Stimulus von einem internen Modell der vorangegangenen repetitiven Stimulation entdeckt. Die alterskorrelierte Reduktion der MMN wird meist als Folge einer Beeinträchtigung des sensorischen Gedächtnisses im höheren Lebensalter interpretiert (Alain & Woods, 1999; Pekkonen, 2000; Wang et al., 2006). Es wird angenommen, dass das alternde Gehirn Schwierigkeiten hat, einen Wechsel in einer homogenen Stimulussequenz zu entdecken, weil das interne Modell des Standardstimulus schlecht ausgebildet ist. Folglich kann auch eine Abweichung von diesem internen Modell bei Präsentation eines abweichenden Stimulus oft nicht entdeckt werden. Aufgrund der Belege für eine Reduktion der MMN im höheren Lebensalter haben manche Forscher im direkten Widerspruch zu der Inhibitionsdefizittheorie postuliert, dass die unwillkürliche Aufmerksamkeitslenkung auf abweichende und neuartige Reize im Alter generell reduziert ist (Kok, 2000; Pekkonen, 2000).

In funktionalen Bildgebungsstudien zeigte sich oftmals Unterbeanspruchungen von aufgabenrelevanten frontalen Regionen, die mit altersbezogenen Defiziten in Arbeitsgedächtnisaufgaben und der selektiven Aufmerksamkeit in Zusammenhang gebracht wurden (Milham et al., 2002). In manchen Aufgaben zeigten ältere Erwachsene allerdings in spezifischen Gehirnregionen (z.B. dem linken präfrontalen Kortex) eine höhere Aktivität als jüngere Erwachsene (Nielson, Langenecker & Garavan, 2002; Raz, 2000). Zumeist werden diese Befunde dahingehend interpretiert, dass sie eine Neuverortung von neuronalen Ressourcen im höheren Lebensalter reflektieren, die kompensatorischen Nutzen hat. Es wurde allerdings auch vorgeschlagen, dass die bei älteren Erwachsenen im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen breitere regionale Aktivierung einen Verlust der Spezifität der neuronalen Verarbeitung widerspiegelt, der Folge eines Inhibitionsdefizits ist (Bäckman & Farde, 2005; Fabiani & Gratton, 2005;

Nielson et al., 2002). Ob die erhöhte Aktivität älterer Personen tatsächlich dysfunktional ist, ist aufgrund der widersprüchlichen Befundlage allerdings unklar.

3.1.3 Interferenzphänomene

In Paradigmen zur selektiven Aufmerksamkeit können die von der Inhibitionsdefizittheorie behaupteten Konsequenzen des altersbezogenen Aufmerksamkeitsdefizits untersucht werden. Ein zentraler Begriff des Inhibitionsansatzes ist die Interferenz, also die Beeinflussung der Geschwindigkeit und Genauigkeit von Verhaltensantworten infolge der Präsentation aufgabenirrelevanter Stimuli oder konkurrierender kognitiver Operationen. Das von der Inhibitionsdefizittheorie angenommene Defizit der Zugangsfunktion der inhibitorischen Kontrolle impliziert drastische Konsequenzen für die Fähigkeit, aufgabenirrelevante Umweltreize – „von Hintergrundmusik über Fernsehgeräusche bis zu einem Telefonklingeln“ (Zacks & Hasher, 1994, S. 241, eigene Übersetzung) – zu ignorieren (siehe auch Lustig, Hasher et al., 2001). In den Worten von Zacks und Hasher (1994, S. 243): *„Older adults are less able than younger adults to maintain the focus of attention on strictly task-relevant information and are often more easily distracted by the presence of irrelevant information in the environment.“* Es wird behauptet, dass das Defizit der selektiven Aufmerksamkeit weit reichende Folgen für die Fähigkeit alter Menschen hat, sich im Alltag zurechtzufinden, da in jeder Sekunde unseres Lebens eine Fülle von Informationen – ausgehend von Radios, Fernsehern, Mobiltelefonen, aber auch internen Gedanken und Erinnerungen (Lustig, Hasher et al., 2001) – auf uns einströmt. Die Annahme, dass die Präsenz oder Absenz von irrelevanten Informationen Auswirkungen auf Altersunterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit haben, ist ein Grund für die anhaltende Attraktivität der Inhibitionsdefizittheorie, da sich aus dieser Behauptung mögliche Interventionsansätze zur Reduktion von Altersunterschieden in der kognitiven Leistungsfähigkeit ergeben: Durch eine Reduktion von ablenkenden Reizen (wie z.B. Umgebungslärm) könnten altersbezogene Unterschiede in der Effizienz der Informationsverarbeitung reduziert oder gar zum Verschwinden gebracht werden.

In Laboraufgaben sind ältere Erwachsene laut Inhibitionsdefizittheorie immer dann schlechter, wenn mit den relevanten Zielreizen Distraktoren präsentiert werden, die explizit als irrelevant gekennzeichnet sind (Zacks & Hasher, 1994). Beispielsweise wurde beobachtet, dass ältere Erwachsene stärker als jüngere durch in den Text

eingestreute Distraktorwörter beim Lesen gestört sind (Carlson, Hasher, Connelly & Zacks, 1995; Connelly, Hasher & Zacks, 1991; Duchek et al., 1998; Dywan & Murphy, 1996; Langley, Overmier, Knopman & Prod' Homme, 1998; Li, Hasher, Jonas, Rahhal & May, 1998; Salthouse et al., 2003). Dieser Befund ist einer der am häufigsten im Zusammenhang mit der postulierten Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener zitierten Belege. Abbildung 5 stellt einen der in der Studie von Li et al. (1998) dargebotenen Texte dar. Die Distraktorwörter waren entweder thematisch auf die zu lesende Geschichte bezogen oder standen in keinem Zusammenhang mit der relevanten Geschichte. In einer Kontrollbedingung wurde die Geschichte ohne Distraktoren präsentiert. Das typische Ergebnis dieser Studie war, dass sich die Lesegeschwindigkeit der älteren Versuchsteilnehmer stärker als die der jüngeren durch die Präsenz der Distraktorwörter verlangsamte. Der semantische Bezug der Distraktoren zur präsentierten Geschichte beeinträchtigte nur die älteren Versuchspersonen, nicht aber die jüngeren Versuchspersonen. Nachdem die Versuchspersonen die Geschichte einmal laut vorgelesen hatten, sollten sie vier *Multiple-Choice*-Fragen mit sechs Antwortalternativen beantworten. Mit diesen Fragen sollte das Textverständnis erfasst werden. Die älteren Versuchspersonen machten mehr Intrusionsfehler als die jüngere Versuchspersonen, das heißt, sie wählten häufiger fälschlicherweise eine Antwortalternative, die einem semantisch auf den Text bezogenen Distraktorwort entsprach.

Sharon Brown's distribution cake car had fallen apart cake the exit farm to the point of being
 farm distribution a total write-off. the exit comic book She needed to get farm the exit cake
 around town so she applied to get a the exit farm monthly discount the exit comic book
 bus pass. She cake distribution didn't relish the farm the exit cake idea of riding
 the bus but the comic book the exit passes were not distribution farm expensive, they
 distribution farm fit well into her budget. The the exit comic book transit service also
 allowed her to do the exit comic book all of the activities she needed her distribution farm
 car for, such as shopping, visiting farm comic book friends and going comic book farm
 to the zoo. The the exit comic book zoo trips were farm the exit farm especially nice
 the exit comic book since she liked to go there at least distribution cake once a month

Abbildung 5: Geschichte mit eingestreuten, nicht auf den Text bezogenen Distraktorwörtern (nach Li et al., 1998). Die kursiv gedruckten Wörter bilden den relevanten Text, der laut vorgelesen werden sollte. Die nicht kursiv gedruckten Wörter sollten ignoriert werden. Der Text ist in der im Experiment verwendeten Schriftart abgebildet (*Helvetica*).

Der überwiegende Anteil von Befunden zur Inhibitionsdefizittheorie wurde in Paradigmen zur visuellen Aufmerksamkeit gewonnen. Auch bei der theoretischen Weiterentwicklung der Inhibitionsdefizittheorie (bei der Annahme einer beeinträchtigten Inhibition der Identität, aber einer erhaltenen Inhibition der räumlichen Position von Objekten im höheren Lebensalter) wurde auf Modelle der visuellen Wahrnehmung

zurückgegriffen (Connelly & Hasher, 1993). Es stellt sich also die Frage, wie global das von der Inhibitionsdefizittheorie postulierte Defizit der Aufmerksamkeitskontrolle ist und ob sich die altersbezogene Interferenzanfälligkeit auf die auditive Modalität generalisieren lässt. Der Anspruch der Inhibitionsdefizittheorie, die mit dem Lebensalter assoziierte globale Leistungsbeeinträchtigung erklären zu können, spricht eher für die Annahme eines globalen Inhibitionsdefizits, das nicht auf eine bestimmte Modalität beschränkt ist. Es wird auch immer wieder von den Autorinnen der Inhibitionsdefizittheorie darauf hingewiesen, dass das postulierte Defizit nicht auf das Ignorieren von visuellen Informationen beschränkt ist, sondern auch das Ignorieren von auditiven Informationen mit einschließt. Beispielsweise schreiben Hasher und Kolleginnen (2001, S. 286): *„Noise in theaters, restaurants, and at cocktail parties is [...] more bothersome to older than to younger adults“*.

Als Beleg dafür, dass sich Altersunterschiede in der Interferenzanfälligkeit auch in der auditiven Modalität finden, wurden Befunde herangezogen, die zeigen, dass ältere Erwachsene stärker als jüngere durch Hintergrundlärm im Verständnis gesprochener Sprache beeinträchtigt sind (Pichora Fuller, Schneider & Daneman, 1995; Schneider, Daneman & Pichora Fuller, 2002; Tun, O'Kane & Wingfield, 2002; Tun & Wingfield, 1999). Barr und Giambra (1990) fanden in einem Experiment zum dichotischen Hören, dass ältere Erwachsene größere Schwierigkeiten als jüngere Erwachsene hatten, eine Nachricht zu „beschatten“ (nachzusprechen), die dem linken Ohr präsentiert wurde, wenn dem rechten Ohr irrelevante Sprache präsentiert wurde. Chao und Knight (1997) verlangten von ihren Versuchspersonen anzugeben, ob zwei aufeinander folgende Töne identisch waren oder nicht. Ältere waren stärker als jüngere Erwachsene durch die Präsentation von Distraktortönen im Intervall zwischen dem initialen Vergleichston und dem nachfolgenden Testton beeinträchtigt. Auf Basis dieser Ergebnisse und zusätzlicher elektrophysiologischer Befunde schlossen sie, dass ältere Erwachsene unter einem Verlust der präfrontal vermittelten inhibitorischen Kontrolle über die primären auditiven Areale litten, was zu einer erhöhten Interferenz im Kurzzeitgedächtnis führte.

Die Aussagekraft der meisten Befunde in Bezug auf die Gültigkeit der Inhibitionsdefizittheorie bleibt allerdings umstritten. Ein großes Problem ist, dass Befunde, die auf den ersten Blick für ein Inhibitionsdefizit im höheren Lebensalter zu sprechen scheinen, sich möglicherweise auf andere altersbezogene Defizite zurückführen lassen. Eine

alternative Interpretationsmöglichkeit ergibt sich daraus, dass bei der Präsentation der zu beachtenden Zielreize und der zu ignorierenden Distraktoren in derselben Modalität nicht ausgeschlossen werden kann, dass altersbezogene Unterschiede in der Sensorik eine Rolle spielen. Beispielsweise wurde vorgeschlagen, dass die Altersunterschiede in der Fähigkeit, in Hintergrundlärm eingebettete Sprache zu verstehen, möglicherweise auf eine Reduktion der Hörfähigkeit im höheren Lebensalter zurückzuführen sind (Pichora Fuller et al., 1995). Konsistent mit dieser Interpretation sind Befunde, die zeigen, dass die altersbezogenen Unterschiede im Verstehen von in Hintergrundlärm eingebetteter Sprache bei adäquater Anpassung der Stimuli an die individuelle Hörfähigkeit verschwinden (Murphy, McDowd & Wilcox, 1999; Schneider, Daneman, Murphy & See, 2000; Schneider et al., 2002).

3.2 Vorhersagen der Inhibitionsdefizittheorie über die Alterssensitivität des *Irrelevant-Sound*-Effekts

Das *Irrelevant-Sound*-Paradigma bietet sich für eine Überprüfung der Inhibitionsdefizittheorie des kognitiven Alterns an. Analog zu der stärkeren Beeinträchtigung von Kindern im Vergleich zu Erwachsenen im *Irrelevant-Sound*-Paradigma (Elliott, 2002) würde die Inhibitionsdefizittheorie vorhersagen, dass ältere Erwachsene größere Schwierigkeiten beim Ignorieren von irrelevantem auditivem Material haben sollten als jüngere Erwachsene. Da die Zielitems im *Irrelevant-Sound*-Paradigma visuell präsentiert werden, die Distraktoren aber auditiv, könnte man ausschließen, dass statt altersbezogenen Unterschieden in der selektiven Aufmerksamkeit altersbezogene Unterschiede in sensorischen Fähigkeiten für eine erhöhte Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener verantwortlich sind. Würden ältere Erwachsene dennoch in stärkerem Ausmaß als jüngere durch das auditive Distraktormaterial bei der seriellen Reproduktion gestört werden, dann wäre das ein starker Hinweis darauf, dass die Fähigkeit, irrelevante Informationen zu ignorieren, im höheren Lebensalter tatsächlich beeinträchtigt ist.

Dass sich das *Irrelevant-Sound*-Paradigma zur Überprüfung der Inhibitionsdefizittheorie eignet, ergibt sich aus Aussagen der Inhibitionsdefizittheorie über die Konsequenzen des postulierten Defizits der Aufmerksamkeitskontrolle. Es ist eine zentrale Annahme der Inhibitionsdefizittheorie, dass die inhibitorische Aufmerksamkeitskontrolle eine wichtige Rolle in der Informationsverarbeitung einnimmt. Aus dieser Annahme wird

abgeleitet, dass vielfältige alterskorrelierte Einbußen mit dem Inhibitionsdefizit erklärt werden können. Beispielsweise schreiben Zacks und Hasher (1994, S. 242):

We [...] describe some consequences for attention and memory of a reduced ability to control the contents of working memory, or to put it otherwise, the consequences of a diminished ability to ignore task-irrelevant informations. The examples were chosen to demonstrate the fact that the larger theoretical framework itself has wide applicability to individual and group differences across a range of cognitive functions.

Dass sich aus der Inhibitionsdefizittheorie die Vorhersage ableiten lässt, dass ältere Erwachsene stärker als jüngere Erwachsene von einer visuellen Aufgabe durch auditive Distraktoren beeinträchtigt werden sollten, geht nicht zuletzt aus Beispielen hervor, die in der Vergangenheit von den Autorinnen der Inhibitionsdefizittheorie benutzt wurden, um die Theorie zu veranschaulichen. Beispielsweise betonen Lustig, Hasher und Tonev (2001, S. 118, eigene Übersetzung), dass die erhöhte Ablenkbarkeit von älteren Erwachsenen wichtige Auswirkungen auf die Fähigkeit älterer Erwachsener hat, ihre optimale Leistungsfähigkeit zuhause und am Arbeitsplatz aufrechtzuerhalten: „Geräuschvolle oder visuell überfrachtete Umgebungen mögen für junge Erwachsene kein Problem darstellen – denken Sie an einen Jugendlichen, der in seinem Zimmer bei voll aufgedrehter Stereoanlage Hausaufgaben macht – aber ältere Erwachsene dürften durch eine Ablenkung dieser Art beeinträchtigt sein“. Für dieses Alltagsbeispiel kann das *Irrelevant-Sound*-Paradigma als geeignetes Modell angesehen werden.

Viele Ideen aus dem Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modells (Cowan, 1988, 1995) wurden in die Inhibitionsdefizittheorie eingebracht (Hasher et al., 1999). Ähnlich wie im Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell wird von Hasher und Kolleginnen angenommen, dass vertraute Stimuli in der Umwelt automatisch und parallel korrespondierende Repräsentationen im Gedächtnis aktivieren und dass sich diese Aktivierung über etablierte Verbindungen im Gedächtnis auf assoziierte Informationen ausbreiten kann. Das Ergebnis dieser initialen Aktivierungsphase wird durch Mechanismen der Aufmerksamkeitskontrolle moduliert, die im Dienste von Verhaltenszielen stehen. Dieser Modulationsprozess beinhaltet sowohl exzitatorische Mechanismen, welche die Aktivierung von erwünschten, für Ziele und Aufgaben der Person relevanten Informationen unterstützen als auch inhibitorische Mechanismen, welche die Aktivierung von irrelevanten Informationen unterdrücken. Ähnlich wie Cowan nehmen Hasher und Kolleginnen weiterhin an, dass sich die am stärksten aktivierte Teilmenge

von Informationen im Arbeitsgedächtnis im Fokus der Aufmerksamkeit befindet und bewusste Verarbeitung erfährt. Die Funktionstüchtigkeit des Arbeitsgedächtnisses hängt von der Intaktheit der exzitatorischen und inhibitorischen Aufmerksamkeitsmechanismen ab. Inhibition erfüllt die wichtige Funktion, zu verhindern, dass für Ziele und Aufgaben der Person irrelevante Informationen (die automatisch durch Stimuli in der physikalischen oder mentalen Umwelt aktiviert werden) Zugang zum Arbeitsgedächtnis bekommen. Es gibt zwei Wege, wie ein Defizit eines solchen Inhibitionsmechanismus zu einer erhöhten Beeinträchtigung durch auditive Distraktoren im *Irrelevant-Sound-Paradigma* führen könnte: (1) Die Aktivierung von irrelevanten Informationen im Arbeitsgedächtnis wird unzureichend unterdrückt. Das hätte zur Folge, dass durch auditive Distraktoren mehr irrelevante Elemente im Gedächtnis aktiviert werden; irrelevante Elemente erfahren möglicherweise auch eine stärkere oder dauerhaftere Aktivierung. Da die im Gedächtnis aktivierten Informationen das Arbeitsgedächtnis darstellen, befinden sich mehr irrelevante Informationen im Arbeitsgedächtnis, wodurch es mit einer größeren Wahrscheinlichkeit zu einer ähnlichkeitsbasierten Interferenz von aktivierten Merkmalen im Arbeitsgedächtnis kommt (analog zu Jones, 1993; Salamé & Baddeley, 1986). (2) Da es in diesem Modell ausschließlich von der Aktivierungsstärke abhängt, ob sich eine Information im Fokus der Aufmerksamkeit befindet, führen die ineffizienten Inhibitionsmechanismen dazu, dass irrelevante Informationen den Fokus der Aufmerksamkeit mit größerer Wahrscheinlichkeit auf sich ziehen. Damit würde der Fokus der Aufmerksamkeit nicht mehr für die serielle Reproduktion zur Verfügung stehen, wodurch die serielle Reproduktion beeinträchtigt wäre (analog zu Cowan, 1988, 1995).⁷

⁷ In Bezug auf Cowans Erklärung des *Irrelevant-Sound*-Effekts ist nicht unwesentlich, dass innerhalb des Inhibitionsdefizitansatzes vorgeschlagen wurde, dass das Ausmaß einer Orientierungsreaktion von einem inhibitorischen Aufmerksamkeitsmechanismus moduliert wird. Das altersbezogene Inhibitionsdefizit sollte demnach dazu führen, dass zu ignorierende auditive Stimuli bei älteren Erwachsenen eine größere Orientierungsreaktion auslösen als bei jüngeren. Außerdem sollte die Habituation der Orientierungsreaktion auf irrelevante, zu ignorierende Stimuli im höheren Lebensalter reduziert sein (McDowd & Filion, 1992; McDowd et al., 1995; siehe auch Kok, 2000). Das gilt angeblich besonders für zu ignorierende auditive Distraktorreize: „[The older adults] were less able to take advantage of modality of input to guide attentional processing when the different-modality distractor was a tone than when it was a light. Again, it appears more difficult for older adults to inhibit the processing of irrelevant acoustic stimuli than to inhibit the processing of irrelevant visual stimuli“ (McDowd et al., 1995, S. 371).

4 Der *Irrelevant-Sound*-Effekt im Altersvergleich

Bislang wurden drei Studien durchgeführt, in denen das *Irrelevant-Sound*-Paradigma zur Überprüfung der Inhibitionsdefizittheorie eingesetzt wurde (Beaman, 2005b; Belleville, Rouleau, Van der Linden & Collette, 2003; Rouleau & Belleville, 1996). Entgegen ihren Erwartungen fanden sowohl Rouleau und Belleville, als auch Belleville und Kolleginnen, dass sich die Anfälligkeit für den *Irrelevant-Sound*-Effekt nicht zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen unterschied. Beaman replizierte diese Befunde, indem er zeigte, dass sich ältere und jüngere Erwachsene nicht darin unterschieden, wie sehr sich ihre serielle Reproduktion durch aufgabenirrelevante Sprache oder nicht-sprachliche Töne reduzierte. Man könnte diese Befunde dahingehend interpretieren, dass die Inhibition von zu ignorierenden auditiven Informationen im hohen Lebensalter nicht beeinträchtigt ist. Es gibt jedoch mehrere Gründe, die eine Replikation und Erweiterung dieser Befunde notwendig machen, bevor diese Schlussfolgerung gezogen werden sollte.

Ein ernstes Problem der Studien von Rouleau und Belleville (1996) und von Belleville et al. (2003) ist die mangelnde Teststärke der statistischen Tests aufgrund der geringen Stichprobengrößen. In beiden Studien wurden relativ kleine Stichproben von nur 16 älteren und 16 jüngeren Erwachsenen untersucht. Daher ist die Wahrscheinlichkeit, Unterschiede zwischen den Altersgruppen im *Irrelevant-Sound*-Effekt zu entdecken, bereits aufgrund der mangelnden Teststärke sehr gering, selbst wenn man wohlwollend einen „großen“ Unterschied zwischen Altersgruppen (gemäß den Effektgrößekonventionen von Cohen, 1988) unterstellt (lediglich .59 in beiden Studien). Man könnte argumentieren, dass die zentrale Rolle, welche die Inhibitionsdefizittheorie der Ablenkbarkeit durch externe Umweltreize in der Erklärung des kognitiven Alterns zuschreibt, die Annahme „großer“ Altersunterschiede rechtfertigt. Dennoch ist die Erwartung eines „großen“ Effekts (vom versuchsplanerischen Standpunkt her gesehen) eher optimistisch. Das ergibt sich bereits aus der Tatsache, dass die relevante abhängige Variable eine Differenzvariable ist, bei der man mit größeren Fehleranteilen rechnen muss als bei den Ausgangsvariablen (Elliott & Cowan, 2005). Ist man bezüglich des vermuteten Altersunterschieds daher skeptischer und nimmt lediglich

einen Effekt „mittlerer“ Größe an, sinkt die Teststärke bei den von Rouleau und Belleville und Belleville et al. untersuchten Stichproben auf weniger als .28. Folglich ist es möglich, dass das Ausbleiben einer signifikanten Interaktion zwischen Alter und Distraktorbedingung lediglich Folge der mangelnden Teststärke war.

Ein weiteres Problem der Studien von Rouleau und Belleville (1996) und Belleville et al. (2003) besteht darin, dass möglichen sensorischen Defiziten der älteren Erwachsenen keine Beachtung geschenkt wurde. In der letzteren Studie wurde das Problem ignoriert und die erstere Studie verließ sich auf Selbstauskünfte der Versuchspersonen über ihre „normale“ Hörfähigkeit. Es ist allerdings gut belegt, dass das höhere Lebensalter mit deutlichen Einbußen in der Hörfähigkeit einhergeht (z.B. Fozard & Gordon Salant, 2001; Schneider & Pichora Fuller, 2000): Bereits durch den Untergang von Haarzellen im Innenohr und von Neuronen im Hörnerv, sowie durch eine Reduktion der Beweglichkeit der Gehörknöchelchen im Mittelohr kommt es zu teilweise drastischen Einbußen in der Qualität des akustischen Signals, das an höhere kortikale Zentren weitergeleitet wird. Zwar spielt bei jungen Personen mit typischerweise sehr guten Hörfähigkeiten der absolute Schalldruck für die Größe des *Irrelevant-Sound*-Effekts keine Rolle, solange das Signal gut hörbar ist (Colle, 1980; Ellermeier & Hellbrück, 1998; Salamé & Baddeley, 1987). Bei älteren Personen stellt sich die Situation jedoch möglicherweise anders dar, weil die altersbezogene Reduktion der Hörfähigkeit entscheidende Veränderungen der Schallqualität nach sich ziehen könnte. Die Vermutung liegt nahe, dass bei älteren Personen wegen der verminderten Signalqualität weniger Amplituden oder Frequenzveränderungen des akustischen Signals die zentralen Verarbeitungsareale erreichen. Diese so genannten „*Changing States*“ determinieren aber bekanntermaßen die Beeinträchtigung des Arbeitsgedächtnisses durch irrelevante Schalle (Jones & Macken, 1993, 1995c; Jones et al., 1993; Jones et al., 1992). Falls also aufgrund der verminderten Qualität des akustischen Signals tatsächlich weniger abrupte Veränderungen in Amplitude oder Frequenz wahrgenommen werden können, dann könnte das selektiv den älteren Erwachsenen die serielle Reproduktion bei Präsentation irrelevanter Schalle erleichtern und damit eine möglicherweise erhöhte Ablenkbarkeit durch irrelevante Schalle ausgleichen. Auf diese Weise könnte eine altersbezogene Reduktion der Hörfähigkeit ein altersbezogenes Defizit im Ignorieren von Störschallen maskieren.

Beamans (2005b) Experimente stellen gegenüber den Studien von Rouleau und Belleville (1996) und Belleville et al. (2003) eine Verbesserung dar. Dennoch bleiben einige Probleme bestehen. (1) Obwohl Beaman größere Stichproben als Rouleau und Belleville und Belleville et al. untersuchte, erscheint es wünschenswert, noch größere Stichproben zu untersuchen, um die Wahrscheinlichkeit, bei einer Entscheidung zugunsten der Nullhypothese eine Fehlentscheidung zu treffen, zu reduzieren. (2) Eine Maskierung eines alterskorrelierten Unterschieds in der Anfälligkeit für den *Irrelevant-Sound*-Effekt durch alterskorrelierte Unterschiede in der Hörfähigkeit kann man auch bei Beamans Experimenten nicht ausschließen. Beaman präsentierte zwar Daten, die zeigten, dass der *Irrelevant-Sound*-Effekt nicht mit audiometrischen Messungen korreliert war (die Korrelation zwischen dem *Irrelevant-Sound*-Effekt und der Hörschwelle der Versuchspersonen war positiv, aber klein und statistisch nicht signifikant). Es ist jedoch möglicherweise problematisch, aus diesem Befund zu schließen, dass altersbezogene Unterschiede in der Hörfähigkeit keinen Einfluss auf den *Irrelevant-Sound*-Effekt hatten. Beispielsweise könnten eines oder beide Maße, die miteinander korreliert wurden, nicht ausreichend reliabel sein. In diesem Fall würden sie allein aufgrund ihrer psychometrischen Eigenschaften nicht miteinander korrelieren. Selbst wenn beide Maße eine hohe Reliabilität besäßen, könnte man aufgrund dieser Befunde nicht unbedingt schließen, dass die Hörfähigkeit keinen Einfluss auf die Interaktion zwischen Alter und Distraktorbedingung hatte. Es ist bekannt, dass kognitive Veränderungen im Alter mit der sensorischen Funktionsfähigkeit positiv korreliert sind (Lindenberger & Baltes, 1994; Lindenberger, Scherer & Baltes, 2001).⁸ Bei älteren Personen könnte also eine Abnahme in der Effizienz von inhibitorischen Aufmerksam-

⁸ Es gibt mindestens vier Erklärungen dafür, warum die perzeptuelle und die kognitiven Funktionstüchtigkeit im höheren Lebensalter miteinander korreliert sind (Schneider & Pichora Fuller, 2000): 1) Die sensorischen Beeinträchtigungen verursachen die kognitiven Beeinträchtigungen, weil der Abbau der sensorischen Fähigkeiten die Möglichkeiten zum intellektuellen Austausch mit der Umgebung (durch Lesen, Gespräche etc.) verhindert und somit weniger Gelegenheiten zum Training der kognitiven Fertigkeiten bestehen. 2) Die sensorische Beeinträchtigung und der kognitive Abbau haben eine gemeinsame Ursache, beispielsweise in einer umfassenden Degeneration des Zentralnervensystems. 3) Eine Reduktion von kognitiven Ressourcen trägt zu altersbezogenen Unterschieden in sensorischen Funktionen bei, da *Top-down*-Aufmerksamkeitsprozesse die Leistung in Aufgaben zur Erfassung von perzeptuellen Fähigkeiten beeinflussen können. 4) Die sensorischen Beeinträchtigungen tragen zu dem schlechten Abschneiden in Tests von kognitiven Leistungen bei, da perzeptuelle Informationen unklar oder verzerrt wahrgenommen werden. Das kann erstens bereits *per se* die Leistung in kognitiven Tests beeinflussen, da eine intakte Enkodierung des Materials Voraussetzung dafür ist, dass dieses Material weiterverarbeitet und reproduziert werden kann. Zweitens stellt die Rekonstruktion von Reizen aus den beeinträchtigten Wahrnehmungen möglicherweise selbst eine anspruchsvolle kognitive Aufgabe dar, die Ressourcen von der eigentlich zu bearbeitenden Aufgabe abzieht.

keitsprozessen von einer Abnahme der Hörfähigkeit begleitet sein, welche wiederum die Beeinträchtigung durch irrelevante Schalle reduziert. Ein Zusammenhang zwischen inhibitorischer Kontrolle und sensorischer Funktionsfähigkeit könnte also einen Zusammenhang zwischen der Hörfähigkeit und der Höhe des Effekts irrelevanter Sprache maskieren. Der Befund einer nicht-signifikanten Korrelation zwischen diesen beiden Variablen schließt also einen Schutz vor den Auswirkungen irrelevanter Geräusche durch eine verminderte Hörfähigkeit nicht vollständig aus.

Daher wurde Experiment 1 der vorliegenden Arbeit als Replikation der Studien von Rouleau und Belleville (1996), Belleville et al. (2003) und Beaman (2005b) konzipiert. Ältere und jüngere Erwachsene sollten visuell präsentierte Zahlensequenzen memorieren und gleichzeitig auditiv präsentierten Lärm ignorieren. Allerdings erschienen zwei Veränderungen des experimentellen Vorgehens sinnvoll: (1) In einem ersten Schritt wurde die Hörfähigkeit der Versuchspersonen erfasst. Diese Daten wurden dann verwendet, den Schalldruck der auditiven Distraktoren individuell an die Hörfähigkeit der Versuchspersonen anzupassen. Das sollte gewährleisten, dass sich die sensorische Qualität der auditiven Distraktoren über die Gruppen hinweg nur unwesentlich unterschied. (2) Die Teststärke wurde gegenüber den vorangegangenen Studien erhöht, so dass sogar „mittlere“ Gruppenunterschiede (gemäß den Effektgrößenkonventionen von Cohen, 1988) mit ausreichender Teststärke entdeckt werden konnten. (3) Die irrelevanten Schalle wurden sowohl während der Enkodierung der zu erinnernden Items, als auch während eines kurzen Behaltensintervalls präsentiert. In den Experimenten von Beaman wurden die irrelevanten Schalle nur während des Behaltensintervalls präsentiert. Obwohl bereits gezeigt werden konnte, dass die Größe des *Irrelevant-Sound*-Effekts nicht davon abhängt, ob die auditiven Distraktoren während der Präsentation der visuellen Zielitems oder während des Behaltensintervalls präsentiert werden (Buchner et al., 2004; Jones & Macken, 1993; Miles et al., 1991), bleibt die Möglichkeit bestehen, dass sich die irrelevanten Schalle spezifisch bei älteren Erwachsenen zusätzlich beeinträchtigend auf die Enkodierung der visuellen Items auswirken. Wenn sich in Experiment 1a wie in den vorausgehenden Studien zeigen sollte, dass ältere und jüngere Erwachsene gleichermaßen durch die irrelevanten Schalle gestört werden, würde das gegen die Existenz eines solchen altersspezifischen zusätzlichen Effekts auf die Enkodierung sprechen. (4) Beaman stellte die Vermutung

an, dass die Wahrscheinlichkeit, Altersunterschiede in der Interferenzanfälligkeit zu entdecken, möglicherweise auch dadurch reduziert wurde, dass nur eine geringe Anzahl von unterschiedlichen einsilbigen Nichtwörtern und Sinustönen mit gleich bleibender Dauer und Interstimulusintervallen präsentiert wurde. Dieses Problem wurde in dem vorliegenden Experiment dadurch umgangen, dass komplexe Geräusche verwendet wurden, die sich von einem Durchgang zum anderen unterschieden. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Literatur zur Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekts erwarteten wir, dass sich der *Irrelevant-Sound*-Effekt zwischen den Altersgruppen nicht unterscheiden würde, sofern die hier vorgestellten Änderungen im Versuchsmaterial und Versuchsablauf keinen Einfluss auf die Alterssensitivität des *Irrelevant-Sound*-Effekts haben.

5 Experiment 1a

5.1 Methode

5.1.1 Versuchspersonen

Insgesamt 200 Versuchspersonen – 95 ältere und 105 jüngere Erwachsene – nahmen an dem Experiment teil. Die älteren Erwachsenen (64 Frauen und 31 Männern) wurden über den Kontakt zu Düsseldorfer Netzwerken gewonnen. Die Netzwerke werden von den Kirchen und Wohlfahrtsverbänden getragen und bieten Senioren unter anderem Computer- und Fremdsprachenkurse und Gelegenheiten zum sozialen Austausch an. Die älteren Versuchspersonen waren mobil, in der Haushaltsführung nicht auf externe Hilfe angewiesen und nahmen aktiv am gesellschaftlichen Leben teil (die Untersuchung von relativ vitalen älteren Erwachsenen ist in der Forschung zur Inhibitionsdefizittheorie üblich, z.B. Connelly et al., 1991; May, Hasher & Kane, 1999). Die Altersspanne der älteren Erwachsenen reichte von 60 bis 86 Jahren ($M = 66.8$, $SD = 6.4$). Der Großteil der jüngeren Erwachsenen wurde über Aushänge an der Universität rekrutiert (bis auf 3 Versuchspersonen, die über persönliche Kontakte rekrutiert wurden). Die Stichprobe der jüngeren Erwachsenen bestand aus 105 Personen (74 Frauen und 31 Männern) zwischen 18 und 30 Jahren ($M = 22.3$, $SD = 2.7$). Die Muttersprache aller Versuchspersonen war Deutsch (das war Voraussetzung für die Teilnahme an dem Experiment). Allen Versuchspersonen wurde für die Teilnahme an dem Experiment 5€ gezahlt.

Personen, die ein Hörgerät trugen, wurden nicht in die Studie einbezogen. Die älteren und die jüngeren Erwachsenen unterschieden sich nicht in Bezug auf ihre selbst eingeschätzte Hörfähigkeit (im Vergleich zu ihrer Altersgruppe und bei Verwendung der Kategorien „sehr gut“, „gut“, „schlecht“ und „sehr schlecht“), $\chi^2(3) = 2.99$, $p = .39$, und ihre allgemeine Lebenszufriedenheit, $\chi^2(3) = 1.36$, $p > .72$, aber sie unterschieden sich in Bezug auf ihre selbst eingeschätzte Gesundheit, $\chi^2(3) = 15.99$, $p < .01$ (die älteren Erwachsenen waren in der Kategorie „sehr gut“ unterrepräsentiert und in der Kategorie „schlecht“ überrepräsentiert), und ihre selbst eingeschätzte Sehfähigkeit, $\chi^2(3) = 11.81$, $p < .01$ (die älteren Erwachsenen waren in der Kategorie „sehr gut“ unterrepräsentiert). Außerdem waren die älteren Erwachsenen weniger gut ausgebildet als die jüngeren Erwachsenen (von den älteren Erwachsenen hatten 48 Personen als höchsten Schulabschluss den Realschulabschluss und 47 Personen das Abitur, während von den jüngeren Erwachsenen nur eine Person den Hauptschulabschluss hatte, 2 Personen den Realschulabschluss und 102 Personen das Abitur). Schließlich zeigten *U*-Tests, dass die älteren Erwachsenen häufiger Medikamente nahmen, $z = 6.10$, $p < .01$, und über eine geringere Sehschärfe verfügten, $z = 7.69$, $p < .01$, als die jüngeren Erwachsenen. Die Sehfähigkeit wurde mit einem selbst entworfenen Sehtest erfasst. Auf einem weißen Blatt Papier waren 10 Reihen von 10 Zahlen in der Schriftart *Arial* in schwarzer Druckfarbe aufgedruckt. Die Zeilen hatten eine kontinuierlich abnehmende Schriftgröße (von 24 pt bis 4 pt). Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin, die Zahlen in einem Abstand von einem Meter von dem Blatt vorzulesen. Die Anzahl von Zeilen, die vollständig korrekt vorgelesen werden konnten, diente als *Ad-hoc*-Sehfähigkeitsmaß. Die Sehfähigkeit wurde erfasst, während die Probanden ihre gewohnten Sehhilfen trugen.

5.1.2 Material

Die Tondatei für den Hörschwellentest enthielt eine Sequenz von 10 Signalen, die aus *Rosa Rauschen* bestanden, das 300 Millisekunden (ms) andauerte. Die Signale waren durch 500 ms Stille unterbrochen. Die Signale unterschieden sich im Schalldruck und waren nach dem Schalldruck zeitlich in absteigender Reihenfolge angeordnet. Wenn die Tondatei bei vollem Schalldruck abgespielt wurde (bei Verwendung des Computers, mit dem das Experiment durchgeführt wurde und den Kopfhörern, die von den

Versuchspersonen getragen wurden), entsprach der Schalldruck der aufeinander folgenden Signale 50, 45, 40, 38, 36, 34, 32, 30, 28 und 26 dB(A).

Für das eigentliche Experiment wurden Zahlensequenzen erzeugt. Alle zu erinnernden Sequenzen bestanden aus neun Zahlen, die zufällig aus den Zahlen von eins bis neun ausgewählt wurden. Insgesamt wurden für jede Versuchsperson 32 dieser Sequenzen erzeugt, mit 16 Sequenzen in jeder der beiden Distraktorbedingungen (*Ruhe* vs. *Bürolärm*). Die Zahlen wurden in der Mitte eines 14-Zoll-Monitors präsentiert; sie erschienen in der Schriftart *Arial* in schwarzer Schriftfarbe vor einem weißen Hintergrund. Der Abstand der Versuchspersonen zum Bildschirm betrug ungefähr 50 cm. Bei diesem Abstand entsprach die Größe der präsentierten Zahlen einem Sehwinkel von ungefähr 2 ° horizontal und 2.9 ° vertikal.

Die Tondateien, die in der *Bürolärm*-Bedingung abgespielt wurden, enthielten Bürolärm mit einer hohen Variabilität bezüglich Rhythmus, Amplitude und Frequenz. In dem Bürolärm waren sowohl sprachliche als auch nicht-sprachliche Geräusche enthalten. Die sprachlichen Geräusche bestanden aus verständlichen, kurzen Sätzen oder Satzfragmenten wie „Guten Morgen!“ oder „Kann ich ihnen helfen?“, die entweder von einer weiblichen oder von einer männlichen Stimme gesprochen wurden. Die nicht-sprachlichen Geräusche bestanden aus einer Kombination von Geräuschen, die durch übliche Bürotätigkeiten und den dabei verwendeten Geräten wie Tastatur, Drucker, Telefon, Fax, etc. verursacht werden. Insgesamt wurden 30 verschiedene Tondateien eingesetzt, die jeweils eine Länge von 20 Sekunden hatten. Wenn die Geräusche mit maximalem Schalldruck abgespielt wurden, entsprach der mittlere Schalldruck der auditiven Distraktoren ungefähr 79 dB(A). Die Versuchspersonen hörten den Bürolärm über geschlossene Kopfhörer, welche die Versuchspersonen gleichzeitig gegen Außengeräusche abschirmten. Die Kopfhörer waren direkt an das zur Steuerung des Experiments verwendete Apple-i-Book angeschlossen.

5.1.3 Ablauf

Die Versuchspersonen wurden einzeln in einem ruhigen Raum getestet. Vor dem Beginn des eigentlichen Experiments wurde die Hörschwelle der Versuchspersonen bestimmt. Das Ergebnis dieser Hörschwellenbestimmung wurde dazu verwendet, um im eigentlichen Experiment den Schalldruck der Distraktorstimuli an die Hörfähigkeit

der Versuchspersonen individuell anzupassen. Zu diesem Zweck wurde ein adaptives Verfahren zur Hörschwellenbestimmung – das *PEST* (*Parameter Estimation by Sequential Testing*)-Verfahren (Macmillan & Creelman, 1991) – verwendet. Der Schalldruck wurde iterativ angepasst, bis die Versuchspersonen genau fünf der 10 aus rosa Rauschen bestehenden Signale entdecken konnten. Den Versuchspersonen wurde zunächst eine Sequenz von Signalen präsentiert, die mit einem Schalldruck von 44, 39, 34, 32, 30, 28, 26, 24, 22 und 20 dB(A) abgespielt wurden. Ihre Aufgabe bestand darin, anzugeben, wie viele Signale sie hören konnten. Wie durch die *PEST*-Regeln festgelegt, wurde der Schalldruck abhängig von den Antworten der Versuchspersonen angepasst. Wenn sie mehr als fünf Signale entdecken konnten, wurde der Schalldruck nach der *PEST*-Methode reduziert; wenn sie weniger als fünf Signale entdecken konnten, wurde der Schalldruck nach der *PEST*-Methode verstärkt. Die auditiven Distraktoren, die im eigentlichen Experiment in der *Bürolärm*-Bedingung präsentiert wurden, wurden mit einem mittleren Schalldruck abgespielt, der ungefähr 43 dB(A) über der mit diesem Verfahren bestimmten Hörschwelle lag. Die Anpassung der Distraktoren an die Hörschwelle der Versuchspersonen war somit nicht vollständig, sondern so gewählt, dass die im eigentlichen Experiment präsentierten Störgeräusche einen Schalldruck von 79 dB(A) im Leq nicht überschritten. Diese Höchstbegrenzung wurde festgelegt, um auszuschließen, dass die Versuchspersonen aufgrund der Teilnahme an dem Experiment Hörschäden erlitten. Außerdem sollte durch diese Begrenzung ausgeschlossen werden, dass *Arousal*-Effekte (Erhöhungen des Erregungsniveaus aufgrund hochintensiver Schalle) die Interpretierbarkeit der Daten gefährdeten.

Nach der Hörschwellenbestimmung erhielten die Versuchspersonen die Instruktionen für das eigentliche Experiment. Sie wurden aufgefordert, alle über die Kopfhörer präsentierten Geräusche zu ignorieren. Sie wurden angewiesen, die zu erinnernden Items weder während der Präsentationsphase noch während des Behaltensintervalls laut auszusprechen. Die ersten beiden Durchgänge (jeweils ein Durchgang jeder der beiden Distraktorbedingungen) dienten als Übungsdurchgänge. Die Daten aus diesen Übungsdurchgängen flossen nicht in die Datenanalyse ein. Die folgende Testphase bestand aus 30 Durchgängen mit 15 Wiederholungen jeder der beiden Distraktorbedingungen, deren Abfolge randomisiert festgelegt wurde.

Die beiden Übungsdurchgänge und die 30 Testdurchgänge begannen mit der Präsentation eines visuellen Warnsignals in der Mitte des Computerbildschirms. Auf das Verschwinden des visuellen Warnsignals folgte eine Pause von 1200 ms. Anschließend wurde eine Sequenz von neun zu erinnernden Zahlen präsentiert. Jede Zahl wurde 800 ms präsentiert; nach dem Verschwinden der Zahl folgte ein Interstimulusintervall von 400 ms. Nach der vollständigen Präsentation der Sequenz von neun Zahlen schloss ein Behaltensintervall von 4000 ms an. Nach dem Behaltensintervall erschienen neun Fragezeichen auf dem Bildschirm, die den neun seriellen Positionen der zu erinnernden Sequenz entsprachen. Das war das Signal für die Versuchspersonen, mit der seriellen Reproduktion der zu erinnernden Items zu beginnen. Die Zahlen wurden mit Hilfe der Zahlentasten der Computertastatur eingegeben. Die eingetippten Zahlen ersetzten nach und nach die Fragezeichen auf dem Bildschirm. Die Versuchspersonen hatten die Möglichkeit anstatt einer Zahlentaste eine Taste mit dem Etikett „weiß nicht“ (die „Null“ der Zahlentastatur) zu drücken, wenn sie sich an eine Zahl einer bestimmten seriellen Position nicht mehr erinnern konnten. Die Versuchspersonen hatten die Möglichkeit, ihre Antworten zu korrigieren. Die Pfeiltasten der Computertastatur konnten dazu genutzt werden, die ausgewählte Position (die durch einen farbigen Hintergrund gekennzeichnet war) zu verändern und zu einer früheren Position zurückzukehren. Auf diese Weise konnte eine bereits eingetippte Zahl überschrieben werden. Nachdem alle Fragezeichen durch die Antworten der Versuchsperson ersetzt worden waren, wurden die Versuchspersonen aufgefordert, den nächsten Durchgang durch Drücken einer Taste mit dem Etikett „weiter“ (der Leertaste der Computertastatur) einzuleiten. Falls die „weiter“-Taste gedrückt wurde, bevor alle Fragezeichen ersetzt worden waren, erschien eine visuelle Fehlermeldung, die 1500 ms dauerte. Die Versuchspersonen waren während der Reproduktionsphase keinem Zeitdruck ausgesetzt.

In den *Bürolärm*-Durchgängen hörten die Versuchspersonen während der Präsentation der Zahlensequenz und während des Behaltensintervalls Bürolärm; während der Reproduktionsphase herrschte allerdings immer Ruhe. Die irrelevanten Schalle wurden binaural über die Kopfhörer präsentiert. Der Bürolärm wurde 1200 ms vor der Präsentation der ersten Zahl eingeblendet und erreichte seinen vollen Schalldruck mit Erscheinen der ersten Zahl. Der Lärm dauerte bis zur Präsentation der Fragezeichen an.

Für jeden *Bürolärm*-Durchgang wurde eine andere Tondatei verwendet. Die Tondateien wurden den Durchgängen randomisiert zugeordnet.

Nach einem Block von fünf Durchgängen erhielten die Versuchspersonen eine kurze Rückmeldung über ihre Leistung. Sie wurden dazu ermutigt, eine kurze Pause einzulegen. Das Experiment dauerte ungefähr 45 Minuten. Nach Beendigung des Experiments wurden die Versuchspersonen über den Gegenstand der Untersuchung informiert.

5.1.4 Design

Dem Experiment lag ein $2 \times 2 \times 9$ -faktorieller Versuchsplan mit den drei Faktoren Altersgruppe, Distraktorbedingung und serielle Position zugrunde. Altersgruppe (*jung* vs. *alt*) war der zweistufige quasi-experimentelle Gruppenfaktor; die Distraktorbedingung (*Ruhe* vs. *Bürolärm*) und die serielle Position waren die messwiederholten Faktoren. Als abhängige Variable diente die Anzahl der richtig erinnerten Items (diejenigen Items, deren Identität und serielle Position richtig erinnert wurden), relativiert an der Anzahl der präsentierten Zahlen. Bei einer Stichprobe von $N = 200$ ($N_{\text{alt}} = 95$, $N_{\text{jung}} = 105$), $\alpha = .05$ ergibt sich für die Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung bei Annahme eines „mittelgroßen“ Effekts von $f = 0.25$ (gemäß den von Cohen, 1988, vorgeschlagenen Konventionen) eine Teststärke von $1 - \beta = .94^9$. Das Signifikanzniveau wurde für alle Analysen der vorliegenden Arbeit auf .05 festgelegt.

5.2 Ergebnisse

Den älteren Erwachsenen wurden die auditiven Distraktoren mit einem Schalldruck dargeboten, der zwischen 55 und 79 dB(A) interindividuell variierte, $Md = 70$ dB(A). Nur bei drei der älteren Erwachsenen wurden die Distraktoren mit dem maximalen Schalldruck präsentiert. Die statistischen Schlüsse, die weiter unten berichtet werden, änderten sich nicht, wenn die Daten dieser Personen nicht in die Auswertung einbezogen wurden. Bei den jüngeren Erwachsenen variierte der Schalldruck interindividuell zwischen 49 und 75 dB(A), $Md = 63$ dB(A). Ein *U*-Test bestätigte, dass

⁹ Die Teststärkeanalysen wurden mithilfe des Programms G•Power (Erdfelder, Faul & Buchner, 1996) durchgeführt.

die Distraktoren den älteren Erwachsenen signifikant lauter präsentiert wurden als den jüngeren Erwachsenen, $z = 8.64$, $p < .01$.

Abbildung 6 zeigt die Reproduktionsleistung in Form des Anteils korrekt erinnerter Items in Abhängigkeit von der Altersgruppe und der Distraktorbedingung über die seriellen Positionen hinweg. Eine $2 \times 2 \times 9$ -MANOVA mit Alter (*jung* vs. *alt*) als Gruppenfaktor und Distraktorbedingung (*Ruhe* vs. *Bürolärm*), sowie serielle Position als messwiederholte Faktoren zeigte signifikante Haupteffekte der Altersgruppe, $F(1,198) = 134.73$, $p < .01$, $\eta^2 = .41$, der Distraktorbedingung, $F(1,198) = 43.91$, $p < .01$, $\eta^2 = .18$, und der seriellen Position, $F(8,191) = 302.77$, $p < .01$, $\eta^2 = .93$. *Post-hoc-t*-Tests unter Verwendung der Bonferroni-Holm-Korrektur zur Absicherung gegen die Kumulation des α -Fehlers (Holm, 1979) zeigten, dass der *Irrelevant-Sound*-Effekt sowohl in der Gruppe der älteren Erwachsenen, $t(94) = 4.61$, $p < .01$, $\eta^2 = .18$, als auch in der Gruppe der jüngeren Erwachsenen, $t(104) = 4.79$, $p < .01$, $\eta^2 = .18$, signifikant war. Die hauptsächlich interessierende Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Distraktorbedingung war jedoch nicht signifikant, $F(1,198) = 0.03$, $p = .86$, $\eta^2 < .01$.

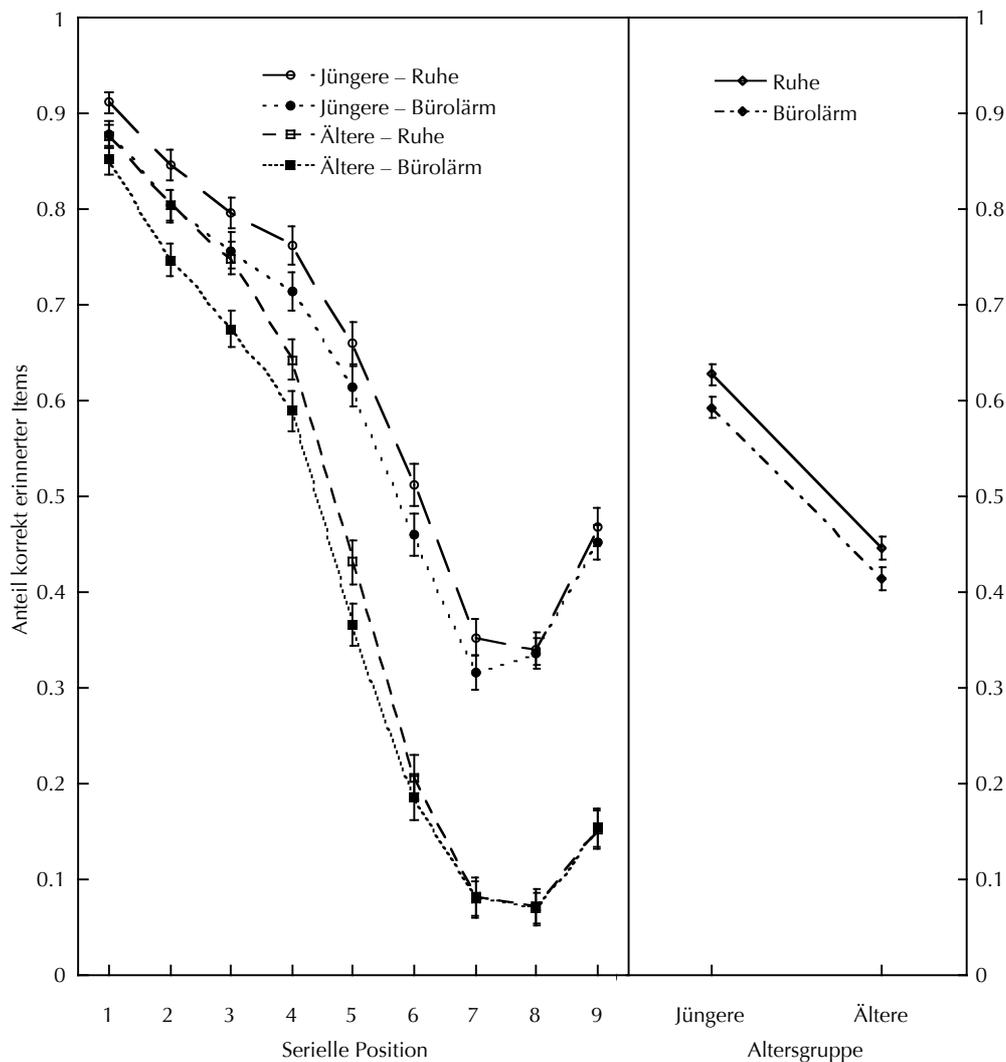


Abbildung 6: Anteil der korrekt erinnerten Items auf jeder seriellen Position und über die seriellen Positionen hinweg gemittelt als Funktion der Altersgruppe und der Distraktorbedingung in Experiment 1a. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte.

Die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der seriellen Position war signifikant, $F(8,191) = 16.44$, $p < .01$, $\eta^2 = .41$, wie auch die Interaktion zwischen der Distraktorbedingung und der seriellen Position, $F(8,191) = 2.46$, $p = .02$, $\eta^2 = .09$. Die Dreifach-Interaktion zwischen Altersgruppe, Distraktorbedingung und serieller Position war jedoch nicht signifikant, $F(8,191) = 1.27$, $p = .26$, $\eta^2 = .05$.

5.3 Diskussion

Das Befundmuster von Experiment 1a ist konsistent mit der verfügbaren Literatur (Beaman, 2005b; Belleville et al., 2003; Rouleau & Belleville, 1996). Beide Altersgruppen zeigten den *Irrelevant-Sound*-Effekt. Dieser Befund bestätigt, dass der *Irrelevant-*

Sound-Effekt ein robustes und leicht zu replizierendes Phänomen darstellt. Auch der altersbezogene Unterschied in der seriellen Reproduktion, der auf eine geringere Gedächtnisleistung der älteren im Vergleich zu den jüngeren zurückgeht, steht im Einklang mit der Literatur (z.B. Maylor, Vousden & Brown, 1999). Diese Beeinträchtigung des Arbeitsgedächtnisses würde die Inhibitionsdefizittheorie auf eine Beeinträchtigung der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle zurückführen. Der *Irrelevant-Sound*-Effekt, also die Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion durch die auditiven Distraktoren, unterschied sich zwischen den beiden Altersgruppen jedoch nicht. Das Ausmaß von altersbezogenen Unterschieden in der Arbeitsgedächtniskapazität war also unabhängig von der Präsenz von irrelevanten Reizen und der durch sie verursachten Interferenz im Arbeitsgedächtnis. Die Ergebnisse widersprechen der Annahme der Inhibitionsdefizittheorie, dass ältere Erwachsene im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen besonders anfällig für die durch irrelevante Reize verursachte Interferenz im Arbeitsgedächtnis sind.

Das Experiment stellt eine Replikation früherer Experimente (Beaman, 2005b; Belleville et al., 2003; Rouleau & Belleville, 1996) dar, die ebenfalls fanden, dass sich der *Irrelevant-Sound*-Effekt nicht zwischen älteren und jüngeren Erwachsenen unterschied. Die vorliegende Studie ergänzt diese Befunde, da sie zeigt, dass jüngere und ältere Erwachsene sich in der Anfälligkeit für die Beeinträchtigung durch auditive Distraktoren nicht unterschieden, obwohl das Experiment eine wesentlich größere Teststärke hatte als vorangegangene Studien und obwohl der Schalldruck der auditiven Distraktoren an die individuelle Hörfähigkeit der Versuchspersonen angepasst wurde. Zudem wurden die auditiven Distraktoren in Experiment 1a anders als in der Studie von Beaman (2005b) sowohl während der Enkodierung der relevanten Items als auch während des Behaltensintervalls präsentiert. Dass dennoch kein altersbezogener Unterschied in der Größe des *Irrelevant-Sound*-Effekts gefunden werden konnte, lässt darauf schließen, dass sich die Präsentation von auditiven Distraktoren bei älteren Erwachsenen nicht anders auf die Enkodierung der relevanten Items auswirkt als bei jüngeren.

6 Experiment 1b

Um zu zeigen, dass die Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekts höchstwahrscheinlich nicht nur ein Zufallsbefund darstellt, erschien es wichtig, den Befund von

Experiment 1a in einem weiteren Experiment zu replizieren. Mit einer veränderten Methode sollte ausgeschlossen werden, dass die Antwortmodalität eine wichtige Rolle für das Ausbleiben eines Altersunterschieds in der Interferenzanfälligkeit spielte. Aufgrund der bei älteren im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen geringeren Erfahrung in der Computernutzung bestand die Möglichkeit, dass die älteren Erwachsenen möglicherweise größere Schwierigkeiten bei der Eingabe der Zahlen in die Computertastatur hatten als jüngere Erwachsene. Um auszuschließen, dass diese Unterschiede im Umgang mit der Computertastatur einen Einfluss auf den *Irrelevant-Sound*-Effekt hatten, sollten die Versuchspersonen in Experiment 1b die Zahlen bei der Reproduktion laut aussprechen.

6.1 Methode

6.1.1 Versuchspersonen

Zweiundvierzig ältere Erwachsene (29 Frauen und 13 Männer) und 42 jüngere Erwachsene (22 Frauen und 20 Männer) wurden untersucht. Die Stichproben wurden wie in Experiment 1a rekrutiert. Das Alter der älteren Erwachsenen variierte zwischen 60 und 80 Jahren ($M = 68.2$, $SD = 5.3$). Das Alter der jüngeren Erwachsenen variierte zwischen 18 und 25 Jahren ($M = 23.3$, $SD = 1.7$).

Die Versuchspersonen benutzten, wenn nötig, während des Experiments eine Sehhilfe. Versuchspersonen, die ein Hörgerät benötigten, wurden dagegen von der Teilnahme am Experiment ausgeschlossen. Die älteren und die jüngeren Erwachsenen unterschieden sich nicht in Bezug auf ihre selbst eingeschätzte Hörfähigkeit, $\chi^2(3) = 0.98$, $p = .81$, und ihre selbst eingeschätzte Gesundheit, $\chi^2(3) = 4.38$, $p = .11$, aber sie unterschieden sich in Bezug auf ihre selbst eingeschätzte Sehfähigkeit, $\chi^2(3) = 19.09$, $p < .01$ (die älteren Erwachsenen waren in der Kategorie „sehr gut“ unterrepräsentiert und in der Kategorie „gut“ überrepräsentiert) und ihre allgemeine Lebenszufriedenheit, $\chi^2(3) = 6.62$, $p = .04$ (die älteren Erwachsenen waren in der Kategorie „zufrieden“ überrepräsentiert und in der Kategorie „unzufrieden“ unterrepräsentiert). Außerdem waren die älteren Erwachsenen weniger gut ausgebildet als die jüngeren Erwachsenen (von den älteren Erwachsenen hatten 31 Personen als höchsten Schulabschluss den Hauptschul- oder Volksschulabschluss, 7 Personen einen Realschulabschluss und 4 Personen das Abitur, während von den jüngeren Erwachsenen 2 Personen als höchsten

Schulabschluss den Realschulabschluss hatten und 40 Personen das Abitur). Schließlich zeigten *U*-Tests, dass die älteren Erwachsenen häufiger Medikamente nahmen, $z = 6.07$, $p < .01$, und eine geringere Sehfähigkeit hatten, $z = 6.92$, $p < .01$, als die jüngeren Erwachsenen.

6.1.2 Material, Ablauf und Design

Material, Ablauf und Design waren weitgehend identisch mit Experiment 1a. Es änderte sich allerdings die Antwortmodalität. Statt ihre Antworten in die Computertastatur einzutippen, sollten die Versuchspersonen die Zahlen, die sie erinnern konnten, laut aussprechen, sobald die Fragezeichen auf dem Bildschirm erschienen. Die Versuchspersonen hatten die Möglichkeit, mit „weiß nicht“ zu antworten, wenn sie Zahlen nicht mehr erinnern konnten. Die Zahlen wurden sofort durch die Versuchsleiterin (die das Maschineschreiben beherrschte) mittels Computertastatur eingegeben. Dadurch konnte gewährleistet werden, dass die Versuchspersonen das gleiche visuelle Feedback bekamen wie in Experiment 1a. Zusätzlich wurden die Antworten der Versuchspersonen auf Band aufgenommen, um die gespeicherten Antworten später mit Hilfe dieser Aufzeichnung zu validieren.

Bei einer Stichprobengröße von insgesamt $N = 84$ Versuchspersonen ($N_{\text{alt}} = 42$ und $N_{\text{jung}} = 42$) und einem α -Fehler-Niveau von .05 konnte eine Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Distraktorbedingung mit der Effektgröße $f = 0.4$ (ein „großer“ Effekt nach den Konventionen von Cohen, 1988) mit einer Teststärke von $1 - \beta = .95$ entdeckt werden.

6.2 Ergebnisse

Den älteren Erwachsenen wurden die auditiven Distraktoren mit einem Schalldruck dargeboten, der zwischen 66 und 79 dB(A) interindividuell variierte, $Md = 74$ dB(A). Bei den jüngeren Versuchspersonen variierte der Schalldruck der Distraktoren interindividuell zwischen 62 und 73 dB(A), $Md = 64$ dB(A). Ein *U*-Test bestätigte, dass die Distraktoren den älteren Erwachsenen signifikant lauter präsentiert wurden als den jüngeren Erwachsenen, $z = 7.40$, $p < .01$. In diesem Experiment konnte der Schalldruck der Distraktoren interindividuell nur zwischen einem minimalen Schalldruck von 62 dB(A) und einem maximalen Schalldruck von 79 dB(A) variieren. Insgesamt 9 ältere

Erwachsene und 13 jüngere Erwachsene erreichten diese Grenzwerte. Die statistischen Schlüsse, die im Folgenden berichtet werden, ändern sich nicht, wenn man diese Personen aus der Auswertung ausschließt.

Abbildung 7 zeigt die Reproduktionsleistung in Form des Anteils korrekt erinnerter Items in Abhängigkeit von der Altersgruppe und der Distraktorbedingung über die seriellen Positionen hinweg. Die Reproduktionsleistung war in beiden Altergruppen geringer als in Experiment 1a. Dieser Befund lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass das Aussprechen der erinnerten Items mit der seriellen Reproduktion interferierte. Dennoch ergab sich insgesamt ein sehr ähnliches Befundmuster wie in Experiment 1a; es zeigten sich signifikante Haupteffekte der Altersgruppe, $F(1,82) = 53.17$, $p < .01$, $\eta^2 = .39$, der Distraktorbedingung, $F(1,82) = 20.44$, $p < .01$, $\eta^2 = .20$, und der seriellen Position, $F(8,75) = 235.87$, $p < .01$, $\eta^2 = .96$. *Post-hoc-t-Tests* unter Verwendung der Bonferroni-Holm-Korrektur zur Absicherung gegen die Kumulation des α -Fehlers (Holm, 1979) zeigten, dass der *Irrelevant-Sound*-Effekt sowohl in der Gruppe der älteren Erwachsenen, $t(41) = 2.43$, $p = .01$, $\eta^2 = .13$, als auch in der Gruppe der jüngeren Erwachsenen, $t(41) = 3.83$, $p < .01$, $\eta^2 = .26$, signifikant war. Wie in Experiment 1a war die hauptsächlich interessierende Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Distraktorbedingung nicht signifikant, $F(1,82) = 2.59$, $p = .11$, $\eta^2 = .03$. Deskriptiv waren die älteren Erwachsenen sogar weniger anfällig für die Interferenz durch die auditiven Distraktoren als die jüngeren Erwachsenen.

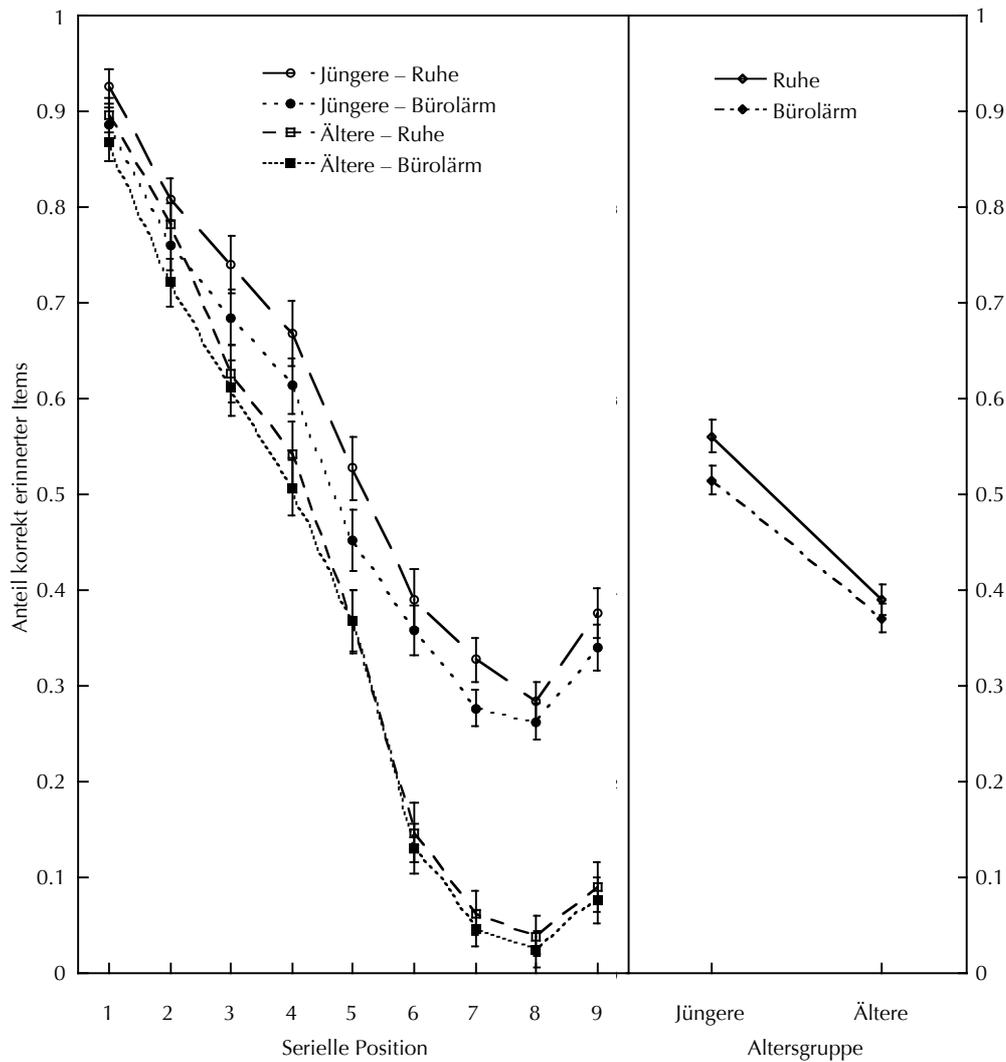


Abbildung 7: Anteil der korrekt erinnerten Items auf jeder seriellen Position und über die seriellen Positionen hinweg gemittelt als Funktion der Altersgruppe und der Distraktorbedingung in Experiment 1b. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte.

Die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der seriellen Position war signifikant, $F(8,75) = 5.63$, $p < .01$, $\eta^2 = .38$, aber die Interaktion zwischen der Distraktorbedingung und der seriellen Position, $F(8,75) = 0.69$, $p = .70$, $\eta^2 = .07$, und die Dreifach-Interaktion zwischen Altersgruppe, Distraktorbedingung und serieller Position waren nicht signifikant, $F(8,75) = 0.75$, $p = .65$, $\eta^2 = .07$.

6.3 Diskussion

In Experiment 1b konnten die Ergebnisse von Experiment 1a repliziert werden. Das Befundmuster selbst, aber auch die Effektgrößen der Haupteffekte der Altersgruppe, Distraktorbedingung und seriellen Position waren den in Experiment 1a gefundenen

sehr ähnlich. Beide Experimente zeigen deutlich, dass sich der *Irrelevant-Sound*-Effekt von jüngeren und älteren Erwachsenen nicht unterschied, obwohl der Schalldruck der auditiven Distraktoren an die Hörfähigkeit der Versuchspersonen angepasst wurde. Darüber hinaus zeigten in beiden Experimenten die älteren Erwachsenen deskriptiv sogar einen etwas kleineren *Irrelevant-Sound*-Effekt als die jüngeren Erwachsenen.

Eine mögliche konfundierte Variable stellt in Experiment 1b das Ausbildungsniveau der Versuchspersonen dar. Die älteren Erwachsenen hatten insgesamt eine geringere Schulbildung als die jüngeren Erwachsenen. Das beeinträchtigt die Interpretierbarkeit der Ergebnisse in Bezug auf die Inhibitionsdefizittheorie aber nicht, da angenommen wird, dass eine gute Schulbildung – wenn sie denn überhaupt einen Einfluss hat – eher einen Schutz gegen die altersbezogenen Veränderungen darstellt (z.B. Zacks & Hasher, 1997). Man würde also aufgrund der Inhibitionsdefizittheorie erwarten, dass ältere Erwachsene mit geringer Schulbildung noch anfälliger für die Präsenz von irrelevanten Informationen sind als Erwachsene. Diese Annahmen stehen allerdings im Widerspruch zu den Ergebnissen des vorliegenden Experiments: Auch die Erwachsenen mit einer eher geringen Schulbildung zeigten im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen *keine* erhöhte Sensitivität für irrelevante auditive Informationen.

Aus anderen Besonderheiten des methodischen Vorgehens ergeben sich allerdings möglicherweise Probleme in Bezug auf die Interpretation der Ergebnisse. Die Experimente 1a und 1b entsprachen typischen Experimenten im *Irrelevant-Sound*-Paradigma (Salamé & Baddeley, 1982, 1989), bei welchen häufig neun Zahlen erinnert werden sollten. Diese Anzahl überschritt höchstwahrscheinlich die Zahlenspanne der Versuchspersonen. Diesem methodischen Vorgehen liegt die Überlegung zugrunde, dass Versuchspersonen, die eine große Anzahl von Items im Arbeitsgedächtnis aufrechterhalten müssen, keine freien Ressourcen für die auditiven Distraktoren übrig haben. Die Wahrscheinlichkeit, dass Deckeneffekte die Interpretierbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigen, ist daher gering. Auf der anderen Seite birgt das Vorgehen die Gefahr, dass Bodeneffekte Altersunterschiede in der Anfälligkeit für auditive Ablenkung maskiert haben könnten. Beispielsweise war die Leistung der älteren Erwachsenen in den Experimenten 1a und 1b im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen drastisch reduziert, besonders ausgeprägt war dieser Leistungsunterschied für die Items, die am Ende einer Sequenz präsentiert wurden. Gleichzeitig war für diese Items am

Ende der Sequenzen auch der Unterschied zwischen der Bürolärm- und der Ruhebedingung reduziert. Es ist möglich, dass die älteren Erwachsenen deswegen keinen ausgeprägteren Leistungsabfall aufgrund der auditiven Distraktoren zeigten, weil ihre Reproduktionsleistung bereits ohne ablenkende Stimuli minimal war, so dass keine weitere Leistungsbeeinträchtigung möglich war.

Außerdem besteht die Gefahr, dass die Aufgabe ohne eine Anpassung der Aufgabenschwierigkeit an die Zahlenspanne für ältere Versuchspersonen eine grundlegend andere als für jüngere Versuchspersonen ist. Es gibt Befunde, die nahe legen, dass die Größe des *Irrelevant-Sound*-Effekts abnimmt, wenn die Arbeitsgedächtnisbelastung sehr hoch ist (d.h. wenn die zu erinnernden Sequenzen sehr lang sind). Der Grund dafür ist möglicherweise ein Wechsel der dominanten Gedächtnisstrategie, wenn die Anzahl der zu erinnernden Items die Gedächtnisspanne der Versuchspersonen überschreitet (Baddeley, 2000b; Beaman & Jones, 1997, 1998). Das könnte als problematisch angesehen werden, wenn man annimmt, dass die Versuchspersonen bei hoher Arbeitsgedächtnisbelastung eine Strategie anwenden, die weniger anfällig für die Interferenz durch auditive Distraktoren ist. Beispielsweise beobachteten Salamé und Baddeley (1986), dass der phonologische Ähnlichkeitseffekt¹⁰ bei Listen von acht oder mehr Items verschwindet. Das wurde innerhalb des modularen Arbeitsgedächtnismodells damit erklärt, dass bei steigender Schwierigkeit der seriellen Reproduktion die Speicherung der Items in der phonologischen Schleife ineffektiv ist und deswegen aufgegeben wird. Es wird behauptet, dass die Versuchspersonen stattdessen auf ein anderes Gedächtnissystem (beispielsweise auf den episodischen Zwischenspeicher) ausweichen, das weniger anfällig für Interferenz durch auditive Distraktoren ist (Baddeley, 2000b). Beaman und Jones (1997; 1998) treffen ähnliche Vorhersagen auf der Basis des *O-OER*-Modells – auch sie erwarten, dass die Versuchspersonen bei steigender Schwierigkeit der seriellen Reproduktion eine Gedächtnisstrategie

¹⁰ Der phonologische Ähnlichkeitseffekt bezeichnet eine Reduktion der Gedächtnisleistung bei der seriellen Reproduktion von Sequenzen phonologisch ähnlicher Items (wie z.B. „B, G, T, C, P, D“) im Vergleich zu der seriellen Reproduktion von Sequenzen phonologisch unähnlicher Items (wie z.B. „Q, Z, H, J, X, V“). Innerhalb des modularen Arbeitsgedächtnismodells wird der phonologische Ähnlichkeitseffekt als Hinweis darauf angesehen, dass das zu erinnernde Material in dem phonologischen Speicher abgelegt wurde. Entsprechend wird das Ausbleiben des phonologischen Ähnlichkeitseffekts als Hinweis darauf angesehen, dass das zu erinnernde Material in einer anderen Speichereinheit (dem episodischen Zwischenspeicher oder dem visuell-räumlichen Notizblock) abgelegt wurde (Baddeley, 1997, 2000b, 2002; Salamé & Baddeley, 1986).

verwenden, die weniger anfällig für den *Irrelevant-Sound*-Effekt ist. Träfe ein Argument dieser Art zu, könnte das zu der paradoxen Situation führen, dass Personen mit geringer Arbeitsgedächtniskapazität weniger anfällig für die Störung durch irrelevante Schalle sind. Letztendlich erschwert diese Möglichkeit die Interpretation der Experimente 1a und 1b. In einer weiteren Replikation von Experiment 1a wurde daher die Aufgabenschwierigkeit der seriellen Reproduktion für beide Gruppen an die Zahlenspanne angepasst.

7 Experiment 2

7.1 Methode

7.1.1 Versuchspersonen

Die Versuchspersonen wurden wie in Experiment 1a und 1b rekrutiert. Es nahmen 45 ältere Erwachsene (38 Frauen, 7 Männer) im Alter von 60 bis 80 Jahren ($M = 67.8$; $SD = 5.6$) und 46 junge Erwachsene (30 Frauen, 16 Männer) im Alter von 17 bis 30 Jahren ($M = 23.9$; $SD = 3.4$) an der Studie teil. Wenn notwendig, korrigierten die Versuchspersonen ihre Sehkraft mit einer Sehhilfe. Personen, die einen Hörfehler hatten, der das Tragen eines Hörgeräts notwendig machte, durften nicht an der Studie teilnehmen. Die älteren und die jüngeren Versuchspersonen unterschieden sich nicht in ihrer selbst eingeschätzten Sehfähigkeit, $\chi^2(3) = 2.75$, $p = .25$, aber sie unterschieden sich in ihrer selbst eingeschätzten Hörfähigkeit, $\chi^2(3) = 6.92$, $p = .03$ (die älteren Versuchspersonen waren in der Kategorie „sehr gut“ unterrepräsentiert) und ihrer selbst eingeschätzten Gesundheit, $\chi^2(3) = 17.14$, $p < .01$ (die älteren Versuchspersonen waren in der Kategorie „sehr gut“ unterrepräsentiert und in der Kategorie „schlecht“ überrepräsentiert), zudem schienen die älteren Versuchspersonen geringfügig zufriedener mit ihrem Leben zu sein; dieser Unterschied verfehlte allerdings knapp die Signifikanzgrenze, $\chi^2(3) = 5.88$, $p = .05$. Außerdem hatten die älteren Erwachsenen eine schlechtere Schulbildung als die jüngeren Erwachsenen (von den älteren Erwachsenen hatten 13 Personen als höchsten Schulabschluss den Hauptschul- oder Volksschulabschluss, 17 Personen einen Realschulabschluss und 13 das Abitur, während von den jüngeren Erwachsenen eine Person als höchsten Schulabschluss den Realschulabschluss hatte und 45 Personen das Abitur). Schließlich zeigten *U*-Tests, dass die älteren Versuchspersonen mehr Medikamente einnahmen, $z = 5.48$, $p < .01$

und im Sehtest eine geringere Sehfähigkeit aufwiesen, $z = 4.35$, $p < .01$, als die jüngeren Versuchspersonen.

7.1.2 Material

Das Versuchsmaterial war identisch zu dem in den Experimenten 1a und 1b verwendeten mit den folgenden Ausnahmen: Für den Zahlenspannentest, der dem eigentlichen Experiment voranging, wurden zusätzliche Zahlensequenzen erstellt, die zwischen zwei und 18 Zahlen enthielten. Für jede Sequenz wurden zufällig Zahlen von eins bis neun ausgewählt mit der zusätzlichen Restriktion, dass zwei in der Sequenz benachbarte Zahlen nicht identisch waren. Die Länge der Sequenzen wurde nach jeder vierten Sequenz einer bestimmten Länge um eine Zahl erhöht. Die Auswahl der Zahlen und ihre Präsentation waren in dem Zahlenspannentest und in der darauf folgenden Testphase des eigentlichen Experiments identisch. Im eigentlichen Experiment entsprach die Länge der zu erinnernden Sequenzen der Zahlenspanne der jeweiligen Versuchsperson. Als Zahlenspanne war diejenige Anzahl von Zahlen definiert, welche die Versuchsperson im Zahlenspannentest in mindestens der Hälfte der Durchgänge vollständig korrekt reproduzieren konnte.

7.1.3 Ablauf

Vor dem eigentlichen Experiment wurde die Zahlenspanne der Versuchspersonen erfasst. Bis auf die Länge der Zahlensequenzen entsprach der Ablauf des Zahlenspannentests der Ruhebedingung des eigentlichen Experiments. Der Zahlenspannentest begann mit Sequenzen, die zwei Zahlen enthielten. Die Länge der Sequenzen wurde nach jedem vierten Durchgang um eine Zahl erhöht. Vor jedem Block von Sequenzen der gleichen Länge wurden die Versuchspersonen darüber informiert, wie viele Zahlen sie sich in den folgenden vier Durchgängen merken sollten. Der Test wurde abgebrochen, wenn die Versuchspersonen weniger als zwei der vier Sequenzen eines Blocks korrekt erinnern konnten. Eine Sequenz galt nur dann als korrekt erinnert, wenn alle Zahlen in der richtigen Reihenfolge erinnert wurden. Die Zahlenspanne war demnach definiert als größte Anzahl von Zahlen, die in 50 % der Durchgänge korrekt erinnert werden konnte.

Nach dem Abschluss des Zahlenspannentests begann das eigentliche Experiment. Der Versuchsablauf war identisch zu dem von Experiment 1a, außer dass die Sequenzlänge

der zu erinnernden Zahlensequenzen der individuellen Zahlenspanne der Versuchspersonen entsprach.

7.1.4 Design

Es wurde ein 2×2 -faktorielles Versuchsdesign mit dem zweistufigen quasiexperimentellen Faktor Altersgruppe (*jung* vs. *alt*) und dem zweistufigen messwiederholten Faktor Distraktorbedingung (*Ruhe* vs. *Bürolärm*) verwendet. Die abhängige Variable war die Reproduktionsleistung, gemessen durch die Anzahl in der richtigen seriellen Position erinnerter Zahlen, relativiert an der Anzahl der präsentierten Zahlen. Bei einer Stichprobengröße von insgesamt $N = 91$ Versuchspersonen ($N_{\text{alt}} = 45$, $N_{\text{jung}} = 46$) und einem α -Fehler-Niveau von .05, konnte eine Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Distraktorbedingung der Größe $f = 0.4$ (ein „großer“ Effekt nach den Konventionen von Cohen, 1988) mit einer Wahrscheinlichkeit von $1 - \beta = .97$ gefunden werden.

7.2 Ergebnisse

Den älteren Erwachsenen wurden die auditiven Distraktoren mit einem Schalldruck dargeboten, der zwischen 62 und 79 dB(A) interindividuell variierte, $Md = 70$ dB(A). Vier der älteren Erwachsenen bekamen die Distraktoren mit dem maximalen Schalldruck präsentiert. Die statistischen Schlüsse, die weiter unten berichtet werden, ändern sich nicht, wenn diese Personen aus der Analyse ausgeschlossen werden. Bei den jüngeren Versuchspersonen variierte der Schalldruck der Distraktoren interindividuell zwischen 51 und 70 dB(A), $Md = 59$ dB(A). Ein U -Test bestätigte, dass die Distraktoren den älteren Erwachsenen signifikant lauter präsentiert wurden als den jüngeren Erwachsenen, $z = 7.59$, $p < .01$.

Die Zahlenspanne variierte interindividuell von 3 bis 10 Zahlen in der Gruppe der älteren Erwachsenen und von 4 bis 10 Zahlen in der Gruppe der jüngeren Erwachsenen. Die mittlere Zahlenspanne der älteren war mit 5.5 Zahlen ($SD = 1.3$) geringer als die der jüngeren Erwachsenen, die durchschnittlich 6.6 Zahlen ($SD = 1.2$) erinnern konnten. Dieser Unterschied war signifikant, $t(89) = 4.24$, $p < .01$, $\eta^2 = .41$.

Abbildung 8 zeigt die Leistung der beiden Altersgruppen in der seriellen Reproduktion in den Distraktorbedingungen. Es wurde eine 2×2 -faktorielle messwiederholte MANOVA mit Altersgruppe (*jung* vs. *alt*) als Gruppenfaktor und Distraktorbedingung

(*Ruhe* vs. *Bürolärm*) als messwiederholter Faktor gerechnet. Der Haupteffekt der Altersgruppe war nicht signifikant, $F(1,89) = 0.01$, $p = .94$, $\eta^2 < .01$, was auf eine erfolgreiche Anpassung der Aufgabenschwierigkeit an die Gedächtniskapazität hindeutet. Der *Irrelevant-Sound*-Effekt war hingegen sogar stärker ausgeprägt als in den Experimenten 1a und 1b, $F(1,89) = 49.62$, $p < .01$, $\eta^2 = .36$. Dieser Befund bestärkt zunächst einmal den Verdacht, dass altersspezifische Bodeneffekte und/oder ein Wechsel der *Rehearsal*-Strategie den *Irrelevant-Sound*-Effekt in den vorausgehenden Experimenten potentiell abgeschwächt haben könnten.

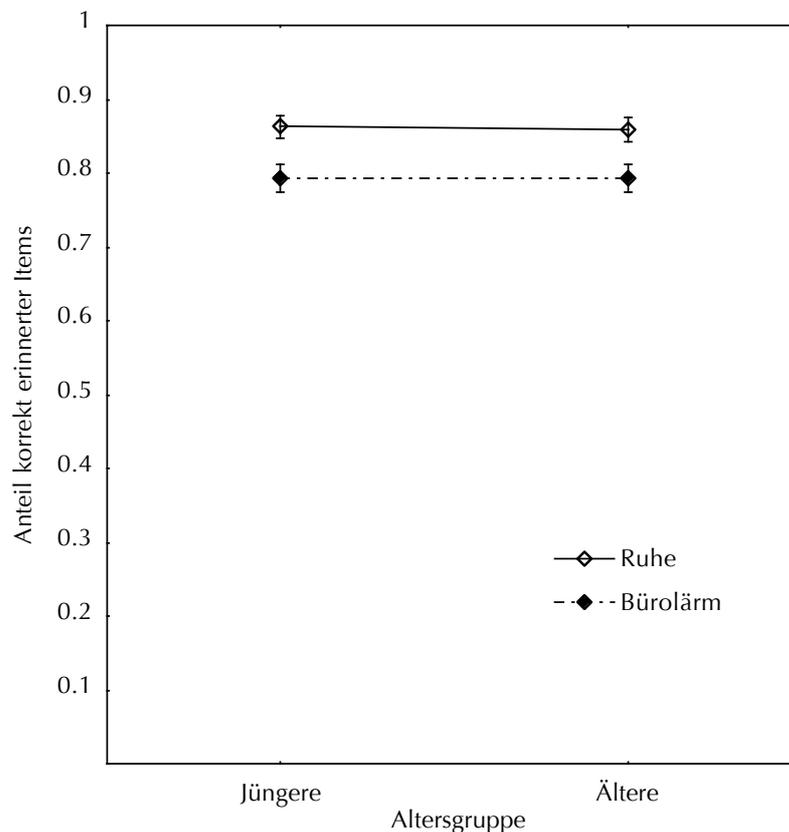


Abbildung 8: Anteil der korrekt erinnerten Items als Funktion der Altersgruppe und der Distraktorbedingung in Experiment 2. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte.

Die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Distraktorbedingung war jedoch wie in den vorausgehenden Experimenten nicht signifikant, $F(1,98) = 0.38$, $p = .54$, $\eta^2 < .01$. Die älteren Erwachsenen waren durch die auditiven Distraktoren *nicht* stärker

beeinträchtigt als die jüngeren Erwachsenen. *Post-hoc-t-Tests* unter Verwendung der Bonferroni-Holm-Korrektur zur Absicherung gegen die Kumulation des α -Fehlers (Holm, 1979) bestätigten, dass der *Irrelevant-Sound*-Effekt sowohl in der Gruppe der älteren Erwachsenen, $t(44) = 4.42$, $p < .01$, $\eta^2 = .31$, als auch in der Gruppe der jüngeren Erwachsenen, $t(45) = 5.58$, $p < .01$, $\eta^2 = .41$, signifikant war.

7.3 Diskussion

Die Ergebnisse von Experiment 2 bestätigen einmal mehr, dass ältere und jüngere Erwachsene im *Irrelevant-Sound*-Paradigma durch auditive Distraktoren in gleichem Ausmaß beeinträchtigt werden. Dieses Ergebnis wurde repliziert, obwohl in diesem Experiment erstens altersbezogene Unterschiede in der Hörfähigkeit berücksichtigt wurden und zweitens die Schwierigkeit der seriellen Reproduktion an die Zahlenspanne der Versuchspersonen individuell angepasst wurde. Das Ausbleiben eines signifikanten Altersunterschieds in dem Anteil korrekt erinnelter Items weist darauf hin, dass die Anpassung an die Zahlenspanne erfolgreich war. Die Schwierigkeit der Gedächtnisaufgabe unterschied sich demnach zwischen den Altersgruppen nicht. Daher ist es unwahrscheinlich, dass Bodeneffekte oder Unterschiede in der Gedächtnisstrategie aufgrund von unterschiedlichen Aufgabenanforderungen in diesem Experiment einen altersspezifischen Einfluss auf den *Irrelevant-Sound*-Effekt hatten.

Die Altersunterschiede in der Zahlenspanne replizieren zunächst einmal die altersbezogenen Unterschiede in der Gedächtnisleistung, die in Experiment 1a und 1b in der seriellen Reproduktion gefunden wurden. Außerdem steht dieser Befund im Einklang mit den Ergebnissen einer Metaanalyse, in der reliable Altersunterschiede in einfachen Spannenaufgaben gefunden wurden (Verhaeghen & Marcoen, 1993). Wie in den vorausgehenden Experimenten kann die fehlende Interferenzanfälligkeit der älteren Erwachsenen nicht darauf zurückgeführt werden, dass die älteren Erwachsenen generell keine altersbedingte Reduktion kognitiver Fähigkeiten zeigten (z.B. aufgrund der Selektion einer besonders „vitalen“ Gruppe älterer Erwachsener), da sie sich deutlich von den jüngeren Erwachsenen in der Gedächtnisspanne unterschieden.

8 Zusammenfassende Diskussion der Experimente 1a, 1b und 2

Die Experimente 1a, 1b und 2 zeigten ein klares und konsistentes Befundmuster. Erstens zeigten ältere Erwachsene eine geringere Leistung als jüngere Erwachsene sowohl in der seriellen Reproduktionsaufgabe in den Experimenten 1a und 1b als auch in dem Zahlenspannentest in Experiment 2. Zweitens zeigte sich eine deutliche und robuste Beeinträchtigung der seriellen Reproduktion durch Bürolärm. Drittens war diese Beeinträchtigung in beiden Altersgruppen gleich. Die vorliegenden Befunde replizieren somit die auch in anderen Studien (Beaman, 2005b; Belleville et al., 2003; Rouleau & Belleville, 1996) beobachtete Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekts im Erwachsenenalter. Ein Altersunterschied in der Interferenzanfälligkeit blieb aus, obwohl die Experimente eine größere Teststärke hatten als die vorausgehenden Studien. Des Weiteren wurde der Schalldruck der irrelevanten auditiven Distraktoren individuell an die Hörfähigkeit der Versuchspersonen angepasst. Es ist also unwahrscheinlich, dass das Ausbleiben einer signifikanten Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Distraktorbedingung darauf zurückgeht, dass sensorische Defizite eine erhöhte Interferenzanfälligkeit der älteren Erwachsenen maskierten. In Experiment 2 wurde die Anzahl der zu erinnernden Items individuell an die Zahlenspanne der Versuchspersonen angepasst. Als Folge dieser Anpassung wurde die Aufgabenschwierigkeit über die Altersgruppen hinweg gleichgesetzt. Daher wird die Interpretation dieser Daten nicht durch die Möglichkeit von Bodeneffekten erschwert. Gleichzeitig schließt dieses Vorgehen altersspezifische Unterschiede in Gedächtnisstrategien aus, die möglicherweise auftreten, wenn sich die Schwierigkeit der seriellen Reproduktionsaufgabe zwischen den älteren und den jüngeren Versuchspersonen unterscheidet.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die älteren Erwachsenen im Vergleich mit jüngeren Erwachsenen *keine* erhöhte Anfälligkeit für den *Irrelevant-Sound*-Effekt zeigten. Nun könnte man vermuten, dass dieses Ergebnis auf eine verhältnismäßig jüngere Untergruppe der älteren Erwachsenen zurückgeht, die gut erhaltene Inhibitionsfunktionen zeigen, während sehr alte Erwachsene möglicherweise doch stärker durch die auditiven Distraktoren beeinträchtigt sind. Um diese Möglichkeit zu überprüfen, wurden die Daten der Experimente 1a, 1b und 2 nochmals ausgewertet,

allerdings wurden nur diejenigen Erwachsenen in diese Auswertungen einbezogen wurden, deren Alter über dem Median des Alters der Gruppe der älteren Erwachsenen lag. Bei den relevanten Vergleichen resultierten diese zusätzlichen Auswertungen in Bezug auf die relevanten Vergleiche in denselben statistischen Schlüssen wie die erste Auswertung (die Ergebnisse werden in Anhang A ausführlich beschrieben).

Insgesamt sprechen die Ergebnisse gegen eine erhöhte Interferenzanfälligkeit im höheren Lebensalter. Diese Interpretation ist konsistent mit einer zunehmenden Anzahl von Befunden, die für erhaltene inhibitorische Funktionen im höheren Lebensalter sprechen. Beispielsweise zeigt eine beachtliche Menge an Studien, dass *Negative-Priming*-Effekte sich nicht zwischen älteren und jüngeren Erwachsenen unterscheiden (Buchner & Mayr, 2004; Gamboz et al., 2002; Verhaeghen & De Meersman, 1998a). Die Inhibitionsdefizittheorie wird zudem durch Belege für erhaltene inhibitorische Funktionen im höheren Lebensalter in vielen Aspekten der kognitiven Informationsverarbeitung, einschließlich Sprachverständnis, Gedächtnis und Aufmerksamkeit in Frage gestellt (für Überblicksarbeiten siehe Burke, 1997 ; McDowd, 1997).

Es gäbe allerdings eine Möglichkeit, die Ergebnisse der Experimente 1a, 1b und 2 mit der Annahme eines globalen Inhibitionsdefizits im höheren Lebensalter zu versöhnen. Man könnte argumentieren, dass der *Irrelevant-Sound*-Effekt nicht inhibitorischer Kontrolle unterliegt. Tatsächlich geht weder das modulare Arbeitsgedächtnismodell (Baddeley, 1997; Baddeley & Hitch, 1974) noch das *O-OER*-Modell (Jones, 1993) notwendigerweise davon aus, dass Aufmerksamkeitsmechanismen einen Einfluss auf den *Irrelevant-Sound*-Effekt ausüben. Allerdings sprechen neuere Befunde für eine Beteiligung von Aufmerksamkeitsmechanismen am *Irrelevant-Sound*-Effekt (Buchner & Erdfelder, 2005; Buchner et al., in press; Buchner et al., 2004); neurophysiologische Untersuchungen unterstützen dies (Campbell et al., 2005; Campbell et al., 2003; Gisselgård et al., 2003; Valtonen et al., 2003; Weisz & Schlittmeier, 2006). Auch der Befund, dass andere Populationen mit einer im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen reduzierten inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle einen erhöhten *Irrelevant-Sound*-Effekt zeigen, sprechen für einen bedeutsamen Beitrag von inhibitorischen Aufmerksamkeitsprozessen im *Irrelevant-Sound*-Paradigma (Elliott, 2002; Elliott & Cowan, 2005).

Abgesehen davon ist es eine zentrale Aussage der Inhibitionsdefizittheorie, dass Inhibition eine wichtige Rolle in allen Paradigmen spielt, in denen irrelevante Informationen ignoriert werden müssen (z.B. Zacks & Hasher, 1994). Die kurzfristige Aufrechterhaltung von kurzen Sequenzen von Zahlen ist eine Aufgabe, von der angenommen wird, dass sie von Arbeitsgedächtnisfunktionen abhängt. Die Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Erwachsenen sowohl in der seriellen Reproduktion (in Experiment 1a und 1b) als auch in der Zahlenspanne (in Experiment 2) spiegeln folglich altersbezogene Unterschiede in der Funktionsfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses wider. Nach der Inhibitionsdefizittheorie werden altersbezogene Unterschiede in der Arbeitsgedächtniskapazität, wie sie unter anderem in einer Vielzahl von Gedächtnisspannungsaufgaben widergespiegelt wird, auf eine erhöhte Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener zurückgeführt (z.B. Lustig, May & Hasher, 2001). Dies wird üblicherweise damit belegt, dass Manipulationen, welche die Interferenz durch irrelevante Informationen in einer bestimmten Aufgabe reduzieren, Altersunterschiede in diesen Aufgaben abschwächen oder zum Verschwinden bringen. Umgekehrt sollten Manipulationen, welche die Interferenz durch irrelevante Informationen im Arbeitsgedächtnis erhöhen, altersbezogene Unterschiede erhöhen. Die vorliegenden Befunde zeigen jedoch altersbezogene Unterschiede in Arbeitsgedächtnisleistungen, die unabhängig von der Interferenz durch auditive Distraktoren sind. Die Befunde sind demnach inkonsistent mit der Behauptung der Inhibitionsdefizittheorie, dass ältere Erwachsene anfälliger für die Interferenz durch aufgabenirrelevante Umweltreize sind (z.B. Lustig & Hasher, 2001).

Eine weitere Möglichkeit, die vorhandenen Ergebnisse in die Literatur zu integrieren, ohne die Annahme von defizitären inhibitorischen Aufmerksamkeitsprozessen im höheren Lebensalter ganz aufzugeben, wäre die Annahme, dass es verschiedene inhibitorische Systeme gibt, die unterschiedlich sensitiv für Veränderungen im höheren Lebensalter sind. Die Existenz unterschiedlich alterssensitiver Inhibitionsmechanismen wurde auch aufgrund von Befunden zum negativen Priming vorgeschlagen (Connelly & Hasher, 1993). Rouleau und Belleville (1996) nahmen Bezug auf diese Befunde, als sie vorschlugen, dass das Ausbleiben der Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung im *Irrelevant-Sound*-Paradigma möglicherweise darauf zurückzuführen sei, dass die „phonologische“ Inhibition bei älteren Erwachsenen intakt wäre

und nur die „semantische“ Inhibition im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen beeinträchtigt. Diese Annahme könnte das Ausbleiben von Alterseffekten im *Irrelevant-Sound*-Paradigma erklären, wenn man voraussetzt, dass nur phonologische, nicht aber semantische Eigenschaften der Distraktoren die Leistungsbeeinträchtigung im *Irrelevant-Sound*-Paradigma verursachen. Im Wesentlichen würde eine modifizierte Version der Inhibitionsdefizittheorie also annehmen, dass sich das Inhibitionsdefizit auf die Unterdrückung von semantischen, bedeutungshaltigen Informationen bei der Bearbeitung einer semantischen Aufgabe beschränkt.

Diese modifizierte Version der Inhibitionsdefizittheorie würde zu Ergebnissen in anderen experimentellen Paradigmen passen, die darauf hindeuten, dass die Wahrscheinlichkeit, Altersunterschiede in Interferenzanfälligkeit zu finden, steigt, wenn die Distraktoren bedeutungshaltig sind. Beispielsweise zeigen Befunde, dass ältere Erwachsene im Gegensatz zu jüngeren Erwachsenen durch einen gesprochenen Distraktortext in der Muttersprache mehr in ihrer Erinnerung an eine gehörte relevante Nachricht beeinträchtigt sind als durch einen Distraktortext in einer unvertrauten Fremdsprache oder durch weißes Rauschen (Tun et al., 2002). Außerdem sind ältere Erwachsene durch geschriebene Distraktorwörter besonders dann stärker als jüngere Erwachsene beeinträchtigt, wenn die Distraktorwörter bedeutungsvoll und semantisch auf den Text bezogen sind (Carlson et al., 1995; Connelly et al., 1991; Li et al., 1998). Man könnte sich somit fragen, ob das Ausbleiben von altersbezogenen Unterschieden im *Irrelevant-Sound*-Effekt auf die fehlende semantische Interferenz im *Irrelevant-Sound*-Paradigma zurückzuführen ist.

9 Der Effekt bedeutungshaltiger irrelevanter Sprache auf das Textgedächtnis

Der „klassische“ *Irrelevant-Sound*-Effekt ist von dem Ausmaß des Bedeutungsgehalts der auditiven Distraktoren unabhängig (Buchner et al., 1996; Jones & Macken, 1993, 1995c; Jones, Miles & Page, 1990; Tremblay et al., 2000). Beispielsweise fanden Jones und Kollegen, dass vorwärts abgespielte Sprache und rückwärts abgespielte Sprache die serielle Reproduktion gleichermaßen beeinträchtigen. Aufgaben, welche die Analyse von Bedeutung erfordern, beispielsweise das Korrekturlesen oder die sofortige Textreproduktion, sind allerdings für eine andere Art von Interferenz durch auditive

Distraktoren anfällig, die von den semantischen Eigenschaften der auditiven Distraktoren bestimmt wird (Banbury & Berry, 1998; Banbury et al., 2001; Jones et al., 1990; Martin, Wogalter & Forlano, 1988; Oswald, Tremblay & Jones, 2000). So zeigten Martin et al., dass das Textverständnis, das durch *Multiple-Choice*-Fragen erhoben wurde, nur durch bedeutungsvolle Sprache beeinträchtigt wurde, nicht aber durch weißes Rauschen, Instrumentalmusik oder zufällige Tonsequenzen. Semantische Eigenschaften der auditiven Distraktoren können aber auch einen Einfluss auf die Beeinträchtigung der sofortigen Reproduktion von Wortlisten haben, wenn semantisch assoziierte Wörter statt zusammenhanglose Zahlen erinnert werden sollen (Neely & LeCompte, 1999). Aufgrund der Bedeutung der semantischen Eigenschaften der auditiven Distraktoren für die Störwirkung könnte man diesen Effekt als „semantischen *Irrelevant-Speech*-Effekt“ bezeichnen.

Die Existenz des semantischen *Irrelevant-Speech*-Effekts ist allerdings umstritten. Manche Studien zeigen keine von semantischen Eigenschaften des Distraktormaterials bestimmte Beeinträchtigung des Korrekturlesens oder des Textgedächtnisses (Baddeley, Eldridge & Lewis, 1981; Banbury & Berry, 1998; Boyle & Coltheart, 1996; Collins Eiland, Dansereau, Brooks & Holley, 1986; Hygge, Boman & Enmarker, 2003; Kjellberg & Skoldstrom, 1991; Smith, 1985). In vielen dieser Studien wurde der semantische Inhalt der auditiven Distraktoren jedoch nicht direkt manipuliert; manche verwenden auch nicht-sprachliches Material als auditives Distraktormaterial. Außerdem unterscheidet sich das methodische Vorgehen zwischen verschiedenen Studien sehr stark und man kann nicht ausschließen, dass der semantische *Irrelevant-Speech*-Effekt möglicherweise nur deshalb nicht gefunden wurde, weil die Korrekturleseleistung oder die Gedächtnisleistung mit unreliablen Maßen erhoben wurden.

In Bezug auf eine mögliche Beeinträchtigung der sofortigen Reproduktion von zusammenhängenden Texten durch die semantischen Eigenschaften von auditivem Distraktormaterial würden das modulare Arbeitsgedächtnismodell und das Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell unterschiedliche Vorhersagen treffen. Das modulare Arbeitsgedächtnismodell nimmt an, dass die sofortige Textreproduktion erfordert, dass Konzepte im Langzeitgedächtnis aktiviert und in eine neue episodische Struktur integriert werden. Diese episodische Struktur wird in den vom Langzeitgedächtnis getrennten episodischen Zwischenspeicher eingespeist und durch aufmerksamkeitsbe-

grenzte exekutive Prozesse aufrechterhalten. Das führt zu der Speicherung und Konsolidierung der neuen Repräsentation im Langzeitgedächtnis (Baddeley, 2000a, 2002; Baddeley & Wilson, 2002). Eine mögliche Beeinträchtigung der sofortigen Textreproduktion durch auditive Distraktoren wäre problematisch für das modulare Arbeitsgedächtnismodell, weil der „klassische“ *Irrelevant-Sound*-Effekt über einen obligatorischen Zugang von auditiven Informationen zum phonologischen Speicher erklärt wird (Baddeley, 2000b, 2003; Salamé & Baddeley, 1982, 1986, 1989). Die Speicherung von Informationen im episodischen Zwischenspeicher wird – nach dem modularen Arbeitsgedächtnismodell – hingegen nicht durch irrelevante Schalle beeinträchtigt (Norris, Baddeley & Page, 2004). Dass der *Irrelevant-Sound*-Effekt durch artikulatorische Unterdrückung¹¹ eliminiert wird, wird beispielsweise dadurch erklärt, dass in dieser Situation die phonologische Schleife nicht zur Aufrechterhaltung der relevanten Items genutzt werden kann. Es wird angenommen, dass die Versuchspersonen für diese Aufgabe den episodischen Zwischenspeicher nutzen, zu dem auditiv präsentierte aufgabenirrelevante Informationen allerdings keinen Zugang haben; eine Beeinträchtigung der Aufrechterhaltung der relevanten Items durch die auditiven Distraktoren bleibt bei gleichzeitiger artikulatorischer Unterdrückung daher aus.

Das Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell (Cowan, 1988, 1995, 1999) nimmt hingegen an, dass irrelevante auditive Informationen den Fokus der Aufmerksamkeit auf sich ziehen, sofern sie in ihren physikalischen Eigenschaften von dem internen Modell der vorausgehenden auditiven Stimulation abweichen. Dadurch werden die irrelevanten auditiven Informationen in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt, wo sie eine intensivere Analyse erfahren, um ihre potentielle Bedeutsamkeit für das Individuum zu klären. Diese Aufmerksamkeitswechsel auf die irrelevanten Informationen könnten dazu führen, dass auch semantische Eigenschaften der irrelevanten auditiven Informationen verarbeitet werden (für eine ähnliche Argumentation siehe Näätänen, 1990). Das könnte die Beeinträchtigung der Textreproduktion aufgrund der semantischen Eigenschaften der auditiven Distraktoren erklären (siehe die Diskussion zum

¹¹ Artikulatorische Unterdrückung bezeichnet die kontinuierliche offene Artikulation eines irrelevanten Items. Das modulare Arbeitsgedächtnismodell (Baddeley, 1997, 2000b, 2002) nimmt an, dass die Artikulation des irrelevanten Items den artikulatorischen Kontrollprozess dominiert und damit phonologische Rekodierung des visuell präsentierten, sprachlichen Materials verhindert. Das hat zur Folge, dass visuell präsentiertes Material nicht mehr in den phonologischen Speicher eingelesen werden kann.

modalitätsübergreifenden Stroop-Effekt von Cowan, 1995). Ein semantischer *Irrelevant-Speech*-Effekt wäre mit dem Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell gut vereinbar.

Sollte es tatsächlich eine Beeinträchtigung der sofortigen Textreproduktion durch semantische Eigenschaften der auditiven Distraktoren geben, wäre es interessant, ob sich dieser semantische *Irrelevant-Speech*-Effekt im Gegensatz zu dem „klassischen“ *Irrelevant-Sound*-Effekt zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen unterscheidet. Wie bereits weiter oben ausgeführt, wurde die Bedeutungshaltigkeit der Distraktoren bereits früher als eine Variable identifiziert, die Alterseffekte in Interferenzparadigmen beeinflussen kann (Carlson et al., 1995; Connelly et al., 1991; Li et al., 1998; Tun et al., 2002). Aufgrund von Befunden im *Irrelevant-Sound*-Paradigma wurde eine modifizierte Version der Inhibitionsdefizittheorie vorgeschlagen, die besagt, dass sich das altersbezogene Inhibitionsdefizit auf die Unterdrückung von semantischen, bedeutungsvollen Informationen beschränkt (Rouleau & Belleville, 1996). Diese Theorie kann im „klassischen“ *Irrelevant-Sound*-Paradigma nicht untersucht werden, weil der „klassische“ *Irrelevant-Sound*-Effekt von semantischen Eigenschaften der akustischen Distraktoren bekanntermaßen unabhängig ist (Buchner et al., 1996; Jones & Macken, 1993, 1995c; Jones et al., 1990; Tremblay et al., 2000). Wenn jedoch die visuelle Primäraufgabe die Verarbeitung von Bedeutung erfordert, wie bei der sofortigen Textreproduktion, dann würde die modifizierte Inhibitionsdefizittheorie altersbezogene Unterschiede im Ausmaß der beeinträchtigung durch semantisch bedeutsame, aber irrelevante Sprache erwarten.

In dem nachfolgenden Experiment sollten die Versuchspersonen zusammenhängende Geschichten erinnern, die sich aus nacheinander präsentierten semantischen Einheiten zusammensetzten. Während des Lesens der Geschichten sollten sie auditiv präsentierte Sprache ignorieren, die entweder (1) semantisch mit dem zu erinnernden Text assoziiert war (ein anderer Teil der zu erinnernden Geschichte), (2) *nicht* semantisch mit dem zu erinnernden Text assoziiert war (ein Teil einer anderen Geschichte, die überhaupt nicht präsentiert wurde), (3) rückwärts abgespielt wurde und daher unverständlich und bedeutungslos war. In einer Kontrollbedingung wurden die zu erinnernden Texte ohne auditive Distraktoren präsentiert. Es wurde erwartet, dass die Präsentation von bedeutungsloser Sprache (rückwärts abgespielter Sprache) die sofortige Textreproduktion im Vergleich mit der Ruhebedingung etwas beeinträchtigen

würde, dass die sofortige Textreproduktion durch bedeutungsvolle Sprache aber noch stärker beeinträchtigt wäre, und dass diese Beeinträchtigung noch einmal verstärkt werden würde, wenn das auditive Distraktormaterial mit dem zu erinnernden Material semantisch assoziiert wäre. Wie in den Experimenten 1a, 1b und 2 wurden zwei Altersgruppen verglichen, jüngere und ältere Erwachsene. Nach der Inhibitionsdefizittheorie würde man erwarten, dass die älteren Erwachsenen durch die auditiven Distraktoren stärker beeinträchtigt sein würden als die jüngeren Erwachsenen. Nach der modifizierten Inhibitionsdefizittheorie wären die älteren Erwachsenen nur dann stärker beeinträchtigt als die jüngeren Erwachsenen, wenn die auditiven Distraktoren bedeutungsvoll und mit dem zu erinnernden Material semantisch assoziiert sind. Außerdem wurde auf der Basis der Inhibitionsdefizittheorie erwartet, dass die älteren Erwachsenen mehr Intrusionsfehler machen würden als die jüngeren (d.h. dass sie mehr auditiv präsentierte, zu ignorierende Wörter „erinnern“ würden), weil sie weniger dazu in der Lage sein sollten, den semantischen Inhalt der zu ignorierenden Wörter zu unterdrücken.

10 Experiment 3

10.1 Methode

10.1.1 Versuchspersonen

Es nahmen 58 ältere Erwachsene (41 Frauen, 17 Männer) und 58 jüngere Erwachsene (39 Frauen, 19 Männer) an der Studie teil. Die älteren Erwachsenen wurden über Anzeigen in lokalen Zeitungen rekrutiert. Die Ergebnisse einer Frau aus der Gruppe der älteren Erwachsenen wurden aus der statistischen Analyse ausgeschlossen, weil sie in einem *Screening*-Verfahren zur Demenzdiagnostik keine altersgemäßen Leistungen zeigte und das Ziel der Studie die Untersuchung normaler kognitiver altersbezogener Unterschiede war (die im Ergebnisteil berichteten statistischen Schlüsse ändern sich aber nicht, wenn man die Ergebnisse dieser Frau in die Auswertung mit aufnehmen würde). Das Alter der älteren Erwachsenen (die in die Analyse mit einbezogen wurden) variierte zwischen 60 und 85 Jahren ($M = 69.2$, $SD = 7.3$). Das Alter der jüngeren Erwachsenen variierte zwischen 19 und 30 Jahren ($M = 23.6$; $SD = 3.1$). Alle Versuchspersonen verfügten über eine normale oder korrigierte Sehkraft. Keine der Versuchspersonen hatte einen Hörfehler, der das Tragen eines Hörgeräts notwendig

machte (das war Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie). Die älteren und die jüngeren Versuchspersonen unterschieden sich nicht in ihrer Lebenszufriedenheit, $\chi^2(3) = 0.34$, $p = .84$, aber sie unterschieden sich in ihrer selbst eingeschätzten Hörfähigkeit, $\chi^2(3) = 6.11$, $p < .05$ (die älteren Versuchspersonen waren in der Kategorie „gut“ unterrepräsentiert und in der Kategorie „schlecht“ überrepräsentiert), ihrer selbst eingeschätzten Sehfähigkeit, $\chi^2(3) = 20.40$, $p < .01$ (die älteren Versuchspersonen waren in der Kategorie „sehr gut“ unterrepräsentiert und in den Kategorien „gut“ und „schlecht“ überrepräsentiert) und ihrer selbst eingeschätzten Gesundheit, $\chi^2(3) = 13.28$, $p < .01$ (die älteren Versuchspersonen waren in der Kategorie „sehr gut“ unterrepräsentiert und in der Kategorie „schlecht“ überrepräsentiert). Außerdem hatten die älteren Erwachsenen eine schlechtere Schulbildung als die jüngeren Erwachsenen (von den älteren Erwachsenen hatten 32 Personen als höchsten Schulabschluss den Hauptschul- oder Volksschulabschluss, 12 Personen einen Realschulabschluss und 23 Personen das Abitur, während von den jüngeren Erwachsenen eine Person als höchsten Schulabschluss den Realschulabschluss hatte und 57 Personen das Abitur), was sich auch darin zeigte, dass sich die durchschnittliche an einer Bildungsinstitution (Schule oder Universität) verbrachten Jahre zwischen den Gruppen unterschied, $t(113) = 9.33$, $p < .01$, $\eta^2 = .44$. Schließlich zeigten *U*-Tests, dass die älteren Versuchspersonen mehr Medikamente einnahmen, $z = 6.01$, $p < .01$ und im Sehtest eine geringere Sehfähigkeit aufwiesen, $z = 6.52$, $p < .01$, als die jüngeren Versuchspersonen.

10.1.2 Material

Für den Hörschwellentest wurden einzelne, gut verständliche Wörter verwendet, die aus den im eigentlichen Experiment als auditive Distraktoren verwendeten Tondateien ausgewählt wurden. Wenn diese für den Hörtest verwendeten Wörter mit maximalem Schalldruck abgespielt wurden (bei Verwendung des Computers, mit dem das Experiment durchgeführt wurde und den Kopfhörern, die von den Versuchspersonen getragen wurden), entsprach ihr Schalldruck ungefähr 40 dB(A).

Die zu erinnernden Texte waren Teile von Märchen. Die ausgewählten Textabschnitte wurden in 20 elementare semantische Einheiten zerlegt (ähnlich zu den elementaren „Ideen“ im Untertest „logisches Gedächtnis“ der Wechsler Memory Scale, WMS, Wechsler, 1987), die jeweils aus einem bis fünf Wörtern bestanden. In Tabelle 1 wird

ein Beispiel für die Unterteilung der visuell präsentierten Geschichten in semantischen Einheiten gegeben. Insgesamt wurden 25 dieser Texte erzeugt. Jeweils fünf Texte wurden zufällig für die visuelle Präsentation in jeder der Distraktorbedingungen (*Ruhe*, *Sprache rückwärts*, *nicht assoziierte Sprache*, *assoziierte Sprache*) ausgewählt, fünf weitere Texte wurden nicht präsentiert. Die semantischen Einheiten wurden in der Mitte eines 14-Zoll-Bildschirms nacheinander präsentiert. Die Wörter erschienen in schwarzer Schrift der Schriftart *Arial* vor einem weißen Hintergrund. Die Größe der Buchstaben entsprach der Größe der in Experiment 1a, 1b und 2 präsentierten Zahlen.

Tabelle 1

Beispiele für das in Experiment 3 verwendete Stimulusmaterial und die zugehörige Antwort einer Versuchsperson.

Zu erinnernder Text*	Semantisch assoziierter Distraktortext	Antwort†
Der Student/ wohnte/ in einer Dachkammer/ und ihm gehörte/ gar nichts./ Der Krämer/ wohnte/ zu ebener Erde/ und ihm gehörte/ das ganze Haus./ Zu ihm hielt sich/ das Heinzelmännchen,/ denn beim Krämer gab es/ jeden Weihnachtsabend/ eine Schüssel/ voll Grützbrei/ mit einem großen/ Klumpen/ Butter/ mitten darin.	„Ja“, sagte der Student, „geben Sie mir das Buch für den Käse! Ich kann mein Butterbrot ohne Käse essen! Es wäre ja Sünde, wenn das Buch ganz zerrissen werden sollte. Sie sind ein prächtiger Mann, ein praktischer Mann, aber auf Poesie verstehen Sie sich ebensowenig wie die Tonne da.“ Das war unartig gesprochen, namentlich gegen die Tonne, aber der Krämer lachte, und der Student lachte auch; es war ja nur aus Spaß gesagt. Aber das Heinzelmännchen ärgerte sich, dass man einem Krämer, der Hauswirt war und die beste Butter verkaufte, dergleichen Dinge zu sagen wagte. In der Nacht, als der Laden geschlossen, trat das Heinzelmännchen hervor, ging in die Schlafstube und nahm der Hausfrau das Mundwerk weg.	„Der Student <i>ging</i> zum Krämer und wollte ein <i>Buch</i> haben und <i>Käse</i> und das Heinzelmännchen <i>ging</i> zum Krämer und wollte <i>Brei</i> essen oder kaufen.“

* Die grundlegenden semantischen Einheiten des relevanten Texts sind durch Querstriche getrennt.

† Die Teile der Antwort, die als Intrusionen gezählt wurden, sind kursiv gedruckt.

Für jeden dieser Texte wurde ein anderer Teil derselben Geschichte für die auditive Präsentation ausgewählt (siehe Tabelle 1 für ein Beispiel). Die Distraktortexte wurden in einer männlichen Stimme vor einem ruhigen Hintergrund gesprochen. Jede Tondatei dauerte 60 Sekunden. Wenn sie mit maximalem Schalldruck abgespielt wurden, entsprach der mittlere Schalldruck der auditiven Distraktoren etwa 76 dB(A). Diese Tondateien wurden entweder (in der Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ und der Bedingung „*assoziierte Sprache*“) vorwärts abgespielt oder (in der Bedingung „*Sprache rückwärts*“) rückwärts abgespielt. Die Versuchspersonen hörten die Sprache über geschlossene Kopfhörer, welche die Versuchspersonen gleichzeitig gegen Außengeräu-

sche abschirmten. Die Kopfhörer waren direkt an das zur Steuerung des Experiments verwendete Apple-iBook angeschlossen.

10.1.3 Ablauf

Die Versuchspersonen wurden einzeln in einem ruhigen Raum getestet. Vor dem Beginn des eigentlichen Experiments wurde die individuelle Hörschwelle der Versuchspersonen bestimmt. Das Ergebnis dieser Hörschwellenbestimmung wurde dazu verwendet, um im eigentlichen Experiment den Schalldruck der Distraktorstimuli an die Hörfähigkeit der Versuchspersonen anzupassen. Der Schalldruck wurde mittels des *PEST*-Verfahrens (Macmillan & Creelman, 1991) iterativ angepasst, so dass die Versuchspersonen die zur Hörschwellenbestimmung verwendeten Wörter in 50% der Durchgänge korrekt verstehen konnten. Die Versuchspersonen hörten zunächst ein Wort mit einem Schalldruck von 34 dB(A). Ihre Aufgabe war es, das Wort sofort zu wiederholen. Falls das Wort korrekt wiederholt werden konnte, wurde der Schalldruck nach der *PEST*-Methode reduziert; wenn das Wort hingegen nicht wiederholt werden konnte, wurde der Schalldruck nach der *PEST*-Methode verstärkt. Die auditiven Distraktoren, die im eigentlichen Experiment präsentiert wurden, wurden mit einem mittleren Schalldruck abgespielt, der ungefähr 36 dB(A) über der mit diesem Verfahren bestimmten Hörschwelle lag. Die Anpassung der Distraktoren an die Hörschwelle der Versuchspersonen war somit nicht vollständig, sondern so gewählt, dass die im eigentlichen Experiment präsentierten Störgeräusche einen Schalldruck von 76 dB(A) im Leq nicht überschritten.

Nach der Bestimmung der individuellen Hörschwelle wurde der *DemTect* durchgeführt, ein sensibles *Screening*-Verfahren zur Demenzdiagnostik (Kessler, Calabrese, Kalbe & Berger, 2000). Der Untertest *Zahlenspanne rückwärts* des *DemTect* kann als Maß der Arbeitsgedächtniskapazität angesehen werden. Zusätzlich wurde ein einfacher Zahlenspannentest (*Zahlenspanne vorwärts*) vorgegeben, der dem Untertest *Zahlenspanne rückwärts* im *DemTect* entsprach, außer dass die Versuchspersonen die Zahlen in der Reihenfolge ihrer Präsentation wiederholen sollten.

Nach dem kognitiven *Screening* erhielten die Versuchspersonen die Instruktionen für das eigentliche Experiment. Es wurde ihnen versichert, dass alle Geräusche, die sie hören würden, irrelevant wären und zu ignorieren seien. Sie wurden angewiesen, die

zu erinnernden Items weder während der Präsentationsphase noch während des Behaltensintervalls laut auszusprechen. Es gab einen Übungsdurchgang, welcher der Ruhebedingung des eigentlichen Experiments entsprach. Das eigentliche Experiment bestand aus 20 Durchgängen mit fünf Wiederholungen jeder der vier Distraktorbedingungen (*Ruhe*, *Sprache rückwärts*, *nicht assoziierte Sprache*, *assoziierte Sprache*). Die Reihenfolge der Durchgänge wurde randomisiert festgelegt.

Wenn die Versuchspersonen bereit waren, gaben sie dem Versuchsleiter das Signal, mit dem ersten Durchgang des Experiments zu beginnen. Jeder der 20 Testdurchgänge begann mit der Präsentation eines visuellen Warnsignals in der Mitte des Computerbildschirms, welches die Versuchsperson darauf hinwies, dass eine zu erinnernde Sequenz präsentiert werden würde. Nach dem Verschwinden des visuellen Warnsignals wurden die 20 semantischen Einheiten nacheinander präsentiert. Jede semantische Einheit wurde für 1000 ms plus 800 ms pro in dieser semantischen Einheit enthaltenem Wort präsentiert (d.h. eine semantische Einheit, die aus drei Wörtern bestand, wurde beispielsweise $1000 + 3 \times 800 = 3400$ ms präsentiert). Die Präsentationszeit war lang genug, um zu gewährleisten, dass die Versuchspersonen nicht unter Zeitdruck standen. Nach der Präsentation der zwanzigsten semantischen Einheit, welche den visuell präsentierten Text abschloss, erschien ein einzelnes Fragezeichen auf dem Bildschirm. Das war das Signal für die Versuchspersonen, mit der verbalen Reproduktion der zu erinnernden Items zu beginnen. Die Versuchspersonen waren instruiert, die Texte so detailliert wie möglich laut wiederzugeben. Es wurden keine Instruktionen dahingehend gegeben, dass die Reihenfolge der visuell präsentierten semantischen Einheiten beibehalten werden musste. Die Antworten der Versuchsperson wurden über das interne Mikrofon des Computers aufgenommen. Auf die Versuchspersonen wurde während der Reproduktionsphase kein Zeitdruck ausgeübt. Wenn die Versuchspersonen sich an keine weiteren Details des gelesenen Texts erinnern konnten, gaben sie dem Versuchsleiter das Signal, die Präsentation des nächsten Texts einzuleiten.

Die auditiven Distraktoren wurden binaural über die Kopfhörer präsentiert. In den Bedingungen mit irrelevanter Sprache, begann die Präsentation des gesprochenen Distraktortexts mit dem Erscheinen der ersten visuell präsentierten semantischen Einheit und dauerte während der Präsentation des gesamten visuellen Materials an, bis das Fragezeichen erschien. In der Bedingung „*assoziierte Sprache*“ wurde von derselben

Geschichte, von der ein Teil als relevanter Text für die visuelle Präsentation genutzt wurde, ein anderer Teil als Distraktortext verwendet. In der Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ gehörten die Distraktortexte zu den fünf Geschichten, die nicht visuell präsentiert wurden. In der Bedingung „*Sprache rückwärts*“ wurden dieselben Distraktortexte verwendet wie in der Bedingung „*assoziierte Sprache*“; die Tondateien wurden aber rückwärts abgespielt. In der Ruhebedingung wurden keine Geräusche präsentiert. Die Geschichten wurden randomisiert entweder für die visuelle Präsentation in den vier Distraktorbedingungen oder für die auditive Präsentation in der Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ ausgewählt. Das Experiment dauerte ungefähr 45 Minuten. Nach Abschluss des Experiments wurden die Versuchspersonen über den Gegenstand der Untersuchung informiert.

10.1.4 Design

Dem Experiment lag ein 2×4 -faktorieller Versuchsplan mit den Faktoren Altersgruppe und Distraktorbedingung zugrunde. Altersgruppe (*jung* vs. *alt*) war der zweistufige quasi-experimentelle Gruppenfaktor; die Distraktorbedingung (*Ruhe* vs. *Sprache rückwärts* vs. *nicht assoziierte Sprache* vs. *assoziierte Sprache*) wurde messwiederholt variiert. Die Anzahl der richtig erinnerten semantischen Einheiten und die Anzahl der Intrusionsfehler dienten als abhängige Variablen.

Die Teststärkeanalyse wurde für statistische Tests von Interaktionen zwischen der Altersgruppe und einer zweistufigen Distraktorvariablen durchgeführt. Die Teststärke würde sich aber unter Einbeziehung weiterer Stufen der Distraktorvariablen sogar noch erhöhen. Bei einer Stichprobe von insgesamt $N = 115$ Personen ($N_{\text{alt}} = 57$, $N_{\text{jung}} = 58$), $\alpha = .05$, und einer angenommenen Korrelation von $\rho = .7$ zwischen den zwei Stufen der messwiederholten Variablen, konnte ein Effekt der Größe $f^2 = 0.02$ mit einer Wahrscheinlichkeit von $1 - \beta = .97$ entdeckt werden.

10.2 Ergebnisse

Den älteren Erwachsenen wurden die auditiven Distraktoren mit einem Schalldruck dargeboten, der zwischen 64 und 76 dB(A) interindividuell variierte, $Md = 72$ dB(A). Vierzehn der älteren Erwachsenen wurden die Distraktoren mit dem maximalen Schalldruck präsentiert. Bei den jüngeren Erwachsenen variierte der Schalldruck

interindividuell zwischen 56 und 73 dB(A), $Md = 65$ dB(A). Ein U -Test bestätigte, dass die Distraktoren den älteren Erwachsenen signifikant lauter präsentiert wurden als den jüngeren Erwachsenen, $z = 7.67$, $p < .01$.

Nach den Ergebnissen des *DemTect* (Kalbe et al., 2004; Kessler et al., 2000) erhielt keine der Versuchspersonen die Diagnose „*Demenzverdacht*“. Nur eine ältere Versuchsperson erhielt die Diagnose „*leichte kognitive Beeinträchtigung*“ und wurde aus der Auswertung ausgeschlossen. Alle übrigen Versuchspersonen verfügten über „*altersgemäße kognitive Leistungen*“. Die älteren Erwachsenen erreichten allerdings einen etwas schlechteren *DemTect*-Gesamtscore (16.14 Punkte) als die jüngeren Erwachsenen (17.10 Punkte) und dieser Unterschied war statistisch signifikant, $t(113) = 3.30$, $p < .01$, $\eta^2 = .09$ (der durchschnittliche Gesamtscore der älteren Erwachsenen lag allerdings in der oberen Hälfte des als altersangemessene Leistung angesehenen Bereichs [13 – 18 Punkte]). Die Leistung der älteren Erwachsenen in der *Zahlenspanne rückwärts* ($M = 4.79$ Zahlen, $SD = 1.08$) war im Vergleich zu der Leistung jüngerer Erwachsener ($M = 5.83$ Zahlen, $SD = 1.13$) reduziert, $t(113) = 5.04$, $p < .01$, $\eta^2 = .18$. Auch die Leistung der älteren Erwachsenen in der *Zahlenspanne vorwärts* ($M = 6.11$ Zahlen, $SD = 1.24$) war im Vergleich zu der Leistung jüngerer Erwachsener ($M = 7.17$ Zahlen, $SD = 1.08$) reduziert, $t(113) = 4.94$, $p < .01$, $\eta^2 = .18$. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Funktionsfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses zwischen den Gruppen unterschied.

Abbildung 9 zeigt die Reproduktionsleistung in den vier Distraktorbedingungen für beide Altersgruppen in Form des Anteils korrekt erinnelter semantischer Einheiten, relativiert an der Anzahl präsentierter semantischer Einheiten. Eine 2×4 -MANOVA mit Alter (*jung* vs. *alt*) als Gruppenfaktor und Distraktorbedingung (*Ruhe* vs. *Sprache rückwärts* vs. *nicht assoziierte Sprache* vs. *assoziierte Sprache*) als messwiederholter Faktor zeigte signifikante Haupteffekte der Altersgruppe, $F(1,113) = 85.60$, $p < .01$, $\eta^2 = .43$ und der Distraktorbedingung, $F(3,111) = 61.51$, $p < .01$, $\eta^2 = .62$. Die Leistung war durch die Präsentation von rückwärts abgespielter Sprache im Vergleich zu der Ruhebedingung signifikant reduziert, $F(1,113) = 4.51$, $p = .04$, $\eta^2 = .04$. Die Leistung in der Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ war sogar noch mehr beeinträchtigt als in der Bedingung „*Sprache rückwärts*“, $F(1,113) = 37.40$, $p < .01$, $\eta^2 = .25$. Außerdem war die Leistung in der Bedingung „*assoziierte Sprache*“ schlechter als in der

Bedingung „nicht assoziierte Sprache“, $F(1,113) = 18.47$, $p < .01$, $\eta^2 = .14$. Dieses Befundmuster zeigt, dass die freie Reproduktion von kohärenten Texten durch irrelevante Sprache beeinträchtigt ist. Die Beeinträchtigung ist deutlicher ausgeprägt, wenn die Sprache bedeutungsvoll ist und steigt noch einmal an, wenn die Distraktorsprache semantisch auf das zu erinnernde Material bezogen ist.

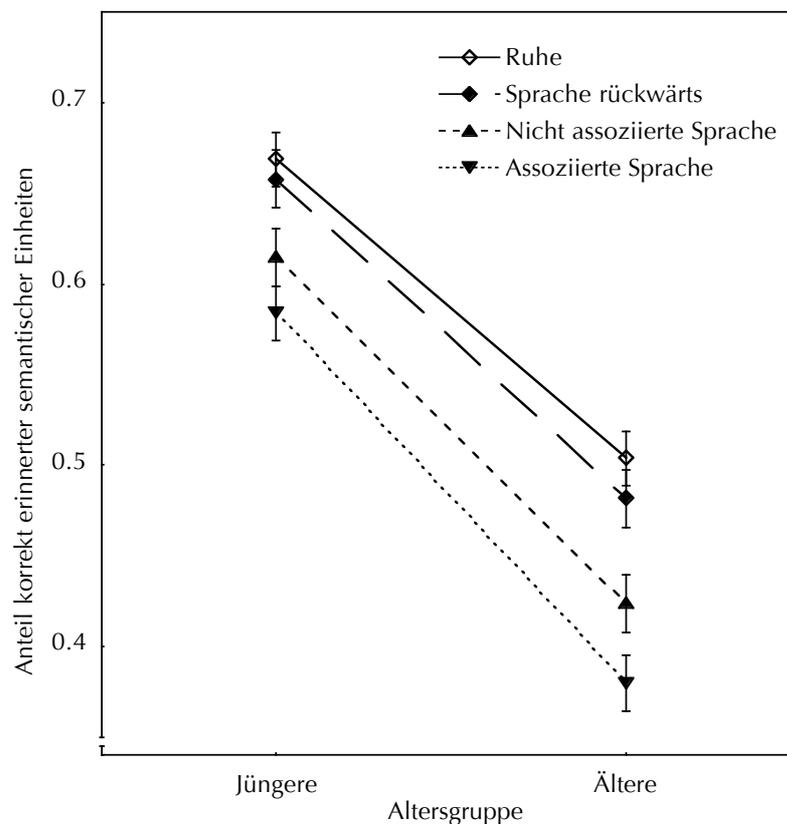


Abbildung 9: Anteil der korrekt erinnerten semantischen Einheiten als Funktion der Altersgruppe und der Distraktorbedingung in Experiment 3. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte.

Die globale Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung war nicht signifikant, $F(3,111) = 1.93$, $p = .13$, $\eta^2 = .05$. Diese Interaktion ist aber im gegenwärtigen Kontext nicht aussagekräftig, da sie sowohl Effekte der Bedingungen widerspiegelt, für die *nur* die ursprüngliche, aber nicht die modifizierte Version der Inhibitionsdefizittheorie eine Interaktion mit der Altersvariable vorhersagen würde (d.h. die Kontrollbedingung „Ruhe“ vs. die Bedingung „Sprache rückwärts“) und die Bedingun-

gen, für welche die modifizierte Version der Inhibitionsdefizittheorie eine Interaktion mit der Altersvariable vorhersagen würde (d.h. die Kontrollbedingung „*Ruhe*“ vs. die Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ und die Kontrollbedingung „*Ruhe*“ vs. die Bedingung „*assoziierte Sprache*“). Daher wurden diese spezifischeren Hypothesen über die Interaktionen zwischen der Altersgruppe und den verschiedenen Arten der Interferenz geprüft. Die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Variable, welche die Bedingung „*Sprache rückwärts*“ und die Ruhebedingung kontrastierte, war nicht signifikant, $F(1,113) = 0.51$, $p = .48$, $\eta^2 < .01$. Die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Variable, welche die Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ und die Ruhebedingung kontrastierte, war ebenfalls nicht signifikant, $F(1,113) = 2.56$, $p = .11$, $\eta^2 = .02$. Die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Variable, welche die Bedingung „*assoziierte Sprache*“ und die Ruhebedingung kontrastierte, war jedoch signifikant, $F(1,113) = 5.01$, $p = .03$, $\eta^2 = .04$.

Als nächstes wurden die Intrusionsfehler ausgewertet. Wenn die Versuchspersonen in der freien Reproduktion Fehler machten (also Ideen produzierten, die nicht in dem visuell präsentierten Zieltext enthalten waren), konnten diese aus mehreren Quellen stammen. Einige dieser Fehler stammten möglicherweise aus Situationen, in denen die Versuchspersonen fälschlicherweise Informationen erinnerten, die visuell nicht präsentiert wurden, aber mit der relevanten Information assoziiert waren (z.B. wenn sie sich daran „erinnerten“, dass der Bösewicht hässlich war, obwohl dies nicht im Text erwähnt wurde). Manche dieser Fehler hatten möglicherweise die Funktion, Lücken in der Geschichte auszufüllen, die auf das Vergessen von Informationen zurückzuführen sind (z.B. wenn „Frau“ statt „Hexe“ erinnert wurde). Andere Fehler stammten vielleicht aus zuvor gelernten Texten oder Gedanken, die nichts mit der experimentellen Aufgabe zu tun hatten. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich allerdings mit dem Ignorieren von auditiv präsentierten Informationen, daher schienen vor allem Intrusionen aus den auditiv präsentierten Distraktortexten interessant.

Wenn die Versuchspersonen in der Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ fälschlicherweise ein Wort erinnerten, das in dem zu Erinnernden Text nicht enthalten war, wurde festgestellt, ob das Wort in dem in dieser Bedingung präsentierten auditiven Distraktortext enthalten war, aber nur wenn das Wort bedeutungsvoll zu dem semantischen Gehalt der Antwort beitrug (siehe Tabelle 1 für Beispiele). Das bedeutet,

dass „Füllwörter“ wie „der“, „die“, „das“, „ein“, „eine“, „sein“, „ihr“, „haben“, usw., nicht gezählt wurden. Auf diese Weise wurde die Anzahl der Intrusionen aus den nicht assoziierten Distraktortexten in der Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ erfasst.

Dabei ergibt sich das Problem, dass häufige Wörter möglicherweise zufällig sowohl in den Distraktortexten als auch in den Antworten der Versuchspersonen auftauchten. Um eine *Baseline* zu erzeugen, gegen die man die Anzahl der Intrusionen in der Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ vergleichen konnte, wurde sowohl für die Ruhebedingung als auch für die Bedingung „*Sprache rückwärts*“ die Anzahl dieser „Pseudo“-Intrusionen erfasst, indem ausgewertet wurde, wie häufig mit einem falschen Wort geantwortet wurde, das zufälligerweise in einem zu dem jeweiligen zu erinnernden Text nicht assoziierten Distraktortext auftauchte. Um zu gewährleisten, dass Intrusionen aus vorhergehenden Durchgängen nicht in diese *Baseline* mit einfließen, wurden nur Distraktortexte zur Festlegung dieser *Baseline* verwendet, die zu den Ziltexten der nachfolgenden Durchgänge gehörten. Die Anzahl von Intrusionen wurde bestimmt, ohne dass die für die Auswertung verantwortliche Person wusste, ob sie die Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ oder eine der beiden Kontrollbedingungen auswertete.

Abbildung 10 zeigt die Anzahl der Intrusionen von nicht assoziierten Distraktortexten pro Durchgang. Eine 2×3 -MANOVA mit Alter (*jung* vs. *alt*) als Gruppenfaktor und Distraktorbedingung (*Ruhe* vs. *Sprache rückwärts* vs. *nicht assoziierte Sprache*) als messwiederholter Faktor zeigte signifikante Haupteffekte der Altersgruppe $F(1,113) = 10.03$, $p < .01$, $\eta^2 = .08$, und der Distraktorbedingung, $F(2,112) = 8.07$, $p < .01$, $\eta^2 = .13$. Orthogonale Kontraste zeigten, dass der Unterschied zwischen der Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ und den beiden Kontrollbedingungen zusammen signifikant war, $F(1,113) = 15.94$, $p < .01$, $\eta^2 = .12$, und dass sich die beiden Kontrollbedingungen nicht voneinander unterschieden, $F(1,113) = 0.05$, $p = .82$, $\eta^2 < .01$. Die Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung war jedoch nicht signifikant, $F(2,112) = 0.36$, $p = .70$, $\eta^2 < .01$. Auch die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Variable, welche die Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ und die beiden Kontrollbedingungen kontrastierte, war nicht signifikant, $F(1,113) = 0.65$, $p = .42$, $\eta^2 < .01$.

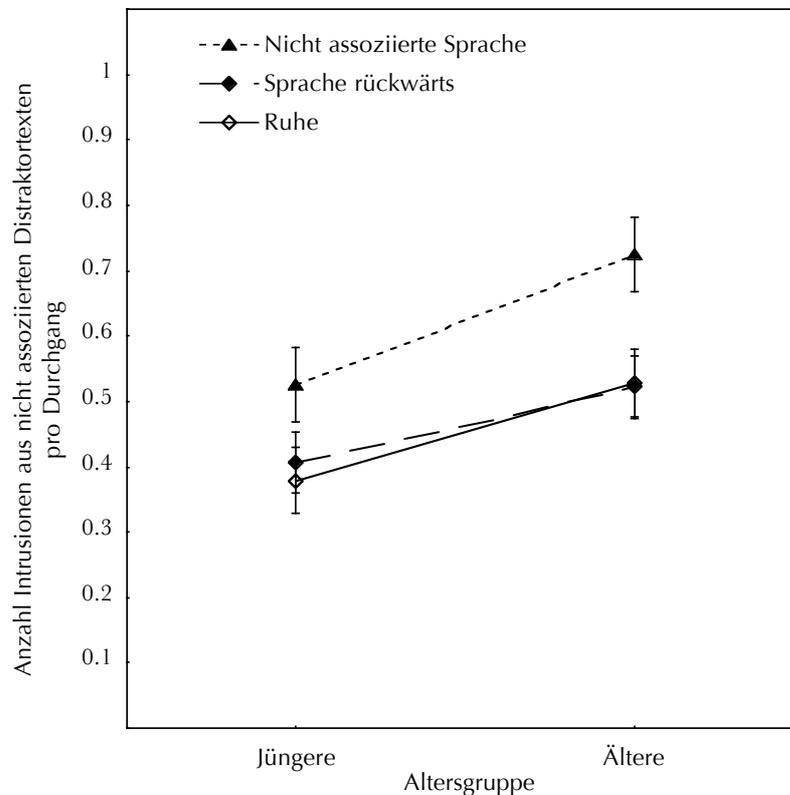


Abbildung 10: Anzahl der Intrusionen aus nicht assoziierten Distraktortexten pro Durchgang in der Bedingung „nicht assoziierte Sprache“ als Funktion der Altersgruppe in Experiment 3. Die Anzahl der „Pseudo“-Intrusionen aus nicht assoziierten Distraktortexten in den Bedingungen „Ruhe“ und „Sprache rückwärts“ dienten als *Baseline*. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte.

Entsprechend wurden die Intrusionen aus assoziierten auditiven Distraktortexten in der Bedingung „assozierte Sprache“ bestimmt. Auch hier wurde die Anzahl von „Pseudo“-Intrusionen sowohl in der Ruhebedingung, als auch in der Bedingung „Sprache rückwärts“ als *Baseline* erfasst. Zur Bestimmung dieser *Baseline* wurde ausgewertet, wie häufig in der Antwort der Versuchspersonen in den beiden Bedingungen fälschlicherweise Wörter produziert wurden, die zufällig auch in dem zu dem visuell präsentierten, relevanten Text assoziierten Distraktortext (der in diesen Bedingungen entweder nicht oder unverständlich präsentiert wurde) vorkamen (siehe Abbildung 11). Eine 2×3 -MANOVA mit Altersgruppe (*jung* vs. *alt*) als Gruppenfaktor und Distraktorbedingung (*Ruhe* vs. *Sprache rückwärts* vs. *assozierte Sprache*) als messwiederholter Faktor zeigte signifikante Haupteffekte der Altersgruppe, $F(1,113) = 11.14$, $p < .01$, $\eta^2 = .09$ und der

Distraktorbedingung, $F(2,112) = 19.14$, $p < .01$, $\eta^2 = .26$. Orthogonale Kontraste zeigten, dass der Unterschied zwischen der Bedingung „assozierte Sprache“ und den beiden Kontrollbedingungen zusammen signifikant war, $F(1,113) = 37.67$, $p < .01$, $\eta^2 = .25$ und dass sich die Kontrollbedingungen nicht voneinander unterschieden, $F(1,113) = 1.98$, $p = .16$, $\eta^2 < .02$. Die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Distraktorbedingung wurde signifikant, $F(2,112) = 6.59$, $p < .01$, $\eta^2 = .11$. Orthogonale Kontraste zeigten, dass die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Variable, welche die Bedingung „assozierte Sprache“ mit den beiden Kontrollbedingungen kontrastierte, signifikant war, $F(1,113) = 13.19$, $p < .01$, $\eta^2 = .11$, aber nicht die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Variable, welche die beiden Kontrollbedingungen kontrastierte, $F(1,113) < 0.01$, $p = .94$, $\eta^2 < .01$. Die Auswertung legt also nahe, dass ältere Erwachsene besonders anfällig für Intrusionen aus dem Distraktormaterial sind, wenn die irrelevante Sprache zu dem zu erinnernden Text semantisch assoziiert ist.

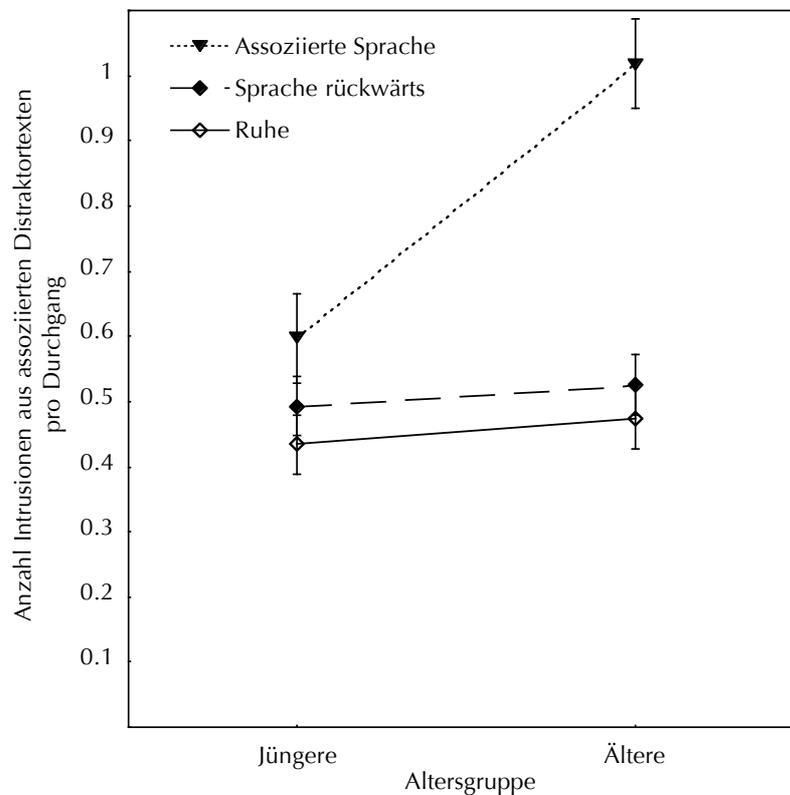


Abbildung 11: Anzahl der Intrusionen aus assoziierten Distraktortexten pro Durchgang in der Bedingung „assozierte Sprache“ als Funktion der Altersgruppe in Experiment 3. Die Anzahl der „Pseudo“-Intrusionen aus assoziierten Distraktortexten in den Bedingungen „Ruhe“ und „Sprache rückwärts“ dient als *Baseline*. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte.

Tabelle 2 zeigt die Anzahl der Fehler, die nicht als Intrusionen von Distraktortexten klassifiziert wurden. Die älteren Erwachsenen machten mehr dieser Fehler als die jüngeren, $F(1,113) = 10.86$, $p < .01$, $\eta^2 < .09$, aber es gab weder einen signifikanten Effekt der Distraktorbedingung, $F(3,111) = 0.60$, $p = .62$, $\eta^2 = .02$, noch eine signifikante Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung, $F(3,111) = 1.75$, $p = .16$, $\eta^2 = .05$. Das Fehlen eines signifikanten Effekts der Distraktorvariable auf die Anzahl dieser Fehler zeigt, dass die erhöhte Anzahl von Wörtern aus den Distraktortexten, die fälschlicherweise in den Bedingungen mit bedeutungsvoller Sprache „erinnert“ wurden, die Konsequenz von authentischen Intrusionen von den auditiv präsentierten Texten sind und nicht einfach auf eine erhöhte Wahrscheinlichkeit zurückzuführen sind, „Pseudo“-Intrusionen zu finden, wenn viele falsche Wörter

erinnert werden. Genauso legt das Ausbleiben einer signifikanten Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung auf die Anzahl der nicht als Intrusionen klassifizierten Fehler nahe, dass die signifikante Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Distraktorbedingung nicht das Nebenprodukt einer generellen Tendenz der älteren Erwachsenen ist, vermehrt „Pseudo“-Intrusionen aufgrund erhöhter Fehlerraten in der Bedingung „assozierte Sprache“ zu zeigen.

Tabelle 2

Anzahl der nicht als Intrusionen klassifizierten Fehler in Experiment 3.

		Distraktorbedingung			
		Ruhe	Sprache rückwärts	Nicht assoziierte Sprache	Assoziierte Sprache
Altersgruppe	Jüngere	3.18 (SE = 0.20)	3.03 (SE = 0.20)	3.29 (SE = 0.19)	3.23 (SE = 0.20)
	Ältere	3.98 (SE = 0.20)	4.10 (SE = 0.20)	4.01 (SE = 0.19)	3.77 (SE = 0.20)

10.3 Diskussion

Die sofortige Textreproduktion wurde durch die Präsentation von irrelevanter Sprache beeinträchtigt. Das Ausmaß der Beeinträchtigung war stärker ausgeprägt, wenn die irrelevante Sprache bedeutungsvoll war und noch stärker ausgeprägt, wenn die irrelevante Sprache zu dem zu erinnernden Text semantisch assoziiert war. Diese Befunde sprechen für eine Beeinträchtigung des Textgedächtnisses durch bedeutungsvolle irrelevante Sprache (konsistent mit den Befunden von Banbury & Berry, 1998; Martin et al., 1988). Außerdem stützen sie die Annahme von Banbury et al. (2001), dass die freie Reproduktion von semantisch aufeinander bezogenen Wörtern besonders durch semantische Eigenschaften des zu ignorierenden auditiven Materials bestimmt wird. Wie in Kapitel 9 ausgeführt, können das Aufmerksamkeit-und-Gedächtnis-Modell (Cowan, 1988, 1995, 1999) und die darin enthaltene Erklärung des *Irrelevant-Sound*-Effekts diesen Effekt der Bedeutsamkeit ohne Zusatzannahmen erklären. Der Befund einer Beeinträchtigung der sofortigen Textreproduktion durch irrelevante Sprache ist allerdings inkonsistent mit dem modularen Arbeitsgedächtnismodell (Baddeley, 2002, 2003; Baddeley & Hitch, 1974), weil das Modell davon ausgeht, dass sich die sofortige

Textreproduktion auf den episodischen Zwischenspeicher des Arbeitsgedächtnisses stützt (Baddeley & Wilson, 2002), während die Interferenz durch auditive Distraktoren auf die phonologische Schleife beschränkt ist (Baddeley, 2000b, 2003; Norris et al., 2004; Salamé & Baddeley, 1982, 1986, 1989).

Das eigentliche Ziel der Studie war allerdings, Vorhersagen bezüglich altersbezogenen Unterschieden in der Beeinträchtigung der Textreproduktion durch irrelevante Sprache zu prüfen. Wie in den vorausgehenden Experimenten interessierten vor allem Altersunterschiede in der durch die auditiven Distraktoren verursachten Interferenz. Hier weichen die Ergebnisse von denen der ersten drei Experimente und vorausgehenden Studien zu Altersunterschieden im „klassischen“ *Irrelevant-Sound*-Effekt (Beaman, 2005b; Belleville et al., 2003; Rouleau & Belleville, 1996) ab: Zum ersten Mal zeigen sich hier altersbezogene Unterschiede in der Beeinträchtigung durch auditive Distraktoren. Der augenfälligste Unterschied zwischen dem „klassischen“ *Irrelevant-Sound*-Paradigma und der Aufgabe, die in dem vorliegenden Experiment verwendet wurde, besteht in der Anforderung, das relevante Material semantisch zu verarbeiten. Außerdem findet sich in Experiment 3 im Gegensatz zur Literatur zum „klassischen“ *Irrelevant-Sound*-Effekt (Buchner et al., 1996; Jones & Macken, 1993, 1995c; Tremblay et al., 2000) ein Einfluss von semantischen Eigenschaften der Distraktoren auf das Ausmaß der Interferenz. Die altersbezogenen Unterschiede in der Beeinträchtigung durch die auditiven Distraktoren fanden sich nur in der Bedingung, in der die auditiven Distraktoren semantisch auf den zu erinnernden Text bezogen waren. Dass bei den übrigen Bedingungen, in denen die Distraktoren keinen semantischen Bezug zu dem relevanten Material hatten, keine altersbezogenen Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit gefunden wurden, ist hingegen konsistent mit den ersten drei Experimenten und anderen Belegen für eine Altersinvarianz des „klassischen“ *Irrelevant-Sound*-Effekts.

Auch Befunde aus anderen Paradigmen weisen darauf hin, dass der semantische Gehalt und die semantische Ähnlichkeit zwischen Zielreizen und Distraktoren das Auftreten oder Ausbleiben von altersbezogenen Unterschieden in der Interferenzanfälligkeit bestimmen kann (Carlson et al., 1995; Connelly et al., 1991; Li et al., 1998; Tun et al., 2002). So konnte beispielsweise wiederholt gezeigt werden, dass altersbezogene Unterschiede in der Beeinträchtigung des Lesens durch in den Text eingestreute Distraktorwörter am wahrscheinlichsten gefunden werden können, wenn die

Distraktoren bedeutungsvoll sind und semantisch auf den relevanten Text bezogen sind. Außerdem konnte in diesem Paradigma gezeigt werden, dass ältere Erwachsene häufiger als jüngere Erwachsene in einem Textverständnistest mit *Multiple-Choice*-Fragen häufiger die Antwortalternative auswählen, die dem assoziierten Distraktor entspricht (Carlson et al., 1995; Dywan & Murphy, 1996; Li et al., 1998).

Auf den ersten Blick scheinen die Befunde die Annahme von Rouleau und Belleville (1996) zu stützen, dass diejenigen Inhibitionsfunktionen, die auf die Verarbeitung von bedeutungshaltigen Informationen bezogen sind, im Alter beeinträchtigt sind. Die Anfälligkeit älterer Erwachsener für Interferenz durch irrelevante Sprache muss jedoch nicht notwendigerweise als Konsequenz eines altersbezogenen Inhibitionsdefizits angesehen werden. Die Annahme, dass altersbezogene Unterschiede im Ausmaß der von semantisch assoziierten Distraktorreizen verursachten Interferenz zwangsläufig die Konsequenzen eines altersbezogenen Defizits der Zugangsfunktion der Inhibition darstellen, wurde bereits von Dywan und Murphy (1996) infragegestellt. Sie ließen ihre Versuchspersonen Texte mit oder ohne Distraktorwörter lesen und erfassten das Textverständnis mittels *Multiple-Choice*-Fragen. Wenn sie von den Versuchspersonen verlangten, die Antwort auszuwählen, die dem relevanten Text entsprach, konnten die üblichen altersbezogenen Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit beobachtet werden. Die älteren Erwachsenen machten mehr Intrusionsfehler, sie wählten also häufiger als die jüngeren Erwachsenen anstatt der Zielwörter semantisch assoziierte Wörter, die zuvor als zu ignorierende Distraktoren präsentiert worden waren. Auf den ersten Blick unterstützen diese Ergebnisse die Inhibitionsdefizittheorie. Wenn die Versuchspersonen jedoch in einem nicht angekündigten Distraktor-Wiedererkennungstest gebeten wurden, die zuvor ignorierten Distraktorwörter anstatt der Zielwörter auszuwählen, konnten die älteren Erwachsenen die Distraktoren weniger gut identifizieren als die jüngeren Erwachsenen. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu der Aussage der Inhibitionsdefizittheorie, dass jüngere Erwachsene besser als ältere dazu in der Lage sind, die Verarbeitung von zu ignorierenden Informationen effizient zu unterdrücken. Falls die jüngeren Erwachsenen tatsächlich die Verarbeitung der Distraktoren beim Lesen erfolgreich unterdrückt hätten, hätte man eigentlich erwartet, dass sie schlechter als ältere Erwachsene in der Lage sind, diese Distraktoren in einem Wiedererkennungstest zu identifizieren. Der Befund, dass die Leistung der jüngeren

Erwachsenen in dem Distraktor-Wiedererkennungstest sogar besser war als die der älteren Erwachsenen, spricht gegen die Annahme, dass die altersbezogenen Unterschiede die Folge einer altersbezogenen Reduktion der Kontrolle über den Zugang von irrelevanten Informationen zum Arbeitsgedächtnis sind.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob auch die Ergebnisse von Experiment 3 ohne Bezugnahme auf ein altersbezogenes Inhibitionsdefizit erklärt werden könnten. Es ist bekannt, dass das Gedächtnis für den semantischen Gehalt von Erinnerungen nur in geringem Ausmaß von der altersbezogenen Beeinträchtigung betroffen ist, während die Erinnerung an sensorische und kontextuelle Details stark beeinträchtigt ist (Jacoby, 1999b; Jacoby, Debner & Hay, 2001). So haben ältere Erwachsene im Vergleich zu jüngeren besondere Schwierigkeiten, sich an kontextuelle perzeptuelle Informationen wie die Präsentationsmodalität zu erinnern (Light, LaVoie, Valencia Laver & Owens, 1992). Dass sowohl jüngere als auch ältere Versuchspersonen fälschlicherweise Informationen aus den auditiv präsentierten Distraktortexten „erinnerten“, deutet darauf hin, dass der semantische Inhalt der bedeutungsvollen Distraktoren zumindest teilweise verarbeitet und erinnert wurde. Die Textreproduktionsaufgabe kann in den Bedingungen mit bedeutungsvoller Sprache als eine Quellengedächtnisaufgabe angesehen werden, in der die Versuchspersonen zwischen zwei externen, durch die Modalität definierten Quellen diskriminieren müssen. Wenn die Versuchspersonen versuchen, den visuell präsentierten Text zu reproduzieren, rufen sie dabei wahrscheinlich auch Informationen ab, die durch die bedeutungsvolle irrelevante Sprache im Gedächtnis aktiviert wurden. In dieser Situation müssen die Versuchspersonen entscheiden, welche Information visuell präsentiert wurde (diese Information sollte reproduziert werden) und welche auditiv präsentiert wurde (diese Information musste zurückgewiesen werden). Diese Aufgabe ist in der Bedingung „*nicht assoziierte Sprache*“ relativ einfach, weil sowohl perzeptuelle Informationen als auch der semantische Inhalt reliabel zwischen der relevanten visuellen und der irrelevanten auditiven Quelle trennen. In dieser Bedingung konnten die älteren Erwachsenen das im Gedächtnis aktivierte Material demnach möglicherweise durch Anwendung von metakognitiven Strategien auf der Grundlage von Plausibilitätsurteilen zurückweisen, weil diese Elemente nicht in die Geschichte passten, die vom visuell präsentierten Text erinnert wurde. In der Bedingung „*assoziierte Sprache*“ war die

Anwendung einer solchen Strategie dagegen sehr viel schwieriger, weil das irrelevante und das relevante Material bis zu einem gewissen Grad semantisch konsistent waren.

Da bekannt ist, dass sich ältere Erwachsene bei Quellenurteilen stärker auf semantische und weniger auf perzeptuelle Informationen stützen als jüngere (Bayen & Murnane, 1996; Hashtroudi, Johnson & Chrosniak, 1989; Henkel, Johnson & De Leonardis, 1998; Johnson, Hashtroudi & Lindsay, 1993; Mitchell, Johnson & Mather, 2003), könnte man auch mit den altersbezogenen Quellengedächtnisdefiziten erklären, warum ältere Erwachsene in der Bedingung „assozierte Sprache“ mehr Intrusionsfehler machten als jüngere Erwachsene. Altersbezogene Unterschiede im Quellengedächtnis könnten auch für die altersbezogenen Unterschiede in der Beeinträchtigung der Textreproduktion durch assoziierte Sprache verantwortlich sein. Es ist möglich, dass ältere Versuchspersonen relevante Informationen fälschlicherweise der auditiven Quelle zuschrieben und daher nicht reproduzierten. Außerdem könnte auch die Tendenz der älteren Erwachsenen, in der Bedingung „assozierte Sprache“ die Reproduktionsleistung in dieser Bedingung reduziert haben, wenn man davon ausgeht, dass die Artikulation der Distraktorinformationen bei Intrusionsfehlern Interferenz erzeugte. Geht man davon aus, dass ältere Erwachsene aufgrund eines schlechten Quellengedächtnisses die Distraktorinformationen aufgrund von Plausibilitätsurteilen zurückweisen mussten, könnte man annehmen, dass diese Strategie kognitive Ressourcen von der Reproduktionsaufgabe abzog und zwar insbesondere in der Bedingung „assozierte Sprache“, in der die Zurückweisung von Distraktorinformationen aufgrund des semantischen Inhalts der Distraktoren schwierig ist.

Experiment 4 hatte daher zwei Ziele. Zunächst einmal sollten die grundlegenden Ergebnisse von Experiment 3 repliziert werden. Ältere und jüngere Versuchspersonen bekamen zu diesem Zweck Texte entweder in Ruhe oder gleichzeitig mit auditiv präsentierter, semantisch assoziierter Sprache präsentiert. Es wurde erwartet, dass die semantisch assoziierte Distraktorsprache die freie Reproduktion der Texte beeinträchtigen würde. Des Weiteren wurde erwartet, dass die älteren Erwachsenen stärker durch die auditiven Distraktoren beeinträchtigt sein würden als die jüngeren Erwachsenen, dass sie also im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen (a) einen ausgeprägteren Leistungsabfall in der freien Reproduktion in der Bedingung „assozierte Sprache“, verglichen mit der Ruhebedingung zeigen würden und dass sie (b) mehr Intrusionsfeh-

ler machen würden. Das zweite Ziel von Experiment 4 war zu entscheiden, ob die beobachteten altersbezogenen Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit besser durch (a) eine Beeinträchtigung der inhibitorischen Kontrolle über den Zugang von Informationen zum Arbeitsgedächtnis oder durch (b) eine Beeinträchtigung des Quellengedächtnisses im höheren Lebensalter erklärt werden. Dazu wurde ein Paradigma angewandt, das eine tiefere Analyse der *Irrelevant-Speech-Interferenz* erlaubte. Nach der Präsentation des letzten Texts wurde ein unangekündigter Quellengedächtnistest durchgeführt. Semantische Einheiten, die a) visuell präsentiert wurden oder b) als auditive Distraktoren präsentiert wurden oder c) neu waren, sollten als „alt“ (entweder gesehen oder gehört) oder „neu“ (weder gesehen noch gehört) identifiziert werden. Für jede semantische Einheit, die als „alt“ identifiziert wurde, sollten die Versuchspersonen angeben, ob sie im vorausgehenden *Irrelevant-Speech-Durchgang* gesehen oder gehört wurde.

Die Daten des Quellengedächtnistests wurden mit Hilfe eines multinomialen Zwei-Hochschwellen-Quellengedächtnismodells ausgewertet, das von Bayen, Murnane und Erdfelder (1996) entwickelt und erfolgreich validiert wurde. Eine Adaptation des Modells für die gegenwärtigen Zwecke ist in Abbildung 12 dargestellt. Das Modell erlaubt die getrennte Analyse von Itemgedächtnis, Quellengedächtnis und verschiedenen Formen von Rateparametern.

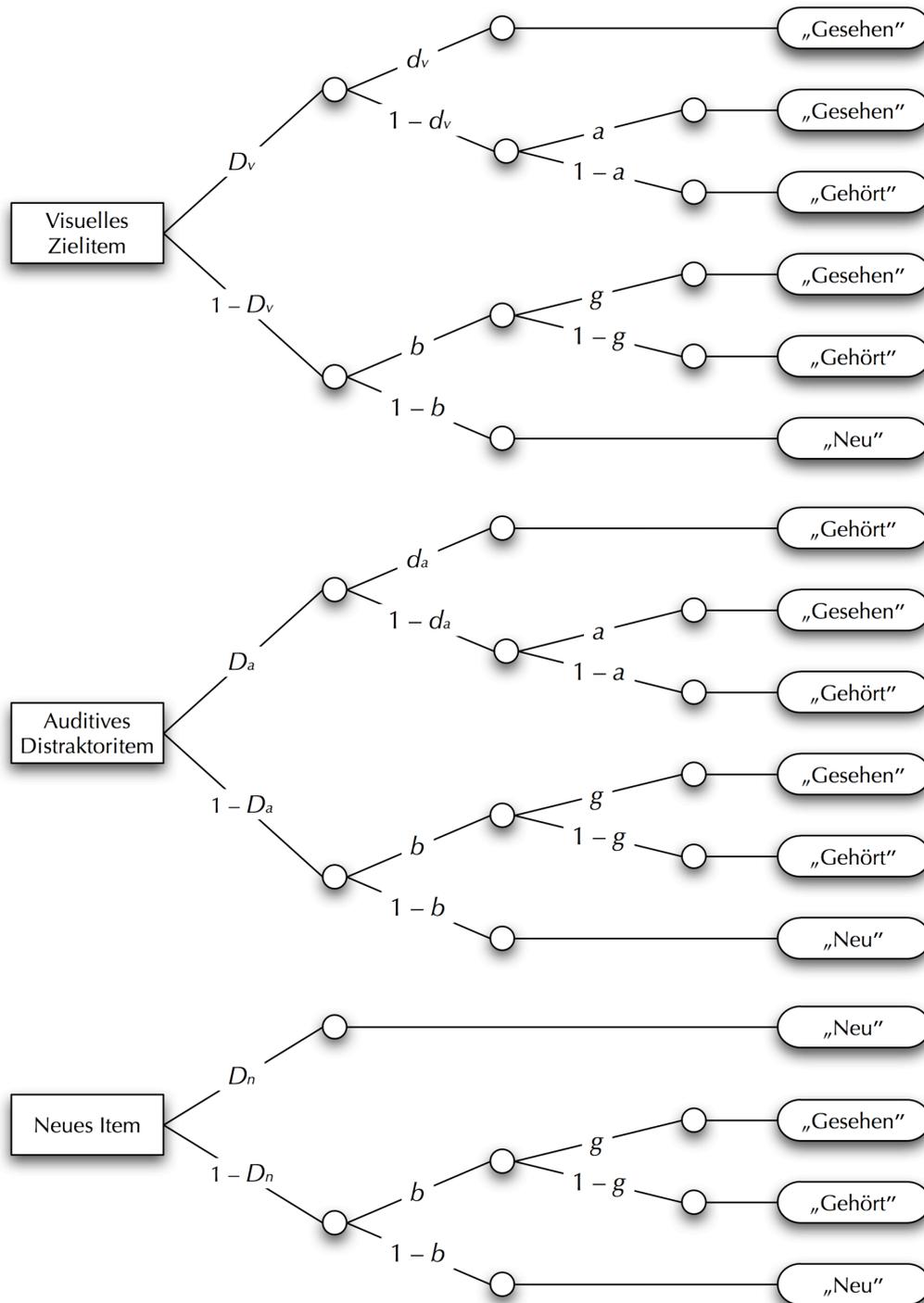


Abbildung 12: Multinomiales Zwei-Hochschwellen-Quellengedächtnismodell. Die abgebildeten Prozessbäume werden im Text erläutert.

Wie die Struktur des Prozessbaums in Abbildung 12 zeigt, wird in dem Modell angenommen, dass die Wahrscheinlichkeiten der Antworten der Versuchspersonen in dem Quellengedächtnistest („gesehen“, „gehört“ und „neu“) eine Funktion der Wahrscheinlichkeit der Itemerkennung (D_v , D_a und D_n), der Wahrscheinlichkeit der Quellendiskrimination (d_v und d_a) und der Wahrscheinlichkeit von bestimmten

Rateprozessen (a , b und g) ist. Der erste Prozessbaum in Abbildung 12 repräsentiert den Fall, in der in dem Quellengedächtnistest ein Item¹² präsentiert wird, das in der vorangehenden Lernphase in der visuellen Modalität (als zu beachtender Text) präsentiert wurde. Das Item wird von der Versuchsperson mit der Wahrscheinlichkeit D_v als „alt“ erkannt. Mit der Wahrscheinlichkeit d_v erinnert die Versuchsperson, dass das Item in der visuellen Modalität präsentiert wurde. Mit der komplementären Wahrscheinlichkeit $1 - d_v$ kann sich die Versuchsperson nicht mehr an die Quelle des Items erinnern. Da ein als „alt“ wiedererkanntes Item einer Quelle zugeschrieben werden muss, muss die Quelle geraten werden. Mit der Wahrscheinlichkeit a rät die Versuchsperson, dass das Item in der Lernphase visuell präsentiert wurde. Mit der komplementären Wahrscheinlichkeit $1 - a$ rät die Versuchsperson, dass das Item auditiv präsentiert wurde. Wenn ein Item aus der visuellen Quelle (mit der Wahrscheinlichkeit $1 - D_v$) nicht als „alt“ erkannt wurde, rät die Versuchsperson mit der Wahrscheinlichkeit b , dass es sich um ein altes (d.h. ein aus der Lernphase bekanntes) Item handelt. Mit der Wahrscheinlichkeit g rät die Versuchsperson weiter, dass es sich um ein visuell präsentiertes Item handelt, und mit der komplementären Wahrscheinlichkeit $1 - g$, dass es sich um ein auditiv präsentiertes Item handelt. Mit der Wahrscheinlichkeit $1 - b$ rät die Versuchsperson, dass es sich bei dem nicht als „alt“ wiedererkannten Item um ein neues Item handelt.

Der Prozessbaum für Items, die in der Lernphase in der auditiven Modalität (als Distraktoren) präsentiert wurden (der zweite Prozessbaum in Abbildung 12), entspricht dem Prozessbaum für die visuell präsentierten Items. Allerdings bezeichnet D_a die Wahrscheinlichkeit, ein auditiv präsentiertes Item als „alt“ zu erkennen und d_a die Wahrscheinlichkeit, die (auditive) Quelle dieses Items zu erinnern.

Der dritte Prozessbaum in Abbildung 12 stellt den Fall dar, dass im Quellengedächtnistest ein neues Item präsentiert wird, also ein Item, das in der Lernphase überhaupt nicht präsentiert wurde. Mit der Wahrscheinlichkeit D_n weiß die Versuchsperson, dass er das Item nicht aus der Lernphase kennt; sie erkennt also, dass das Item „neu“ ist. Mit der komplementären Wahrscheinlichkeit $1 - D_n$ erkennt die Versuchsperson nicht, dass es sich um ein neues Item handelt. In diesem Fall wird angenommen, dass Rateprozesse

¹² Das Wort „Item“ bezeichnet den jeweils zu beurteilenden, aus vier bis fünf Wörtern bestehenden Textabschnitt.

einsetzen, die denen für nicht als „alt“ erkannte Items in den ersten beiden Prozessmodellen entsprechen.

Für die Analyse der experimentellen Daten des Quellengedächtnisexperimentes wurden zwei Prozessbäume benötigt, die in ihrem Aufbau dem in Abbildung 12 dargestellten Prozessbaum entsprachen, einer der die Item- und Quellengedächtnisparameter, sowie die Rateparameter für die älteren Erwachsenen repräsentierte und einer, der die Item- und Quellengedächtnisparameter, sowie die Rateparameter für die jüngeren Erwachsenen repräsentierte. Dadurch ergab sich die Möglichkeit, die Gedächtnis- und Rateparameter der älteren Erwachsenen mit den Gedächtnis- und Rateparameter der jüngeren Erwachsenen zu vergleichen.

Die Vorhersagen in Bezug auf die Item- und Quellengedächtnisparameter ergaben sich wie folgt: Eine einfache Implikation der Inhibitionsdefizittheorie ist die Annahme, dass das Itemgedächtnis für auditive Distraktoren (repräsentiert durch den Parameter D_a) für ältere Erwachsene besser ist als für jüngere ($D_{a\text{ alt}} > D_{a\text{ jung}}$), weil die älteren Erwachsenen die Distraktoren weniger gut inhibiert haben sollten als die jüngeren Erwachsenen und daher weniger verhindert haben sollten, dass die irrelevanten Informationen verarbeitet wurden¹³. Wenn dagegen die altersbezogenen Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit auf das reduzierte Quellengedächtnis der älteren Erwachsenen zurückgeht, dann würde man erwarten, dass das Quellengedächtnis (repräsentiert für die Parameter d_v und d_a) für ältere schlechter als für jüngere Erwachsene ist ($d_{v\text{ alt}} < d_{v\text{ jung}}$ und $d_{a\text{ alt}} < d_{a\text{ jung}}$). In diesem Fall sollte das Itemgedächtnis für Distraktoren (repräsentiert durch D_a) gleich oder schlechter als das von jüngeren Erwachsenen sein ($D_{a\text{ alt}} \leq D_{a\text{ jung}}$).

¹³ Das von der Inhibitionsdefizittheorie postulierte Inhibitionsdefizit im höheren Lebensalter wird häufig mit Befunden belegt, die darauf hindeuten, dass sich ältere Versuchspersonen besser an irrelevante (z.B. nicht länger relevante) Informationen erinnern können als jüngere Versuchspersonen (z.B. Hartman & Hasher, 1991; Kim, Hasher & Zacks, in press). Die Inhibitionsdefizittheorie nimmt dabei keine Trennung zwischen Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis vor.

11 Experiment 4

11.1 Methode

11.1.1 Versuchspersonen

Es nahmen 50 ältere Erwachsene (32 Frauen, 18 Männer) und 47 jüngere Erwachsene (28 Frauen, 19 Männer) an der Studie teil. Die älteren Erwachsenen wurden über Anzeigen in lokalen Zeitungen und über Aushänge an der Universität rekrutiert. Die Ergebnisse von vier älteren Versuchspersonen (3 Frauen und einem Mann) und einem jungen Mann wurden aufgrund ihrer Ergebnisse im *Demtect* aus der statistischen Analyse ausgeschlossen (die im Ergebnisteil berichteten statistischen Schlüsse ändern sich aber nicht, wenn man die Daten dieser Versuchspersonen in die Auswertung mit aufnehmen würde). Das Alter der älteren Erwachsenen (die in die Analyse mit einbezogen wurden) variierte zwischen 60 und 91 Jahren ($M = 65.6$, $SD = 5.1$). Das Alter der jüngeren Erwachsenen variierte zwischen 20 und 29 Jahren ($M = 23.0$, $SD = 2.9$). Die jüngeren Erwachsenen wurden über Aushänge an der Universität rekrutiert.

Alle Versuchspersonen verfügten über eine normale oder korrigierte Sehkraft. Keine der Versuchspersonen hatte einen Hörfehler (das war Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie). Die älteren und die jüngeren Versuchspersonen unterschieden sich nicht in ihrer selbst eingeschätzten Sehfähigkeit, $\chi^2(3) = 5.50$, $p = .06$, und ihrer Lebenszufriedenheit, $\chi^2(3) = 0.23$, $p = .89$, aber sie unterschieden sich in ihrer selbst eingeschätzten Hörfähigkeit, $\chi^2(3) = 7.60$, $p = .02$ (die älteren Versuchspersonen waren in der Kategorie „gut“ unterrepräsentiert und in der Kategorie „schlecht“ überrepräsentiert), und ihrer selbst eingeschätzten Gesundheit, $\chi^2(3) = 7.35$, $p = .03$ (die älteren Versuchspersonen waren in der Kategorie „gut“ unterrepräsentiert und in den Kategorien „sehr gut“ und „schlecht“ überrepräsentiert). Die Anzahl der an einer Bildungsinstitution verbrachten Jahre unterschied sich zwischen den Gruppen nicht, $t(90) = 0.45$, $p = .65$, $\eta^2 < .01$. Schließlich zeigten *U*-Tests, dass die älteren Versuchspersonen mehr Medikamente einnahmen, $z = 4.03$, $p < .01$ und im Sehtest eine geringere Sehfähigkeit aufwiesen, $z = 5.50$, $p < .01$, als die jüngeren Versuchspersonen.

11.1.2 Material

Das Versuchsmaterial war identisch zu dem in Experiment 3 verwendeten mit den folgenden Ausnahmen: Die Tondateien, die zur Bestimmung der individuellen Hörschwellen verwendet wurden, enthielten geläufige einzelne Wörter, die von derselben (männlichen) Stimme gesprochen wurden wie die Distraktoren in der Testphase. Die Wörter wurden jedoch nur für den Hörtest verwendet und extra für diesen erzeugt.

Für den Reproduktionstest wurden 14 der 25 in Experiment 3 verwendeten Märchen ausgewählt, die in Deutschland fast unbekannt sind.¹⁴ Die zu erinnernden Texte in 20 grundlegende semantische Einheiten unterteilt. Diese Unterteilung wurde aber nur für das Auszählen der Anzahl korrekt erinnerter semantischer Einheiten genutzt. Für die Präsentation wurden die Texte in zehn kleine Textabschnitte unterteilt, die jeweils vier bis fünf Worte enthielten und eine bis drei semantische Einheiten. In Tabelle 3 wird die Unterteilung eines Zieltexts in diese kurzen Textabschnitte dargestellt. Insgesamt wurden 14 dieser Texte erzeugt, wovon jeweils die Hälfte randomisiert für eine der beiden Distraktorbedingungen (*Ruhe vs. assoziierte Sprache*) ausgewählt wurde.

¹⁴ Einundzwanzig jüngere Erwachsene und 34 ältere Erwachsene wurden auf dieselbe Weise wie in Experiment 3 und 4 rekrutiert, um festzustellen, ob die in diesen Experimenten verwendeten Märchen bei älteren und jüngeren Erwachsenen gleich unbekannt sind. Diese Versuchspersonen lasen die Textsegmente, die in Experiment 3 und 4 präsentiert wurden und sollten die zugehörigen Märchen benennen. Durchschnittlich konnten die jüngeren Erwachsenen nur 6.1 Prozent und die älteren Erwachsenen nur 5.3 Prozent der in Experiment 3 verwendeten Geschichten benennen. Die beiden Altersgruppen unterschieden sich nicht in der Anzahl der Geschichten, die sie benennen konnten, $z = 1.1$, $p = .27$. Für Experiment 4 wurden nur diejenigen Märchen ausgewählt, die relativ unbekannt waren. Von diesen konnten die jüngeren Erwachsenen kein einziges benennen und die älteren Erwachsenen weniger als 1 Prozent. Die Geschichten, die in Experiment 4 verwendet wurden, waren den Versuchspersonen somit so gut wie unbekannt.

Tabelle 3

Beispiel für das in Experiment 4 verwendete Stimulusmaterial.*

Relevanter Text	Distraktortext
Der Student wohnte unterm Dach;/ ihm gehörte gar nichts./ Der Krämer wohnte ebenerdig/ ihm gehörte das ganze Haus./ Den mochte das Heinzelmännchen,/ denn beim Krämer gab es/ jedes Weihnachten am Abend/ eine Schüssel voll Grützbrei/ mit einem großen Klumpen Butter/ mitten in der Schüssel.	„Ja“, sagte der Student,/ „geben Sie mir das Buch/ ohne den Käse, ich kann/ mein Butterbrot ohne Käse essen./ Sie sind ein prächtiger Mann,/ aber auf Poesie verstehen Sie/ sich wie die Tonne da.“/ Das war unartig gesprochen,/ aber der Krämer lachte/ und der Student lachte auch.

* Die Abschnitte des relevanten Texts und die Abschnitte des Distraktortexts sind durch Querstriche getrennt.

Für jeden der zu erinnernden Texte wurde ein anderer Teil derselben Geschichte für die auditive Präsentation in der Bedingung „*assoziierte Sprache*“ ausgewählt (für ein Beispiel, siehe Tabelle 3). Die Distraktortexte wurden genau wie die zu erinnernden Texte in zehn kleine Textabschnitte unterteilt, die vier bis fünf Worte enthielten. Die Textabschnitte wurden von einer männlichen Stimme gesprochen, so dass für jeden Text zehn Tondateien (eine pro Textabschnitt) erzeugt wurden. Die Tondatei dauerte 3600 ms (so lange wie die visuelle Präsentation der relevanten Textabschnitte).

Für den Quellengedächtnistest wurde eine der Geschichten in drei größere Teile unterteilt, die jeweils dem Beginn, dem Mittelteil und dem Ende der Geschichte entsprachen. Diese drei Teile wurden jeweils in 40 Textabschnitte unterteilt, die vier bis fünf Wörter enthielten. Für die Lernphase des Quellengedächtnistest wurde einer der drei übergeordneten Teile zufällig für die visuelle Präsentation ausgewählt, einer wurde zufällig für die auditive Präsentation ausgewählt und einer wurde gar nicht präsentiert. Die Tondateien, die für die auditive Präsentation verwendet wurden bestanden aus den Textabschnitten von vier bis fünf Worten, die von einer männlichen Stimme gesprochen wurden und dauerten jeweils 3600 Millisekunden.

11.1.3 Ablauf

Der Versuchsablauf war mit dem von Experiment 3 identisch, mit den folgenden Ausnahmen: Der Reproduktionstest bestand aus 14 Durchgängen mit jeweils sieben Wiederholungen der beiden Distraktorbedingungen (*Ruhe* vs. *assoziierte Sprache*). Nach der Präsentation des visuellen Warnsignals wurden die Textabschnitte (die aus vier bis fünf Worten bestanden) für jeweils 3600 Millisekunden präsentiert. Nach der

Präsentation des zehnten Textabschnitts, der den visuell präsentierten Text abschloss, erschien ein einzelnes Fragezeichen auf dem Bildschirm als Signal für die Versuchspersonen, mit der verbalen Reproduktion des Texts zu beginnen.

In der Bedingung „*assoziierte Sprache*“ war der gesprochene Distraktortext ein Teil derselben Geschichte, die auch visuell präsentiert wurde. Die Präsentation der Tondatei, welche den ersten Abschnitt des Distraktortexts enthielt, startete mit dem Erscheinen des ersten visuell präsentierten Textabschnitts und dauerte bis zum Verschwinden des ersten visuell präsentierten Textabschnitts an. Die Tondatei, welche den zweiten Textabschnitt des Distraktortexts enthielt, startete mit dem Erscheinen des zweiten visuell präsentierten Textabschnitts und dauerte bis zum Verschwinden des zweiten visuell präsentierten Textabschnitts an. So ging es weiter, bis sowohl der relevante Text als auch der Distraktortext vollständig präsentiert worden waren. Die Geschichten wurden randomisiert für die Präsentation in einer der beiden Distraktorbedingungen ausgewählt.

Die Lernphase des Quellengedächtnistests war mit der Lernphase der Durchgänge in der Bedingung „*assoziierte Sprache*“ im Reproduktionstest identisch, mit den folgenden Ausnahmen: Erstens enthielten sowohl der relevante Text als auch der Distraktortext 40 Abschnitte von vier bis fünf Wörtern statt nur zehn Abschnitte von vier bis fünf Wörtern. Zweitens gab es drei gleich lange übergeordnete Teile der Geschichte (die ersten, mittleren oder letzten 40 Textabschnitte der Geschichte). Ein Teil wurde visuell präsentiert, einer wurde auditiv präsentiert und einer wurde in der Lernphase des Quellengedächtnistests gar nicht präsentiert. Es wurde randomisiert festgelegt, welcher Teil visuell präsentiert wurde, welcher auditiv und welcher gar nicht.

Nach der Lernphase des Quellengedächtnistests erhielten die Versuchspersonen sofort die Instruktionen für den unangekündigten Quellengedächtnistest. Alle 120 Textabschnitte, bestehend aus den 40 visuell präsentierten Textabschnitten, den 40 auditiv präsentierten Textabschnitten und den 40 neuen Textabschnitten wurden präsentiert. Die Abfolge der Präsentation dieser Textabschnitte wurde zufällig festgelegt. Jeder Abschnitt wurde gleichzeitig sowohl visuell als auch auditiv für 3600 Millisekunden präsentiert. Nach der Präsentation eines Abschnitts wurden die Versuchspersonen gefragt, ob dieser Abschnitt „alt“ (zuvor entweder gesehen oder gehört) oder „neu“

(zuvor weder gesehen noch gehört) war. Wenn die Versuchspersonen angaben, dass der Abschnitt „alt“ war, wurden sie gefragt, ob sie den Textabschnitt in der Lernphase gesehen oder gehört hatten.

11.1.4 Design

Dem Experiment lag ein 2×2 -faktorieller Versuchsplan mit den Faktoren Altersgruppe und Distraktorbedingung zugrunde. Altersgruppe (*jung* vs. *alt*) war der zweistufige quasiexperimentelle Gruppenfaktor, die Distraktorbedingung (*Ruhe* vs. *assoziierte Sprache*) stellte den zweistufigen messwiederholten Faktor dar. Als abhängige Variable dienten die Anzahl der richtig erinnerten semantischen Einheiten und die Anzahl der Intrusionen aus entweder semantisch assoziierten Texten oder semantisch nicht assoziierten Texten. Bei einer Gesamtstichprobe von $N = 92$ Personen ($N_{\text{alt}} = 46$, $N_{\text{jung}} = 46$), $\alpha = .05$, und einer angenommenen Korrelation von $\rho = .7$ zwischen den zwei Stufen der messwiederholten Variablen, konnte ein Effekt der Größe $f^2 = 0.02$ mit einer Wahrscheinlichkeit von $1 - \beta = .93$ entdeckt werden.

11.2 Ergebnisse

Den älteren Erwachsenen wurden die auditiven Distraktoren mit einem Schalldruck dargeboten, der zwischen 56 und 76 dB(A) interindividuell variierte, $Md = 71$ dB(A). Nur einer der älteren Versuchspersonen wurden die Distraktoren mit dem maximalen Schalldruck präsentiert. Bei den jüngeren Erwachsenen variierte der Schalldruck interindividuell zwischen 56 und 73 dB(A), $Md = 61$ dB(A). Ein *U*-Test bestätigte, dass die Distraktoren den älteren Erwachsenen signifikant lauter präsentiert wurden als den jüngeren Erwachsenen, $z = 6.35$, $p < .01$.

Nach den Ergebnissen des *DemTect* (Kalbe et al., 2004; Kessler et al., 2000) erhielt keine der Versuchspersonen die Diagnose „*Demenzverdacht*“. Allerdings wurden vier ältere und eine jüngere Versuchsperson von der Auswertung ausgeschlossen, weil ihre Ergebnisse im *Demtect* keine „*altersgemäße kognitive Leistung*“ anzeigten. Der *DemTect*-Gesamtscore der älteren Erwachsenen (16.52 Punkte) unterschied sich nicht von dem der jüngeren Erwachsenen (17.00 Punkte), $t(90) = 1.50$, $p = .14$, $\eta^2 = .02$. Die Leistung der älteren Erwachsenen in der *Zahlenspanne rückwärts* ($M = 4.78$ Zahlen, $SD = 1.03$) war jedoch im Vergleich zu der Leistung jüngerer Erwachsener ($M = 5.65$

Zahlen, $SD = 1.30$) reduziert, $t(90) = 3.55$, $p < .01$, $\eta^2 = .12$. Auch die Leistung der älteren Erwachsenen in der *Zahlenspanne vorwärts* ($M = 6.22$ Zahlen, $SD = 1.03$) war im Vergleich zu der Leistung jüngerer Erwachsener ($M = 6.83$ Zahlen, $SD = 1.10$) reduziert, $t(90) = 2.74$, $p = .01$, $\eta^2 = .08$. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Funktionsfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses zwischen den Gruppen unterschied.

11.2.1 Auswertung der Textreproduktionsleistung

Abbildung 13 zeigt die Reproduktionsleistung in den zwei Distraktorbedingungen für beide Altersgruppen in Form der Anzahl korrekt erinnertes semantischer Einheiten, relativiert an der Anzahl präsentierter semantischer Einheiten. Eine 2×2 -MANOVA mit Altersgruppe (*jung* vs. *alt*) als Gruppenfaktor und Distraktorbedingung (*Ruhe* vs. *assoziierte Sprache*) als messwiederholter Faktor zeigte signifikante Haupteffekte der Altersgruppe, $F(1,90) = 35.47$, $p < .01$, $\eta^2 = .28$ und der Distraktorbedingung, $F(1,90) = 163.63$, $p < .01$, $\eta^2 = .65$. Die Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung wurde signifikant, $F(1,90) = 14.01$, $p < .01$, $\eta^2 = .14$.

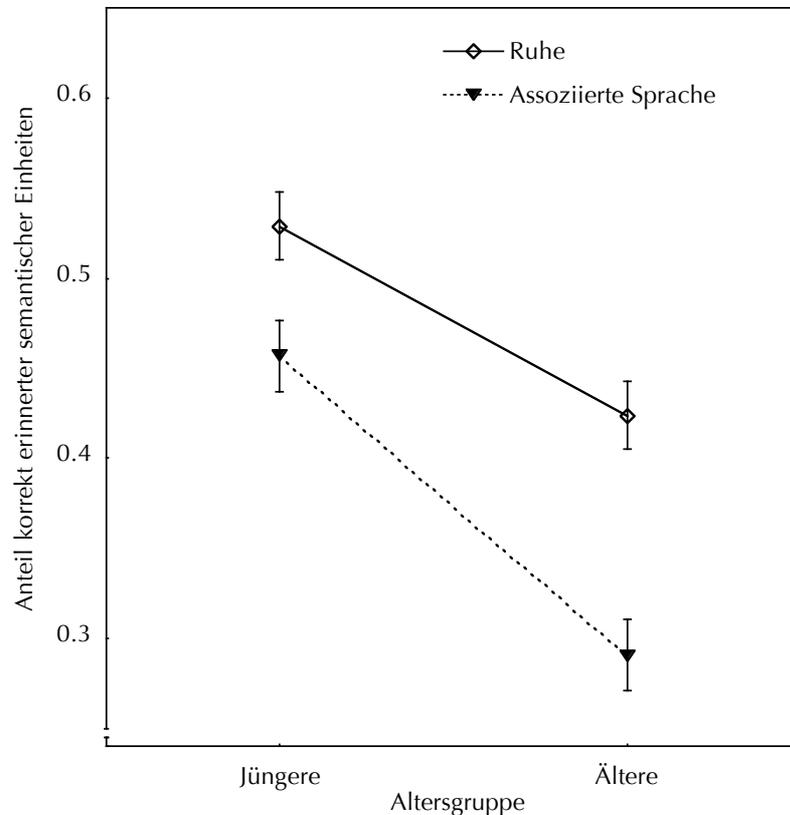


Abbildung 13: Anteil der korrekt erinnerten semantischen Einheiten als Funktion der Altersgruppe und der Distraktorbedingung in Experiment 4. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte.

Als nächstes wurden die Intrusionsfehler ausgewertet. Abbildung 14 zeigt die Anzahl von Intrusionen aus den semantisch assoziierten Distraktortexten. „Pseudo“-Intrusionen von Wörtern aus den Distraktortexten in der Ruhebedingung wurden als *Baseline* für die Erfassung der Intrusionen in der Bedingung „*assoziierte Sprache*“ verwendet. Eine 2×2 -MANOVA mit Alter (*alt* vs. *jung*) als Gruppenfaktor und Distraktorbedingung (*Ruhe* vs. *assoziierte Sprache*) als messwiederholter Faktor zeigte signifikante Haupteffekte der Altersgruppe $F(1,90) = 20.43, p < .01, \eta^2 = .19$, und der Distraktorbedingung, $F(1,90) = 69.50, p < .01, \eta^2 = .44$. Die Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung war signifikant, $F(1,90) = 16.92, p < .01, \eta^2 = .16$.

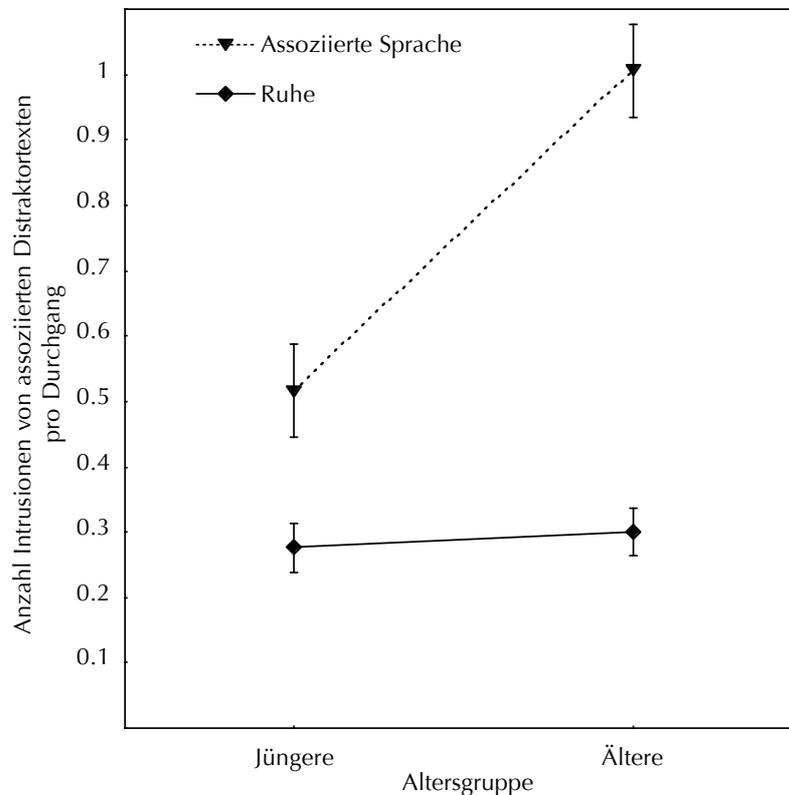


Abbildung 14: Anzahl der Intrusionen aus assoziierten Distraktortexten pro Durchgang in der Bedingung „assozierte Sprache“ als Funktion der Altersgruppe in Experiment 4. Die Anzahl der „Pseudo“-Intrusionen aus assoziierten Distraktortexten in der Bedingung „Ruhe“ dient als *Baseline*. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte.

Tabelle 4 zeigt zum Vergleich die Anzahl der Fehler, die nicht als Intrusionen von Distraktortexten klassifiziert wurden. Weder der Haupteffekt der Altersgruppe, $F(1,90) = 2.26$, $p = .14$, $\eta^2 = .02$, noch der Haupteffekt der Distraktorbedingung, $F(1,90) = 3.30$, $p = .07$, $\eta^2 = .04$, noch die Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung, $F(1,90) = 0.16$, $p = .69$, $\eta^2 < .01$, war signifikant. Das Fehlen eines Effekts der Distraktorbedingung auf die Anzahl der nicht als Intrusionen klassifizierten Fehler zeigt, dass die Präsentation der irrelevanten Sprache nicht generell die Anzahl der Fehler erhöhte, sondern spezifisch die Anzahl der Intrusionen aus den Distraktortexten erhöhte.

Tabelle 4

Anzahl der nicht als Intrusionen klassifizierten Fehler in Experiment 4.

		Distraktorbedingung	
		Ruhe	Assoziierte Sprache
Alters- gruppe	Jüngere	2.73 (<i>SE</i> = 0.13)	2.60 (<i>SE</i> = 0.15)
	Ältere	3.03 (<i>SE</i> = 0.13)	2.83 (<i>SE</i> = 0.15)

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die Ergebnisse von Experiment 3 repliziert werden konnten.

11.2.2 Modellbasierte Analyse der Quellengedächtnisprozesse

Zur Auswertung des Quellengedächtnistests wurde zunächst getrennt für beide Altersgruppen ermittelt, wie häufig im Quellengedächtnistest auf visuelle Zielitems, auditive Distraktoritems und neue Items mit „gesehen“, „gehört“ oder „neu“ geantwortet wurde. Die Anzahl der Antworten einer bestimmten Kategorie („gesehen“, „gehört“ oder „neu“) auf eine bestimmte Itemkategorie (visuelles Zielitem, auditives Distraktoritem oder neues Item) wurde bestimmt, indem die Antworthäufigkeiten getrennt für jede Altersgruppe über die verschiedenen Items einer Kategorie und die Versuchspersonen hinweg addiert wurden. Dieses Vorgehen führte zu den in Tabelle 5 präsentierten Daten.

Tabelle 5

Die in dem Quellengedächtnistest von Experiment 4 erhobenen Antworthäufigkeiten.

Jüngere

Itemkategorie	Antwortkategorie		
	„Gesehen“	„Gehört“	„Neu“
Visuelles Zielitem	1259	101	480
Auditives Distraktoritem	162	326	1352
Neues Item	112	113	1615

Ältere

Itemkategorie	Antwortkategorie		
	„Gesehen“	„Gehört“	„Neu“
Visuelles Zielitem	1064	250	526
Auditives Distraktoritem	365	396	1079
Neues Item	267	184	1389

Die Daten sollten mithilfe des in Abbildung 12 dargestellten Zwei-Hochschwellen-Quellengedächtnismodells ausgewertet werden (zu den Grundlagen des Hypothesentestens mit Hilfe von multinomialen Modellen siehe Batchelder & Riefer, 1990; Erdfelder, 2000; Riefer & Batchelder, 1988). Dabei ergibt sich das Problem, dass das multinomiale Quellengedächtnismodell nicht identifizierbar ist, da es insgesamt acht Parameter (D_v , D_a , D_n , d_a , d_v , b , a , g) enthält, aber nur sechs unabhängige Antworthäufigkeiten für die Schätzung der Parameter zur Verfügung stehen. Über Parametergleichsetzungen kann das Modell allerdings identifizierbar gemacht werden. Bayen et al. (1996) spezifizierten eine Reihe von identifizierbaren Untermodellen des multinomialen Quellengedächtnismodells (siehe Abbildung 15). Der erste Schritt der multinomialen Auswertung besteht aus der Festlegung, welches dieser Untermodelle den weiteren Analysen zugrunde gelegt wird.

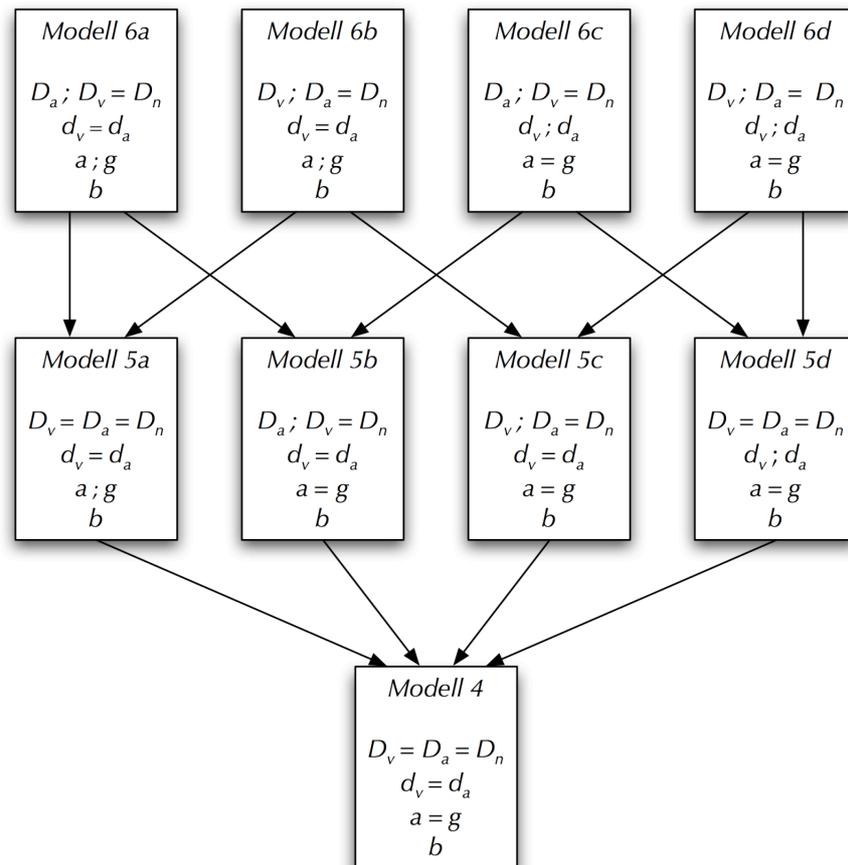


Abbildung 15: Die verschachtelte Hierarchie aller identifizierbarer Untermodelle des Zwei-Hochschwellen-Quellengedächtnismodells nach Bayen et al. (1996). Ein Gleichheitszeichen bedeutet, dass zwei Parameter gleichgesetzt werden. Ein Semikolon trennt Parameter, die nicht restringiert wurden.

Bestimmte Gleichsetzungsrestriktionen erscheinen aber im Hinblick auf die Methode des vorliegenden Experiments bereits *a priori* nicht sinnvoll. Da die Versuchspersonen instruiert waren, in der Lernphase die in der visuellen Modalität präsentierten Items zu beachten und die in der auditiven Modalität präsentierten Items zu ignorieren, ist weder davon auszugehen, dass man die Quellengedächtnisparameter über die beiden Quellen hinweg gleichsetzen kann, noch dass man die Itemgedächtnisparameter über die beiden Quellen hinweg gleichsetzen kann. Schließt man alle Untermodelle aus, welche die kritischen Gleichsetzungsrestriktionen beinhalten, bleiben die Modelle 6c und 6d. Im Gegensatz zu Modell 6c passt Modell 6d perfekt auf die Daten. Das Modell beinhaltet zwei Gleichsetzungsrestriktionen: Zum einen wird angenommen, dass die Wahrscheinlichkeit, mit der geraten wird, dass ein Item „gesehen“ wurde, nicht davon abhängt, ob das Item als „alt“ wiedererkannt wurde oder ob nur geraten wurde, dass das Item „alt“ war ($a_{\text{alt}} = g_{\text{alt}}$ und $a_{\text{jung}} = g_{\text{jung}}$). Das Modell beinhaltet außerdem die

Gleichsetzung der Parameter D_a und D_n ($D_{a\text{ alt}} = D_{n\text{ alt}}$ und $D_{a\text{ jung}} = D_{n\text{ jung}}$). Die Parameterschätzer für dieses Untermodell sind in Abbildung 16 dargestellt.¹⁵

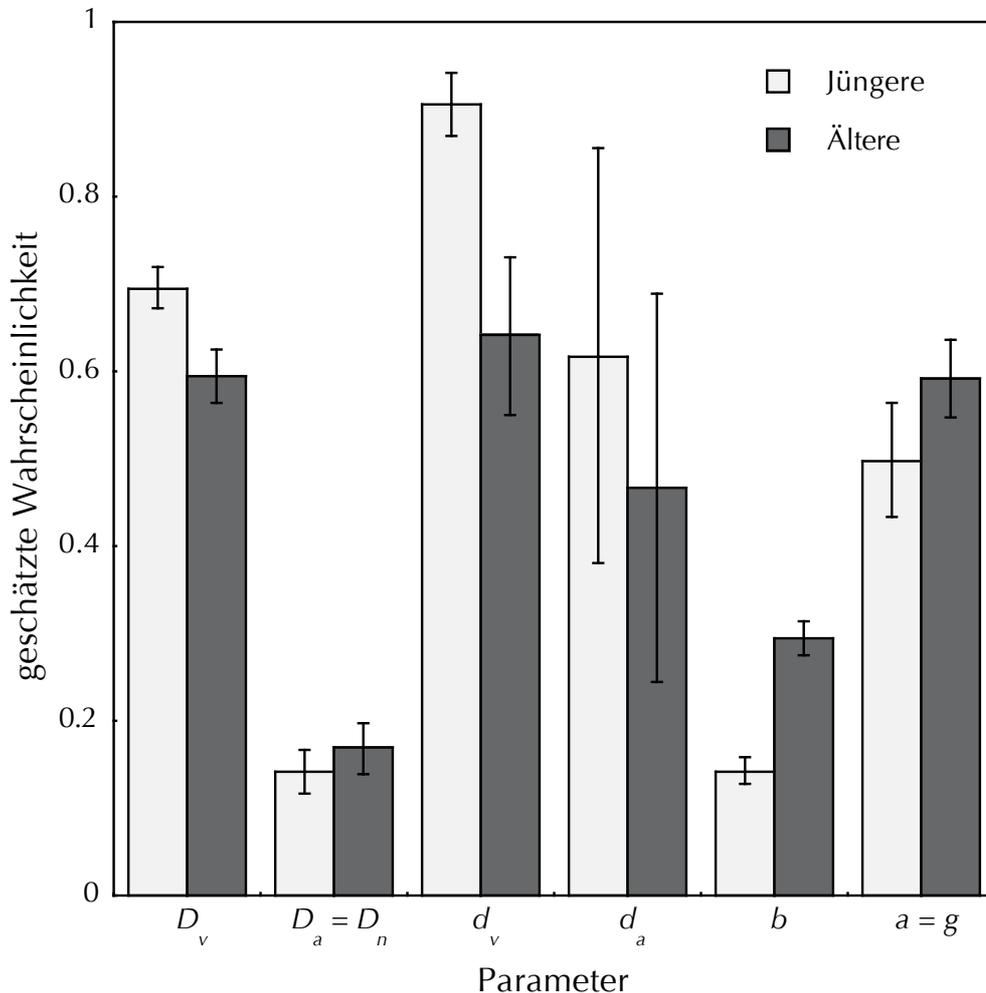


Abbildung 16: Die Parameterschätzer für Untermodell 6d des multinomialen Quellengedächtnismodells von Bayen et al. (1996). Die Fehlerbalken repräsentieren die .95-Konfidenzintervalle der Parameterschätzer.

Hypothesen können mithilfe des multinomialen Modells überprüft werden, indem zusätzliche Restriktionen eingeführt werden und geprüft wird, ob sich die Modellpassung durch diese Restriktionen verschlechtert. In Bezug auf die Fragestellung der vorliegenden Arbeit ist vor allem interessant, ob sich die Item- und Quellengedächtnisparameter signifikant zwischen den beiden Altersgruppen unterscheiden.

¹⁵ Die multinomialen Analysen wurden mit Hilfe des Programms AppleTree (Rothkegel, 1999) durchgeführt.

Aufschlussreich erscheint vor allem der Vergleich des Itemgedächtnisses für die auditiven Distraktoren zwischen den beiden Altersgruppen: Die Inhibitionsdefizittheorie behauptet, dass jüngere Erwachsene den Zugang von irrelevanten Informationen zum Arbeitsgedächtnis und damit ihre Verarbeitung besser unterdrücken können als ältere Erwachsene. Daraus lässt sich die Vorhersage ableiten, dass das Itemgedächtnis für die auditiven Distraktoren bei älteren Erwachsenen besser sein sollte als bei jüngeren Erwachsenen. Diese Hypothese wurde überprüft, indem die Itemgedächtnisparameter D_a und D_n für ältere und jüngere Erwachsene gleichgesetzt wurden ($D_{a\text{ alt}} = D_{n\text{ alt}} = D_{a\text{ jung}} = D_{n\text{ jung}}$). Das restringierte Modell passte immer noch gut auf die Daten, $G^2(1) = 1.64$, $p > .20$.¹⁶ Die Hypothese, dass das Itemgedächtnis für Distraktoren (gemeinsam mit der Fähigkeit, neue Items zurückzuweisen) für ältere Erwachsene besser als für jüngere Erwachsene ist, ist daher mit den Daten nicht kompatibel.

In einem zweiten Schritt wurden die Vorhersagen des Quellengedächtnisansatzes getestet, indem zunächst der Parameter d_v für jüngere und ältere Erwachsene gleichgesetzt wurde ($d_{v\text{ alt}} = d_{v\text{ jung}}$). Das Modell mit dieser Restriktion passte nicht auf die Daten, $G^2(1) = 34.06$, $p < .01$. Führt man zusätzlich die Restriktion ein, dass der Quellengedächtnisparameter für die auditiven Distraktoren d_a für beide Altersgruppen identisch ist ($d_{a\text{ alt}} = d_{a\text{ jung}}$), verschlechterte sich die Modellpassung nochmals signifikant, $\Delta G^2(1) = 11.4$, $p < .01$. Die Daten sind also konsistent mit der Hypothese, dass sich die Quellengedächtnisparameter zwischen den Gruppen unterscheiden. Die jüngeren Erwachsenen zeigten für die visuellen und auditiven Items höhere Quellengedächtnisparameter als die älteren Erwachsenen. Zusammengenommen widersprechen die Befunde des Quellengedächtnistests also den Vorhersagen der Inhibitionsdefizittheorie und sind konsistent mit der Hypothese, dass ältere Erwachsene ein schlechteres Quellengedächtnis aufweisen als jüngere Erwachsene.

Des Weiteren wurde untersucht, ob sich der Itemgedächtnisparameter für die visuellen Zielitems und die Rateparameter zwischen den beiden Altersgruppen unterscheiden. Um das Ergebnis bereits vorwegzunehmen: Es wurden altersbezogene Unterschiede in diesen Parametern gefunden, die auf der Grundlage der Literatur zum kognitiven Altern zu erwarten waren. Allerdings werden altersbezogene Gedächtnisdefizite von einer

¹⁶ Die *Goodness-of-Fit*-Statistik ist asymptotisch χ^2 -verteilt; die Freiheitsgrade werden in den Klammern angegeben (für Details siehe Hu & Batchelder, 1994).

Vielzahl von Theorien zum kognitiven Altern vorhergesagt und können nicht helfen, zwischen der Inhibitionsdefizittheorie und alternativen Theorien des kognitiven Alterns zu differenzieren. Wurden die Itemgedächtnisparameter für die visuellen Zielitems D_v über die beiden Altersgruppen hinweg gleichgesetzt, passte das Modell nicht auf die Daten, $G^2(1) = 26.05$, $p < .01$. Das ist ein Anzeichen dafür, dass die älteren Erwachsenen die visuellen Zielitems schlechter wiedererkennen konnten als die jüngeren Erwachsenen. Die beiden Altersgruppen unterschieden sich auch im Hinblick auf den Rateparameter b (das Modell mit der Restriktion $b_{\text{alt}} = b_{\text{jung}}$ passte nicht auf die Daten, $G^2(1) = 149.62$, $p < .01$).

11.3 Diskussion

Die Ergebnisse von Experiment 4 replizieren die Ergebnisse von Experiment 3, da gezeigt werden konnte, dass die sofortige Textreproduktion durch semantisch assoziierte relevante Sprache beeinträchtigt werden kann. Zudem konnte die Interaktion zwischen Alter und irrelevanter Sprache repliziert werden – ältere Erwachsene waren durch die Präsentation von semantisch auf den zu erinnernden Text bezogene irrelevante Sprache stärker beeinträchtigt als jüngere Erwachsene. Sie konnten weniger relevanten Text reproduzieren, wenn während der Enkodierung des relevanten Texts semantisch bezogene irrelevante Sprache präsentiert wurde. Außerdem machten sie mehr Intrusionsfehler als jüngere Erwachsene (d.h. sie „erinnerten“ öfter fälschlicherweise Informationen, die dem auditiv präsentierten Distraktortext entstammten).

Wie bereits diskutiert, gibt es mehrere Möglichkeiten, dieses Befundmuster mit Theorien des kognitiven Alterns zu erklären. Laut Inhibitionsdefizittheorie würde man davon ausgehen, dass ältere Erwachsene den Zugang von irrelevanten Informationen zum Arbeitsgedächtnis schlechter unterdrücken können als jüngere Erwachsene (Hasher et al., 2001; Zacks et al., 2000). Als Folge dieses Inhibitionsdefizits würden älteren Erwachsenen Verarbeitungsressourcen für die Verarbeitung der relevanten Informationen fehlen. Eine alternative Hypothese besagt, dass diese Anzeichen für eine erhöhte Interferenz bei älteren im Vergleich zu jüngeren Versuchspersonen Folgen des schlechteren Quellengedächtnisses älterer Erwachsener sind.

Um Aufschluss darüber zu bekommen, wie gut die irrelevanten Informationen erinnert wurden, wurde am Ende von Experiment 4 ein überraschender Quellengedächtnistest durchgeführt. Eine multinomiale Analyse erlaubte es, altersbezogene Unterschiede in Parametern für das Itemgedächtnis, das Quellengedächtnis und verschiedenen Ratetendenzen getrennt zu erfassen. Aufgrund der Inhibitionsdefizittheorie hätte man erwartet, dass ältere Erwachsene ein besseres Itemgedächtnis für die als irrelevant deklarierten auditiven Distraktorinformationen haben würden als die jüngeren Erwachsenen. Allerdings konnte nicht bestätigt werden, dass sich ältere und jüngere Erwachsene im Hinblick auf die Fähigkeit, die auditiven Distraktorinformationen wiederzuerkennen, unterschieden. Dagegen wurden deutliche Unterschiede im Quellengedächtnis zwischen älteren und jüngeren Erwachsenen gefunden. Zusammengekommen widersprechen diese Befunde den Vorhersagen der Inhibitionsdefizittheorie und unterstützen die Hypothese, dass Unterschiede im Quellengedächtnis den besonders ausgeprägten Leistungsabfall der älteren Erwachsenen in der Bedingung „assozierte Sprache“ in den Experimenten 3 und 4 verursachten.

Die Ergebnisse des Quellengedächtnistests sind konsistent mit den Ergebnissen von Dywan und Murphy (1996). Auch sie fanden zunächst Befunde, die mit der Inhibitionsdefizittheorie konsistent schienen: Ältere Erwachsene waren durch in den Text eingestreute Distraktorwörter stärker in ihrer Erinnerung an den relevanten Text beeinträchtigt als jüngere Erwachsene. Die älteren Erwachsenen wählten in einem *Multiple-Choice*-Textverständnistest öfter Distraktorwörter als jüngere Erwachsene. Sollten die Versuchspersonen allerdings die zu dem Distraktortext gehörigen Wörter aus einem Set auswählen, das aus einem Distraktor, einem Zielwort (einem Wort aus dem zu beachtenden Text) und neuen Wörtern bestand, konnten die jüngeren Erwachsenen den Distraktor besser identifizieren als die älteren Erwachsenen. Auch Dywan und Murphy sahen ihre Befunde als inkonsistent mit der Annahme an, dass die älteren Erwachsenen im Vergleich zu den jüngeren ein Defizit in der inhibitorischen Kontrolle des Zugangs von irrelevanten Informationen zum Arbeitsgedächtnis aufwiesen, und schlugen vor, dass sich die altersbezogenen Unterschiede besser durch ein beeinträchtigttes Quellengedächtnis der älteren Erwachsenen erklären lassen.

Neben den Unterschieden in den für die vorliegende Fragestellung bedeutsamen Parametern für das Quellengedächtnis und das Itemgedächtnis für die auditiven

Distraktoren fanden sich auch in anderen Parametern Unterschiede zwischen den Altersgruppen, die darauf hinwies, dass das Gedächtnis der älteren Erwachsenen schlechter als das der jüngeren war. Beispielsweise wurden altersbezogene Unterschiede in dem Itemgedächtnisparameter für die visuellen Zielitems gefunden. Dieser altersbezogene Unterschied im Wiedererkennen von relevanten Items war aufgrund ähnlicher Befunde in der Literatur zu erwarten. Beispielsweise fanden Bayen und Murnane (1996) in einem Quellengedächtnisexperiment Unterschiede zwischen jungen und älteren Erwachsenen in den Itemgedächtnisparametern über verschiedene Bedingungen hinweg. Zudem werden häufig altersbezogene Unterschiede in Wiedererkennungsaufgaben gefunden, auch wenn sie typischerweise geringer ausfallen als altersbezogene Unterschiede in der freien Reproduktion (Craik & Byrd, 1982). Dass die älteren Erwachsenen für die zu erinnernden Items eine schlechtere Erinnerungsleistung aufwiesen als die jüngeren Erwachsenen, kann durch eine Vielzahl von Theorien zum kognitiven Altern erklärt werden (beispielsweise mit einer ineffizienteren Verarbeitung der visuellen Zielinformationen aufgrund von einer langsameren Verarbeitung, einer geringeren Arbeitsgedächtniskapazität, etc.). Im gegenwärtigen Kontext ist interessant, dass solche altersbezogenen Unterschiede im Wiedererkennen oftmals damit erklärt werden, dass jüngere Erwachsene im Vergleich zu älteren Erwachsenen bei der Enkodierung von zu erinnernden Informationen häufiger effektive Gedächtnisstrategien einsetzen, indem sie die Information im Gedächtnis öfter wiederholen und stärker miteinander und mit vorhandenem Wissen in Beziehung setzen (Craik & Byrd, 1982). Sollten die altersbezogenen Unterschiede in Wiedererkennungsleistungen tatsächlich darauf zurückzuführen sein, dass jüngere Erwachsene häufiger selbstbestimmt eine ausführlichere und „tiefere“ Verarbeitung des relevanten Materials initiieren, könnte das auch erklären, warum ein vergleichbarer Altersunterschied in Bezug auf die Wiedererkennungsleistung von als irrelevant deklarierten Informationen (den auditiven Distraktoren) ausbleibt.

Das ist unter anderem deshalb wichtig, weil es hilft, eine mögliche Alternativerklärung der Ergebnisse des Quellengedächtnistests zu entkräften: So könnte man argumentieren, dass die älteren Erwachsene ein Inhibitionsdefizit aufwiesen und die Distraktorinformationen somit intensiver verarbeiteten, dass sie aber zusätzlich insgesamt eine höhere Vergessensrate aufwiesen als die jüngeren Erwachsenen. Dass im Itemgedächtnis

nis für die Distraktorinformationen im Gegensatz zu dem Itemgedächtnis für die Zielinformationen kein altersbezogener Unterschied gefunden wurde, wäre dann mit einem altersbezogenen Inhibitionsdefizit vereinbar. Diese Erklärung würde allerdings voraussetzen, dass man – gegeben, dass die älteren Erwachsenen nicht unter einem Inhibitionsdefizit litten – gleich große altersbezogene Unterschiede im Itemgedächtnis für Distraktor- und Zielinformationen erwartet hätte. Das ist aber nicht zu erwarten, wenn altersbezogene Unterschiede in der Rekognitionsleistung darauf zurückgeführt werden können, dass jüngere Erwachsene in größerem Ausmaß als ältere Erwachsene willkürliche, elaborative Enkodierungsstrategien in Bezug auf das zu erinnernde Material anwenden.¹⁷

Neben den Unterschieden in den Quellengedächtnisparametern und dem Itemgedächtnisparameter für die visuellen Zielitems fanden sich altersbezogene Unterschiede in den Rateparametern. Ältere Erwachsene hatten im Vergleich zu jüngeren eine deutlich erhöhte Tendenz, zu raten, dass ein Item „alt“ war. Dass ältere Erwachsene eine höhere Bereitschaft haben, mit „alt“ zu antworten oder eine liberalere Antworttendenz haben als jüngere Erwachsene wurde sowohl in Quellengedächtnisexperimenten (Bayen & Murnane, 1996; Multhaup, 1995) und beim Wiedererkennen (Craik & Byrd, 1982) als auch bei der Reproduktion (Jacoby, 1999a) häufig beobachtet. Das Ergebnis, dass sich der Rateparameter b zwischen den Altersgruppen unterscheidet, ist also ebenfalls konsistent mit der verfügbaren Literatur. Eine mögliche Erklärung für dieses Verhalten stellt die Annahme dar, dass die Alt-Neu-Urteile der älteren Erwachsenen – im Vergleich zu denen der jüngeren Erwachsenen – weniger auf detaillierte Erinnerungen an die Lernepisode und mehr auf einem Vertrautheitseindruck basierten. Nimmt man an, dass ältere Versuchspersonen weniger kontextuelle Details erinnern als jüngere Erwachsene und sich bei ihrer Entscheidung, ob ein Item alt oder neu ist, eher

¹⁷ Um die Plausibilität dieser Alternativerklärung zu überprüfen, wurde eine zusätzliche Analyse des Quellengedächtnistests mit Hilfe des multinomialen Modells durchgeführt, in der nur die ersten zehn Antworten pro Itemkategorie berücksichtigt wurden. Würde die Alternativerklärung zutreffen, könnte man vermuten, dass die älteren Erwachsenen bei den ersten Antworten möglicherweise noch ein höheres Itemgedächtnis für die auditiven Distraktoritems zeigten als die jüngeren. Das ist allerdings nicht der Fall. Wie in der ersten Analyse sind die Daten konsistent mit der Annahme, dass sich die Itemgedächtnisparameter für auditive Distraktoritems und neue Items nicht zwischen den Altersgruppen unterscheiden, $G^2(1) = 0.02$, $p = .88$, aber inkonsistent mit der Annahme, dass sich die Quellengedächtnisparameter zwischen den Gruppen nicht unterscheiden, $G^2(2) = 7.33$, $p = .03$. Numerisch ist der Itemgedächtnisparameter für auditive Distraktoritems und neue Items für die jungen Erwachsenen sogar etwas größer ($D_{a\text{ jung}} = D_{n\text{ jung}} = .16$) als für die älteren Erwachsenen ($D_{a\text{ alt}} = D_{n\text{ alt}} = .15$).

auf das Gefühl der Vertrautheit verlassen, kann dies erklären, dass ältere Versuchspersonen eher als jüngere geneigt sind, zu raten, dass ein neues Item, das aber aufgrund seines semantischen Bezugs zu anderen Items aus der Lernphase oder der Testphase vertraut erscheint, aus der Lernphase bekannt ist (Craik & Byrd, 1982). In Bezug auf die vorliegende Fragestellung bleibt allerdings unklar, inwiefern ein liberaleres Antwortkriterium für die Wiedererkennungsaufgabe spezifisch ist oder ob ein liberaleres Antwortkriterium der älteren Erwachsenen möglicherweise auch dazu beigetragen haben könnte, dass die älteren Erwachsenen bei der sofortigen Textreproduktion mehr Intrusionsfehler machten als die jüngeren Erwachsenen.

Zusammenfassend kann man schließen, dass die Ergebnisse der multinomiale Analyse die Inhibitionsdefizittheorie nicht unterstützten. Da die Inhibitionsdefizittheorie vor allem Altersunterschiede in der Verarbeitung der Distraktorstimuli postuliert, hätte man auf der Grundlage der Inhibitionsdefizittheorie erwartet, dass die älteren Erwachsenen die auditiven Distraktorsitems besser wiedererkennen als die jüngeren Erwachsenen. Stattdessen unterschied sich das Itemgedächtnis für die auditiven Distraktoren zwischen den Gruppen nicht. Die Ergebnisse sind hingegen konsistent mit der Annahme, dass sich ältere und jüngere Erwachsene hinsichtlich des Quellengedächtnisses unterscheiden: Die älteren Personen konnten sich weniger gut an die Quelle der als „alt“ wiedererkannten Informationen erinnern als die jüngeren. Insgesamt sind die Befunde demnach konsistent mit der Annahme, dass ältere im Vergleich zu jüngeren Personen in dem Quellengedächtnistest weniger auf detaillierte Erinnerungen an die Lernepisode zurückgreifen können und daher eher auf Vertrautheit basierende Entscheidungen treffen (siehe auch die Theorie der Zugänglichkeitsheuristik von Jacoby, 1999a). Die Ergebnisse des Quellengedächtnistests bestärken somit die Zweifel daran, dass die Anzeichen für eine erhöhte Interferenzanfälligkeit im höheren Lebensalter, die in Experiment 3 und 4 gewonnen wurden, tatsächlich die Folge eines Inhibitionsdefizits sind. Die Ergebnisse stützen dagegen die Annahme, dass diese Ergebnisse Folge eines bei älteren Erwachsenen im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen schlechteren Quellengedächtnisses sind.

12 Allgemeine Diskussion

Die vorgestellte Abfolge von Experimenten diente der Überprüfung der Inhibitionsdefizittheorie des kognitiven Alterns. Dabei wurde untersucht, ob sich modalitätsübergreifende Interferenz – in diesem Fall die Störung des Behaltens von visuell präsentierten, verbalen Stimuli durch aufgabenirrelevante auditive Distraktoren – zwischen jungen und älteren Erwachsenen unterscheidet.

12.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Experimente 1a, 1b und 2 dienten dazu, die in vorausgehenden Studien in Bezug auf erwachsene Personen beobachtete Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekts (Beaman, 2005b; Belleville et al., 2003; Rouleau & Belleville, 1996) zu replizieren und mögliche Alternativerklärungen für diese Befunde auszuschließen. Es konnte gezeigt werden, dass das Ausbleiben eines auf die Interferenzanfälligkeit bezogenen Unterschieds zwischen den Altersgruppen höchstwahrscheinlich nicht auf einen Schutz vor irrelevanten auditiven Informationen durch altersbezogene sensorische Defizite zurückzuführen ist. Die beiden Altersgruppen zeigten selbst dann einen vergleichbaren *Irrelevant-Sound*-Effekt, wenn die Aufgabenschwierigkeit an das individuelle Leistungsniveau der Versuchspersonen angepasst war. Interpretationsprobleme aufgrund mangelnder Teststärke, die in vorangegangenen Studien gegeben waren, wurden durch die Verwendung ausreichend großer Stichproben beseitigt. Die Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekts zeigte sich robust in allen drei Experimenten und hing auch nicht von Feinheiten des experimentellen Vorgehens wie der Antwortmodalität ab. Die Vorhersagen der Inhibitionsdefizittheorie, dass ältere Erwachsene im Vergleich zu jüngeren *generell* stärker durch die Präsentation von irrelevanten Reizen beeinträchtigt werden sollten (Zacks & Hasher, 1994), konnte also nicht bestätigt werden.

In den Experimenten 3 und 4 wurde dem Vorschlag von Rouleau und Belleville (1996) nachgegangen, dass sich das Inhibitionsdefizit älterer Erwachsener auf die Hemmung semantischer Informationen beschränkt. Es wurde untersucht, ob ältere Erwachsene stärker als jüngere durch bedeutungsvolle irrelevante Sprache beeinträchtigt sind, wenn sie eine Aufgabe bearbeiten, welche die semantische Analyse des relevanten Materials erfordert. Konsistent mit den Annahmen der modifizierten Inhibitionsdefizittheorie

fanden sich in diesem Paradigma Belege für Altersunterschiede in der Interferenzanfälligkeit, wenn das zu ignorierende Material bedeutungsvoll und mit dem zu erinnernden Material semantisch assoziiert war: Ältere Erwachsene waren stärker als junge in der Textreproduktion durch die Präsentation der semantisch assoziierten Sprache beeinträchtigt; außerdem machten ältere Erwachsene in dieser Bedingung mehr Intrusionsfehler als junge Erwachsene. Solche Anzeichen für Interferenz wurden in der Vergangenheit als Indizes für beeinträchtigte Inhibitionsfunktionen angesehen (z.B. Carlson et al., 1995; Hasher, Chung, May & Foong, 2002; Li et al., 1998). Die Befunde sprechen allerdings nicht eindeutig für ein altersbezogenes Defizit in der inhibitorischen Aufmerksamkeit; alternative Erklärungen sehen die Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener als Folge statt als Ursache von altersbedingten Veränderungen des Gedächtnisses an (Jacoby, 1999a). Wurden die Versuchspersonen einem überraschenden Quellengedächtnistest unterzogen, fanden sich keine eindeutigen Belege dafür, dass die älteren Erwachsenen die Distraktoren im Vergleich zu den jüngeren intensiver verarbeiteten. Stattdessen fanden sich Belege für altersbezogene Unterschiede im Quellengedächtnis. Diese Ergebnisse stützen die Annahme, dass altersbezogene Unterschiede im Quellengedächtnis Ursache für die altersbezogenen Unterschiede in der Beeinträchtigung durch bedeutungsvolle, auf den zu erinnernden Text bezogenen Distraktorinformationen sein könnten.

Durch den quasiexperimentellen Charakter der Befunde zu altersbezogenen Unterschieden in kognitiven Variablen ergibt sich zwangsläufig, dass mögliche Konfundierungen über Kohorteneffekte nicht vollständig kontrolliert werden können.¹⁸ Um zumindest auszuschließen, dass die unterschiedliche Schulbildung von älteren und jüngeren

¹⁸ Bei der Untersuchung von Veränderungen von kognitiven Leistungen im Alter ergibt sich prinzipiell das Problem, dass das biologische Alter nicht experimentell manipuliert werden kann. Eine strikte Kontrolle des Einflusses von Störvariablen, insbesondere von Kohorteneffekten, ist daher nicht möglich. Salthouse (2000b) gibt einen guten Überblick über die Vor- und Nachteile von Quer- und Längsschnittstudien und die Annahmen, die bei diesen Studien implizit vorausgesetzt werden. Er kommt dabei zu dem Schluss, dass Extremgruppenvergleiche zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen möglicherweise sogar zu bevorzugen sind, wenn es darum geht, altersbezogene Unterschiede in bestimmten kognitiven Variablen aufzudecken, weil durch dieses Vorgehen die Teststärke für die Interaktion zwischen Alter und einer anderen Variable maximiert werden kann. Ein Großteil der Befunde zur Inhibitionsdefizittheorie wurde über Extremgruppenvergleiche gewonnen, die Inhibitionsdefizittheorie wurde ursprünglich auch zur Erklärung solcher Befunde vorgeschlagen. Der Ansatz kann somit als zur Überprüfung der Annahmen der Inhibitionsdefizittheorie adäquat angesehen werden. Dennoch ist natürlich wichtig, bei der Interpretation der Befunde die Limitationen des Ansatzes zu reflektieren (siehe Salthouse, 2000b, für eine ausführlichere Diskussion).

Erwachsenen einen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse hatte, wurden – wenn möglich – zusätzliche Auswertungen durchgeführt, in die nur diejenigen Versuchspersonen mit einbezogen wurden, die über eine vergleichbare Schulbildung verfügten. Aus Platzgründen wurde im Text auf die Beschreibung dieser Auswertungen verzichtet; sie werden allerdings in Anhang B dargestellt. Zusammenfassend geben diese Auswertungen keinen Hinweis darauf, dass die in einigen Experimenten für jüngere und ältere Erwachsene unterschiedliche Schulbildung einen bedeutsamen Einfluss auf die für die Fragestellung relevanten Ergebnisse hatte.

Zusammengenommen unterstützen die Ergebnisse der vorgestellten Experimente die grundlegende Kritik an der Inhibitionsdefizittheorie, wie sie beispielsweise von Burke (1997) und McDowd (1997) formuliert wurde. Diese Kritik bezieht sich zum einen auf die mangelnde empirische Absicherung der Theorie, zum anderen auf die unzureichende theoretische Ausformulierung des Inhibitionsdefizitansatzes.

12.2 Einordnung der Befunde in den Forschungskontext

Die Ergebnisse der Experimente 1a, 1b und 2 zeigten, dass ältere und jüngere Erwachsene im *Irrelevant-Sound*-Paradigma gleichermaßen durch auditive Distraktoren beeinträchtigt werden. Diese Aussage widerspricht den Vorhersagen der Inhibitionsdefizittheorie, die postuliert, dass ältere Erwachsene im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen unter einem globalen Inhibitionsdefizit leiden, und generell durch die Präsentation von aufgabenirrelevanten Reizen stärker beeinträchtigt sind. Dabei wurde von den Autorinnen der Inhibitionsdefizittheorie in Beispielen zur Illustration der Konsequenzen des postulierten Inhibitionsdefizits im höheren Lebensalter betont, dass sich die angenommene Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener nicht nur auf visuelle, sondern auch auditive Distraktoren bezieht (Hasher et al., in press; Hasher et al., 2001; Zacks & Hasher, 1994) und auch modalitätsübergreifende Interferenzeffekte – wie die Störung einer visuellen Primäraufgabe durch auditive Distraktoren – mit einschließt (Lustig, Hasher et al., 2001). Die in der vorliegenden Arbeit präsentierten Befunde, die eine Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekts zeigen, stehen in direktem Widerspruch zu diesen Vorhersagen.

Die Hypothese einer im höheren Lebensalter allgemein erhöhten Interferenzanfälligkeit kann somit aufgrund der vorliegenden Befunde im *Irrelevant-Sound*-Paradigma in

Zweifel gezogen werden. Etablierte Theorien wie die Inhibitionsdefizittheorie, die den Anspruch haben, eine Fülle von Befunden zum kognitiven Altern erklären zu können, scheitern selbstverständlich nicht an Befunden in einzelnen experimentellen Paradigmen. Bei einer Durchsicht der zur Verfügung stehenden Literatur zeigt sich allerdings – im Einklang mit den hier vorgestellten Befunden – dass zentrale Annahmen der Inhibitionsdefizittheorie wie die einer allgemein erhöhten Interferenzanfälligkeit im höheren Lebensalter in vielen experimentellen Paradigmen empirisch nicht gestützt werden (z.B. Burke, 1997; McDowd, 1997; Murphy et al., 1999). Wichtig, den Annahmen der Inhibitionsdefizittheorie entsprechende Befunde konnten teilweise auch nicht repliziert werden (z.B. Gamboz & Russo, 2002; Titz, Behrendt & Hasselhorn, 2004). Ein Beispiel sind die bereits in der Einleitung vorgestellten Studien, die für eine Altersinvarianz des *Negative-Priming*-Effekts sprechen (Buchner & Mayr, 2004; Gamboz et al., 2002). Gerade die im Hinblick auf die Gültigkeit der Inhibitionsdefizittheorie uneinheitliche und widersprüchliche Befundlage macht es wichtig, die Vorhersagen der Theorie in weiteren, noch nicht zu ihrer Überprüfung herangezogenen Paradigmen zu testen. Nur so kann letztendlich geprüft werden, ob die empirische Evidenz in ihrer Gesamtheit mit den von der Inhibitionsdefizittheorie postulierten altersbezogenen kognitiven Veränderungen in Einklang zu bringen ist. Die in der vorliegenden Arbeit präsentierten Belege für eine Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekts ergänzen die bereits vorhandenen Belege für erhaltene Inhibitionsfunktionen im höheren Lebensalter und stellen die Kritik an der Inhibitionsdefizittheorie auf eine breitere empirische Basis.

In der Vergangenheit wurden von den Autorinnen der Inhibitionsdefizittheorie verschiedene Einflussfaktoren identifiziert, die den Zusammenhang zwischen Alter und Interferenzanfälligkeit modulieren. Zur Einordnung der vorliegenden Befunde ist natürlich nicht unwesentlich, ob eine Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekts auf der Grundlage dieser Weiterentwicklungen der Inhibitionsdefizittheorie zu erwarten gewesen wäre. Die perzeptuelle Unterscheidbarkeit zwischen Zielreizen und Distraktoren hat sich in Paradigmen zur visuellen Aufmerksamkeit als Faktor herausgestellt, der das Auftreten oder Ausbleiben von Alterseffekten determinieren kann (Hasher et al., 1999; Lustig, Hasher et al., 2001). Beispielsweise schreiben Lustig und Hasher (2001, S. 553):

Interference from distractors will have a greater impact on older adults' ability to identify and use target information than on that of younger adults. Exceptions occur only when distractors are very distinct from targets.

Die Inhibitionsdefizittheorie bietet allerdings keine theoretisch fundierte Erklärung für die Beobachtung an, dass Altersunterschiede ausbleiben, wenn die perzeptuelle Unterscheidbarkeit von Zielreizen und Distraktoren groß ist. Die Aussage bezieht sich zudem auf Paradigmen zur visuellen Aufmerksamkeit, in denen die Größe der Interferenzeffekte durch die perzeptuelle Unterscheidbarkeit von Ziel- und Distraktorreizen stark beeinflusst wird: Sowohl jüngere als auch ältere Versuchspersonen erfahren stärkere Interferenz durch die Distraktoren, wenn sie den Zielreizen sehr ähnlich sind. Dass Alterseffekte in der Interferenzanfälligkeit in diesen Paradigmen bei guter Unterscheidbarkeit von Ziel- und Distraktorreizen weniger wahrscheinlich zu finden sind, bedeutet also nur, dass Altersunterschiede in der Beeinträchtigung durch Distraktoren verschwinden, wenn diese ohnehin keinen oder einen sehr geringen Einfluss auf die Informationsverarbeitung ausüben. Die Befunde zur Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekt in den Experimenten 1a, 1b und 2 und in vorausgehenden Studien (Beaman, 2005b; Belleville et al., 2003; Rouleau & Belleville, 1996) zeigen allerdings, dass Alterseffekte in der Interferenzanfälligkeit *selbst dann* ausbleiben, wenn die Distraktoren die Leistung in der Primäraufgabe stark beeinträchtigen. Die Wichtigkeit der perzeptuellen Unterscheidbarkeit von Ziel- und Distraktorreizen könnte auch damit erklärt werden, dass bei hoher perzeptueller Ähnlichkeit von Ziel- und Distraktorreiz sensorische Defizite der älteren Erwachsenen zu der durch die Distraktoren erfahrenen Interferenz beitragen können, beispielsweise weil perzeptuell ähnliche Zielreize und Distraktorreize von älteren Erwachsenen mit sensorischen Defiziten schlechter unterschieden werden können.

Ein weiterer Faktor, von dem angenommen wird, dass er das Auftreten von Altersunterschieden in der inhibitorischen Aufmerksamkeit beeinflussen kann, ist die Tageszeit. Es wurde behauptet, dass ältere und jüngere Personen zu unterschiedlichen Tageszeiten ihr optimales Leistungsniveau erreichen und dass insbesondere Funktionen der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle einem zirkadianen Rhythmen unterliegen, der sich abhängig vom Lebensalter verändert (Hasher et al., 2002; Hasher, Goldstein & May, 2005; Hasher et al., 1999; May & Hasher, 1998; West, Murphy, Armilio, Craik & Stuss, 2002). Es wird angenommen, dass sich das Leistungsmaximum mit höherem

Lebensalter vom späten Abend auf den frühen Morgen verlagert. Man könnte sich somit fragen, ob auch der *Irrelevant-Sound*-Effekt tageszeitabhängigen Schwankungen unterliegt. Es ist allerdings unwahrscheinlich, dass die Validität der in der vorliegenden Arbeit berichteten Ergebnisse aufgrund von möglichen Tageszeitschwankungen der inhibitorischen Aufmerksamkeitsfunktionen in Zweifel gezogen werden kann. Zum einen betonen die Autorinnen der Inhibitionsdefizittheorie, dass Alterseffekte in der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle unabhängig von der Tageszeit zu erwarten sind und höchstens von Tageszeiteffekten moduliert werden (Hasher et al., in press). Zum anderen wurde beobachtet, dass die beim Lesen durch in den Text eingestreute Distraktorwörter erfahrene Interferenz nicht von der Tageszeit abhängt (Li et al., 1998). Aufgrund dieser Beobachtung wurde vermutet, dass die Zugangsfunktion der Inhibition im Gegensatz zu den anderen Inhibitionsfunktionen nicht von der Tageszeit abhängt (Hasher et al., 1999; Li et al., 1998). Falls überhaupt, sollten Altersunterschiede in der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle auch eher überschätzt werden, wenn die Tageszeit im Versuchsplan nicht berücksichtigt wird (Hasher et al., in press; Lustig & Hasher, 2001).¹⁹ Es bleibt festzuhalten, dass die Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekts den Vorhersagen der Inhibitionsdefizittheorie selbst dann widerspricht, wenn man von einer tageszeitabhängigen Modulation des *Irrelevant-Sound*-Effekts ausgehen würde.

Anders als im *Irrelevant-Sound*-Paradigma scheint die Befundlage in vielen anderen Paradigmen für die Existenz eines Inhibitionsdefizits im höheren Lebensalter zu sprechen. Eine eindeutige Interpretation dieser Befunde gestaltet sich allerdings zumeist problematisch, da für viele dieser Befunde Alternativerklärungen möglich sind, die ohne die Annahme eines altersbezogenen Inhibitionsdefizits auskommen. Die Befunde können zumeist auch auf andere, bekannte Altersunterschiede beispielsweise in der Verarbeitungsgeschwindigkeit (Salthouse, 2001; Verhaeghen & Cerella, 2002; Verhaeghen & De Meersman, 1998b), der Sensorik (Murphy et al., 1999; Schneider et

¹⁹ In den hier berichteten Experimenten wurde jeweils ungefähr die eine Hälfte der jüngeren und älteren Versuchspersonen morgens, die andere Hälfte nachmittags und abends untersucht (die Testungen fanden hauptsächlich zwischen 9 und 18 Uhr statt). Teilt man die Altersgruppen nach dem Median des Zeitpunkts des Untersuchungsbeginns in Gruppen, die morgens, und Gruppen, die nachmittags und abends getestet wurden, und untersucht, ob die Zugehörigkeit zu einer zu einer bestimmten Tageszeit getesteten Gruppe einen Einfluss auf die gemessene Interferenz hat, zeigt sich kein Einfluss der Tageszeit auf die Größe des *Irrelevant-Sound*-Effekts. Aus den im Text beschriebenen Gründen wird auf eine detaillierte Beschreibung der Analysen verzichtet.

al., 2000; Schneider et al., 2002) und dem Gedächtnis (Jacoby, 1999a; Jacoby et al., 2001) zurückgeführt werden. Ein Beispiel sind Altersunterschiede in der *Stroop*-Aufgabe (MacLeod, 1991; Salthouse et al., 2003), die verschwinden, wenn man die kognitive Verlangsamung älterer Versuchspersonen berücksichtigt (Salthouse, 2001; Verhaeghen & Cerella, 2002; Verhaeghen & De Meersman, 1998b). Im Hinblick auf die Fragestellung der vorliegenden Untersuchung, ist interessant, dass angebliche altersbezogene Gruppenunterschiede im Ignorieren irrelevanter auditiver Reize möglicherweise keine altersbezogene Unterschiede in Aufmerksamkeitsfunktionen widerspiegeln, sondern auf Unterschiede in der Hörfähigkeit zurückgeführt werden können (Murphy et al., 1999; Schneider et al., 2000; Schneider et al., 2002).

Auch die in Experiment 3 und 4 beobachteten Altersunterschiede sprechen auf den ersten Blick für ein Defizit der inhibitorischen Aufmerksamkeit. Sowohl Altersunterschiede in der Beeinträchtigung einer Primäraufgabe durch semantisch assoziierte Distraktoren als auch Altersunterschiede in der Anzahl von Intrusionsfehlern wurden in der Vergangenheit als Beleg für ein altersbezogenes Versagen der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle angesehen (z.B. Carlson et al., 1995; Hasher et al., 2002; Li et al., 1998). Bei dem Schluss von altersbezogenen Unterschieden in der Anfälligkeit für Interferenz auf Inhibitionsprozesse, von denen angenommen wird, dass sie der Interferenzkontrolle zugrunde liegen, ist allerdings Vorsicht geboten. Bedenkt man die vielfältigen gehirnphysiologischen Veränderungen, die mit dem Altern einhergehen (z.B. Raz, 2000) und die große Anzahl von altersbezogenen Veränderungen in sensorischen und kognitiven Fähigkeiten (Schneider & Pichora Fuller, 2000; Schroeder & Salthouse, 2004; Verhaeghen & Salthouse, 1997), kann man sich vorstellen, dass neben altersbezogenen Unterschieden in der inhibitorischen Aufmerksamkeit auch altersbezogene Unterschiede in anderen Funktionen der Informationsverarbeitung das Ausmaß der erfahrenen Interferenz beeinflussen können.

Genauere Formulierungen der den abhängigen Variablen zugrunde liegenden kognitiven Zustände und mentalen Prozesse – wie beispielsweise in multinomialen Modellen – können helfen, aus den einzelnen Theorien spezifischere Vorhersagen abzuleiten, die nicht nur auf das Vorhandensein oder Ausbleiben von altersbezogenen Unterschieden in der Interferenzanfälligkeit Bezug nehmen. Beispielsweise wurden für die in Experiment 3 und 4 aufgedeckten altersbezogenen Unterschiede in dem Ausmaß

der Interferenz durch bedeutungsvolle, mit dem relevanten Material assoziierte Sprache zwei mögliche Ursachen postuliert: (1) Nach der Inhibitionsdefizittheorie sollten die älteren Erwachsenen aufgrund ihres Inhibitionsdefizits die Verarbeitung von Distraktorinformationen schlechter inhibieren können, wodurch sich die Ressourcen, die zur Verarbeitung der relevanten Informationen zur Verfügung stehen, reduzieren würden. (2) Nach dem Quellengedächtnisansatz sollten die älteren über ein schlechteres Gedächtnis für die Quelle von den relevanten und den irrelevanten Informationen verfügen, was einerseits dazu führen kann, dass sie irrelevante Informationen fälschlicherweise erinnert werden und andererseits dazu führen kann, dass relevante Informationen nicht erinnert werden. Auf der Basis der Inhibitionsdefizittheorie würde man erwarten, dass sich die auf die Distraktorinformationen bezogenen Itemgedächtnisparameter zwischen den Altersgruppen unterscheiden. Das konnte allerdings nicht bestätigt werden. Die Annahmen des Quellengedächtnisansatzes wurden hingegen von den Daten unterstützt. Das bekräftigt die Zweifel daran, dass in Experiment 3 und 4 beobachteten altersbezogenen Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit tatsächlich darauf zurückführen lassen, dass jüngere Erwachsene im Vergleich zu älteren Erwachsenen die Verarbeitung der Distraktorinformationen effektiver unterdrücken.

12.3 Kritische Betrachtung der Inhibitionsdefizittheorie

Grundsätzliche Kritik an der theoretischen Ausformulierung der Inhibitionsdefizittheorie bezieht sich zumeist auf die Vagheit und Ungenauigkeit des vertretenen Inhibitionskonzepts. Die Inhibitionsdefizittheorie wählt zur Beschreibung des altersbezogenen Inhibitionsdefizits eine verhaltensnahe Beschreibungsebene und postuliert direkte Folgen für die Interferenzanfälligkeit, ohne die zugrunde liegenden Prozesse zu beachten. Burke (1997) kritisiert diese Art der Hypothesengenerierung als zu oberflächlich, da der Zusammenhang zwischen Inhibition auf einer theoretischen Ebene und Interferenzphänomenen auf der beobachtbaren Verhaltensebene nicht zwangsläufig ergibt, sondern von der angenommenen Funktion der Inhibitionsmechanismen im jeweiligen Paradigma abhängt. Im Extremfall können die auf das Verhalten bezogenen Vorhersagen der Inhibitionsdefizittheorie sogar Defiziten in theoretisch angenommenen Inhibitionsprozessen widersprechen (Taylor & Burke, 2002). Solche Inkonsistenzen treten vor allem dann zutage, wenn für ein bestimmtes Paradigma

ausformulierte Modelle der Informationsverarbeitung zur Verfügung stehen, die Inhibitionsmechanismen beeinhalteten.

In vielen Fällen kommt die Inhibitionsdefizittheorie über die simple Gleichsetzung von Inhibitionsdefizit und Interferenzanfälligkeit nicht hinaus. Andererseits stellt die Unklarheit über die Beteiligung von Inhibitionsprozessen in so gut wie allen zur Verfügung stehenden experimentellen Paradigmen für die Inhibitionsdefizittheorie eine bequeme Möglichkeit dar, sich gegen Befunde zu immunisieren, die ihren Vorhersagen widersprechen. Sollte in einem bestimmten Paradigma das Verhalten der Versuchspersonen von den Vorhersagen der Inhibitionsdefizittheorie abweichen, besteht immer die Möglichkeit, die Beschreibungsebene zu wechseln und die Beteiligung von Inhibitionsmechanismen in dem Paradigma in Frage zu stellen. Dadurch wird es allerdings schwierig, konkrete Vorhersagen aus der Inhibitionsdefizittheorie abzuleiten. Zudem besteht die Gefahr der Zirkularität, wenn von dem Vorhandensein oder dem Ausbleiben von Altersdifferenzen auf die Beteiligung von Inhibitionsprozessen rückgeschlossen wird. Die Annahme eines altersbezogenen Inhibitionsdefizits ist aufgrund der Unschärfe des in der Inhibitionsdefizittheorie verwendeten Inhibitionskonzepts nur schwer zu widerlegen. Überprüfbar sind dagegen die konkreten Aussagen der Inhibitionsdefizittheorie in Bezug auf beobachtbare Verhaltensunterschiede zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen. In den vorgestellten Experimenten wurde die Annahme der Inhibitionsdefizittheorie geprüft, dass ältere Erwachsene durch aufgabenirrelevante auditive Reize stärker beeinträchtigt sein sollten als jüngere Erwachsene. Diese Aussage konnte allerdings aufgrund der Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekts in den Experimenten 1a, 1b und 2 zurückgewiesen werden.

Zu der Unklarheit über den in der Inhibitionsdefizittheorie verwendeten Inhibitionsbegriff trägt bei, dass die Theorie offen lässt, ob man sich Inhibition als einheitlichen Mechanismus oder als verschiedene, funktional unabhängige Mechanismen mit ähnlichen Wirkungen vorzustellen hat. Die Annahme eines generellen Inhibitionsdefizits im hohen Lebensalter und der Anspruch der Inhibitionsdefizittheorie, einen Großteil der Befunde zum kognitiven Altern erklären zu können, legt allerdings nahe, dass über verschiedene Aufgaben und Situationen hinweg dieselben grundlegenden Inhibitionsmechanismen zum Einsatz kommen. Ob es einen solchen zentralen Inhibitionsmechanismus gibt, ist allerdings zweifelhaft. Gegen diese Annahme spricht

unter anderem, dass Inhibitions- und Interferenzmaße, die von der Inhibitionsdefizittheorie als Beleg für ein Inhibitionsdefizit im höheren Lebensalter herangezogen werden, typischerweise schlecht miteinander korrelieren, selbst wenn die Maße ausreichend reliabel sind (Kramer et al., 1994; Salthouse et al., 2003; Salthouse & Meinz, 1995). Auch die unterschiedliche Entwicklung von Inhibitionsprozessen in der Kindheit (Dempster, 1992) spricht eher für verschiedene Inhibitionsmechanismen, die auch im hohen Lebensalter unterschiedliche Entwicklungsverläufe nehmen können.

Die Postulierung unterschiedlich alterssensitiver Inhibitionsprozesse stellt eine weitere Möglichkeit dar, die Inhibitionsdefizittheorie mit Befunden zu versöhnen, die ihren Vorhersagen widersprechen. In der vorliegenden Arbeit wurde einer Hypothese von Rouleau und Belleville (1996) nachgegangen, die vor allem eine Beeinträchtigung von Inhibitionsprozessen annahm, die auf semantisch bedeutungsvolle Informationen gerichtet sind. Diese Annahme könnte die in den Experimenten 1a, 1b und 2 gefundene Altersinvarianz des *Irrelevant-Sound*-Effekts erklären. Tatsächlich wurden altersbezogene Unterschiede gefunden, wenn die Beeinträchtigung der Primäraufgabe durch semantische Eigenschaften des auditiven Materials verursacht wurde. Allerdings gibt es für die altersbezogenen Unterschiede in diesem semantischen *Irrelevant-Speech*-Effekt neben einem auf semantische Inhalte beschränkten Inhibitionsdefizit Alternativ-erklärungen. Beispielsweise könnten Ziel- und Distraktorinformationen beim Abruf aufgrund eines schlechteren Quellengedächtnisses miteinander verwechselt werden, was zu einem altersbezogenen Unterschied in dem Ausmaß der *Irrelevant-Speech*-Interferenz und der Anzahl der Intrusionsfehler führen könnte. In einem überraschenden Quellengedächtnistest konnten keine Hinweise gefunden werden, dass die semantischen Informationen aus dem irrelevanten Kanal tatsächlich eine bevorzugte Verarbeitung erfuhren. Stattdessen scheinen eher altersbezogene Unterschiede im Quellengedächtnis für die beobachteten Altersunterschiede verantwortlich zu sein. Es konnte also kein eindeutiger Beleg für ein für ältere Erwachsene spezifisches semantisches Inhibitionsdefizit gefunden werden.

Bei der Postulierung eines für semantische Inhalte spezifisches Inhibitionsdefizits bezogen sich Rouleau und Belleville (1996) auf eine Modifikation der Inhibitionsdefizittheorie von Connelly und Hasher (1993), die auf neurophysiologische Modelle der visuellen Informationsverarbeitung Bezug nahm. Da in den vorgestellten Experimenten

Interferenz durch auditive Distraktoren untersucht wurde, bleibt die Aussagekraft der Untersuchung auf das Ignorieren von auditiven Reizen beschränkt. Der Großteil der Belege für die Inhibitionsdefizittheorie bezieht sich auf die visuelle Aufmerksamkeit; die Belege für altersspezifische Unterschiede im Ignorieren von auditiven Reizen werden in Überblicksarbeiten zur Inhibitionsdefizittheorie zwar oft zitiert, um die Allgemeingültigkeit des angenommenen Inhibitionsdefizits zu betonen, sind aber tatsächlich eher spärlich. Die vorliegenden Befunde sprechen gegen das von der Inhibitionsdefizittheorie postulierte allgemeine Defizit in der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle, das auch Probleme im Ignorieren von auditiven Reizen einschließt. Die Befunde geben allerdings keinen Aufschluss über ein spezifisches altersbezogenes Inhibitionsdefizit, das nur bestimmte Eigenschaften von visuell präsentierten Reizen betrifft, wie beispielsweise von Connelly und Hasher (1993) postuliert. Allerdings ist fraglich, inwieweit solch ein spezifisches Inhibitionsdefizit noch ein Großteil der altersbezogenen Veränderungen in der fluiden Intelligenz erklären könnte.

12.4 Fazit

Die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Befunde spiegeln die Literatur zur Alterssensitivität von Interferenzphänomenen wider, da sie zeigen, dass ältere Erwachsene nicht generell anfälliger für Interferenzeffekte sind, sondern dass es vom verwendeten Paradigma abhängt, ob Altersunterschiede in der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen auftreten. Entgegen eindeutigen Vorhersagen der Inhibitionsdefizittheorie konnten in den Experimenten 1a, 1b und 2 keine altersbezogenen Unterschiede im *Irrelevant-Sound*-Effekt gefunden werden – trotz Hinweisen auf eine Modulation des *Irrelevant-Sound*-Effekts durch inhibitorische Aufmerksamkeitsmechanismen (Elliott, 2002; Gisselgård et al., 2003). Einige Aspekte der altersbezogenen Leistungsunterschieden – wie die Altersunterschiede in der Anfälligkeit für Interferenz durch bedeutungsvolle, mit dem relevanten Material assoziierte Sprache in den Experimenten 3 und 4 – entsprachen zwar den Vorhersagen der Inhibitionsdefizittheorie, doch war die Befundlage insgesamt nicht konsistent mit der Annahme, dass ein Defizit der inhibitorischen Kontrolle über den Zugang von irrelevanten Informationen im höheren Lebensalter diese altersbezogenen Leistungsunterschiede verursachte. Trotz dieser Belege gegen Altersunterschiede in der Verarbeitung von aufgabenirrelevanten auditiven Informationen kann aufgrund der vorliegenden Befunde natürlich nicht

ausgeschlossen werden, dass bestimmte Aspekte der inhibitorischen Aufmerksamkeitskontrolle im höheren Lebensalter beeinträchtigt sind. Ein solches alterbezogenes Defizit wäre allerdings wesentlich spezifischer als von der Inhibitionsdefizittheorie postuliert. Der breite Gültigkeitsanspruch der Theorie kann angesichts der Befundlage also schwerlich aufrechterhalten werden. Damit ist auch die Funktion der Inhibitionsdefizittheorie als integratives Modell des kognitiven Alterns in Frage gestellt.

13 Literatur

Alain, C. & Woods, D. L. (1999). Age-related changes in processing auditory stimuli during visual attention: Evidence for deficits in inhibitory control and sensory memory. *Psychology and Aging, 14*, 507-519.

Anstey, K. J., Dear, K., Christensen, H. & Jorm, A. F. (2005). Biomarkers, health, lifestyle, and demographic variables as correlates of reaction time performance in early, middle, and late adulthood. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 58*, 5-21.

Bäckman, L. & Farde, L. (2005). The Role of Dopamine Systems in Cognitive Aging. In R. Cabeza, L. Nyberg & D. Park (Hrsg.), *Cognitive neuroscience of aging: Linking cognitive and cerebral aging* (pp. 58-84). New York: Oxford University Press.

Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 49*, 5-28.

Baddeley, A. D. (1997). *Human memory*. Hove: Psychology Press.

Baddeley, A. D. (2000a). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*, 417-423.

Baddeley, A. D. (2000b). The phonological loop and the irrelevant speech effect: Some comments on Neath (2000). *Psychonomic Bulletin and Review, 7*, 544-549.

Baddeley, A. D. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist, 7*, 85-97.

Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience, 4*, 829-839.

Baddeley, A. D., Eldridge, M. & Lewis, V. (1981). The role of subvocalisation in reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 33*, 439-454.

Baddeley, A. D., Emslie, H., Kolodny, J. & Duncan, J. (1998). Random generation and the executive control of working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 51*, 819-852.

Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. Bower (Hrsg.), *The psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory* (pp. 47-89). New York: Academic Press.

Baddeley, A. D. & Larsen, J. D. (2003). The disruption of STM: A response to our commentators. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 56*, 1301-1306.

- Baddeley, A. D. & Salamé, P. (1986). The unattended speech effect: Perception or memory? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12, 525-529.
- Baddeley, A. D. & Wilson, B. A. (2002). Prose recall and amnesia: implications for the structure of working memory. *Neuropsychologia*, 40, 1737-1743.
- Banbury, S. P. & Berry, D. C. (1997). Habituation and dishabituation to speech and office noise. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3, 181-195.
- Banbury, S. P. & Berry, D. C. (1998). Disruption of office-related tasks by speech and office noise. *British Journal of Psychology*, 89, 499-517.
- Banbury, S. P., Tremblay, S., Macken, W. J. & Jones, D. M. (2001). Auditory distraction and short-term memory: Phenomena and practical implications. *Human Factors*, 43, 12-29.
- Barr, R. A. & Giambra, L. M. (1990). Age-related decrement in auditory selective attention. *Psychology and Aging*, 5, 597-599.
- Batchelder, W. H. & Riefer, D. M. (1990). Multinomial processing models of source monitoring. *Psychological Review*, 97, 548-564.
- Bayen, U. J. & Murnane, K. (1996). Aging and the use of perceptual and temporal information in source memory tasks. *Psychology and Aging*, 11, 293-303.
- Bayen, U. J., Murnane, K. & Erdfelder, E. (1996). Source discrimination, item detection, and multinomial models of source monitoring. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 197-215.
- Beaman, C. P. (2005a). Auditory distraction from low-intensity noise: A review of the consequences for learning and workplace environments. *Applied Cognitive Psychology*, 19, 1041-1064.
- Beaman, C. P. (2005b). Irrelevant sound effects amongst younger and older adults: Objective findings and subjective insights. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17, 241-265.
- Beaman, C. P. & Jones, D. M. (1997). Role of serial order in the irrelevant speech effect: Tests of the changing-state hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 459-471.
- Beaman, C. P. & Jones, D. M. (1998). Irrelevant sound disrupts order information in free recall as in serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 51, 615-636.
- Beech, A., Powell, T., McWilliam, J. & Claridge, G. (1989). Evidence of reduced "cognitive inhibition" in schizophrenia. *British Journal of Clinical Psychology*, 28, 109-116.

- Belleville, S., Rouleau, N., Van der Linden, M. & Collette, F. (2003). Effect of manipulation and irrelevant noise on working memory capacity of patients with Alzheimer's dementia. *Neuropsychology*, 17, 69-81.
- Boyle, R. & Coltheart, V. (1996). Effects of irrelevant sounds on phonological coding in reading comprehension and short-term memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 49, 398-416.
- Bridges, A. M. & Jones, D. M. (1996). Word dose in the disruption of serial recall by irrelevant speech: Phonological confusions or changing state? *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 49, 919-939.
- Buchner, A. & Erdfelder, E. (2005). Word frequency of irrelevant speech distractors affects serial recall. *Memory & Cognition*, 33, 86-97.
- Buchner, A., Irmen, L. & Erdfelder, E. (1996). On the irrelevance of semantic information for the "Irrelevant Speech" effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 49, 765-779.
- Buchner, A. & Mayr, S. (2004). Auditory negative priming in younger and older adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 57, 769-787.
- Buchner, A., Mehl, B., Rothermund, K. & Wentura, D. (in press). Artificially induced valence of distractor words increases the effects of irrelevant speech on serial recall. *Memory & Cognition*.
- Buchner, A., Rothermund, K., Wentura, D. & Mehl, B. (2004). Valence of distractor words increases the effects of irrelevant speech on serial recall. *Memory & Cognition*, 32, 722-731.
- Burke, D. M. (1997). Language, aging, and inhibitory deficits: Evaluation of a theory. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences*, 52, 254-264.
- Burke, D. M., MacKay, D. G. & James, L. E. (2000). Theoretical approaches to language and aging. In E. A. Maylor & T. J. Perfect (Hrsg.), *Models of cognitive aging* (pp. 204-237). London: Oxford University Press.
- Cabeza, R., Nyberg, L. & Park, D. C. (2005). Cognitive Neuroscience of Aging: Emergence of a New Discipline. In R. Cabeza, L. Nyberg & D. Park (Hrsg.), *Cognitive neuroscience of aging: Linking cognitive and cerebral aging* (pp. 3-15). New York: Oxford University Press.
- Campbell, T., Winkler, I. & Kujala, T. (2005). Disruption of immediate memory and brain processes: An auditory ERP protocol. *Brain Research Protocols*, 14, 77-86.
- Campbell, T., Winkler, I., Kujala, T. & Näätänen, R. (2003). The N1 hypothesis and irrelevant sound: Evidence from token set size effects. *Cognitive Brain Research*, 18, 39-47.

- Carlson, M. C., Hasher, L., Connelly, S. & Zacks, R. T. (1995). Aging, distraction, and the benefits of predictable location. *Psychology and Aging, 10*, 427-436.
- Chao, L. L. & Knight, R. T. (1997). Prefrontal deficits in attention and inhibitory control with aging. *Cerebral Cortex, 7*, 63-69.
- Chein, J. M., Ravizza, S. M. & Fiez, J. A. (2003). Using neuroimaging to evaluate models of working memory and their implications for language processing. *Journal of Neurolinguistics, 16*, 315-339.
- Christ, S. E., White, D. A., Mandernach, T. & Keys, B. A. (2001). Inhibitory control across the life span. *Developmental Neuropsychology, 20*, 653-669.
- Christensen, H., Korten, A. E., Mackinnon, A. J., Jorm, A. F., Henderson, A. S. & Rodgers, B. (2000). Are changes in sensory disability, reaction time, and grip strength associated with changes in memory and crystallized intelligence? A longitudinal analysis in an elderly community sample. *Gerontology, 46*, 276-292.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Colle, H. A. (1980). Auditory encoding in visual short-term recall: Effects of noise intensity and spatial location. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19*, 722-735.
- Collins Eiland, K., Dansereau, D. F., Brooks, L. W. & Holley, C. D. (1986). Effects of conversational noise, locus of control, and field dependence/independence on the performance of academic tasks. *Contemporary Educational Psychology, 11*, 139-149.
- Connelly, S. & Hasher, L. (1993). Aging and the inhibition of spatial location. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 19*, 1238-1250.
- Connelly, S., Hasher, L. & Zacks, R. T. (1991). Age and reading: The impact of distraction. *Psychology and Aging, 6*, 533-541.
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychological Bulletin, 104*, 163-191.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework*. London: Oxford University Press.
- Cowan, N. (1999). An Embedded-Processes Model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Hrsg.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 62-101). New York: Cambridge University Press.
- Craik, F. I. M. & Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits: The role of attentional processes. In F. I. M. Craik & S. E. Trehub (Hrsg.), *Aging and cognitive processes* (pp. 191-211). New York: Plenum.

- Craik, F. I. M. & Jennings, J. M. (1992). Human memory. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 51-110). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review, 12*, 45-75.
- Dempster, F. N. (1993). Resistance to interference: Developmental changes in a basic processing mechanism. In M. L. Howe & R. Pasnak (Hrsg.), *Emerging themes in cognitive development* (pp. 3-27). New York: Springer.
- Duchek, J. M., Balota, D. A. & Thessing, V. C. (1998). Inhibition of visual and conceptual information during reading in healthy aging and Alzheimer's disease. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 5*, 169-181.
- Dywan, J. & Murphy, W. E. (1996). Aging and inhibitory control in text comprehension. *Psychology and Aging, 11*, 199-206.
- Ellermeier, W. & Hellbrück, J. (1998). Is level irrelevant in "irrelevant speech"? Effects of loudness, signal-to-noise ratio, and binaural unmasking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 24*, 1406-1414.
- Elliott, E. M. (2002). The irrelevant-speech effect and children: Theoretical implications of developmental change. *Memory & Cognition, 30*, 478-487.
- Elliott, E. M. & Cowan, N. (2005). Coherence of the irrelevant sound effect: Individual profiles of short-term memory and susceptibility to task-irrelevant materials. *Memory & Cognition, 33*, 664-675.
- Erdfelder, E. (2000). *Multinomiale Modelle in der kognitiven Psychologie*. Habilitationsschrift, Philosophische Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.
- Erdfelder, E., Faul, F. & Buchner, A. (1996). GPOWER: A general power analysis program. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers, 28*, 1-11.
- Fabiani, M. & Gratton, G. (2005). Electrophysiological and optical measures of cognitive aging. In R. Cabeza, L. Nyberg & D. Park (Hrsg.), *Cognitive neuroscience of aging: Linking cognitive and cerebral aging* (pp. 85-106). New York: Oxford University Press.
- Fozard, J. L. & Gordon Salant, S. (2001). Changes in vision and hearing with aging. In J. E. Birren (Hrsg.), *University of California; Center on Aging et al Handbook of the psychology of aging* (pp. 241-266). San Diego: Academic Press.
- Furnham, A. & Strbac, L. (2002). Music is as distracting as noise: The differential distraction of background music and noise on the cognitive test performance of introverts and extraverts. *Ergonomics, 45*, 203-217.
- Gamboz, N. & Russo, R. (2002). Evidence for age-related equivalence in the directed forgetting paradigm. *Brain and Cognition, 48*, 366-371.

Gamboz, N., Russo, R. & Fox, E. (2002). Age differences and the identity negative priming effect: An updated meta-analysis. *Psychology and Aging, 17*, 525-530.

Gazzaley, A. H. & D'Esposito, M. (2005). BOLD functional MRI and cognitive aging. In R. Cabeza, L. Nyberg & D. Park (Hrsg.), *Cognitive neuroscience of aging: Linking cognitive and cerebral aging* (pp. 107-131). New York: Oxford University Press.

Gisselgård, J., Petersson, K. M., Baddeley, A. & Ingvar, M. (2003). The irrelevant speech effect: A PET study. *Neuropsychologia, 41*, 1899-1911.

Hartley, A. A. (1993). Evidence for the selective preservation of spatial selective attention in old age. *Psychology and Aging, 8*, 371-379.

Hartman, M. & Hasher, L. (1991). Aging and suppression: Memory for previously relevant information. *Psychology and Aging, 6*, 587-594.

Hasher, L., Chung, C., May, C. P. & Foong, N. (2002). Age, time of testing, and proactive interference. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 56*, 200-207.

Hasher, L., Goldstein, D. & May, C. P. (2005). It's about time: Circadian rhythms, memory and aging. In C. Izawa & N. Ohta (Hrsg.), *Human Learning and Memory: Advances in Theory and Application*. Kansas: Lawrence Erlbaum Associates.

Hasher, L., Lustig, C. & Zacks, R. T. (in press). Inhibitory mechanisms and the control of attention. In C. Conway, M. Jarrold, A. Kane, A. Miyake & J. Towse (Hrsg.), *Variation in working memory*. New York: Oxford University Press.

Hasher, L., Stoltzfus, E. R., Zacks, R. T. & Rypma, B. (1991). Age and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 17*, 163-169.

Hasher, L., Tonev, S. T., Lustig, C. & Zacks, R. T. (2001). Inhibitory control, environmental support, and self-initiated processing in aging. In M. Naveh-Benjamin, M. Moscovitch & R. L. Roediger (Hrsg.), *Perspectives on Human Memory and Cognitive Aging: Essays in Honour of Fergus Craik* (pp. 286-297). East Sussex: Psychology Press.

Hasher, L. & Zacks, R. T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General, 108*, 356-388.

Hasher, L. & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory, Vol. 22* (pp. 193-225). San Diego: Academic Press Inc.

Hasher, L., Zacks, R. T. & May, C. P. (1999). Inhibitory control, circadian arousal, and age. In A. Koriat & D. Gopher (Hrsg.), *Attention and performance XVII: Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application* (pp. 653-675). Cambridge: The MIT Press.

Hashtroudi, S., Johnson, M. K. & Chrosniak, L. D. (1989). Aging and source monitoring. *Psychology and Aging, 4*, 106-112.

- Henkel, L. A., Johnson, M. K. & De Leonardis, D. M. (1998). Aging and source monitoring: Cognitive processes and neuropsychological correlates. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, 251-268.
- Hitch, G. J. & Baddeley, A. D. (1976). Verbal reasoning and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 28, 603-621.
- Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6, 65-70.
- Holtzer, R., Stern, Y. & Rakitin, B. C. (2004). Age-related differences in executive control of working memory. *Memory & Cognition*, 32, 1333-1345.
- Horn, J. L. & Cattell, R. B. (1967). Age differences in fluid and crystallized intelligence. *Acta Psychologica*, 26, 107-129.
- Houghton, G. & Tipper, S. P. (1994). A model of inhibitory mechanisms in selective attention. In D. Dagenbach & T. H. Carr (Hrsg.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (pp. 53-112). San Diego: Academic Press.
- Houghton, G. & Tipper, S. P. (1998). A model of selective attention as a mechanism of cognitive control. In J. Grainger & A. M. Jacobs (Hrsg.), *Localist connectionist approaches to human cognition* (pp. 39-74). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Hu, X. & Batchelder, W. H. (1994). The statistical analysis of engineering processing tree models with the EM algorithm. *Psychometrika*, 59, 21-47.
- Hughes, R. W. & Jones, D. M. (2003). A negative order-repetition priming effect: Inhibition of order in unattended auditory sequences? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 199-218.
- Hughes, R. W. & Jones, D. M. (2005). The impact of order incongruence between a task-irrelevant auditory sequence and a task-relevant visual sequence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 316-327.
- Hygge, S., Boman, E. & Enmarker, I. (2003). The effects of road traffic noise and meaningful irrelevant speech on different memory systems. *Scandinavian Journal of Psychology*, 44, 13-21.
- Ivy, G. O., MacLeod, C. M., Petit, T. L. & Markus, E. J. (1992). A physiological framework for perceptual and cognitive changes in aging. In T. A. Salthouse & F. I. M. Craik (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 273-314). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Jacoby, L. L. (1999a). Deceiving the elderly: Effects of accessibility bias in cued-recall performance. *Cognitive Neuropsychology*, 16, 417-436.
- Jacoby, L. L. (1999b). Ironic effects of repetition: Measuring age-related differences in memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 3-22.

Jacoby, L. L., Debnar, J. A. & Hay, J. F. (2001). Proactive interference, accessibility bias, and process dissociations: Valid subject reports of memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 686-700.

James, W. (Hrsg.). (1890). *The principles of psychology, Vol I*. New York: Henry Holt and Co Inc.

Johnson, M. K., Hashtroudi, S. & Lindsay, D. (1993). Source monitoring. *Psychological Bulletin*, 114, 3-28.

Jones, D. M. (1993). Objects, streams, and threads of auditory attention. In L. Weiskrantz & A. D. Baddeley (Hrsg.), *Attention: Selection, awareness, and control: A tribute to Donald Broadbent* (pp. 87-104). New York: Oxford University Press.

Jones, D. M. (1999). The cognitive psychology of auditory distraction: The 1997 BPS Broadbent Lecture. *British Journal of Psychology*, 90, 167-187.

Jones, D. M. & Macken, W. J. (1993). Irrelevant tones produce an irrelevant speech effect: Implications for phonological coding in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 369-381.

Jones, D. M. & Macken, W. J. (1995a). Auditory babble and cognitive efficiency: Role of number of voices and their location. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 1, 216-226.

Jones, D. M. & Macken, W. J. (1995b). Organizational factors in the effect of irrelevant speech: The role of spatial location and timing. *Memory & Cognition*, 23, 192-200.

Jones, D. M. & Macken, W. J. (1995c). Phonological similarity in the irrelevant speech effect: Within- or between-stream similarity? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 103-133.

Jones, D. M., Macken, W. J. & Murray, A. C. (1993). Disruption of visual short-term memory by changing-state auditory stimuli: The role of segmentation. *Memory & Cognition*, 21, 318-328.

Jones, D. M., Macken, W. J. & Nicholls, A. P. (2004). The phonological store of working memory: Is it phonological and is it a store? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 656-674.

Jones, D. M., Madden, C. & Miles, C. (1992). Privileged access by irrelevant speech to short-term memory: The role of changing state. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 44, 645-669.

Jones, D. M., Miles, C. & Page, J. (1990). Disruption of proofreading by irrelevant speech: Effects of attention, arousal or memory? *Applied Cognitive Psychology*, 4, 89-108.

Jones, D. M. & Morris, N. (1992). Irrelevant speech and serial recall: Implications for theories of attention and working memory. *Scandinavian Journal of Psychology*, 33, 212-229.

- Jones, D. M., Saint Aubin, J. & Tremblay, S. (1999). Modulation of the irrelevant sound effect by organizational factors: Further evidence from streaming by location. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 52, 545-554.
- Kalbe, E., Kessler, J., Calabrese, P., Smith, R., Passmore, A. P., Brand, M. & Bullock, R. (2004). DemTect: a new, sensitive cognitive screening test to support the diagnosis of mild cognitive impairment and early dementia. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 19, 136-143.
- Kane, M. J. & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9, 637-671.
- Kane, M. J., Hasher, L., Stoltzfus, E. R. & Zacks, R. T. (1994). Inhibitory attentional mechanisms and aging. *Psychology and Aging*, 9, 103-112.
- Kessler, J., Calabrese, P., Kalbe, E. & Berger, F. (2000). Demtect: Ein neues Screening-Verfahren zur Unterstützung der Demenzdiagnostik. *Psycho*, 26, 343-347.
- Keys, B. A. & White, D. A. (2000). Exploring the relationship between age, executive abilities, and psychomotor speed. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 76-82.
- Kieley, J. M. & Hartley, A. A. (1997). Age-related equivalence of identity suppression in the Stroop color-word task. *Psychology and Aging*, 12, 22-29.
- Kim, S., Hasher, L. & Zacks, R. T. (in press). Aging and a benefit of distractability. *Psychonomic Bulletin and Review*.
- Kjellberg, A. & Skoldstrom, B. (1991). Noise annoyance during the performance of different nonauditory tasks. *Perceptual and Motor Skills*, 73, 39-49.
- Kok, A. (2000). Age-related changes in involuntary and voluntary attention as reflected in components of the event-related potential (ERP). *Biological Psychology*, 54, 107-143.
- Kramer, A. F., Humphrey, D. G., Larish, J. F., Logan, G. D. & Strayer, D. L. (1994). Aging and inhibition: beyond a unitary view of inhibitory processing in attention. *Psychology and Aging*, 9, 491-512.
- Kramer, A. F. & Strayer, D. L. (2001). Influence of stimulus repetition on negative priming. *Psychology and Aging*, 16, 580-587.
- Langley, L. K., Overmier, J. B., Knopman, D. S. & Prod' Homme, M. M. (1998). Inhibition and habituation: Preserved mechanisms of attentional selection in aging and Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 12, 353-366.
- Li, K. Z. H., Hasher, L., Jonas, D., Rahhal, T. A. & May, C. P. (1998). Distractibility, circadian arousal, and aging: A boundary condition? *Psychology and Aging*, 13, 574-583.

- Light, L. L., LaVoie, D., Valencia Laver, D. & Owens, S. A. (1992). Direct and indirect measures of memory for modality in young and older adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 1284-1297.
- Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: A strong connection. *Psychology and Aging*, 9, 339-355.
- Lindenberger, U., Scherer, H. & Baltes, P. B. (2001). The strong connection between sensory and cognitive performance in old age: Not due to sensory acuity reductions operating during cognitive assessment. *Psychology and Aging*, 16, 196-205.
- Lustig, C. & Hasher, L. (2001). Interference. In G. Maddox (Hrsg.), *Encyclopedia of Aging* (pp. 553-555). New York: Springer-Verlag.
- Lustig, C., Hasher, L. & Tonev, S. T. (2001). Inhibitory control over the present and the past. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13, 107-122.
- Lustig, C., Hasher, L. & Tonev, S. T. (in press). Distraction as a determinant of processing speed. *Psychonomic Bulletin and Review*.
- Lustig, C., May, C. P. & Hasher, L. (2001). Working memory span and the role of proactive interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 199-207.
- Macken, W. J. & Jones, D. M. (1995). Functional characteristics of the inner voice and the inner ear: Single or double agency? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 436-448.
- Macken, W. J. & Jones, D. M. (2003). Reification of phonological storage. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 56, 1279-1288.
- Macken, W. J., Tremblay, S., Houghton, R. J., Nicholls, A. P. & Jones, D. M. (2003). Does auditory streaming require attention? Evidence from attentional selectivity in short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 43-51.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109, 163-203.
- Macmillan, N. A. & Creelman, C. D. (1991). *Detection theory: A user's guide*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Martin, R. C., Wogalter, M. S. & Forlano, J. G. (1988). Reading comprehension in the presence of unattended speech and music. *Journal of Memory and Language*, 27, 382-398.
- May, C. P. & Hasher, L. (1998). Synchrony effects in inhibitory control over thought and action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 363-379.
- May, C. P., Hasher, L. & Kane, M. J. (1999). The role of interference in memory span. *Memory & Cognition*, 27, 759-767.

- Maylor, E. A., Vousden, J. I. & Brown, G. D. A. (1999). Adult age differences in short-term memory for serial order: Data and a model. *Psychology and Aging, 14*, 572-594.
- Mayr, S. & Buchner, A. (in press). Evidence for episodic retrieval of inadequate prime responses in auditory negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*.
- Mayr, S., Niedeggen, M., Buchner, A. & Pietrowsky, R. (2003). ERP correlates of auditory negative priming. *Cognition, 90*, B11-B21.
- McDowd, J. M. (1997). Inhibition in attention and aging. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences, 52*, 265-273.
- McDowd, J. M. & Filion, D. L. (1992). Aging, selective attention, and inhibitory processes: A psychophysiological approach. *Psychology and Aging, 7*, 65-71.
- McDowd, J. M., Oseas-Kreger, D. M. & Filion, D. L. (1995). Inhibitory processes in cognition and aging. In C. J. Brainerd & F. N. Dempster (Hrsg.), *Interference and inhibition in cognition* (pp. 363-400). San Diego: Academic Press Inc.
- McDowd, J. M. & Shaw, R. J. (2000). Attention and aging: A functional perspective. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition (2nd ed.)* (pp. 221-292). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Miles, C., Jones, D. M. & Madden, C. (1991). Locus of the irrelevant speech effect in short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 17*, 578-584.
- Milham, M. P., Erickson, K. I., Banich, M. T., Kramer, A. F., Webb, A., Wszalek, T. & Cohen, N. J. (2002). Attentional control in the aging brain: Insights from an fMRI study of the Stroop task. *Brain and Cognition, 49*, 277-296.
- Mitchell, K. J., Johnson, M. K. & Mather, M. (2003). Source monitoring and suggestibility to misinformation: Adult age-related differences. *Applied Cognitive Psychology, 17*, 107-119.
- Moscovitch, M. & Winocur, G. (1992). The neuropsychology of memory and aging. In T. A. Salthouse & F. I. M. Craik (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 315-372). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Multhaup, K. S. (1995). Aging, source, and decision criteria: When false fame errors do and do not occur. *Psychology and Aging, 10*, 492-497.
- Murphy, D. R., McDowd, J. M. & Wilcox, K. A. (1999). Inhibition and aging: Similarities between younger and older adults as revealed by the processing of unattended auditory information. *Psychology and Aging, 14*, 44-59.
- Näätänen, R. (1990). The role of attention in auditory information processing as revealed by event-related potentials and other brain measures of cognitive function. *Behavioral and Brain Sciences, 13*, 201-288.

- Nairne, J. S. (1990). A feature model of immediate memory. *Memory & Cognition*, 18, 251-269.
- Neath, I. (1999). Modelling the disruptive effects of irrelevant speech on order information. *International Journal of Psychology*, 34, 410-418.
- Neath, I. (2000). Modeling the effects of irrelevant speech on memory. *Psychonomic Bulletin and Review*, 7, 403-423.
- Neath, I. & Surprenant, A. M. (2001). The irrelevant sound effect is not always the same as the irrelevant speech effect. In H. L. Roediger, III, J. S. Nairne, I. Neath & A. M. Surprenant (Hrsg.), *The nature of remembering: Essays in honor of Robert G. Crowder* (pp. 247-265). Washington: American Psychological Association.
- Neely, C. B. & LeCompte, D. C. (1999). The importance of semantic similarity to the irrelevant speech effect. *Memory & Cognition*, 27, 37-44.
- Nielson, K. A., Langenecker, S. A. & Garavan, H. (2002). Differences in the functional neuroanatomy of inhibitory control across the adult life span. *Psychology and Aging*, 17, 56-71.
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126, 220-246.
- Norman, D. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. Davison, G. Schwartz & D. Shapiro (Hrsg.), *Consciousness and self regulation: Advances in research and Theory*. New York: Plenum Press.
- Norris, D. G., Baddeley, A. D. & Page, M. P. A. (2004). Retroactive effects of irrelevant speech on serial recall from short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 1093-1105.
- Oswald, C. J. P., Tremblay, S. & Jones, D. M. (2000). Disruption of comprehension by the meaning of irrelevant sound. *Memory*, 8, 345-350.
- Page, M. P. A. & Norris, D. G. (1998). The primacy model: A new model of immediate serial recall. *Psychological Review*, 105, 761-781.
- Page, M. P. A. & Norris, D. G. (2003). The irrelevant sound effect: What needs modelling, and a tentative model. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 56, 1289-1300.
- Parkin, A. J. & Java, R. I. (2000). Determinants of age-related memory loss. In E. A. Maylor & T. J. Perfect (Hrsg.), *Models of cognitive aging* (pp. 188-203). London: Oxford University Press.
- Pekkonen, E. (2000). Mismatch negativity in aging and in Alzheimer's and Parkinson's disease. *Audiology and Neuro Otology*, 5, 216-224.
- Pennington, B. F. (1994). The working memory function of the prefrontal cortices: Implications for developmental and individual differences in cognition. In J. B. Benson

& M. M. Haith (Hrsg.), *The development of future oriented processes*. (pp. 243-289). Chicago: University of Chicago Press.

Perfect, T. J. & Maylor, E. A. (2000). Rejecting the dull hypothesis: The relation between method and theory in cognitive aging research. In E. A. Maylor & T. J. Perfect (Hrsg.), *Models of cognitive aging* (pp. 1-18). London: Oxford University Press.

Pichora Fuller, M. K., Schneider, B. A. & Daneman, M. (1995). How young and old adults listen to and remember speech in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 593-608.

Rabbitt, P. M. A. (2000). Measurement indices, functional characteristics, and psychometric constructs in cognitive aging. In E. A. Maylor & T. J. Perfect (Hrsg.), *Models of cognitive aging* (pp. 160-187). London: Oxford University Press.

Raz, N. (2000). Aging of the brain and its impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 1-90). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Raz, N. (2005). The aging brain observed in vivo: Differential changes and their modifiers. In R. Cabeza, L. Nyberg & D. Park (Hrsg.), *Cognitive neuroscience of aging: Linking cognitive and cerebral aging* (pp. 19-57). New York: Oxford University Press.

Riefer, D. M. & Batchelder, W. H. (1988). Multinomial modeling and the measurement of cognitive processes. *Psychological Review*, 95, 318-339.

Rothkegel, R. (1999). AppleTree: A multinomial processing tree modeling program for Macintosh computers. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 31, 696-700.

Rouleau, N. & Belleville, S. (1996). Irrelevant speech effect in aging: An assessment of inhibitory processes in working memory. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences*, 51, 356-363.

Salamé, P. & Baddeley, A. D. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 150-164.

Salamé, P. & Baddeley, A. D. (1986). Phonological factors in STM: Similarity and the unattended speech effect. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 24, 263-265.

Salamé, P. & Baddeley, A. D. (1987). Noise, unattended speech and short-term memory. *Ergonomics*, 30, 1185-1194.

Salamé, P. & Baddeley, A. D. (1989). Effects of background music on phonological short-term memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 41, 107-122.

Salthouse, T. A. (1990). Working memory as a processing resource in cognitive aging. *Developmental Review*, 10, 101-124.

- Salthouse, T. A. (1996a). Constraints on theories of cognitive aging. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3, 287-299.
- Salthouse, T. A. (1996b). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.
- Salthouse, T. A. (2000a). Aging and measures of processing speed. *Biological Psychology*, 54, 35-54.
- Salthouse, T. A. (2000b). Methodological assumptions in cognitive aging research. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 467-498). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Salthouse, T. A. (2001). A research strategy for investigating group differences in a cognitive construct: Application to ageing and executive processes. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13, 29-46.
- Salthouse, T. A., Atkinson, T. M. & Berish, D. E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 566-594.
- Salthouse, T. A. & Czaja, S. J. (2000). Structural constraints on process explanations in cognitive aging. *Psychology and Aging*, 15, 44-55.
- Salthouse, T. A., Hambrick, D. Z. & McGuthry, K. E. (1998). Shared age-related influences on cognitive and noncognitive variables. *Psychology and Aging*, 13, 486-500.
- Salthouse, T. A., Hancock, H. E., Meinz, E. J. & Hambrick, D. Z. (1996). Interrelations of age, visual acuity, and cognitive functioning. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences*, 51, 317-330.
- Salthouse, T. A. & Meinz, E. J. (1995). Aging, inhibition, working memory, and speed. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences*, 50, 297-306.
- Salthouse, T. A. & Miles, J. D. (2002). Aging and time-sharing aspects of executive control. *Memory & Cognition*, 30, 572-582.
- Schneider, B. A., Daneman, M., Murphy, D. R. & See, S. K. (2000). Listening to discourse in distracting settings: The effects of aging. *Psychology and Aging*, 15, 110-125.
- Schneider, B. A., Daneman, M. & Pichora Fuller, M. (2002). Listening in aging adults: From discourse comprehension to psychoacoustics. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 56, 139-152.
- Schneider, B. A. & Pichora Fuller, M. K. (2000). Implications of perceptual deterioration for cognitive aging research. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 155-219). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

- Schroeder, D. H. & Salthouse, T. A. (2004). Age-related effects on cognition between 20 and 50 years of age. *Personality and Individual Differences*, 36, 393-404.
- Smith, A. P. (1985). The effects of different types of noise on semantic processing and syntactic reasoning. *Acta Psychologica*, 58, 263-273.
- Stoltzfus, E. R., Hasher, L., Zacks, R. T., Ulivi, M. S. & Goldstein, D. (1993). Investigations of inhibition and interference in younger and older adults. *Journals of Gerontology*, 48, 179-188.
- Sullivan, M. P. & Faust, M. E. (1993). Evidence for identity inhibition during selective attention in old adults. *Psychology and Aging*, 8, 589-598.
- Sullivan, M. P., Faust, M. E. & Balota, D. A. (1995). Identity negative priming in older adults and individuals with dementia of the Alzheimer type. *Neuropsychology*, 9, 537-555.
- Taylor, J. K. & Burke, D. M. (2002). Asymmetric aging effects on semantic and phonological processes: Naming in the picture-word interference task. *Psychology and Aging*, 17, 662-676.
- Tewes, U. (1991). *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene – Revision 1991 (HAWIE-R)*. Bern: Huber.
- Tipper, S. P. (2001). Does negative priming reflect inhibitory mechanisms? A review and integration of conflicting views. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 54, 321-343.
- Titz, C., Behrendt, J. & Hasselhorn, M. (2004). Welche Rolle spielen proaktive Interferenzen zur Erklärung von Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne? *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 17, 173-177.
- Tremblay, S. & Jones, D. M. (1999). Change of intensity fails to produce an irrelevant sound effect: Implications for the representation of unattended sound. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1005-1015.
- Tremblay, S., Nicholls, A. P., Alford, D. & Jones, D. M. (2000). The irrelevant sound effect: Does speech play a special role? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 1750-1754.
- Tun, P. A., O'Kane, G. & Wingfield, A. (2002). Distraction by competing speech in young and older adult listeners. *Psychology and Aging*, 17, 453-467.
- Tun, P. A. & Wingfield, A. (1999). One voice too many: Adult age differences in language processing with different types of distracting sounds. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences*, 54, 317-327.
- Valtonen, J., May, P., Mäkinen, V. & Tiitinen, H. (2003). Visual short-term memory load affects sensory processing of irrelevant sounds in human auditory cortex. *Cognitive Brain Research*, 17, 358-367.

- Verhaeghen, P. & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: A review of meta-analyses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 849-857.
- Verhaeghen, P. & De Meersman, L. (1998a). Aging and the negative priming effect: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 13, 435-444.
- Verhaeghen, P. & De Meersman, L. (1998b). Aging and the Stroop effect: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 13, 120-126.
- Verhaeghen, P. & Marcoen, A. (1993). Memory aging as a general phenomenon: episodic recall of older adults is a function of episodic recall of young adults. *Psychology and Aging*, 8, 380-8.
- Verhaeghen, P. & Salthouse, T. A. (1997). Meta-analyses of age-cognition relations in adulthood: Estimates of linear and nonlinear age effects and structural models. *Psychological Bulletin*, 122, 231-249.
- Wang, J., Friedman, D., Ritter, W., Bersick, M. & Latif, L. (2006). Aging effects on the ERP correlates of involuntary attentional capture in speech sound analysis. *Neurobiology of Aging*, 27, 1164-1179.
- Wechsler, D. (1987). *Wechsler memory scale — revised*. San Antonio: The Psychological Corporation.
- Weisz, N. & Schlittmeier, S. J. (2006). Detrimental effects of irrelevant speech on serial recall of visual items are reflected in reduced visual N1 and reduced theta activity. *Cerebral Cortex*, 16, 1097-105.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120, 272-292.
- West, R. L., Murphy, K. J., Armilio, M. L., Craik, F. I. M. & Stuss, D. T. (2002). Effects of time of day on age differences in working memory. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences*, 57, 3-10.
- Zacks, R. T. & Hasher, L. (1994). Directed ignoring: Inhibitory regulation of working memory. In T. H. Carr & D. Dagenbach (Hrsg.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (pp. 241-264). San Diego: Academic Press Inc.
- Zacks, R. T. & Hasher, L. (1997). Cognitive gerontology and attentional inhibition: A reply to Burke and McDowd. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences*, 52, 274-283.
- Zacks, R. T., Hasher, L. & Li, K. Z. H. (2000). Human memory. In T. A. Salthouse & F. I. M. Craik (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 293-357). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Anhang A: Vergleich des *Irrelevant-Sound*-Effekts von jungen und sehr alten Erwachsenen

In den Experimenten 1a, 1b und 2 zeigte sich, dass sich der *Irrelevant-Sound*-Effekt von jungen und älteren Erwachsenen (> 60 Jahre) nicht unterschied. Um festzustellen, ob diese Ergebnisse möglicherweise darauf zurückzuführen sind, dass nur sehr alte Erwachsene im Ingrieren von irrelevanten auditiven Distraktoren beeinträchtigt sind wohingegen eine verhältnismäßig jüngere Untergruppe der älteren Erwachsenen erhaltene Inhibitionsfunktionen aufweist, wurden zusätzliche Auswertungen durchgeführt, in die nur diejenigen älteren Erwachsenen mit einbezogen wurden, deren Alter über dem Median des Alters der Gruppen der älteren Erwachsenen lagen. Um das Ergebnis dieser Auswertungen vorwegzunehmen: Auch die sehr alten Erwachsenen zeigten im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen keine erhöhte Anfälligkeit für den *Irrelevant-Sound*-Effekt.

In die zusätzliche Auswertung von Experiment 1a wurden siebenundfünfzig sehr alte Erwachsene in die Analyse mit einbezogen, 37 davon waren Frauen. Ihr Alter variierte zwischen 65 und 86 Jahren ($M = 70.3$, $SD = 6$). Die Haupteffekte der Altersgruppe, $F(1,160) = 135.09$, $p < .01$, $\eta^2 = .46$, der Distraktorbedingung, $F(1,160) = 29.00$, $p < .01$, $\eta^2 = .15$, und der seriellen Position, $F(8,153) = 203.17$, $p < .01$, $\eta^2 = .91$, waren signifikant. Die hauptsächlich interessierende Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung war wie in der ersten Analyse nicht signifikant, $F(1,160) = 0.10$, $p = .76$, $\eta^2 < .01$. Die Interaktion zwischen Altersgruppe und serieller Position war signifikant, $F(8,153) = 12.59$, $p < .01$, $\eta^2 = .40$. Die Interaktion zwischen der Distraktorbedingung und der seriellen Position war nicht signifikant, $F(8,153) = 1.70$, $p = .10$, $\eta^2 = .08$. Dasselbe gilt für die Dreifachinteraktion zwischen der Altersgruppe, der Distraktorbedingung und der seriellen Position, $F(8,153) = 0.52$, $p = .84$, $\eta^2 = .03$.

In die zusätzliche Auswertung Experiment 1b wurden dreiundzwanzig sehr alte Erwachsene in die Analyse mit einbezogen, 20 davon waren Frauen. Ihr Alter variierte zwischen 67 und 80 Jahren ($M = 72.0$, $SD = 4.3$). Die Haupteffekte der Altersgruppe,

$F(1,63) = 39.94, p < .01, \eta^2 = .39$, der Distraktorbedingung, $F(1,63) = 19.05, p < .01, \eta^2 = .23$, und der seriellen Position, $F(8,56) = 134.79, p < .01, \eta^2 = .95$, waren signifikant. Die hauptsächlich interessierende Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung war wie in der ersten Analyse nicht signifikant, $F(1,63) = 0.34, p = .56, \eta^2 < .01$. Die Interaktion zwischen Altersgruppe und serieller Position war immer noch signifikant, $F(8,56) = 3.91, p < .01, \eta^2 = .36$. Die Interaktion zwischen der Distraktorbedingung und der seriellen Position verfehlte immer noch das Signifikanzniveau, $F(8,56) = 0.63, p = .75, \eta^2 = .08$. Dasselbe gilt für die Dreifachinteraktion zwischen der Altersgruppe, der Distraktorbedingung und der seriellen Position, $F(8,56) = 0.68, p = .71, \eta^2 = .09$.

In die zusätzliche Auswertung von Experiment 2 wurden dreiundzwanzig sehr alte Erwachsene in die Analyse mit einbezogen, 20 davon waren Frauen. Ihr Alter variierte zwischen 67 und 80 Jahren ($M = 71.6, SD = 4.1$). Der Haupteffekte der Altersgruppe war aufgrund der Anpassung der Aufgabenschwierigkeit an die Zahlenspanne nicht signifikant, $F(1,67) = 0.05, p = .46, \eta^2 < .01$. Der Haupteffekt der Distraktorbedingung war signifikant, $F(1,67) = 52.77, p < .01, \eta^2 = .44$. Die hauptsächlich interessierende Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung war wie in der ersten Analyse nicht signifikant, $F(1,67) = 0.55, p = .46, \eta^2 < .01$.

Anhang B: Vergleiche von jüngeren und älteren Erwachsenen mit Abitur

Eine mit dem Alter konfundierte Variable stellt das bei älteren Erwachsenen im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen geringere Bildungsniveau dar. Um auszuschließen, dass die Unterschiede in der Schulbildung bedeutsam für das Zustandekommen der Ergebnisse waren, wurden weitere Auswertungen durchgeführt, in die nur Daten von Versuchspersonen mit Abitur einfließen. Für die Experimente 1b und 2 wurde allerdings auf die zusätzliche Auswertung wegen der zu geringen Teststärke der statistischen Vergleiche verzichtet.

In Experiment 1a wurden 47 ältere Erwachsene (30 Frauen und 17 Männer) im Alter von 60 bis 86 ($M = 65.2$, $SD = 6.1$) und 101 jüngere Erwachsene (71 Frauen und 30 Männer) im Alter von 18 bis 30 ($M = 22.3$, $SD = 2.6$) in die Auswertung mit einbezogen. Aufgrund der Größe der untersuchten Stichproben liegt die Teststärke für die hauptsächlich interessierende Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Distraktorbedingung immer noch über der Teststärke der Experimente vorausgehender Studien (Beaman, 2005b; Belleville et al., 2003; Rouleau & Belleville, 1996). Auch wenn ältere und jüngere Erwachsene mit vergleichbarem Ausbildungsniveau verglichen wurden, änderten sich die statistischen Schlüsse im Vergleich zu der ersten Auswertung, in der die Daten der Gesamtstichprobe einfließen, nicht. Die Haupteffekte der Altersgruppe, $F(1,146) = 60.42$, $p < .01$, $\eta^2 = .29$, der Distraktorbedingung, $F(1,146) = 33.80$, $p < .01$, $\eta^2 = .19$, und der seriellen Position, $F(8,139) = 173.69$, $p < .01$, $\eta^2 = .91$, waren signifikant. Die hauptsächlich interessierende Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung war wie in der ersten Analyse nicht signifikant, $F(1,146) = 0.23$, $p = .63$, $\eta^2 < .01$. Die Interaktion zwischen Altersgruppe und serieller Position war signifikant, $F(8,139) = 9.73$, $p < .01$, $\eta^2 = .36$. Die Interaktion zwischen der Distraktorbedingung und der seriellen Position war signifikant, $F(8,139) = 2.33$, $p = .02$, $\eta^2 = .12$. Die Dreifachinteraktion zwischen der Altersgruppe, der Distraktorbedingung und der seriellen Position war nicht signifikant, $F(8,139) = 1.37$, $p = .22$, $\eta^2 = .07$.

Den möglichen konfundierenden Einfluss der Schulbildung auszuschließen, erscheint besonders in Hinblick auf die Experimente 3 und 4 wichtig, da in diesen altersbezogene Unterschiede in der Ablenkbarkeit gefunden wurde. Man könnte spekulieren, dass ein Aufmerksamkeitsdefizit und damit eine höhere Anfälligkeit für aufgabenirrelevante Informationen eher in einer Population mit geringer Schulbildung zu finden sind. Daher ist wichtig, zu überprüfen, ob das in Experiment 3 und 4 beobachtete höhere Anfälligkeit für die Interferenz durch aufgabenirrelevante Informationen möglicherweise auf die geringere Schulbildung und nicht auf das Lebensalter zurückzuführen ist. Um die Ergebnisse an dieser Stelle vorwegzunehmen: Es ergaben sich keine Hinweise darauf, dass es sich die Unterschiede zwischen den Altersgruppen auf die geringere Schulbildung eines Teils der älteren Erwachsenen zurückführen lassen.

In Experiment 3 wurden 23 ältere Erwachsene (13 Frauen und 10 Männer) im Alter von 60 bis 81 ($M = 68.3$, $SD = 5.9$) und 58 jüngere Erwachsene (39 Frauen und 19 Männer) im Alter von 19 bis 30 Jahren ($M = 23.55$, $SD = 3.1$) in die Auswertung mit einbezogen. Die Auswertung des Anteils korrekt erinnerter semantischer Einheiten zeigte signifikante Haupteffekt der Altersgruppe, $F(1,79) = 40.17$, $p < .01$, $\eta^2 = .34$ und der Distraktorbedingung, $F(3,77) = 45.47$, $p < .01$, $\eta^2 = .64$. Wie in der ersten Auswertung wurde die globale Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung nicht signifikant, $F(3,77) = 1.51$, $p = .22$, $\eta^2 = .06$. Im Gegensatz zu der ersten Auswertung verpasste auch die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Variable, welche die Bedingung „assozierte Sprache“ und die Ruhebedingung kontrastierte, knapp das Signifikanzniveau, $F(1,79) = 3.57$, $p = .06$, $\eta^2 = .04$. Das ist aber höchstwahrscheinlich nur die Folge der reduzierten Teststärke dieses Vergleichs aufgrund der geringeren Stichprobengröße; der Unterschied zwischen der Ruhebedingung und der Bedingung „assozierte Sprache“ ist in der Gruppe der älteren Erwachsenen mit Abitur und der gesamten Gruppe der älteren Erwachsenen fast identisch (der Unterschied ist in der Gruppe der älteren Erwachsenen mit Abitur sogar minimal Größer als in der gesamten Gruppe der älteren Erwachsenen). Die Auswertung der Intrusionen bestätigt in den relevanten Aspekten die im Hauptteil der Arbeit berichtete Auswertung. Bei der Auswertung der Intrusionen aus nicht assoziierten Distraktortexten war der Haupteffekt der Altersgruppe nicht signifikant, $F(1,79) = 3.18$, $p = .07$, $\eta^2 = .04$. Die Bedingung, in der die nicht assoziierten Texte verständlich präsentiert wurden, unterschied sich im

Vergleich zu den beiden Kontrollbedingungen, $F(1,79) = 12.46$, $p < .01$, $\eta^2 = .14$, während sich die beiden Kontrollbedingungen nicht unterschieden, $F(1,79) = 0.5$, $p = .48$, $\eta^2 < .01$. Die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Distraktorbedingung war wie in der Auswertung der vollständigen Stichproben nicht signifikant, $F(2,78) = 0.58$, $p = .57$, $\eta^2 = .02$. Bei der Auswertung der Intrusionen aus den assoziierten Texten unterschied sich die Bedingung, in der die assoziierten Texte verständlich präsentiert wurden, von den beiden Kontrollbedingungen, $F(1,79) = 24.46$, $p < .01$, $\eta^2 = .24$, während sich die beiden Kontrollbedingungen nicht unterschieden, $F(1,79) = 3.42$, $p = .07$, $\eta^2 = .04$. Wie in der Auswertung der vollständigen Stichproben wurde die Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung signifikant, $F(2,78) = 3.93$, $p = .02$, $\eta^2 = .09$. Orthogonale Kontraste zeigten, dass die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Variable, welche die Bedingung „assozierte Sprache“ mit den beiden Kontrollbedingungen kontrastierte, signifikant war, $F(1,79) = 7.65$, $p < .01$, $\eta^2 = .09$, aber nicht die Interaktion zwischen der Altersgruppe und der Variable, welche die beiden Kontrollbedingungen kontrastierte, $F(1,79) < 0.42$, $p = .52$, $\eta^2 < .01$. Abbildung B1 zeigt die Häufigkeit von Intrusionen aus assoziierten Distraktortexten für die jüngeren Erwachsenen, die älteren Erwachsenen mit Abitur und die älteren Erwachsenen ohne Abitur. Dass die Ergebnisse der beiden Gruppen der älteren Erwachsenen sehr ähnlich sind, sich aber deutlich von der Gruppe der jüngeren Erwachsenen unterscheiden, bestätigt den aus dieser Auswertung gewonnenen Eindruck, dass die in Experiment 3 gefundenen Altersunterschiede in der Anzahl der Intrusionen aus assoziierten Distraktortexten nicht auf das geringere Bildungsniveau der älteren Erwachsenen zurückgeht.

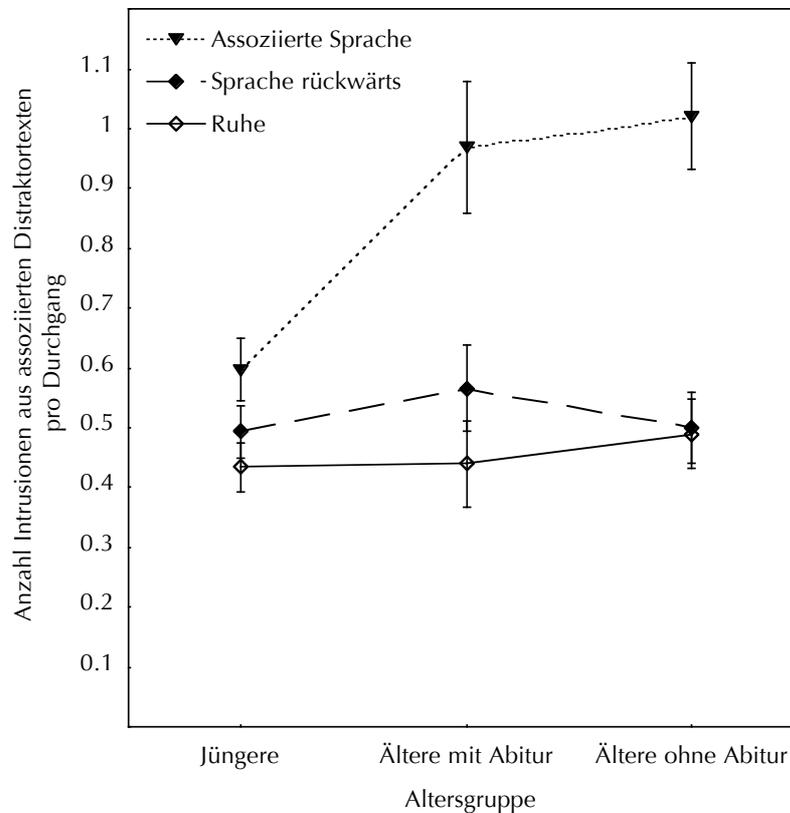


Abbildung B1: Anzahl der Intrusionen aus assoziierten Distraktortexten pro Durchgang in Abhängigkeit von der Distraktorbedingung für jüngere Erwachsene, ältere Erwachsene mit Abitur und ältere Erwachsene ohne Abitur. Es ist gut zu erkennen, dass ältere Erwachsene mehr Intrusionsfehler machen als jüngere und zwar unabhängig von ihrer Schulbildung.

Auch für die Daten von Experiment 4 wurde eine zusätzliche Auswertung durchgeführt, in die nur Personen mit Abitur einbezogen wurden. 21 ältere Erwachsene (11 Frauen und 10 Männer) im Alter von 60 bis 71 Jahren ($M = 64.6$, $SD = 3.1$) und 45 jüngere Erwachsene (28 Frauen und 17 Männer) im Alter von 20 bis 29 Jahren ($M = 22.8$, $SD = 2.8$) in die Auswertung mit einbezogen. Die Auswertung des Anteils korrekt erinnerter semantischer Einheiten ergab einen signifikanten Haupteffekt der Altersgruppe, $F(1,64) = 18.53$, $p < .01$, $\eta^2 = .22$ und der Distraktorbedingung, $F(1,64) = 82.51$, $p < .01$, $\eta^2 = .56$. Wie in der ersten Auswertung wurde die Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung signifikant, $F(1,64) = 4.07$, $p < .05$, $\eta^2 = .06$; die älteren Erwachsenen waren durch die semantisch assoziierten Distraktoren stärker beeinträchtigt als die jüngeren. Die Auswertung der Intrusionen ergab einen signifikanten

ten Haupteffekt der Altersgruppe, $F(1,64) = 25.79$, $p < .01$, $\eta^2 = .29$ und der Distraktorbedingung, $F(1,64) = 22.61$, $p < .01$, $\eta^2 = .26$. Wie in der Auswertung der vollständigen Stichproben wurde die Interaktion zwischen Altersgruppe und Distraktorbedingung signifikant, $F(1,64) = 22.61$, $p < .01$, $\eta^2 = .26$; die älteren Erwachsenen machten mehr Intrusionsfehler als die jüngeren. Die Ergebnisse der im Hauptteil der vorliegenden Arbeit präsentierten Auswertung der vollständigen Stichproben ändern sich somit nicht, wenn man nur Personen mit Abitur in die Analyse mit einbezieht.

Die hier vorgelegte Dissertation habe ich eigenständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt. Die Dissertation wurde in der vorgelegten oder in ähnlicher Form noch bei keiner anderen Institution eingereicht. Ich habe bisher keine erfolglosen Promotionsversuche unternommen.

Düsseldorf, den 21.11.2006

(Raoul Bell)