

**Interferenzanfälligkeit bei kognitiven Leistungen im Altersvergleich:
Eine kritische Betrachtung von Modellebene und Empirie**

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

vorgelegt von
Cora Titz
aus Hameln

Göttingen 2004

D 7

Referent: Prof. Dr. Marcus Hasselhorn

Korreferent: PD Dr. Dietmar Grube

Tag der mündlichen Prüfung: 25.01.2005

*Die Wissenschaft nötigt uns, den Glauben an einfache
Kausalitäten aufzugeben.*

Friedrich Nietzsche, Morgenröte

*Die Wissenschaft braucht Zusammenarbeit, in der sich das
Wissen des einen durch die Entdeckungen des andern bereichert.*

José Ortega y Gasset, Liebe

VORWORT

Einst zog ich aus, Wahrheiten zu entdecken und Antworten zu finden auf Fragen zu Phänomenen kognitiven Alterns. Schon bald gelangte ich an einen Punkt, an dem ich erkennen musste, dass die Wahrheit viele Gesichter hat und die gefundenen Antworten oft aus neuen Fragen bestanden. Zum Glück war ich mit dieser Einsicht nicht allein, sondern befand mich in Gesellschaft wohlgesonnener Kolleginnen und Kollegen, aber auch anderer lieber Mitmenschen, die mich bereitwillig an ihren Kenntnissen und Erfahrungen teilhaben ließen. Der Lernprozess, den ich während der Anfertigung der hier zusammengefassten Arbeiten durchlaufen durfte, ist deshalb gut durch die beiden eingangs aufgeführten Zitate von *Friedrich Nietzsche* und *José Ortega y Gasset* charakterisiert. Da nun dieser Lernprozess seine schriftliche Niederlegung findet, ist es mir ein Bedürfnis, einen ganz herzlichen Dank an verschiedene Personen zu richten, denen ein entscheidender Anteil am Verlauf dieser Entwicklung zukommt.

Zuallererst möchte ich Herrn Prof. Dr. Marcus Hasselhorn danken, der mich stets in meiner wissenschaftlichen Arbeit bestärkte und ohne dessen überaus hilfreiche, fachlich versierte Begleitung, aber auch ohne dessen freundliche und optimistische Ermunterung die vorliegende Arbeit in dieser Form nicht entstanden wäre. Ohne meinen Kollegen Jörg Behrendt, der schon meine Diplomarbeit betreut hat und durch dessen damalige Initiative überhaupt erst die Idee heranreifte, nach dem Diplom eine Dissertation anzufertigen, würde diese Arbeit ebenfalls heute nicht vorliegen. Hab herzlichen Dank, für deine fundierte Kritik, die menschliche Unterstützung und das Engagement über die gesamten Jahre der Zusammenarbeit. Auch durfte ich auf unterschiedliche Expertisen vieler lieber Kollegen zurückgreifen, die sich trotz oft nur geringer zeitlicher Ressourcen bereit erklärten, diese Arbeit kritisch zu lesen. Ein ganz besonders inniger Dank gilt Maren Richter und Thorsten Roick. Thorsten stellte mir in vielen Diskussionen seine Fachkompetenz z.B. zu methodischen Fragen oder zu Arbeitsgedächtnismodellen zur Verfügung, unterrichtete mich in der effizienteren Anwendung verschiedener Computerprogramme und machte mir außerdem unzählige Literaturhinweise und -quellen zugänglich. Maren war nicht nur gern bereit, sich mit mir auf spannende fachliche Diskussionen einzulassen, sondern überließ mir auch bereitwillig ihre Sammlung von Musterexemplaren der zur Abgabe einer Dissertation benötigten Formulare und Anlagen und half mir über so manche organisatorische Klippe. Darüber hinaus erbot sie sich, meine Arbeit zu lesen, obgleich sie selbst gerade in ihrem Promotionsverfahren stand. Habt herzlichen Dank, für die sehr guten und hilfreichen

Anmerkungen, ihr Zwei! Mein Kollege PD Dr. Dietmar Grube hat sich nicht nur bereit erklärt, diese Dissertation als Korreferent zu begutachten, sondern hat sich dankenswerterweise die Zeit genommen, die Arbeit in ihrem Entstehen durch wertvolle Anregungen zu bereichern. Meinem Kollegen Martin Lehmann sei herzlich gedankt, dass er mir seinen Drucker zur Verfügung stellte, als der meine streikte. Anerkennenswert ist auch die Bereitschaft und das Interesse der Mitglieder der Prüfungskommission, Herrn Prof. Dr. Heineke, Frau Prof. Dr. Irlé, Frau Prof. Dr. Lass und Herrn Prof. Dr. Zippel, sich dieser Arbeit bewertend zu widmen. Allen anderen Kollegen, die hier nicht namentlich genannt wurden, danke ich für die Begleitung meines Weges.

Ohne Unterstützung bei der Datenerhebung und -auswertung wäre diese Arbeit nicht denkbar gewesen. Den beteiligten Diplomand(inn)en und Hilfskräften Silke Balk, Simone Eilers, Uwe Menge, Dagmar Nustede, Katrin Pietz, Christina Papke und Isabella Rzycka gilt daher ein großes Lob für ihre engagierte Mitarbeit. Mit einem ganz lieben Dankeschön möchte ich auch die Bereitschaft der Seniorinnen und Senioren würdigen, an unseren Untersuchungen teilzunehmen, obgleich sie oft skeptisch waren. Sie gaben uns z.T. wertvolle Hinweise zur Durchführung der Untersuchungen oder zum Versuchsmaterial. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird häufig in einem respektvollen Sinne von "Alten" oder "Älteren" im Vergleich zu unseren jüngeren Versuchsteilnehmern die Rede sein. Auch diesen jüngeren Studienteilnehmern sei gedankt.

Abschließend bedanke ich mich von ganzem Herzen bei jenen, die mich in erster Linie aus einer anderen als der wissenschaftlichen Perspektive kennen und die stets ein offenes Ohr für meine Belange hatten und haben. So bedanke ich mich bei Immo, der mir in der gesamten Zeit der Anfertigung der hier zusammengefassten Arbeiten ein liebevoller Wegbegleiter war, der mir auch in Stress-Phasen geduldig und aufbauend den Rücken stärkte, der mich mit kulinarischen Highlights verwöhnte, der ganz einfach für mich da war und dessen Gegenwart ich auch über weite Entfernungen immer spüren durfte. Das Gleiche gilt für meine Familie und Freunde. Besonders danke ich meinen Eltern Maria und Paul Titz, die mich lehrten, die Welt mit dem Herzen zu erleben und die mir den Glauben an einen Schöpfer nahe brachten, dem ich ebenfalls danke.

INHALTSVERZEICHNIS

0	EINLEITUNG	1
I	ZUSAMMENFASSUNG DES FORSCHUNGSHINTERGRUNDES	4
1	Das Konzept der Interferenzanfälligkeit	6
1.1	Interferenz und Inhibition – Begriffseinordnung/Definition	7
1.2	Klassische Interferenztheorien	9
1.3	Neuere Interferenzmodelle	10
1.4	Entwicklungspsychologische und differenzielle Annahmen zur Interferenzanfälligkeit	13
2	Rahmenmodell zu Altersveränderungen der Interferenzanfälligkeit	15
2.1	Das Hemmungs-Defizit-Modell	16
2.2	Kritische Diskussion des Hemmungs-Defizit-Modells in Relation zu alternativen Theorien kognitiven Alterns	19
3	Darlegung der Forschungsstrategie – Ableitung von Annahmen	26
II	EXPERIMENTELLE FRAGESTELLUNGEN.....	30
4	Fragestellung 1	30
4.1	Welche Rolle spielen proaktive Interferenzen zur Erklärung von Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne?	32
4.2	Weiterführende Erörterung.....	37
5	Fragestellung 2	43
5.1	Ist der Negative Priming Effekt tatsächlich altersinvariant?	44
5.2	Weiterführende Erörterung.....	52
6	Diskussion der gerontopsychologischen Fragestellungen	59
6.1	Diskussion von Gedächtnisspannenaufgaben.....	60
6.2	Diskussion von Negative Priming Studien.....	64
6.3	Zusammenfassung und Erweiterung der gerontopsychologischen Perspektive.....	72

7 Fragestellung 3	75
7.1 Ist der Negative Priming Effekt zur reliablen Abbildung interindividueller Differenzen kognitiver Hemmung geeignet?.....	76
7.2 Weiterführende Erörterung	94
III ZUSAMMENFASSENDER SCHLUSSDISKUSSION UND AUSBLICK	96
8 Zusammenfassende Diskussion	96
9 Schlussfolgerungen und Integration in aktuelle Forschungsergebnisse	100
10 Fazit und Ausblick	107
Literaturverzeichnis	109
Anhang A	127
Anhang B	131

0 EINLEITUNG

Wenn wir während der Fernseher läuft ein Buch lesen, oder wir trotz eines recht hohen Lärmpegels ein Gespräch führen, vollbringen wir eine Selektionsleistung – meistens ohne uns dessen bewusst zu sein. Wir richten die Aufmerksamkeit dann nämlich gezielt auf solche Reize, die für die erfolgreiche Verrichtung unserer Tätigkeit erforderlich sind, während wir störende Umgebungsreize ignorieren. Diese Fähigkeit ist im Angesicht uns umgebender komplexer Umwelten zentral für zielgerichtetes Verhalten. Eine erhöhte Ablenkbarkeit durch Störreize kann schwerwiegende Konsequenzen nach sich ziehen, wenn z.B. im Straßenverkehr die Aufmerksamkeit statt auf wichtige, auf für die Fahrzeugführung unwichtige Reize gerichtet wird. Solche durch irrelevante Reize ausgelöste Verhaltens- oder Leistungsbeeinträchtigungen bezeichnet man in der Psychologie als Interferenzen. Der Begriff der Interferenz als Leistungsbeeinträchtigung durch irrelevante Reize ist so zunächst relativ großzügig umschrieben. Dies macht jedoch schon deutlich, dass die Widerstandsfähigkeit gegenüber Interferenzen in Hinblick auf gute Leistungen nicht nur für den zuvor beschriebenen Bereich der Aufmerksamkeit, sondern für verschiedenste komplexe kognitive Domänen (Gedächtnis, Sprachverstehen, schlussfolgerndes Denken) und Verarbeitungsebenen (Enkodierung, Einspeicherung, Abruf von Informationen aus dem Gedächtnis) von zentralem Interesse ist. Die wichtige Rolle der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen im Zusammenhang z.B. mit Gedächtnisanforderungen lässt sich anhand von Prüfungssituationen veranschaulichen. So fällt der Abruf von Lernmaterial aus dem Gedächtnis vermutlich erfolgreicher aus, wenn dieser nicht durch aufgabenferne, interferierende Kognitionen beeinträchtigt wird, sondern wenn diese erfolgreich abgeblockt werden können (z.B. Erinnerungen an frühere belastende Prüfungssituationen, an die eigenen begrenzten Fähigkeiten oder an gleichzeitig mit dem Lernmaterial abgespeicherte unwesentliche Assoziationen). Untrennbar miteinander verquickt erscheinen die Konzepte der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen und der kognitiven Inhibition oder Hemmung. Die kognitive Hemmung wird oft als der Mechanismus angesehen, der eine Auflösung von Interferenzsituationen ermöglicht. Diese Sichtweise liegt auch einer einflussreichen Theorie kognitiven Alterns zugrunde (Hasher, Zacks & May, 1999). Dieser Theorie zufolge sind altersbezogene Differenzen in kognitiven Anforderungen in erster Linie auf eine im Alter verstärkte Anfälligkeit gegenüber Interferenzen zurückzuführen, und zwar ausgelöst durch eine Ineffizienz von Hemmungsmechanismen, die für das Ausblenden

von Störreizen als zentral erachtet werden. Das sog. Hemmungs-Defizit-Modell erlaubt es, relativ präzise Aussagen darüber abzuleiten, in welchen Bereichen sich eine solche höhere Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener zeigen müsste. So ist für zwei kognitive Domänen, deren unbeeinträchtigte Funktion eine Grundlage für nahezu jegliche Art kognitiver Leistung bildet, nämlich die Aufmerksamkeit und das Gedächtnis, von Altersunterschieden in der Interferenzanfälligkeit auszugehen. Dieser Annahme wird in der vorliegenden Arbeit in zwei Fragestellungen nachgegangen. Gegenstand der ersten Fragestellung ist eine Überprüfung, inwieweit altersbezogene Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen zur Erklärung von Altersunterschieden in der Gedächtnisleistung heranzuziehen sind. Die zweite Fragestellung fokussiert auf die Interferenzanfälligkeit im Rahmen einer selektiven Aufmerksamkeitsanforderung. Mit Hilfe des sog. Negative-Priming-Paradigmas wurden Altersunterschiede in der Reaktion auf Reize untersucht, die zuvor den Status eines zu ignorierenden Störreizes innehatten. Die Befunde der Studien lassen eine altersbezogen verringerte Widerstandsfähigkeit gegenüber Interferenzen als Ursache altersbezogener kognitiver Leistungsunterschiede diskussionswürdig erscheinen. Da sich jedoch jegliche Modellvorstellung zum kognitiven Altern auf der Basis empirisch erzielter Ergebnisse aus den jeweils experimentell eingesetzten Paradigmen bewähren muss, ist auch die Frage nach der *Qualität* dieser Verfahren in Hinblick auf ihre Eignung zur Erfassung intendierter Verarbeitungsprozesse zu stellen. Gerade das Negative-Priming-Paradigma hat inzwischen zu sehr widersprüchlichen Befunden geführt und wird hinsichtlich seiner Reliabilität kritisiert. In einer dritten experimentell bearbeiteten Fragestellung geht es deshalb darum zu überprüfen, welche Verarbeitungsprozesse überhaupt mit dem Negative-Priming-Paradigma erfassbar sind (Validität), wie stabil oder exakt die ermittelten Werte zu messen sind (Reliabilität) und wie die Reliabilität des Paradigmas möglicherweise zu optimieren ist. Insgesamt resultiert aus der vorliegenden Arbeit in Hinblick auf die Modellbildungsebene zum kognitiven Altern die Forderung, Hemmungsdefizite nicht als globalen Faktor für Leistungsveränderungen überzubewerten. Eine differenziertere, dafür aber notwendigerweise komplexere Betrachtung kognitiven Alterns, mit einer Integration alternativer Modellvorstellungen, im Sinne eines wechselseitig sich bedingenden Wirkgefüges, erscheint sinnvoller. Auf der Empirieebene ist für Altersvergleiche der kognitiven Hemmungseffizienz zu fordern, dieses latente Konstrukt über eine Anzahl verschiedener Paradigmen zu operationalisieren, deren Konstruktvaliditäten und

Reliabilitäten zur Erfassung hemmungskorrelierter Funktionen als etabliert gelten können.

I ZUSAMMENFASSUNG DES FORSCHUNGSHINTERGRUNDES

Eines der zentralen Anliegen der kognitiven Altersforschung ist die Klärung der Frage, auf welchen Ursachen altersbezogene Leistungseinbußen innerhalb eines weiten Bereichs kognitiver Anforderungen beruhen. Als Erklärungsansätze werden zum einen Effizienzmindernungen weniger zentraler Mechanismen diskutiert (globale Ansätze), andererseits individuelle lebensgeschichtliche Ereignisse (s.u.) oder an spezifische Bereiche gebundene Prozessveränderungen (vgl. Zelinski & Lewis, 2003). Die globalen Modelle sind den sog. *Dedifferenzierungsansätzen* zuzuordnen. Der *Dedifferenzierungssichtweise* folgend, ist von altersbezogen zunehmenden Korrelationen zwischen verschiedenen kognitiven Leistungen aufgrund von Effizienzeinbußen zentraler Strukturen im kognitiven Funktionsgefüge auszugehen (z.B. Baltes, Cornelius, Spiro, Nesselroade & Willis, 1980). Die globalen Ansätze unterscheiden sich in ihren Annahmen darüber, welcher Faktor letztlich zu beobachtbaren Leistungseinbußen führt (z.B. Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit, Ausmaß freier Ressourcen). Diese Modellbildungsebene ist auch als normativ zu charakterisieren, da die Annahme regelhafter, den Alterungsprozess aller Individuen in gleichartiger Weise beeinflussender Veränderungen im Vordergrund steht (vgl. Hertzog, 2004). Vertreter eines *Differenzierungsblickwinkels* gehen dagegen von größeren individuellen Differenzen im höheren Lebensalter aus, die eher zu geringeren Korrelationen zwischen einzelnen Variablen und einer höheren Varianz innerhalb der Population älterer Erwachsener führen. Die Annahme weniger globaler Faktoren ist nach diesem Ansatz nicht ausreichend zur Erklärung kognitiver Leistungseinbußen, stattdessen soll ein Großteil der Altersdifferenzen auf idiosynkratischen, lebensgeschichtlichen Faktoren beruhen (z.B. Rabbitt, 1993). Hier werden vor allem nicht-normative Einflüsse im Rahmen des Alterungsprozesses in den Vordergrund gestellt (vgl. Hertzog, 2004), also Einflüsse, die mit dem Altern assoziiert sein können, aber nicht müssen (z.B. chronische Krankheiten, soziale Deprivation). Darüber hinaus ist die Annahme interindividueller Differenzen im Ausmaß normativer Altersveränderungen zentral. Die dritte Kategorie von Ansätzen schließlich ist zwar wie die Globalmodelle kognitiven Alterns eher normativ orientiert, nimmt jedoch keine globale, sondern eine Effizienzmindernung modularer bereichsspezifischer Funktionen an (Zelinski, Gilewski & Schaie, 1993). Für jede der genannten Modellvorstellungen existieren empirische Evidenzen (vgl. Zelinski & Lewis, 2003). Während frühere Ansätze jedoch vor allem den Fokus auf altersbezogene

Veränderungen in der Effizienz aufgabenspezifischer struktureller oder Prozesskomponenten legen, dominieren im Augenblick eher die globalen Ansätze (vgl. Schelstraete & Hupet, 2001; Zelinski & Lewis, 2003). Die Auswahl der hier vorgestellten Phänomene und Theorien ist notwendigerweise selektiv und beinhaltet keinesfalls die Absicht, einen erschöpfenden Überblick über die sich rasch und vielfältig entwickelnde Theoriebildung zum kognitiven Altern zu liefern (für Überblicksarbeiten s. z.B. Birren & Schaie, 2001; Craik & Salthouse, 2000; Dixon, Bäckman & Nilsson, 2004; Mayr, Spieler & Kliegl, 2001; Naveh-Benjamin, Moscovitch & Roediger, 2001; Park & Schwarz, 2000). Statt dessen soll der im Folgenden herausgearbeitete Hintergrund einen komprimierten Überblick über einen kleinen Ausschnitt aktueller gerontopsychologischer Forschung liefern, der als Basis für zwei der im experimentellen Teil der Arbeit diskutierten Fragestellungen (Kapitel 4 und 5) gelten kann. Diese Fragestellungen beruhen auf einem theoretischen Rahmen zu kognitiven Alterungsphänomenen, der den globalen Ansätzen zuzuordnen ist. Zur Beschreibung des kritischen Mechanismus oder der Schlüsselinstanz, die eine einwandfreie Funktion aller höheren mentalen Prozesse gewährleisten und die einer Altersbeeinträchtigung unterliegen soll, wird auf Theorien zurückgegriffen, die sich Begriffen wie "Inhibition" und "Interferenz" bedienen (Hasher & Zacks, 1988; Hasher, Zacks & May, 1999). Diese Theorien gehen davon aus, dass die Inhibition der kognitive Basismechanismus ist, der die Widerstandsfähigkeit gegenüber Störreizen (Interferenzen) steuert und dass eine intakte Inhibition eine Voraussetzung für gute Leistungen bildet.

Viele Befunde und Alltagsphänomene sprechen offenbar für übergreifende Inhibitionsdefizite im Alter, da sie eine stärkere Ablenkbarkeit durch irrelevante Reize für ältere verglichen mit jüngeren Personen nahe legen. So haben Charness und Bosman (1992) festgestellt, dass die Unfallrate älterer Autofahrer hauptsächlich in Situationen mit zahlreichen potenziellen Ablenkungsreizen erhöht war, wie z.B. beim Überqueren stark frequentierter Kreuzungen. Weiterhin scheinen ältere Menschen oft vom Thema abzuweichen, Informationslücken in Texten mit eigenen Erfahrungen zu ergänzen und irrelevante Informationen in die Verarbeitung mit einzubeziehen (McDowd, Oseas-Kreger & Filion, 1995; Stoltzfus, Hasher, Zacks, Ulivi & Goldstein, 1993; Zacks & Hasher, 1994). Wie schon an dieser Stelle vorausgreifend anzumerken ist, sind solche Phänomene jedoch nicht zwingend Inhibitionsdefiziten zuzuschreiben, sondern lassen Alternativerklärungen zu. Dieser Vorgriff deutet Schwierigkeiten an, empirische Interferenzphänomene theoretisch vermuteten Verarbeitungsmechanismen zuzuordnen

oder diese experimentell zweifelsfrei zu erfassen. Entsprechend spiegelt die gerontopsychologische Perspektive zwar das Haupt-, jedoch nicht das alleinige Interesse der vorliegenden Arbeit wider. So geht es in den zwei ersten Fragestellungen der Arbeit zunächst darum abzuklären, inwieweit eine altersbezogen veränderte Verarbeitung von Störreizen vorliegt und als Ursache kognitiver Leistungseinbußen heranzuziehen ist. Die hier kurz angedeuteten Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der testtheoretisch orientierten experimentellen Erfassung von individuellen oder auch Gruppenunterschieden solch fragiler Konstrukte und Phänomene wie "Inhibition/Hemmung" und "Interferenzanfälligkeit" führten jedoch zu einer dritten experimentell bearbeiteten Fragestellung. In dieser dritten Fragestellung wird über die gerontopsychologische Perspektive hinausgehend die unzureichende Reliabilität eines bis vor kurzem auch in altersvergleichenden Untersuchungen der Hemmungseffizienz recht gebräuchlichen Paradigmas, des Negative Primings, kritisiert und zu optimieren versucht. In den folgenden Abschnitten sollen jedoch zunächst die Konzepte der Interferenz und Inhibition auf einer allgemeinen Ebene beleuchtet werden, da diese Konzepte auch dem als Rahmenmodell zur Erklärung entwicklungsbedingter kognitiver Veränderungen im höheren Lebensalter ausgewählten Hemmungsansatz (s. Kapitel 2) zugrunde liegen.

1 Das Konzept der Interferenzanfälligkeit

Wie bereits in der Einleitung angedeutet, ist mit der Anfälligkeit gegenüber Interferenzen das Phänomen der Empfänglichkeit für Leistungs- oder Verhaltensbeeinträchtigungen gemeint, die sich aus dem Vorhandensein von Störreizen ergeben "in general, the term interference has been used to refer to performance decrements caused by irrelevant information or behavior" (Dempster & Corkill, 1999, S. 4). Die folgenden Abschnitte sollen die Funktion einer Begriffsklärung in Bezug auf die Konzepte Inhibition und Interferenz übernehmen, da "modern work on interference and inhibition does not always make a clear distinction between the two concepts" (Dempster & Corkill, 1999, S. 4) und "the meanings of the terms *inhibition* and *interference control* are often broad and inconsistent across authors" (Friedman & Miyake, 2004, S. 102). Diese breite Verwendung der Begriffe Interferenz und Inhibition im Rahmen der kognitiven Theoriebildung soll aufgezeigt werden. Dabei sind verschiedene Ebenen oder Verarbeitungsstufen zu berücksichtigen, auf denen Interferenzen wirksam sein können. Außerdem werden entwicklungsbedingte Veränderungen in Bezug auf die umschriebenen Konzepte thematisiert.

1.1 Interferenz und Inhibition – Begriffseinordnung/Definition

In der Auseinandersetzung mit den Prozessen und Mechanismen, die ein effizientes Funktionieren menschlicher Kognition erlauben, sind die Begriffe der Interferenz und Inhibition keineswegs neu. Der Begriff der Inhibition hat vielmehr eine bereits gut hundertjährige Tradition (Sherrington, 1906; Wundt, 1904). Mit Aufkommen des Behaviorismus in den 1920er Jahren und den Problemen bei der empirischen Erfassung von Hemmungsprozessen kam es zunächst zu deren Vernachlässigung. Nicht zuletzt die Entdeckung eines hemmenden Neurotransmitters (Gamma-Amino-Buttersäure, GABA) in der Medizin in den 1960er Jahren, initiierte dann jedoch eine Neubelebung von Inhibitionsansätzen (vgl. Dempster & Corkill, 1999). Die Beschreibung entwicklungsbedingter Unterschiede im Ausmaß der Interferenzanfälligkeit hat zu einer fruchtbaren Theoriebildung in Bezug auf entwicklungsbedingte Veränderungen zugrunde liegender Basismechanismen geführt. Diese Basismechanismen werden als Inhibitionsmechanismen beschrieben. "In general the concept of inhibition is theoretically attractive because it provides a means to resolve cognitive interference and competition" (Arbuthnott, 1995, S. 4).

Vereinfachend ist die Interferenz also als empirisch beobachtbarer Störprozess in Form einer Beeinträchtigung der Leistung durch irrelevante Reize zu beschreiben. Die Widerstandsfähigkeit gegen solche Störprozesse ist als eine kognitive Basisleistung oder Fähigkeit anzusehen und die Inhibition bzw. kognitive Hemmung als möglicher Basismechanismus, dessen Effizienz den Grad der Widerstandsfähigkeit gegenüber Interferenzen bestimmt. Über diesen Basismechanismus gibt es jedoch unterschiedliche theoretische Auffassungen. So ist z.B. strittig, inwieweit ein zentraler Mechanismus anzunehmen ist, der die Interferenzanfälligkeit über verschiedene kognitive Domänen hinweg steuert, oder ob für spezifische kognitive Bereiche relativ unabhängige Mechanismen gegeben sind, die unterschiedlichen Entwicklungsverläufen folgen und die auch unterschiedlich effizient sein können (Friedman & Miyake, 2004; Harnishfeger, 1995; Nigg, 2000; Wilson & Kipp, 1998). Solch unterschiedliche Auffassungen spiegeln sich auch in einer uneinheitlichen Verwendung des Begriffs der kognitiven Hemmung und der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen sowie der Existenz verschiedener Taxonomien von Hemmungs- und Interferenzprozessen wider. Wilson und Kipp (1998) charakterisieren z.B. die kognitive Hemmung als den Prozess, der irrelevant gewordene Informationen aus dem Arbeitsgedächtnis ausschließt, während die Widerstandsfähigkeit

gegen Interferenzen die Prozesse umfasst, die von vornherein die Enkodierung irrelevanter Informationen verhindern. Nigg (2000) postuliert eine Taxonomie dreier Klassen von Hemmungsprozessen ("executive-", "motivational-" und "automatic attentional inhibitory processes"), innerhalb derer sowohl die kognitive Hemmung als auch die Interferenzkontrolle den exekutiven Inhibitionsprozessen zugeordnet sind. Zur Klasse der motivationalen Hemmung zählt Nigg Prozesse des bewussten Unterbindens von Aktivitäten oder Gedanken aufgrund bestrafender oder angstauslösender Reize. Zur automatischen aufmerksamkeitsbezogenen Hemmung schließlich gehört die Suppression oculomotorischer Sakkaden oder die Unterdrückung der Hinwendung zu irrelevanten Lokalisationen, während die Aufmerksamkeit auf andere Ziele gerichtet ist. Gegenwärtig überwiegt offenbar die Annahme, dass hemmungsbezogene Prozesse eher als eine Familie von Funktionen anzusehen sind, als ein einheitliches Konstrukt. Friedman und Miyake (2004, S. 101) weisen jedoch darauf hin, dass "at this point, however, there is little empirical evidence for or against such proposals".

Auch die Definition von Interferenzen erscheint bislang lediglich als ein Sammelbegriff aller möglichen Störphänomene durch irrelevante Reize, ohne genaue Wirkungsweisen oder -orte zu benennen. So ist z.B. die Frage noch unbeantwortet, auf welcher Ebene (z.B. perzeptuell, semantisch) und wie Interferenzen agieren, um eine jeweils konkrete kognitive Leistung zu beeinträchtigen (z.B. Aufmerksamkeitsleistungen, Gedächtnisleistungen). Eine etwas genauere Definition im Zusammenhang mit der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses nehmen Oberauer und Kliegl (2001) vor. Sie unterscheiden die Begriffe der "Interferenz" und des "crosstalks". Die Interferenz ist dabei definiert als "mutual degradation of memory traces that are held in working memory simultaneously" (S. 190). Diese Interferenz führt dazu, dass auf relevante Gedächtnisspuren gar nicht mehr zugegriffen werden kann. Der crosstalk dagegen ist beschreibbar "as the confusion between two elements that are held simultaneously in working memory" (S. 190). Der crosstalk bewirkt deshalb eher, dass zunächst auf die Informationsrepräsentation zugegriffen wird, die momentan am stärksten aktiviert ist, auch wenn dies nicht die eigentlich antwortrelevante ist. Andererseits sind beide Phänomene sehr wohl unter einen allgemeineren Begriff von Interferenzphänomenen in Bezug auf Gedächtnisleistungen subsumierbar, die sich letztendlich in den spezifischen Wirkmechanismen sowie im Ausmaß der Beeinträchtigung unterscheiden. Der Kern des Interferenzkonzeptes scheint für verschiedenste kognitive Domänen die Fähigkeit zur Selektion oder Aufrechterhaltung relevanter Reize in Gegenwart von Störreizen zu sein.

Zwei der im zweiten Teil der Arbeit vorgestellten Fragestellungen fokussieren auf Altersunterschiede in der Interferenzanfälligkeit in zwei zentralen kognitiven Domänen, deren Effizienz eine Vorbedingung für nahezu alle kognitiven Leistungen darstellen, nämlich das Gedächtnis und die Aufmerksamkeit. Um den Interferenzbegriff weiter einzugrenzen, skizzieren die folgenden Abschnitte 1.2 und 1.3 klassische und aktuellere Interferenztheorien.

1.2 Klassische Interferenztheorien

Wie Dempster und Corkill (1999) betonen, war die Interferenztheorie ursprünglich eine Theorie des Vergessens. Die Wurzeln dieser Theorien können bis zu Arbeiten von Georg Elias Müller ins späte 19. Jahrhundert zurückverfolgt werden (Müller & Schuhmann, 1894). Die initiale Formulierung und Ausgestaltung der klassischen Interferenztheorie erfolgte jedoch erst sehr viel später (McGeoch, 1932; McGeoch & McKinney, 1943; Melton & Irwin, 1940; Underwood, 1957). Im Rahmen dieser Theorien zum verbalen Lernen lassen sich retroaktive und proaktive Interferenzen unterscheiden, die durch eine Reihe experimenteller Variablen wie Ähnlichkeit oder Grad der Gelertheit des Materials beeinflussbar sind. Dabei ist die proaktive Interferenz so zu verstehen, dass eine zeitlich früher verarbeitete Information die Leistung bezüglich einer später verarbeiteten Information beeinträchtigt. Diese Definition würde zunächst sowohl eine Degradierung als auch eine Konkurrenz von Gedächtnisspuren im Sinne der Definition von Oberauer und Kliegl (2001) umfassen. Von retroaktiver Interferenz wird gesprochen, wenn spätere Verarbeitungs- und Lernprozesse zuvor angelegte Informationsrepräsentationen beeinträchtigen. Verschiedene Variablen wurden diskutiert, die einen Einfluss auf das Ausmaß dieser Arten von Interferenz haben. So soll eine stärkere Ähnlichkeit des Lernmaterials (z.B. semantisch, formal) Interferenzen verstärken, während ein vermehrtes Überlernen des Materials Interferenz reduziert. Ließ das Interesse an den klassischen Interferenztheorien aufgrund des Vorwurfs der Artifizialität und Alltagsferne um die 1970er Jahre nach, kam es mit den 1990er Jahren zu einem starken Wiederaufleben der Interferenzforschung, die zum aktuellen Zeitpunkt ein großes Spektrum psychologischer Phänomene in komplexen Anforderungen sowie die Verbindung zu Alltagsphänomenen umfasst (vgl. Dempster & Corkill, 1999). Der Abschnitt 1.3 soll einen Überblick über diese neueren theoretischen Zugänge bieten. Basierend auf einer Einteilung von Dempster und Corkill (1999) werden im Folgenden

fünf Ansätze skizziert, die die Begriffe der Interferenz und Inhibition zum Gegenstand haben.

1.3 Neuere Interferenzmodelle

Resistenz gegen Interferenzen. Die grundsätzliche Idee der Interferenz-Theorie (z.B. Dempster, 1993) ist, dass Pläne oder Intentionen genutzt werden, um Gedanken und Aktionen zu leiten. Die Aktivierung relevanter Informationen fördert entsprechend auszuführende Leistungen, die Aktivierung irrelevanter Informationen beeinträchtigt sie dagegen. Einfach ausgedrückt bezeichnet die Resistenz gegen Interferenzen die Fähigkeit, irrelevante Stimuli zu ignorieren bzw. zu hemmen, während ein Handlungsplan ausgeführt wird (Dempster & Corkill, 1999). Dem frontalen Kortex wird eine zentrale Rolle bei der Selektion und Regulation von Verhalten zugeschrieben, indem er die Verarbeitung von Stimuli oder Assoziationen unterdrückt, die nicht aufgabenrelevant sind. Obwohl Dempster (1993) den Frontallappen eine wichtige Rolle in der Interferenzkontrolle zuschreibt, nimmt er dennoch nicht an, dass die Resistenz gegen Interferenzen ein einheitliches Konstrukt ist. Im Gegensatz zu klassischen Interferenztheorien, die lediglich die Unterscheidung zwischen pro- und retroaktiver Interferenz vornehmen, fügt Dempster (1993; Dempster & Corkill, 1999) den Begriff der coaktiven Interferenz hinzu. Diese coaktive Interferenz tritt auf, wenn zwei oder mehr kontingente Ereignisse um Aktivierung konkurrieren, wie dies häufig bei Aufmerksamkeit, schlussfolgerndem Denken oder Doppel-Aufgaben der Fall ist. Innerhalb der retro-, pro- und coaktiven Interferenz fordern Dempster und Corkill (1999) eine weitere Unterteilung in Bezug auf betroffene Domänen. So ist eine motorische, eine perzeptuelle und eine linguistische Interferenzanfälligkeit zu unterscheiden, für die unterschiedliche Entwicklungsverläufe angenommen werden.

Fuzzy-trace-Theorie. Die Fuzzy-Trace-Theorie (z.B. Brainerd & Reyna, 1993) geht davon aus, dass Individuen aller Altersklassen keine exakten, wortwörtlichen (verbatim) Informationsrepräsentationen anlegen und erinnern, sondern eher ungenaue Gedächtnisrepräsentationen (fuzzy-traces) bevorzugen und auf dieser Basis intuitive Schlussfolgerungen ziehen. Da diese fuzzy-traces jedoch nicht in allen Fällen ausreichen, um Probleme zu lösen (z.B. bei einer Arithmetik-Aufgabe), ist von einem Kontinuum wortwörtlicher und fuzzy-traces auszugehen, die so nah wie möglich am ungenauen Ende des Kontinuums liegen. Während der Zugriff auf die ungenauen Gedächtnisspuren einfacher ist und sie mit weniger Anstrengung genutzt werden können als wortwörtliche,

sollen letztere anfälliger gegen Interferenzen und Vergessen sein. Die simpelste Art wortwörtlicher Interferenz ist die Output-Interferenz. Hier ist zwischen Zeitabfolge- (oder Planungs-) Effekten (scheduling) und Rückmelde-Effekten (feedback) zu unterscheiden. Zeitabfolge-Interferenzen beruhen auf der seriellen Antwortausführung innerhalb einer Antwortmodalität, während die zu den Antworten führenden kognitiven Operationen parallel verlaufen können. Es kommt dadurch zu einem Engpass bei der Antwortausführung. Feedback-Effekte bezeichnen dagegen eine Art weißes Rauschen, das als "off-task-noise" nach gegebener Antwort durch das kognitive System läuft und so die weitere Leistung beeinträchtigt. Das bedeutet also, dass hier bereits gegebene aber nicht mehr relevante Antworten uneffektiv unterdrückt werden. Auch direkte Beeinträchtigungen einer wortwörtlichen durch eine ungenaue Gedächtnisspur (im Sinne einer coaktiven Interferenz) sind denkbar. Eine irrelevante eigene Bedeutungszuordnung beeinträchtigt dann die eigentlich relevante wortwörtliche Spur.

Frontallappen-Modell. Diamonds Frontallappen-Modell (1985, 1988, 1991) entstand im Rahmen neuro-entwicklungspsychologischer Arbeiten aus der Verknüpfung von Tiermodellen und entwicklungspsychologischen Verhaltenstests. Diamond geht davon aus, dass die Frontallappen immer dann aktiviert werden, wenn sowohl das Gedächtnis (oder längerfristige Aufmerksamkeit), als auch Inhibition zur Erbringung einer Leistung vonnöten sind. Die Inhibition wird dabei von Diamond als das zentrale Funktionsprinzip des Frontallappens angesehen. An Tiermodellen zeigten Diamond und Kollegen (Diamond, Ciaramitaro, Donner, Djali & Robinson, 1994) dass ein hoher Phenylalaninspiegel einen Dopaminschwund verursacht, was wiederum selektiv die Funktion des präfrontalen Kortex beeinträchtigt. Begleitend konnte in einer Längsschnittstudie mit Kindern, die an einem defekten Phenylalanin-Metabolismus litten, gezeigt werden, dass diese spezifische Einbußen nur in solchen Tests aufwiesen, die zur Erfassung der Frontallappen-Funktion geeignet sind (z.B. Wisconsin-Card-Sort-Test). Auch den A-nicht-B-Fehler¹, führt Diamond, anders als Piaget (1954) nicht auf eine fehlerhafte Wissenskonstruktion (Objekt + Ort = Wissenseinheit) zurück, sondern auf eine mangelhafte Hemmung einer zuvor gezeigten und verstärkten Reaktion. Dieses Modell scheint also in erster Linie auf die Inhibition irrelevanten Verhaltens im Sinne der

¹ Beim A-nicht-B-Fehler greift ein Kleinkind fälschlicherweise nach Position A (statt B) um ein Objekt zu holen, das zwar zuvor dort versteckt und erfolgreich vom Kind ergriffen wurde, danach aber vor den Augen des Kindes auf Position B versteckt wurde.

mangelhaften Hemmung vorherrschender aber unangemessener Antworttendenzen zu fokussieren.

Das Modell ineffizienter Hemmung. Bjorklund und Harnishfeger (1995) unterscheiden zwischen kognitiver, sozialer und Verhaltenshemmung. Die soziale Inhibition umfasst die Kontrolle expressiven Ausdrucks und emotionalen Verhaltens, die Verhaltenshemmung dagegen die Fähigkeit, Versuchungen zu widerstehen oder einen Belohnungsaufschub hinzunehmen. Eine ineffiziente kognitive Hemmung soll zu einer Belastung des Arbeitsgedächtnisses infolge einer stärkeren Störbarkeit durch interferierende Reize führen. Irrelevante Informationen beanspruchen dann Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, die wiederum nicht für relevante Informationen zur Verfügung steht, welche aber essentiell für die Ausführung kognitiver Basisoperationen wäre. Dieses Modell ist dem unter Kapitel 2 ausführlicher vorgestellten Modell zum kognitiven Altern sehr ähnlich, wurde aber in Hinblick auf die kindliche Entwicklung formuliert. Für Veränderungen in der Effizienz aller Arten von Hemmung wird die Reifung des frontalen Kortex als zentral angenommen.

Inhibitionstheorie. Ausgangspunkt für die Inhibitionstheorie von McCall (1994) sind Annahmen zum prädiktiven Zusammenhang zwischen der Leistung in Habituations-/Wiedererkennensanforderungen bei Kindern und dem späteren IQ. Im Habituationsparadigma werden Kinder in einer Habituationsphase an bestimmte Reize gewöhnt. Anschließend werden Paare bekannter Reize oder Paare mit einem neuen Stimulus gezeigt. Erfasst wird die Zeit, die für die Betrachtung des neuen Reizes aufgewendet wird, im Vergleich zur Zeit für die Betrachtung des Gesamtpaares, das auch den alten Reiz enthält. Während die meisten Forscher davon ausgingen, dass hier die Verarbeitungsgeschwindigkeit der moderierende Faktor ist (so sollen schnellere Kinder auch schneller habituieren und vertraute Reize nur relativ kurz betrachten, dagegen aber eine starke Präferenz für neue Reize zeigen und diese auch relativ schnell erkennen), lenkt McCall den Blick auf mögliche Schwierigkeiten von Kindern, die Aufmerksamkeit für weniger saliente Reize zu unterdrücken bzw. zu hemmen oder auch die Aufmerksamkeit von diesen zu lösen. Der Autor sieht diese Inhibitionsfähigkeit deshalb als die zentrale Dimension zur Vorhersage des IQ an. McCall geht weiter davon aus, dass die Wichtigkeit der Inhibition nicht nur für das visuelle System gilt, sondern dass es sich bei der Inhibition um eine relativ stabile Eigenschaft im Gefüge der mentalen Architektur handeln könnte, der möglicherweise weitläufige Auswirkungen auf die kognitive Entwicklung zuzuschreiben sind.

Wie Dempster und Corkill (1999) anmerken, sind die vorgestellten Theorien zu Interferenz und Inhibition nicht alle gleich gut evaluiert oder empirisch untermauert. Am besten empirisch belegt ist die fuzzy-trace-Theorie. Die bisher vorgestellten Theorien wurden vor allem im Hinblick auf die kognitive Entwicklung im Kindesalter formuliert, entsprechend sind ihnen einige Annahmen über entwicklungsbedingte Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit gemeinsam. Darüber hinaus wurden in den letzten Jahren interindividuelle Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen verstärkt zur Erklärung interindividueller Unterschiede in verschiedenen kognitiven Funktionsbereichen (z.B. Problemlösen, Textverstehen) herangezogen. Solche entwicklungspsychologischen und differenziellen Annahmen zur Interferenzanfälligkeit werden im folgenden Abschnitt 1.4 zusammengefasst.

1.4 Entwicklungspsychologische und differenzielle Annahmen zur Interferenzanfälligkeit

Der Interferenz-Theorie von Dempster (1993) folgend reflektieren interindividuelle und entwicklungsbedingte Unterschiede in der Fähigkeit, Interferenzen abzublocken, einen Basisprozess der kognitiven Architektur, der nicht durch andere kognitive Prozesse beschreibbar ist und der größtenteils von der Funktionstüchtigkeit der Frontallappen abhängt. Weiterhin nehmen Dempster und Corkill (1999) an, dass interindividuelle und entwicklungspsychologische Differenzen kognitiven Funktionierens zu großen Teilen eine Funktion der Fähigkeit des Individuums sind, verschiedene Formen von Interferenz zu handhaben. Diese Fähigkeit übt einen beschränkenden Einfluss auf den effizienten Gebrauch von Wissen und die Ressourcen-Aktivierung aus. Die größte Interferenzanfälligkeit besteht Demesters (1993) Theorie zufolge in der frühen Kindheit. Hier wird die stärkste Interferenzanfälligkeit auf motorischer Ebene angenommen (wie z.B. beim A-nicht-B-Fehler vgl. 1.3), gefolgt von der perzeptuellen Interferenzanfälligkeit (Widerstandsfähigkeit gegen perzeptuelle Störreize), die am stärksten während des von Piaget (1954) als präoperative Phase bezeichneten Entwicklungsabschnitts zum Tragen kommen soll. Die linguistische Interferenzanfälligkeit schließlich (Widerstandsfähigkeit gegen irrelevante sprachliche Information) steigt vermutlich bis zum Alter von etwa 7 Jahren an und nimmt dann nur langsam wieder ab. Weil in der frühen Kindheit die Frontallappen nur schwach entwickelt sind, dann aber ein fulminantes Wachstum während der Entwicklung zeigen, war Diamond (1985, 1988, 1991) als eine der ersten überzeugt, dass die Frontallappen

eine zentrale Rolle bei der Entwicklung der Kognition spielen. Da die Frontallappen aber gleichzeitig auch die zerebralen Strukturen sind, die im Alterungsprozess zuerst von einem Abbau betroffenen sind (z.B. Verringerung von Gewebe und Zelldichte, Coffey et al., 1992; Raz, 2001), erwartet Dempster (1993) sowohl für Kinder als auch für ältere Erwachsene im Vergleich zu jungen Erwachsenen eine stärkere Anfälligkeit gegenüber co-, pro- und retroaktiven Interferenzen für verschiedene Domänen (Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Sprachverstehen, schlussfolgerndes Denken) und untermauert diese Annahmen durch die Beobachtung von Altersunterschieden in zahlreichen interferenzsensitiven Aufgaben. Kognitive Alterseffekte wurden auch von anderen Autoren in Zusammenhang mit einer Beeinträchtigung frontaler Strukturen gebracht (West, 1996) und einer Abnahme inhibitorischer Effizienz zugeschrieben. So belegen empirische Befunde z.B. eine weniger gute Erinnerung älterer Erwachsener an Schlussfolgerungen aus Textpassagen, für die zunächst eine bestimmte Interpretation erfolgte, die dann jedoch zu revidieren war. Stattdessen wurde die ursprüngliche Interpretation erinnert (Hasher & Zacks, 1988). Die Erklärung hierfür lautete, dass die ursprüngliche Interpretation mit der aktuellen interferiert und ältere Erwachsene größere Probleme haben, diese Interferenz zu unterdrücken. Für zahlreiche andere Aufgaben, in denen das Ausmaß interferierender Information variiert oder bestimmte Antworttendenzen zugunsten einer unerwarteten, aber korrekten Antwort zurückzuhalten sind, zeigen sich ebenfalls Alterseffekte (Hartman & Hasher, 1991; Hasher, Stoltzfus, Zacks & Rympha, 1991; Salthouse & Meinz, 1995; Zacks & Hasher, 1994).

Die bisher dargelegten Evidenzen sprechen für eine Entwicklung der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen in der frühen Kindheit und einen Abbau dieser Fähigkeit im höheren Lebensalter, die mit Reifungs- und Alterungsprozessen des frontalen Kortex in Verbindung stehen. Für diese Verbindung sprechen auch die Defizite, die nach frontalen Läsionen beobachtbar sind, wie eine erhöhte Ablenkbarkeit durch aufgabenirrelevante Reize, Antwortperseverationen oder Schwierigkeiten, den Aufgabenfokus aufrecht zu erhalten (z.B. Cronin-Golomb, 1990; Knight & Grabowecky, 1995; Shimamura, 1995). Nicht nur entwicklungs- oder neuropsychologische, sondern auch interindividuelle Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit sind in den vergangenen Jahren ins Zentrum der Forschung gerückt. Dempster und Corkill (1999) nennen einige Risiko-Gruppen, deren kognitive und Verhaltensdefizite auf ineffizienten Hemmungsmechanismen als Folge von Dysfunktionen des präfrontalen Kortex beruhen könnten. So sind für Schizophrene oder als schizotyp diagnostizierte Personen Probleme

mit dem Fokussieren der Aufmerksamkeit auf relevante Reize und eine verstärkte Ablenkbarkeit durch irrelevante Reize beobachtbar. Diese erhöhte Ablenkbarkeit wird in Zusammenhang mit ineffizienten Hemmungsfunktionen gebracht (Frith, 1979; Fuller, Frith & Jahanshahi, 2000). Auch für Personen, für die vergleichsweise viele aufmerksamkeitsbasierte Fehler in Alltagssituationen nachweisbar sind, ist eine solche erhöhte Ablenkbarkeit durch Störreize, basierend auf ineffizienter kognitiver Hemmung diskutiert worden (Bloem & Schmuck, 1999). Unterschiede in der Effizienz hemmungskorrelierter Funktionen sind darüber hinaus in Verbindung mit interindividuellen Differenzen im Ausmaß von Erinnerungsfehlern gebracht worden (Anderson, 2001), mit Unterschieden in der Arbeitsgedächtnisspanne und im Textverstehen (De Beni, Palladino, Pazzaglia & Cornoldi, 1998; Gernsbacher, 1993) sowie beim Problemlösen (Passolunghi, Cornoldi & De Liberto, 1999).

Die vorangegangenen Abschnitte dienten der Einführung des Interferenz- und Inhibitionsbegriffs und der Demonstration der Begriffsvielfalt im Zusammenhang mit diesen Konzepten. Darüber hinaus sollte die zentrale Bedeutung, die dem Faktor der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen in den letzten Jahren im Zusammenhang mit der kognitiven Entwicklung vor allem des Kindes- und Jugendalters, aber auch zur Erklärung interindividueller Unterschiede kognitiver Leistungen zugemessen wurde, deutlich geworden sein. Im Folgenden wird nun das für die vorliegende Arbeit relevante Interferenz- bzw. Inhibitionsmodell aus der Gerontopsychologie charakterisiert.

2 Rahmenmodell zu Altersveränderungen der Interferenzanfälligkeit

Die bisher skizzierten Modelle stellten vor allem die Rolle der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen für die kognitive Entwicklung im Kindesalter in den Vordergrund, wengleich Dempster (1992; 1993) auch die Bedeutung der Interferenzanfälligkeit für die Entwicklung kognitiver Funktionen im höheren Lebensalter berücksichtigt. So weist gerade Dempster (1992, S. 45) darauf hin, dass "resistance to interference (i.e. the capacity for inhibition) is a major, albeit underrated, factor in the development of intellectual competence and declining mental ability in later life." Das im folgenden Abschnitt vorgestellte Hemmungs-Defizit-Modell (Hasher & Zacks, 1988; Hasher et al., 1999) bezieht sich jedoch explizit auf kognitive Veränderungen am anderen Ende des Altersspektrums. Diesem Modell zufolge ist eine nachlassende Effizienz der Mechanismen, die die Widerstandsfähigkeit gegenüber Interferenzen steuern, als zentrale Ursache für alterungsbezogene kognitive Leistungseinbußen anzusehen.

2.1 Das Hemmungs-Defizit-Modell

Die Hemmungs-Defizit-Theorie (Hasher & Zacks, 1988; Hasher et al., 1999) ist den globalen Modellen kognitiven Alterns zuzuordnen, die eine zunehmende Dedifferenzierung kognitiver Funktionen im höheren Lebensalter implizieren. Als zentrales Element im kognitiven Funktionsgefüge, dessen Ineffizienz zu Leistungseinbußen über einen weiten Bereich von Anforderungen führen soll, werden kognitive Hemmungsmechanismen vermutet. Dieses Modell kognitiven Alterns basiert auf Konzepten des Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnisses (Baddeley, 1992; 1993; Cowan, 1988) und einer bestimmten Vorstellung über Aufmerksamkeitsmechanismen (z.B. Allport, 1989; Houghton & Tipper, 1994; Norman & Shallice, 1986).

Eine der Grundannahmen ist, dass die Aufmerksamkeit inhibitorischen Beschränkungen unterliegt, um einer zunächst automatisch einsetzenden, breiten Aktivierung auf gegenwärtig vorhandene, aber nicht handlungsrelevante Stimuli entgegen zu wirken. Solche kognitiven Hemmungsmechanismen selektiver Aufmerksamkeit kontrollieren dem Modell folgend die Inhalte des Arbeitsgedächtnisses in Hinblick auf deren Handlungsrelevanz. Eine optimale Funktion des Arbeitsgedächtnisses ist gewährleistet, wenn Kontrolle über aufgabenirrelevante Reize besteht. Diese Kontrolle ist definiert als "the degree to which an activated goal determines the contents of consciousness" (Hasher et al., 1999, S. 653). Auf der Basis einer umfassenden Analyse gerontopsychologischer Literatur, eigener Experimente sowie von Alltagsphänomenen (Zacks & Hasher, 1994) postulieren Hasher und Kollegen (Hasher & Zacks, 1988; Hasher et al., 1999) eine alterskorrelierte Ineffizienz speziell der Hemmungskomponente der Aufmerksamkeit, während Aktivationsprozesse weitestgehend intakt bleiben. Ältere Personen haben demnach größere Probleme als jüngere, die Inhalte des Arbeitsgedächtnisses in Bezug auf deren Handlungsrelevanz zu kontrollieren, weil sie einer stärkeren Störbarkeit durch irrelevante Reize unterliegen. Da, wie vorausgehend erläutert (Kapitel 1), eine solche Störbarkeit durch irrelevante Reize als Interferenzanfälligkeit bezeichnet werden kann, postuliert das Hemmungs-Defizit-Modell also eine im höheren Lebensalter zunehmende Interferenzanfälligkeit, oder anders ausgedrückt eine geringere Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen.

Hasher und Kollegen (1999) unterscheiden drei Verarbeitungsebenen, auf denen diese Interferenzanfälligkeit zum Ausdruck kommen kann, und zwar moduliert über die "Zugangs"- (*access*), die "Löschen"- (*deletion*) und die "Zurückhalten"-Funktion

(*restraint*) von Hemmungsmechanismen. Die "access"-Funktion der Hemmungskontrolle operiert dabei vermutlich auf einem frühen Level der Informationsverarbeitung und soll den Zugang erstmalig präsentierter Informationen oder auch aktivierter Ideen zum Arbeitsgedächtnis beschränken, wenn diese irrelevant oder nur marginal relevant für aktuelle Handlungsziele sind. Eine defizitäre "access"-Kontrolle würde zur Vorhersage einer stärkeren Anfälligkeit gegenüber coaktiven oder Distraktor-Interferenzen führen und müsste sich z.B. auf Vorgänge des Enkodierens und Einspeicherns von Informationen negativ auswirken. Neben relevanten erhalten dann auch irrelevante Informationen Zugang zum Arbeitsgedächtnis und werden dort aufgrund ihrer zeitlichen Nähe in gemeinsamen Gedächtniseinheiten abgelegt (Logan & Etherton, 1994). Es kann so zu einer Konfusion gleichzeitig aktivierter zielferner und -relevanter Repräsentationen kommen, die die Kohärenz des Gedankenstroms beeinträchtigt. Die Wahrscheinlichkeit und auch die Geschwindigkeit eines späteren erfolgreichen Abrufs von Zielinformation aus den mit irrelevanten Informationen angereicherten Gedächtniseinheiten ("mental clutters") ist ebenfalls durch die im Vergleich zu einer intakten "access"-Kontrolle größere Anzahl gleichzeitig aktivierter Antwortkandidaten geringer (Anderson, 1983). Eine größere Anzahl gleichzeitig aktivierter Antwortkandidaten könnte auch dazu führen, dass irrelevantes Material relevante Informationen "überschreibt" (Degradierung von Gedächtnisspuren durch coaktiv interferierende Reize, vgl. Oberauer & Kliegl, 2001).

Die "deletion"-Komponente kognitiver Hemmungskontrolle hat die Funktion, bereits im Arbeitsgedächtnis befindliche Inhalte, die ihre Relevanz verloren haben, von der weiteren Verarbeitung auszuschließen. Dies kommt zum Tragen, wenn sich z.B. die Aufgabenanforderung oder die Ziele einer Person verändern. Aus einer Ineffizienz dieser "deletion"-Komponente ist eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber proaktiven Interferenzen abzuleiten. Zu einem früheren Zeitpunkt gelerntes und evtl. bereits abgefragtes Material, das für den Fortgang der kognitiven Anforderung nicht mehr von Interesse ist, kann dann nämlich nicht effizient unterdrückt werden, so dass es zum einen die Einspeicherung von später zu lernenden Items, zum anderen die Produktion anschließend gelernter Materials behindern kann.

Die "restraint"-Funktion schließlich bezieht sich auf das Unterdrücken dominierender Antworttendenzen oder Handlungen, die in bestimmten Situationen zwar gewöhnlich zur Ausführung kommen, aktuell aber unangemessen sind und zunächst eine Evaluation von Alternativantworten erfordern. Eine Ineffizienz wird von Hasher et al. (1999) in Zusammenhang mit der Ausführung offener Verhaltensantworten gebracht. So

haben ältere Personen z.B. im Rahmen bestimmter experimenteller Anforderungen (Stopp-Signal-Paradigma; Logan, 1994) Schwierigkeiten, eine Handbewegung zu stoppen, die auf einen bestimmten Reiz hin zu einem sehr hohen Prozentsatz auszuführen ist, die aber im Zusammenhang mit einem selten auftretenden Hinweisreiz zu unterlassen ist. Auf kognitive Anforderungen übertragen, bestünde bei einer ineffizienten "restraint"-Funktion die Tendenz, den am stärksten aktivierten Antwortkandidaten ("prepotent response") zu nennen, statt eines zwar korrekten, jedoch weniger aktivierten Alternativitems. Das relevante Material würde dann, je nach Aufgabenanforderung, gar nicht genannt oder später an einer falschen Stelle ("degradation" im Sinne eines Überschreibens von Gedächtnisspuren oder "crosstalk" im Sinne einer Konfusion zwischen Gedächtnisspuren, ausgelöst durch coaktiv interferierende, gleichzeitig, oder stärker aktivierte Antwortkandidaten).

Das Hemmungs-Defizit-Modell unterscheidet also einerseits verschiedene Hemmungs-Funktionen und legt damit die Sichtweise einer Familie von Funktionen nahe, anstatt eines übergeordneten Hemmungskonstrukts. Andererseits werden sämtliche dieser Funktionen als alterssensitiv dargestellt, was eher für ein zentrales Defizit sprechen würde. Ganz allgemein weisen Friedman und Miyake (2004, S. 103) darauf hin, dass

"Although different types of inhibition processes correspond to different stages of processing, such correspondence does not necessarily mean that these processes require separate inhibitory abilities. These inhibition-related functions all seem to require some degree of executive control, which is proposed to involve the frontal lobes or the anterior attentional network."

Das Hemmungs-Defizit-Modell sieht die Funktion der Hemmung darin, irrelevante Inhalte vom Arbeitsgedächtnis fernzuhalten. Legt man das Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley (1992; 1993) zugrunde, sind die genannten Hemmungsfunktionen vermutlich am ehesten als zentral-exekutiv gesteuerte Prozesse zu verstehen, die auf verschiedenen Stufen der Verarbeitung eine Reizunterdrückung nach dem Kriterium der Handlungs-Relevanz leisten.

Wie der Blick in einschlägige Literatur zur kognitiven Gerontopsychologie belegt (z.B. Birren & Schaie, 2001; Mayr et al., 2001; Naveh-Benjamin et al., 2001), ist das Hemmungs-Defizit-Modell recht gut etabliert. Vor dem Hintergrund alternativer Modelle

kognitiven Alterns bleibt jedoch zum einen zu diskutieren, inwieweit das Hemmungs-Defizit-Modell (oder die daraus ableitbare Annahme einer höheren Interferenzanfälligkeit bei älteren Erwachsenen) als Globalmodell zur Erklärung altersbezogener kognitiver Leistungseinbußen hinreichend erscheint. Zum anderen stellt sich auch die Frage, inwieweit die Annahme einer stärkeren Interferenzanfälligkeit nicht auch aus alternativen Modellen kognitiven Alterns ableitbar erscheint. Der folgende Abschnitt problematisiert diese Fragen ausführlicher, indem er eine kritische Betrachtung des Hemmungs-Defizit-Modells im Vergleich zu alternativen Modellen kognitiven Alterns vornimmt.

2.2 Kritische Diskussion des Hemmungs-Defizit-Modells in Relation zu alternativen Theorien kognitiven Alterns

Wie im vorangegangenen Abschnitt erläutert, ist das Hemmungs-Defizit-Modell den globalen Modellen kognitiven Alterns zuzuordnen. In verschiedenen anderen Globalmodellen werden jedoch alternative Faktoren als zentrale Ursache altersbezogener Funktionseinbußen diskutiert. Insofern ist kritisch zu hinterfragen, warum gerade Hemmungsdefizite Leistungseinbußen im höheren Lebensalter erklären sollten bzw. inwiefern gerade Hemmungsdefizite zum Phänomen einer stärkeren Anfälligkeit gegenüber Störreizen führen. In Hinblick auf diese Fragen besteht, wie die folgenden Abschnitte verdeutlichen werden, ein gewisses Ursache-Wirkungs-Dilemma oder salopp ausgedrückt ein "Henne-Ei-Problem".

Eine zum Hemmungs-Defizit-Modell (Hasher et al., 1999) alternative Sichtweise geht von einer *Verringerung* der funktionalen Kapazität *von Verarbeitungsressourcen* (Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis) als Ursache kognitiver Leistungseinbußen im höheren Lebensalter aus (z.B. Craik & Byrd, 1982). Diesem Ansatz folgend resultieren kognitive Leistungen z.B. in Hinblick auf das Gedächtnis aus einem Zusammenspiel internaler und externaler Faktoren. Als externaler Faktoren gelten z.B. das Ausmaß an Hilfestellung und der Umfang an Anleitung beim Einprägen von Lernmaterial. Die internalen Faktoren beschreiben das Ausmaß an Verarbeitungsressourcen, die einer Person zu einer gegebenen Zeit für die Erledigung einer Aufgabe zur Verfügung stehen. Im höheren Alter sollen nun diese verfügbaren Ressourcen knapper werden und ein stärkerer Bedarf an externaler Unterstützung bestehen. Vor allem, wenn die Anforderung selbstinitiierte Aktivitäten erfordert, wie eine Strukturierung unbekannter Materials, oder die eigenständige Erarbeitung von Verknüpfungen zwischen Items, zeigen sich Altersunterschiede. Dies hängt vermutlich mit der Beanspruchung zusätzlicher

Ressourcen zusammen. Entsprechend sind in Bezug auf Gedächtnisanforderungen die geringsten Altersunterschiede für Aufgaben mit vielen Hinweisreizen (wie cued recall oder Wiedererkennenstests) und größere Unterschiede in Situationen eines freien Abrufs nachweisbar (z.B. Craik & McDowd, 1987; LaVoie & Light, 1994).

Im Gegensatz dazu nimmt der Hemmungsansatz nicht so sehr eine Verringerung von Arbeitsgedächtnisressourcen an, als vielmehr Unterschiede in den *Inhalten* des Arbeitsgedächtnisses. Neben den relevanten sollen mehr irrelevante Informationen aktiviert sein und freie Ressourcen binden, was zu Kapazitätsbeschränkungen für die Verarbeitung relevanten Materials führt. Baddeley (1996) rechnet jedoch z.B. die selektive Reaktion auf wichtige Reize und das Unterdrücken von Störreizen den Prozessressourcen der Zentralen Exekutive des Arbeitsgedächtnisses zu. Hier eröffnet sich dann die Frage, ob in diesem Sinne verringerte Ressourcen ein ineffizienteres Ausblenden von Reizen bewirken oder die Ineffizienz im Ausblenden von Reizen zu einer verringerten Kapazität für die Verarbeitung relevanter Reize führt, so dass die Ressourcen nur verringert erscheinen. Dem Baddeleyschen Vorschlag folgend (Baddeley, 1996) wären scheinbar Hemmungs- und Ressourcenansatz unter der Überschrift "verringerte Ressourcen für die Unterdrückung irrelevanter Reize" subsumierbar. In diesem Zusammenhang ist auch auf Arbeiten hinzuweisen, die für eine Abhängigkeit der Effizienz von Inhibitionsmechanismen von der Kapazitätsbelastung des Arbeitsgedächtnisses sprechen (Engle, Conway, Tuholski & Shisler, 1995). Dieser Idee zufolge wäre die Hemmung selber als ein Ressourcen beanspruchender Prozess zu verstehen. Überdies ist die Annahme des Hemmungs-Defizit-Modells einer altersbezogenen Zunahme irrelevanter Arbeitsgedächtnisinhalte im Licht einiger empirischer Befunde kritisch zu bewerten (vgl. hierzu Light, 1991). So sind z.B. für ältere Personen keine idiosynkratischeren Assoziationen nachweisbar (Burke & Peters, 1986; Howard, 1980; Light & Anderson, 1983), was aufgrund von Schwierigkeiten, irrelevante Gedanken zu unterdrücken, zu erwarten wäre. Wie MacKay und Burke (1990) anmerken, sind aber möglicherweise bei älteren Personen aufgrund einer höheren Geübtheit stärkere Assoziationen zwischen einzelnen semantischen Netzwerkknoten vorzufinden, was Alterseffekte maskieren könnte. Zacks und Hasher (1997) treten ähnlichen Kritiken außerdem mit dem Argument entgegen, dass derartige Vorhersagen nicht sauber aus ihrem Modell abgeleitet seien, sondern sich eher an einem Hemmungskonzept orientieren, demzufolge Hemmungsdefizite die spontane Ausbreitung von Aktivierung auch auf sehr unwahrscheinliche Assoziationen zur Folge hätten

(McClelland & Rumelhart, 1981). Das eigene Modell sähe jedoch sowohl Aktivierungs- als auch Hemmungsprozesse als unter der Kontrolle aktueller Verhaltensziele stehend an. Insofern beziehen sich beide Prozesse auf in diesem Bereich relevante Informationen und nicht darauf, die Ausbreitung auf unwahrscheinliche eigene Assoziationen nicht unterdrücken zu können.

Das Ursache-Wirkungs-Dilemma gilt nicht nur im Zusammenhang mit der Annahme verringerter Ressourcen, sondern ebenso im Vergleich zum Ansatz einer im höheren Lebensalter *herabgesetzten Verarbeitungsgeschwindigkeit* (Birren, 1974; Cerella, 1985; Salthouse, 1988; 1991; 1992; 1996). Die Grundannahme ist hier, dass Informationsverarbeitungsprozesse mit einer bestimmten Basis-Prozessrate ausgeführt werden können, die einen limitierenden Einfluss auf die Ausführung kognitiver Operationen und somit auf die Aufgabenleistung hat. Diese Basis-Prozessrate soll im höheren Lebensalter herabgesetzt sein. Vertreter dieses Ansatzes, die also eine nachlassende Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit als einen wesentlichen Faktor für altersbezogene kognitive Leistungseinbußen ansehen, könnten argumentieren, dass eine Verlangsamung kognitiver Basisprozesse einen negativen Einfluss auf komplexere kognitive Funktionen hat, die auch den Umgang mit ablenkenden Umgebungsreizen umfasst (vgl. Hasher, Tonev, Lustig & Zacks, 2001). Dies kann z.B. eine Verlangsamung in der Unterscheidung relevanter und irrelevanter Reize bewirken, so dass zunächst beide Stimulusklassen intensiver verarbeitet werden. Tatsächlich zeigt sich häufig eine Aufhebung oder Reduzierung von Altersdifferenzen in interferenzsensitiven Aufgaben [z.B. im Wisconsin-Card-Sort-Test (Grant & Berg, 1948; Heaton, Chelune, Talley, Kay & Curtiss, 1993) oder beim Stroop-Test (Stroop, 1935)], wenn Altersdifferenzen in der Verarbeitungsgeschwindigkeit statistisch kontrolliert werden (Salthouse, 1996). Als Wirkmechanismen werden hier der sog. Zeitbegrenzungsmechanismus ("limited time") und der Simultanitätsmechanismus ("simultaneity mechanism") diskutiert, die zum einen dazu führen, dass zuviel der verfügbaren Bearbeitungszeit mit früheren Verarbeitungsstadien zugebracht wird, zum anderen dazu, dass die Produkte früherer Verarbeitungsprozesse bereits verloren sind, bevor im nächsten Schritt darauf zugegriffen werden kann. Die Gegenargumentation von Vertretern des Hemmungsansatzes könnte jedoch lauten, dass eine stärkere Ablenkbarkeit und eine intensivere Verarbeitung irrelevanter Reize zu einer Verlängerung von Bearbeitungszeiten für die eigentlich relevante kognitive Anforderung führt. Durch die stärkere Ablenkbarkeit verlängert sich die Zeit bis auf relevante Reize fokussiert werden kann. Je einfacher die Anforderung

(z.B. je weniger Verarbeitungsprozesse gleichzeitig auszuführen sind, oder je weniger Items in einem zu verarbeitenden Displays gezeigt werden), desto weniger Möglichkeiten zur Interferenzauslösung sind gleichzeitig gegeben und desto geringer fallen Reaktionszeitunterschiede zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen aus. Die Annahmen der vorgestellten Modelle (Hemmungsdefizit, Verlangsamung, Ressourcenverlust) sind in diesem Sinne womöglich nicht als einzelne oder gar gegensätzliche Wirkprinzipien zu verstehen. Sie könnten entweder als globale Begleiterscheinungen einer gemeinsamen Ursache kognitiven Alterns zu interpretieren sein oder als wechselseitig sich bedingende Elemente innerhalb eines gesamten Wirkungsgefüges.

Einer ähnlichen Argumentationsstruktur bedient sich die *common-cause-Hypothese* kognitiven Alterns (Baltes & Lindenberger, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994), in der von einem Ensemble gemeinsamer Ursachen ausgegangen wird, die negative Altersveränderungen sensorischer und intellektueller Fähigkeiten bewirken und die als Ausdruck der Alterung des Gehirns zu verstehen sind. So bestehen keine Zweifel, "that cognitive ageing is to a large degree a biologically driven process." (Mayr et al., 2001, S. 3). Eine über längere Zeit nachlassende Qualität und Quantität sensorischen Inputs kann der common-cause-Hypothese folgend akkumuliert zu strukturellen und funktionellen Veränderungen im kognitiven Bereich führen. Aufgrund erfahrener negativer Konsequenzen infolge der sensorischen Einbußen könnten verstärkt anstrengende und aufmerksamkeitsfordernde kognitive Verarbeitungsprozesse bei sensorischen oder Wahrnehmungsanforderungen zum Einsatz gelangen. Werden mehr kognitive Verarbeitungsprozesse für sensorische Operationen benötigt, stehen diese entsprechend weniger für die Bearbeitung kognitiver Anforderungen zur Verfügung. Auch die neurobiologische common-cause-Hypothese ist den Globalmodellen kognitiven Alterns zuzurechnen. So wird gerade hier eine Dedifferenzierung der Fähigkeitsstrukturen auf der Verhaltensebene mit zunehmenden Korrelationen der Leistung älterer Erwachsener in verschiedenen Aufgabentypen besonders betont, die in erster Linie auf biologisch basierte Prozesse der Gehirnalterung zurückgeführt werden. Zwar finden hier auch kulturelle und idiosynkratische Faktoren Berücksichtigung, diese scheinen jedoch in ihrer Bedeutung den biologischen Faktoren nachgeordnet. In Hinblick auf eine verstärkte Interferenzanfälligkeit müssten auch Verschlechterungen der Sensorik die Unterscheidung zwischen relevanten und irrelevanten Reizen erschweren und so eine stärkere Störbarkeit durch irrelevante Reize bewirken. In jüngerer Zeit sind bei der Suche

nach den elementaren Bestandteilen des gemeinsamen Ursachengefüges kognitiven Alterns (die zunächst nicht spezifiziert wurden) zum einen die funktional kognitive, zum anderen die biochemische Ebene betrachtet worden. In Zusammenhang mit der funktional kognitiven Ebene wird eine Effizienzmindering zentraler exekutiver Prozesse des Arbeitsgedächtnisses in Betracht gezogen (vgl. Singer, 2000). Insofern lässt sich hier wieder – beruhend auf der bereits ausgeführten Annahme Baddeleys (1996), dass die Fähigkeit zum Ignorieren irrelevanter Reize den Prozessressourcen der Zentralen Exekutive des Arbeitsgedächtnisses zuzurechnen ist – die Verbindung zur Annahme verringerter Ressourcen und somit auch zum Hemmungs-Defizit-Modell herstellen. Sowohl die Annahme einer Ressourcenverringering als auch defizitärer Hemmungsprozesse stellen somit potenzielle Kandidaten zur Erklärung kognitiven Alterns innerhalb des angenommenen Wirkgefüges dar. Auf biochemischer Ebene ist eine Verringerung in der Effektivität dopaminerger Transmittersysteme diskutiert worden (Li & Lindenberger, 1999). Anhand neuronaler Netzwerksimulationen, in denen ein einziger Parameter reduziert wurde, konnte die Annahme erhärtet werden, dass allein der Effizienzverlust dopaminerger Systeme zu Alterseinschränkungen unterschiedlichster kognitiver Funktionen führen kann. Unter anderem waren hier Unterschiede in der Anfälligkeit gegenüber Interferenzen simulierbar (vgl. Li & Lindenberger, 1999). Dies ist ein überzeugendes Argument gegen prozess- oder bereichsspezifisch orientierte Theorien kognitiven Alterns (vgl. Singer, 2000).

Zur biologischen Grundlage der Hirnalterung selbst existiert eine Fülle empirischer Arbeiten und Modellvorstellungen. So weist Dempster (1993) in seinem schon in Kapitel 1.3 erläuterten Modell darauf hin, dass die mit exekutiven und Hemmungsfunktionen assoziierten Frontallappen die zerebralen Strukturen sind, die im höheren Lebensalter zuerst einer Degeneration bzw. einem Abbau unterliegen (vgl. auch Coffey et al., 1992; Raz, 2000). Dies würde eine geringere Resistenz gegen Interferenzen im höheren Lebensalter bewirken, was gut mit dem Hemmungs-Defizit-Modell von Hasher et al. (1999) in Einklang zu bringen ist. Wie Grady (2001) hervorhebt, sollte sich, dem Hemmungs-Defizit-Modell folgend, eine altersbezogen reduzierte Aktivität in den zerebralen Regionen zeigen, die mit Hemmungsfunktionen assoziiert sind (also im präfrontalen Kortex) und eine stärkere Aktivität in den Regionen, die vom präfrontalen Kortex gehemmt werden (also in Regionen, die irrelevante Reizdimensionen verarbeiten). Entsprechend zeigen Studien mit bildgebenden Verfahren eine altersbezogen verringerte Aktivität im präfrontalen Kortex, wenn Interferenzsituationen aufzulösen sind (z.B. wenn

Go-/No-go-Aufgaben zu bearbeiten sind, vgl. Grady, 2001). Andererseits sind z.B. bei visuellen Suchaufgaben reduzierte zerebrale Aktivationen ebenfalls im Bereich des okzipitalen Kortex zu verzeichnen (eine Region, für die stärkere Aktivität nachweisbar sein müsste, wenn die Verarbeitung auch irrelevanter visueller Stimuli nicht gehemmt werden kann). Grady (2001) weist darauf hin, dass eine solche insgesamt schwächere Hirnaktivität gut mit dem Ansatz einer Ressourcen-Verringerung übereinstimmt, wenn man die Hirnaktivität als Index für funktionale Verarbeitungsressourcen sieht. Einige Studien berichten jedoch sogar eine altersbezogen zunehmende präfrontale Aktivität (vgl. Grady, 2001), was wiederum schwer mit Ressourcen- oder Hemmungsansatz vereinbar erscheint. Diese verstärkte zerebrale Aktivität ist jedoch oftmals im Zusammenhang mit einer für junge Personen eher unilateralen präfrontalen Aktivierung zu sehen, während bei den älteren Erwachsenen eine bilaterale Aktivierung auftritt. Grady (2001) Interpretation hierfür lautet, dass kognitive Prozesse, die z.B. von der linken präfrontalen Kortexregion unterstützt werden, älteren Erwachsenen zwar zur Verfügung stehen, diese Regionen aber im Vergleich zu jüngeren unterschiedlich genutzt werden. Cabeza, Anderson, Locantore und McIntosh (2002) beschreiben das Phänomen der bilateralen Aktivierung bei älteren Erwachsenen im Sinne einer nachlassenden Hemisphärenspezialisierung (*HAROLD-Modell*; hemispheric asymmetry reduction in old adults). Grady (2001) folgend ist dies teilweise wohl als eine kompensatorische Aktivierung zusätzlicher Regionen zu verstehen, wenn nämlich für Junge und Ältere auf Verhaltensebene eine vergleichbare Leistung resultiert. Die am häufigsten zusätzlich aktivierte Region ist bei den älteren Erwachsenen jedoch der präfrontale Kortex und somit eine Region, die von jungen Personen bei schwierigeren Anforderungen, oder solchen, die exekutive Funktionen verlangen, aktiv ist. Eine stärkere oder bilaterale Aktivierung dieser Region bei älteren Erwachsenen könnte somit auch für einen stärkeren Bedarf an exekutiver Überwachung sprechen oder für eine Dedifferenzierung kognitiver Funktionen im höheren Alter (im Sinne einer abnehmenden Spezialisierung von Hirnregionen), gerade wenn auf Verhaltensebene eine schlechtere Leistung resultiert.

Gegenwärtig konzentrieren sich Studien zur funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) im Rahmen selektiver Aufmerksamkeitsforschung vor allem auf den Versuch neuronale Korrelate der Verarbeitungsprozesse unmittelbar *während* der Unterdrückung irrelevanter Stimuli oder Antworten aufzudecken. So existieren z.B. Studien zur Flanker-task, in der ein Reiz zu beantworten ist, der von irrelevanten Reizen flankiert wird (z.B. Hazeltine, Poldrack & Gabrieli, 2000), zur

Go/No-go-Aufgabe, in der es darum geht, eine motorische Reaktion auf einen häufig auftauchenden Reiz auszuführen, diese Reaktion aber zu unterdrücken, wenn ein selten auftauchender, anderer Reiz gezeigt wird (z.B. Konishi et al., 1999; Liddl, Kiehl & Smith, 2001) oder zur Stroop-Aufgabe (z.B. Banich et al., 2000; Milham et al., 2001), bei der in einer Liste aufeinander folgender Wörter die Farbe zu benennen ist, in der Farbworte geschrieben sind, während die konkurrierende Wortbedeutung nicht beachtet werden soll (z.B. benennen der Wortfarbe des in grüner Farbe geschriebenen Wortes "rot"; Stroop, 1935). Hier ist insbesondere eine Studie von Milham et al. (2001) interessant, in der es um Altersveränderungen im Muster der zerebralen Aktivierung während einer solchen Stroop-Anforderung geht. Für ältere konnte im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen bei Vorliegen konkurrierender Antwortinformationen eine geringere Antwortaktivität dorsolateraler präfrontaler und parietaler Kortex-Areale nachgewiesen werden. Diese sollen zentral sein für die Implementierung der Aufmerksamkeitskontrolle, indem sie die Verarbeitung in posterior gelegenen Arealen modulieren. Entsprechend fand sich eine alterskorrelierte Aktivitätszunahme ventraler visueller Verarbeitungsregionen, aber auch anteriorer inferiorer präfrontaler Kortexareale. Dieses Aktivierungsmuster wurde im Rahmen des Hemmungs-Defizit-Modells (Hasher et al., 1999) im Sinne von Schwierigkeiten älterer Erwachsener gedeutet, die Verarbeitung aufgabenirrelevanter Reize zu unterdrücken, so dass diese eine intensivere Verarbeitung erfahren. Gleichzeitig konnte eine erhöhte Sensitivität des anterioren cingulären Kortex, der an Evaluationsprozessen bezüglich des Bedarfs an Aufmerksamkeitskontrolle beteiligt sein soll, für ältere Erwachsene schon in Situationen mit vergleichsweise geringer Antwortkonkurrenz beobachtet werden (Milham et al., 2001). Die biologische Ebene der Hirnalterung könnte zusammenfassend vielleicht so gedeutet werden, dass Funktionen, die zur Unterdrückung von Störreizen in Bezug auf aktuelle Verhaltensziele nötig sind, älteren Erwachsenen zwar zur Verfügung stehen, diese jedoch unterschiedlich eingesetzt oder durch verschiedene zerebrale Areale unterstützt werden, die darüber hinaus unterschiedlich alterssensitiv sein können.

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass das Hemmungs-Defizit-Modell der einzige Ansatz ist, der *explizit* das Phänomen einer zunehmenden Interferenzanfälligkeit im höheren Lebensalter adressiert und dabei gleichzeitig eine Zuordnung dieser Interferenzanfälligkeit zu kognitiven Hemmungsmechanismen vornimmt. Die Annahme einer stärkeren Störbarkeit durch irrelevante Reize ist jedoch auch mit den vorgestellten Alternativmodellen kognitiven Alterns vereinbar, wenngleich diese die

Interferenzanfälligkeit nicht als zentralen Faktor für Leistungseinbußen diskutieren. Insgesamt gesehen ist jedoch offenbar der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen sowohl für die Entwicklung der Kognition im Kindesalter (vgl. Kapitel 1.3 und 1.4) als auch im höheren Erwachsenenalter eine zentrale Rolle zuzuschreiben. Dass sich, wie im Zusammenhang mit dem common-cause-Modell erwähnt, durch die Veränderung eines einzelnen Parameters in neuronalen Netzwerk-Simulationen Veränderungen in einem weiten Bereich von Funktionen simulieren lassen, die u. a. auch die Interferenzanfälligkeit betreffen, spricht eher für die Zugrundelegung globaler Ansätze kognitiven Alterns und weniger für prozess-spezifische Alternativen. Im folgenden Abschnitt wird die Auswahl des Hemmungs-Defizit-Modells als Rahmenmodell zur Annahme von Altersveränderungen der Interferenzanfälligkeit begründet. Außerdem wird die den eigenen empirischen Arbeiten immanente Forschungsstrategie in Bezug auf den Zugang zum Phänomen "kognitives Altern" offen gelegt.

3 Darlegung der Forschungsstrategie – Ableitung von Annahmen

In den letzten Jahren konzentrierte sich das Interesse der Forschung zu Phänomenen kognitiven Alterns auf die Untersuchung von Alterseffekten in Basisprozessen, die das kognitive System beeinflussen, ohne selbst noch weiter auf andere psychologische Konstrukte reduziert werden zu können ("cognitive primitives" vgl. Verhaeghen, Cerella, Bopp & Basak, in press). Das gegenwärtige Interesse an der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen und den sie bedingenden Mechanismen liegt in der Hoffnung begründet, dass diese einen solchen kognitiven Basisprozess darstellen könnten, mit dem ein weites Spektrum von Phänomenen kognitiven Alterns mit relativ sparsamen Annahmen erklärbar erscheint. Wie in den vorangegangenen Abschnitten dargelegt, kommt der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen offenbar ein erhebliches Gewicht bei der kognitiven Entwicklung auch im höheren Lebensalter zu. Eines der Ziele der vorliegenden Arbeit ist es deshalb, theoretisch begründete, altersbedingte Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit empirisch zu untersuchen.

Zwei Modellvorstellungen wurden skizziert, die die Annahme einer zunehmenden Interferenzanfälligkeit im *höheren* Lebensalter begründen, und zwar Dempsters Resistenz-gegen-Interferenzen-Modell (1993) und das Hemmungs-Defizit-Modell (Hasher et al., 1999). Obwohl es zunächst so scheint, dass das Hemmungs-Defizit-Modell, ebenso wie Dempsters Resistenz-gegen-Interferenzen-Modell, recht global eine stärkere Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener vorhersagt, ist aus dem Hemmungs-

Defizit-Modell im Grunde nur eine höhere Interferenzanfälligkeit gegenüber co- oder proaktiv interferierenden Reizen sauber ableitbar. Die höhere Anfälligkeit gegenüber coaktiven Distraktorinterferenzen resultiert aus einer defizitären "access"-Funktion, die stärkere Störbarkeit durch proaktive Interferenzen aus einer ineffizienten "deletion"-Funktion kognitiver Hemmung (vgl. 2.1). Eine stärkere Anfälligkeit gegenüber retroaktiv interferierenden Reizen ist dagegen nur schwer aus dem Modell ableitbar. Retroaktive Interferenzen entstehen (wie in Abschnitt 1.2 dargelegt) dadurch, dass *zeitlich später* gelerntes Material die Verarbeitung oder den Abruf von zeitlich früher angelegten Reizrepräsentationen beeinträchtigt. Werden nun in Abhängigkeit von der experimentellen Anforderung zuerst (oder auch nur) später gelernte Items oder Assoziationen genannt (z.B. bei einer seriellen Wiedergabe) könnte dies zwar u.U. aus einer ineffizienten "restraint"-Funktion kognitiver Hemmung abzuleiten sein, da die zuletzt gelernten, stärker aktivierten Antwortkandidaten offenbar nicht zurückgehalten werden können ("prepotent responses"). Hier ist jedoch ein gewisser Konflikt zur Annahme einer stärkeren Anfälligkeit gegenüber proaktiven Interferenzen gegeben, bei der ja davon ausgegangen wird, dass gerade *zeitlich früher* gelernte Items nicht so gut in ihrer Aktivierung *unterdrückt* werden können und deshalb mit aktuell aktivierten Items konkurrieren. Im Zusammenhang mit retroaktiven Interferenzen scheint es jedoch so, als könne die Aktivierung der früher gelernten Items nicht ausreichend *aufrechterhalten* werden. Später gelernte Items sind dann stärker aktiviert und gelangen zur Antwortausführung oder überschreiben älteres Material im Sinne einer Degradierung von Gedächtnisspuren.

Insofern ist aufzuzeigen, warum gerade das Hemmungs-Defizit-Modell als Rahmenmodell zur Begründung und Überprüfung der Annahme einer stärkeren Interferenzanfälligkeit im höheren Lebensalter ausgewählt wurde, während doch Dempsters Modell (1993) eine höhere Interferenzanfälligkeit auf allen Ebenen vorhersagen würde (co-, pro- und retroaktiv). Dies ist in Zusammenhang mit Dempsters eigenen Worten zu rechtfertigen, dass "the present framework is hardly a fully developed theory and lacks the precision that is one of the ultimate tests of a theory's usefulness" (1993, S. 66) und dem Vorschlag "thus, one of the ways the present framework can be strengthened is to tease apart the various types of interference (e.g. proactive, retroactive, coactive) and determine their specific contributions to age differences" (1993, S. 66). Dies kommt auch einer Forderung Gradys (2001, S. 329) entgegen, nämlich zu berücksichtigen, dass der präfrontale Kortex, dem eine zentrale Rolle für die

Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen zugeschrieben wird, "is made up of a number of distinct functional areas that may be differentially affected by age". Die vorliegende Arbeit bedient sich deshalb einer Forschungsstrategie, die dem Vorschlag Dempsters (1993) folgt, Alterseffekte spezifischer Typen der Interferenzanfälligkeit zu untersuchen. Zu dieser Strategie gehört unter anderem auch die Wahl des (relativ) präziseren Hemmungs-Defizit-Modells als Rahmenmodell zur Vorhersage und Überprüfung altersbezogener Veränderungen in der Interferenzanfälligkeit gegenüber co- und proaktiven Interferenzen im Rahmen von Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsanforderungen.

Das Hemmungs-Defizit-Modell erlaubt relativ präzise Aussagen in Hinblick auf die zu erwartenden Leistungsbeeinträchtigungen bei kognitiven Anforderungen. So müsste sich im Zusammenhang mit der als defizitär angenommenen "deletion"-Funktion kognitiver Hemmung bei Gedächtnisanforderungen eine stärkere Anfälligkeit älterer Erwachsener gegenüber proaktiven Interferenzen zeigen – sei es in Form einer Degradierung von Gedächtnisspuren (im Sinne eines Überschreibens) oder als Phänomen eines crosstalks (also eher einer Konfusion von Spuren). Dies sollte sich darin äußern, dass ältere Erwachsene vor allem dann weniger relevantes Material erinnern als jüngere, wenn die Lern- oder Abrufsituation oder auch das Material selber vergleichsweise hohe Anforderungen an die Interferenzkontrolle stellt. Andererseits könnten ältere Erwachsene mehr irrelevantes Material erinnern, im Sinne von mehr Intrusionsfehlern. Diese Intrusionen sind zu verstehen als Nennung irrelevanter statt relevanter Items, oder als Nennung von Items aus früheren Anforderungen an einer falschen Stelle. Eine erhöhte Anzahl irrelevanter Assoziationen zum Lernmaterial bei älteren Erwachsenen könnte auch zu einer Nennung von Items führen, die gar nicht vorkamen ("Eigen-Intrusionen"). Letzteres muss jedoch nicht zwingend der Fall sein, da Zacks und Hasher (1997) darauf hinwiesen, dass diese Vorhersage eher zu einer anderen Konzeptualisierung von Aktivierungs- und Hemmungsfunktionen passen würde, wie sie von McClelland und Rumelhart (1981) vertreten wurde. Diese Annahme könnte somit als nicht sauber aus dem Modell abgeleitete Vorhersage gelten. Da das Hemmungs-Defizit-Modell darüber hinaus eine beeinträchtigte "access"-Funktion kognitiver Hemmung postuliert, ist eine im höheren Lebensalter stärkere Interferenzanfälligkeit für coaktiv interferierende Distraktorreize im Bereich von Aufmerksamkeitsleistungen anzunehmen. In Bezug auf selektive Aufmerksamkeitsanforderungen müssten deshalb Störreize einer intensiveren Verarbeitung unterliegen und so die Verarbeitung relevanter Reize beeinträchtigen. Dies

kann sich in größeren Reaktionszeitenunterschieden zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen in der Gegenwart vs. Abwesenheit von Störreizen bemerkbar machen. In Paradigmen, in denen neben relevanten Reizen simultan Distraktorreize gezeigt werden, müssten also Altersunterschiede in den Reaktionen nachweisbar sein. Im Rahmen eigener empirischer Arbeiten sind verschiedene Annahmen des Hemmungs-Defizit-Modells in Bezug auf eine altersbezogen verstärkte Interferenzanfälligkeit, bzw. Aspekte der Distraktorverarbeitung geprüft worden. Diese Arbeiten sind Gegenstand der folgenden Abschnitte.

II EXPERIMENTELLE FRAGESTELLUNGEN

Im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit gelangen zunächst zwei gerontopsychologische, experimentell bearbeitete Fragestellungen zur Darstellung. Die Fragestellungen sind dabei eng an die Annahmen des Hemmungs-Defizit-Modells geknüpft, dass Inhibitionsmechanismen als kognitive Basismechanismen ein reibungsloses mentales Funktionieren gewährleisten und auch für die Auflösung von Interferenzsituationen zentral sind. Den vorangegangenen Ausführungen folgend sind Altersveränderungen sowohl für experimentelle Paradigmen zu erwarten, die Interferenzen im Rahmen von Gedächtnisprozessen erfassen als auch in solchen, die sich auf Aufmerksamkeitsprozesse beziehen. Die erste gerontopsychologische Fragestellung untersucht Altersveränderungen der Interferenzanfälligkeit in Bezug auf Gedächtnisanforderungen und inwieweit diese vor dem Hintergrund alternativer Modelle kognitiven Alterns eine Basis zur Erklärung von Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne darstellen. Die zweite gerontopsychologische Fragestellung fokussiert auf selektive Aufmerksamkeitsfunktionen und überprüft für das sog. Negative-Priming-Paradigma, das an gegebener Stelle näher erläutert wird, inwieweit hier von altersbezogenen Unterschieden in den relevanten abhängigen Variablen auszugehen ist. Da gerade die experimentelle Methode des Negative Primings jedoch in den letzten Jahren zu sehr widersprüchlichen Befunden geführt hat, schließt sich eine dritte Fragestellung an, in der die Qualität dieses Paradigmas in Hinblick auf die Erfassung hemmungskorrelierter Verarbeitungsprozesse aus testtheoretischer Sicht hinterfragt und zu optimieren versucht wird.

4 Fragestellung 1

Zur empirischen Untersuchung der aus dem Hemmungs-Defizit-Modell ableitbaren Annahmen in Bezug auf eine stärkere Interferenzanfälligkeit bei Gedächtnisanforderungen wurde das Paradigma klassischer Gedächtnisspannenaufgaben gewählt. Komplexe Gedächtnisspannenaufgaben, die ursprünglich zur Erfassung der Arbeitsgedächtniskapazität konzipiert wurden (Case, Kurland & Goldberg, 1982; Danemann & Carpenter, 1980), enthalten neben der Anforderung Informationen zu speichern, eine zusätzliche Verarbeitungsanforderung, die mit der Speicheranforderung konkurriert. Die grundsätzliche Erklärung der Leistung in solchen Aufgaben erfolgt in der Regel über die Annahme eines Ressourcen-sharing. Ein allgemeiner Ansatz der

Arbeitsgedächtniskapazität und dessen Entwicklung geht von limitierten mentalen Ressourcen aus, die zwischen Verarbeitungs- und Speicherkomponente aufzuteilen sind (z.B. Case et al., 1982; Daneman & Merikle, 1996). Eine steigende Aufgabenschwierigkeit zieht eine erhöhte Verarbeitungsanstrengung nach sich. Entsprechend werden mehr Ressourcen für die Verarbeitung und weniger für den Speicherprozess aufgewendet. Verschiedene Aufgaben wurden konzipiert, um die so definierte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses zu erfassen. Bei einer Lesespannenaufgabe (Reading span task, RST) sind z.B. Sätze vorzulesen und das letzte Wort des Satzes oder ein zusätzlich nach dem Satz dargebotenes Wort ist für eine spätere Abfrage zu behalten. Die geforderte Informationsverarbeitung kann aber auch aus Rechenaufgaben (Turner & Engle, 1989), räumlichen Operationen (Shah & Miyake, 1996) oder der Anforderung eine gehörte Ziffernsequenz in umgekehrter Reihenfolge wiederzugeben (Ziffernspanne rückwärts, Botwinick & Storandt, 1974) bestehen. Die Natur des Arbeitsgedächtnisses wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich konzeptualisiert. Die Hauptaufgabe des Arbeitsgedächtnisses wird jedoch relativ übereinstimmend im temporären Behalten und Verarbeiten bewusster Information gesehen. Baddeley (1996) unterscheidet zwei Subsysteme, die phonologische Schleife und den visuell-räumlichen Notizblock, die auf die Verarbeitung verbaler (bzw. klanglicher) und räumlicher Ereignisse spezialisiert sind und die eigene funktionelle und strukturelle Speicherkapazitäten besitzen. Ein übergeordnetes Kontrollsystem, die "Zentrale Exekutive" überwacht z.B. die Ressourcenzuweisungen zu den Subsystemen, koordiniert Aufgabenwechsel und Ressourcenzuweisung bei Doppel-Aufgaben und wird auch im Zusammenhang mit dem Unterdrücken irrelevanter Reize als zentral erachtet. Komplexe Spannenaufgaben, in deren Bearbeitung das Arbeitsgedächtnis involviert ist, scheinen eine kritische allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit zu erfassen, da sie die Leistung in zahlreichen anderen kognitiven Anforderungen vorherzusagen vermögen (vgl. z.B. Kane et al., 2004). Für ein Verständnis des allgemeinen kognitiven Alterns wäre es deshalb von Interesse, die Prozesse zu verstehen, die bei der Bearbeitung komplexer Gedächtnisspannenaufgaben ablaufen sowie deren entwicklungsbedingte Veränderungen. In diesem Zusammenhang sollte in der ersten Fragestellung der vorliegenden Arbeit überprüft werden, inwieweit Altersdifferenzen in einer Gedächtnisspannenaufgabe auf Altersdifferenzen in der Widerstandsfähigkeit gegenüber proaktiven Interferenzen zurückführbar erscheinen. Die im Folgenden berichtete Studie ist als Originalarbeit in der Zeitschrift für Gerontopsychologie und -psychiatrie erschienen (Titz, Behrendt & Hasselhorn, 2004).

Die Darstellung der Thematik erfolgt daher zunächst recht knapp, bevor in Abschnitt 4.2 eine ausführlichere Kommentierung der Studie erfolgt.

4.1 Welche Rolle spielen proaktive Interferenzen zur Erklärung von Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne?²

Ein zentrales Modell altersbezogener kognitiver Funktionsveränderungen geht von einem Kapazitätsverlust des Arbeitsgedächtnis (AG; z.B. Craik & Byrd, 1982) aus. Als Belege für seine Gültigkeit werden Befunde einer geringeren Gedächtnisspanne älterer Erwachsener im Vergleich zu jungen angeführt (z.B. Fleischmann, 1982; Hasselhorn, 1988) sowie die gute Vorhersagekraft der Gedächtnisspanne für komplexe kognitive Leistungen, wie schlussfolgerndes Denken, Verstehen oder Problemlösen (Daneman & Merikle, 1996; Fry & Hale, 1996; Shute, 1991). Bislang gibt es jedoch nur wenige Versuche, betroffene Subsysteme des AG (Baddeley & Hitch, 1974) näher zu spezifizieren. In diesem Zusammenhang ist die Unterscheidung in einfache vs. komplexe Gedächtnisspannenaufgaben zentral. So ist für die Bewältigung einer einfachen Spannenaufgabe, bei der Items in der vorgegebenen Reihenfolge zu reproduzieren sind, die Funktion der phonologischen Schleife als bedeutsamste Komponente anzunehmen (Grube, Hasselhorn & Weiss, 1998; Hasselhorn, 1990). Bei komplexeren Aufgaben, wie der Ziffernspanne rückwärts, bei der Ziffern umgekehrt zur präsentierten Reihenfolge wiederzugeben sind, oder der Reading Span (RST, hier sind Sätze laut vorzulesen und die letzten Wörter sind zu behalten), gilt eine zusätzliche Beteiligung zentraler exekutiver Prozesse als gesichert. In Hinblick auf Altersunterschiede in einer RST postulieren Meguro et al. (2000) nach Ausparialisieren verschiedener einfacher und komplexer Spannenleistungen, dass Leistungsunterschiede zwischen jungen (20-39) und mittelalten (40-59) Erwachsenen einen Kapazitätsverlust der phonologischen Schleife reflektieren und dass Leistungsdifferenzen zwischen mittelalten und älteren Erwachsenen (60-82) für eine abnehmende Effizienz zentraler exekutiver Prozesse sprechen. Darüber hinaus bestehen jedoch generelle Kontroversen, welche Bedeutung der AG-Kapazität im Zusammenhang mit der Spannenleistung zukommt.

² Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen eines von der DFG geförderten Projekts zum Negative Priming (HA 1452/5-1). Unser Dank für die Durchführung der Untersuchungen gilt Frau Simone Eilers und Frau Dagmar Nustede.

Alternativmodelle postulieren nämlich z.B. ein *Vergessen über die Zeit* – je langsamer die Bearbeitung, desto höher die Wahrscheinlichkeit, Eingespeichertes zu vergessen (Towse, Hitch & Hutton, 1998) – oder intakte *kognitive Hemmungsprozesse* als zentralere Faktoren zur Bewältigung von Spannaufgaben. So geben May, Hasher und Kane (1999) sowie Lustig, May und Hasher (2001) zu bedenken, dass Spannaufgaben üblicherweise mit kurzen Sequenzen beginnen (z.B. 2 Sätze, Ziffern etc.), bevor längere Sequenzen präsentiert werden (3er, 4er 5er usw.). Diese aufsteigende Darbietung von kurzen zu längeren Sequenzen führt aber dazu, dass mit Präsentation langer Sequenzen bereits viel Material verarbeitet wurde, das für die momentane Erinnerungsleistung irrelevant ist. Dieses irrelevante Material kann jedoch Interferenzen produzieren und so die Leistung beeinträchtigen. Ausgehend vom Modell ineffizienter kognitiver Hemmungsmechanismen zur Erklärung altersbezogener Leistungseinbußen (Hasher & Zacks, 1988), ist mit einer besonderen Benachteiligung älterer Erwachsener zu rechnen, da diese größere Probleme haben, irrelevantes Material auszublenden. So kann es aufgrund des für die Älteren ungünstigen Aufgabenformats zu Altersdifferenzen kommen, die nicht auf Kapazitätsunterschieden im AG beruhen, sondern auf einer abnehmenden kognitiven Hemmungsfähigkeit. Entsprechend berichten May et al. (1999) und Lustig et al. (2001) für eine RST eine Aufhebung von Altersdifferenzen, wenn mit langen statt mit kurzen Sequenzen begonnen und so das Ausmaß proaktiver Interferenzen reduziert wird. Die älteren Erwachsenen zeigen im Gegensatz zu den jüngeren bei dieser absteigenden Darbietung eine bessere Leistung. Außerdem verringerte sich die Vorhersagekraft der Gedächtnisspanne für komplexe kognitive Leistungen erheblich. Nicht nachweisbar war dieses Phänomen für eine Ziffernspannaufgabe rückwärts (ZSr), da hier auch jüngere Erwachsene von einer absteigenden Darbietung der Sequenzen profitieren. May et al. (1999) schreiben dies einer von vornherein höheren Interferenz der ZSr zu, da nur 9 Items vorkommen können. Weitere von den Autoren berichtete Befunde erscheinen zwar insgesamt mit der Annahme ineffizienter Hemmungsmechanismen im höheren Lebensalter und einer daraus resultierenden Benachteiligung Älterer in Spannaufgaben kompatibel, sie liefern aber andererseits auch keine wirklich überzeugenden Belege dafür, dass ineffiziente Hemmungsmechanismen ein prominenter Faktor zur Erklärung von Altersunterschieden in der Gedächtnisspanne sind. Überzeugender wäre ein Ergebnismuster, dass zunächst überhaupt den Nachweis einer Abhängigkeit der Gedächtnisspanne vom Ausmaß proaktiver Interferenzen führt (auch Jüngere zeigen eine bessere Leistung bei

absteigender Darbietung – gelungen in der ZSr, aber nicht in der RST) – zusätzlich sollte für ältere Personen der Leistungsunterschied zwischen auf- und absteigender Darbietung größer ausfallen als für junge (gelungen in der RST, aber nicht in der ZSr). Ziel der folgenden Studie war es daher, der Hypothese ineffizienterer Hemmungsmechanismen als Ursache für Altersunterschiede in Gedächtnisspannaufgaben nachzugehen, indem überprüft wird, inwieweit sich das angestrebte Ergebnismuster für eine komplexe ZSr oder eine einfache Ziffernspannaufgabe vorwärts (ZSv) nachweisen lässt.

Methode

Design. Das 2 x 2 x 2-faktorielle Design bestand aus den intraindividuell variierten Faktoren Komplexität der Spannaufgabe (Ziffernspanne vorwärts, ZSv; vs. Ziffernspanne rückwärts, ZSr) und Darbietungsformat (auf- vs. absteigend mit der Bedeutung hoher vs. geringer Interferenz) sowie Altersgruppe. Es gab vier Präsentationsreihenfolgen für die vier Spannaufgaben, denen die Pbn zufällig zugewiesen wurden.

Material. Die Ziffern 0-9 wurden randomisiert auf die vier Ziffernspannaufgaben verteilt, wobei innerhalb einer Sequenz keine Ziffer doppelt vorkam. Die Länge der Sequenzen variierte von 3 bis 9. Zu jeder Sequenzlänge wurden 2 Sequenzen erstellt und auf Mini-Discs aufgesprochen. Danach erfolgte eine Bearbeitung am Computer, so dass der Abstand zwischen den Ziffern einer Sequenz eine Sekunde betrug. Abschließend wurden die Sequenzen auf CD gebrannt.

Probanden. Sechzig jüngere Personen (Psychologiestudierende des 1. Studienabschnitts, $M = 25.3$ Jahre; $SD = 5.7$; 16 Männer) und 60 ältere (Kursteilnehmer der Universität des 3. Lebensalters, $M = 64.8$ Jahre; $SD = 5.4$; 23 Männer) nahmen an der ca. 1-stündigen Untersuchung teil.

Durchführung. Jeder Proband (Pb) bearbeitete die vier ZS-Aufgaben, zwischen jeweils 2 Gedächtnisspannaufgaben war eine mehrere Minuten dauernde Distraktortätigkeit auszuführen (eine sog. Negative Priming Aufgabe als selektive Aufmerksamkeitsanforderung). Die ZS wurden per CD-Player dargeboten. Nach jeder Sequenz eines Sets war ein Piepton zu hören, als Aufforderung die zuletzt gehörten Ziffern wiederzugeben. Die Erinnerungsleistung wurde vom Versuchsleiter protokolliert.

Ergebnisse

Die Gedächtnisspanne entspricht der höchsten Sequenzlänge, bei der eine der beiden Sequenzen korrekt erinnert wurde. Konnten beide Sequenzen erfolgreich erinnert werden, gab es hierfür einen halben Zusatzpunkt. Das α -Fehlerniveau für die Überprüfung auf Unterschiede in der Gedächtnisspanne in Abhängigkeit von Altersgruppe, Darbietungsformat und Komplexität wurde konventionell auf .05 festgelegt. Eine Poweranalyse mit dem Computerprogramm G-Power (Faul & Erdfelder, 1992) zeigt, dass bei diesem α -Fehlerniveau und einem Stichprobenumfang von $N = 120$ eine Effektstärke zwischen geringer und mittlerer Größe ($f^2 = 0.11$) mit einer Power von 0.95 nachgewiesen werden kann. Eine $2 \times 2 \times 2$ -faktorielle Varianzanalyse mit dem Zwischensubjektfaktor Altersgruppe und den Meßwiederholungsfaktoren Komplexität (ZSv vs. ZSr) und Darbietungsformat (auf- vs. absteigend) ergibt Haupteffekte für die Altersgruppe $F(1, 118) = 23.18$; $MSE = 4.00$; $p < .001$ und die Komplexität $F(1, 118) = 100.15$; $MSE = 1.05$; $p < .001$ sowie das Darbietungsformat $F(1, 118) = 6.10$; $MSE = .57$; $p < .02$. Signifikante Interaktionseffekte mit der Altersgruppe traten nicht auf, insbesondere nicht der erwartete Effekt Darbietungsformat \times Altersgruppe [$F(1, 118) < 1$].

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, war bei der einfachen im Vergleich zur komplexen ZS eine bessere Erinnerungsleistung nachweisbar. Darüber hinaus wurde im Durchschnitt bei einer absteigenden Präsentation, beginnend mit 9 Ziffern mehr erinnert, als bei einer aufsteigenden Darbietung (beginnend mit 3 Ziffern).

Tabelle 1. Gedächtnisspanne jüngerer und älterer Erwachsener in einer Ziffernspannenaufgabe vorwärts (ZSv) und rückwärts (ZSr) bei auf- und absteigender Darbietung

Spannenaufgabe	Altersgruppe	
	jüngere	ältere
Ziffernspanne rückwärts		
aufsteigend	6.14 \pm 1.42 ^a	5.36 \pm .97
absteigend	6.38 \pm 1.36	5.43 \pm 1.06
Ziffernspanne vorwärts		
aufsteigend	7.15 \pm 1.39	6.20 \pm 1.06
absteigend	7.28 \pm 1.32	6.44 \pm 1.10

^aMittelwert \pm Standardabweichung

Diskussion

Die Ergebnisse zu beiden Ziffernspannungsaufgaben (ZSv, ZSr) entsprechen dem Befundmuster von May et al. (1999). Die Pbn erzielten eine bessere Leistung in einer Aufgabe, in der zunächst lange (9 Ziffern) statt kurze Sequenzen (3 Ziffern) präsentiert werden. Somit ist eine Beeinflussung der Gedächtnisspanne vom Ausmaß proaktiver Interferenzen, operationalisiert über das Darbietungsformat, nachweisbar. Das Fehlen von Interaktionseffekten lässt jedoch, wie auch schon die Studie von May et al. (1999), darauf schließen, dass beide Altersgruppen gleichermaßen von einer absteigenden, interferenzreduzierten Darbietung der Ziffernsequenzen profitieren. Es zeigt sich also keine stärkere Benachteiligung der älteren im Vergleich zu den jungen Erwachsenen bei aufsteigender Präsentation der Sequenzen. Stattdessen ist für jede der vier Aufgaben ein stabiler Altersunterschied zu Ungunsten der Älteren nachweisbar. Zumindest für eine Ziffernspannungsaufgabe kann somit kein Befundmuster erzielt werden, dass eine überzeugende Erklärung von Altersunterschieden in der Gedächtnisspanne über Unterschiede in der Effizienz kognitiver Hemmung und einer damit einhergehenden schlechteren Unterdrückung proaktiver Interferenzen bietet. Hier stellt sich die Frage, welcher andere Faktor die Altersunterschiede bedingt. Denkbar sind sowohl Altersveränderungen der AG-Kapazität als auch der Verarbeitungsgeschwindigkeit, da die ZS zu den Spannungsaufgaben zählt, in der eine fixe Bearbeitungsdauer vorgegeben wird. So verweist Salthouse (1996) im Zusammenhang mit der Annahme der allgemeinen Verlangsamung auf den sog. "simultaneity mechanism", der schlechtere Leistungen der Älteren dadurch bewirken kann, dass kognitive Prozesse, die zur Vervollständigung einer Aufgabe benötigt werden, innerhalb der begrenzten Aufgabenzeit nicht auftreten, weil zuviel der verfügbaren Zeit mit früheren Verarbeitungsstadien zugebracht wird. Aufgrund erheblicher Unterschiede im Anforderungsprofil verschiedener Gedächtnisspannungsaufgaben (z.B. hinsichtlich der zeitlichen Vorgaben) erscheint die Annahme plausibel, dass in Abhängigkeit von der Anforderung zur Aufgabenbewältigung verschiedene Prozesskomponenten bzw. kognitive Funktionen stärker oder weniger stark zu gewichten sind, die in unterschiedlicher Weise Altersbeeinträchtigungen unterliegen können. Dies spräche für aufgabenspezifische Erklärungsbeiträge verschiedener Modelle (z.B. Kapazität, Hemmung, Geschwindigkeit) an Altersunterschieden in der Gedächtnisspanne. Auf der Basis dieser Annahme erscheint es erklärbar, warum sich z.B. für eine RST oder, wie Bowles und Salthouse (2003) berichten, für eine Rechen-Spannungsaufgabe im Gegensatz zu einer

Ziffernspannenaufgabe eine erhebliche Reduzierung altersbezogener Varianz in der Spannenleistung nachweisen lässt, wenn der Einfluss proaktiver Interferenzen berücksichtigt wird.

Zusammenfassung

Der Befund geringerer Gedächtnisspannen älterer im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen gilt als gut belegt. Als Erklärung werden Kapazitätseinbußen des Arbeitsgedächtnisses (AG) diskutiert. Ein Aufgabenbeginn mit langen (absteigend), statt wie üblich mit kurzen Sequenzen (aufsteigend), scheint jedoch eine Aufhebung von Altersunterschieden zu bewirken, was auf verringerte proaktive Interferenzen bzw. eine Entlastung kognitiver Hemmungsfähigkeiten zurückgeführt wird (Lustig, May & Hasher, 2001). Altersunterschiede in der Gedächtnisspanne würden somit eher eine geringere Hemmungseffizienz als Kapazitätseinbußen reflektieren. Eine Studie an 60 jüngeren (18-35 Jahre) und älteren Erwachsenen (58-84 Jahre) mit vier Versionen einer Ziffernspannenaufgabe (vorwärts und rückwärts, auf- und absteigend) bestätigt zwar eine Abhängigkeit der Spannenmaße vom Ausmaß proaktiver Interferenzen. Altersunterschiede bleiben aber entgegen der Erwartung Lustig et al.'s (2001) auch bei modifizierter Darbietung bestehen.

4.2 Weiterführende Erörterung

Aufgrund der Publikation der vorausgehend beschriebenen Forschungsarbeit als Kurzbericht konnte auf verschiedene konzeptuelle und formale Aspekte nicht in größerer Ausführlichkeit eingegangen werden. Der folgende Abschnitt dient daher einer ergänzenden Kommentierung und Analyse der zuvor dargestellten Studie. So ist in konzeptueller Hinsicht z.B. eine Problematik der varianzanalytischen Auswertung der in 4.1 vorgestellten Daten in Hinblick auf eine höhere Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener zu thematisieren. Dem Hemmungs-Defizit-Modell folgend sollte bei gleicher Kapazitätsanforderung einer Aufgabe der Leistungsunterschied zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen in einer Aufgabe mit hoher Interferenz (aufsteigende Darbietung) größer ausfallen als bei geringer Interferenz (absteigende Darbietung). Im Rahmen einer varianzanalytischen Überprüfung solcher Hypothesen ist hier aber u.U. eine insgesamt schon bei geringer Interferenz niedrigere Baseline der Gedächtnisspanne älterer Erwachsener zu berücksichtigen. Mit einer varianzanalytischen Auswertung würde z.B. nur überprüft, ob der Altersunterschied in einer Bedingung mit hoher vs. geringer Interferenz numerisch konstant bleibt bzw. ob der Unterschied zwischen auf- und

absteigender Darbietung für Junge und Ältere gleich groß ist. Nach einem formalisierten Modell des Hemmungsansatzes von Oberauer und Kliegl (2001) würde jedoch das Hinzufügen eines konstanten Ausmaßes an interferierendem Material bei einer geringeren Baseline (wie sie für die Älteren anzunehmen ist) zu einem geringeren absoluten Effekt auf die Leistung führen. Dies könnte eine Fehlinterpretation eines numerisch zwar gleich großen, von der Logik des formalisierten Modells her jedoch bedeutungsmäßig größeren Unterschiedes zur Folge haben. Das bedeutet, dass bei der in Abschnitt 4.1 gewählten varianzanalytischen Auswertung und einer gegebenen geringeren Baseline der älteren Erwachsenen, eine potenziell vorhandene höhere Interferenzanfälligkeit der älteren Erwachsenen verdeckt worden sein könnte.

So weisen Oberauer und Kliegl (2001) im Rahmen der Prüfung ihrer mathematischen Formalisierung anhand empirisch erzielter Daten in einer Gedächtnisaufgabe eine höhere Interferenzanfälligkeit Älterer erst dann nach, wenn jüngere und ältere Erwachsene mit ähnlichen Baselines (ähnliche Scores bei einer einfachen Spannaufgabe) verglichen werden "when subgroups of young and old adults with nearly equivalent simple spans were compared, the old subgroups showed larger interference effects than the young subgroups." (2001, S. 212). Allerdings ist auch nur genau *dieses* Ergebnismuster aussagekräftig. Das methodische Vorgehen von Oberauer und Kliegl (2001) ist deshalb ebenfalls nicht unproblematisch. Wenn sich nämlich trotz einer Baselineanpassung kein Hinweis auf eine höhere Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener zeigen würde, lässt sich daraus nicht einfach eine tatsächlich nicht vorhandene stärkere Störbarkeit älterer Erwachsener durch proaktive Interferenzen ableiten. Statt dessen ist die Frage zu stellen, ob ältere Erwachsene, die eine zu den jüngeren vergleichbare Baseline aufweisen, nicht gerade die älteren Erwachsenen sind, deren Widerstandsfähigkeit gegenüber proaktiven Interferenzen noch intakt ist bzw. ob jüngere Erwachsene mit einer geringeren Baseline differenzialpsychologisch betrachtet nicht gerade die sind, die proaktive Interferenzen nicht effektiv unterdrücken können.

Dennoch ist auch für die vorliegende Studie eine Aufteilung der Stichprobe in junge und ältere Erwachsene mit vergleichbaren Baselines vorgenommen worden, auf die im Folgenden eingegangen werden soll. Dabei sind verschiedene Vorgehensweisen der Baselineanpassung denkbar. So können jüngere Personen ausgewählt werden, deren Spannenmittelwerte für eine einfache Gedächtnisspannaufgabe denen der Gesamtstichprobe der älteren Erwachsenen entsprechen, oder ältere Erwachsene, deren mittlere Spannen denen der Gesamtstichprobe jüngerer Erwachsener entspricht. Bei

diesem Vorgehen wird zwar der Mittelwert angepasst, jedoch die Streuung nur innerhalb einer der beiden Stichproben reduziert. Sinnvoller erscheint es deshalb, eine Auswahl aus beiden Stichproben zu generieren und dabei neben vergleichbaren Mittelwerten eine vergleichbare Streuung zu erhalten. Dies wurde erreicht, indem jeweils für verschiedene, im Folgenden erläuterte Baselines, für die jungen Erwachsenen die ca. 20 - 25 % der Verteilung abgeschnitten wurden, die bei den jungen im oberen Bereich der jeweiligen Mittelwertverteilung lagen, bei den älteren im unteren Bereich.

Oberauer und Kliegl (2001) verwenden als Baseline in Bezug auf die Leistung in einer komplexeren Anforderung die einfache Gedächtnisspanne. Für die eigene Untersuchung wurden auf die beschriebene Weise Subgruppen junger und älterer Erwachsener ausgewählt, deren Mittelwerte für verschiedene Baselines angeglichen wurden (für die Ziffernspanne vorwärts absteigend, vorwärts aufsteigend oder die Summe der Mittelwerte dieser beiden Spannen geteilt durch zwei [ZS_{vb} ; ZS_{va} ; $(ZS_{va}+ZS_{vb})/2$]). Für keine der so angeglichenen Baselines wurde jedoch in anschließenden 3-faktoriellen Varianzanalysen mit dem Zwischensubjektfaktor Altersgruppe und den Meßwiederholungsfaktoren Komplexität (ZS_v vs. ZS_r) und Darbietungsformat (auf- vs. absteigend) die entsprechende Interaktion zwischen Darbietungsformat und Altersgruppe signifikant (vgl. auch Tabelle 4.1). So lassen sich auch bei angeglichener Baseline keine Hinweise auf eine höhere Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener ableiten.

Tabelle 4.1. Mittelwerte und Standardabweichungen (*SD*) in den Ziffernspannaufgaben (ZS) vorwärts (v) und rückwärts (r) bei auf- (a) und absteigender (b) Darbietung für junge und ältere Erwachsene mit annähernd vergleichbaren Baselines.

Altersgruppe	Mittlere Gedächtnisspanne			
	ZSva	ZSvb	ZSra	ZSrb
	Verwendete Baseline ZSvb			
alt N = 44	6.5	6.9	5.5	5.7
<i>SD</i>	(1.0)	(0.9)	(0.9)	(0.9)
jung N = 46	6.7	6.7	5.8	6.0
<i>SD</i>	(1.1)	(0.9)	(1.3)	(1.2)
	Verwendete Baseline ZSva			
alt N = 48	6.6	6.7	5.4	5.6
<i>SD</i>	(0.9)	(1.1)	(1.0)	(1.0)
jung N = 48	6.6	6.9	5.8	6.1
<i>SD</i>	(1.0)	(1.2)	(1.3)	(1.3)
	Verwendete Baseline (ZSvb+ZSva)/2			
alt N = 49	6.5	6.7	5.5	5.7
<i>SD</i>	(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.0)
jung N = 43	6.5	6.7	5.7	5.9
<i>SD</i>	(1.0)	(1.0)	(1.3)	(1.1)

Im Rahmen der in diesem Abschnitt vorgenommenen weiterführenden Erörterung erscheint es sinnvoll, die Art der Darbietung der Ziffernspannen ausführlicher zu diskutieren, da diese u.U. ebenfalls zu einer Maskierung der Erklärung von Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne über proaktive Interferenzen geführt haben könnte. Die Darbietung der Ziffern erfolgte relativ fix (nicht adaptiv), so dass alle Pbn bei einer absteigenden Darbietung zunächst die hohe Vorgabe von 9 Ziffern zu hören bekamen und verarbeiteten. Bei fehlerhafter Reproduktion ist schrittweise auf die folgende niedrigere Sequenz übergegangen worden. Für die aufsteigende Darbietung, bei der alle Pbn mit 3 Ziffern begannen, galt dagegen als Abbruchkriterium eine dreimalig nicht korrekte Reproduktion. Bei einer Gedächtnisspanne von durchschnittlich 5 bis 6 Ziffern hätten die älteren Erwachsenen auf diese Weise jedoch bis zum Erreichen ihrer optimalen Leistung bei einer absteigenden Darbietung vergleichbar viele Ziffern gesehen, wie bei einer aufsteigenden (z.B. aufsteigend $2*3 + 2*4 + 2*5 + 2*6 = 36$ Ziffern; vs. absteigend $1*9 + 1*8 + 1*7 + 2*6 = 36$ Ziffern). Dies könnte den Effekt der absteigenden Darbietung, gerade bezogen auf die Stichprobe der älteren Versuchsteilnehmer, konterkarieren. Zwar profitierten offensichtlich sowohl Jüngere wie Ältere von der absteigenden Darbietung, so dass zunächst der Eindruck entsteht, dass diese Problematik für die vorliegende Arbeit zu vernachlässigen ist. Bei einer genaueren Betrachtung

eröffnet sich jedoch der im Weiteren dargelegte Blickwinkel. Falls tatsächlich von einer großen Anzahl älterer Studienteilnehmern auf- wie absteigend das gleiche Ausmaß an interferierendem Material verarbeitet wurde, bevor die maximale Leistung erreicht wurde, dann ist die bessere Leistung bei einer absteigenden Darbietung nicht mehr im Sinne der Hemmungs-Defizit-Theorie (Hasher et al., 1999) interpretierbar. Dieser Theorie folgend wäre nämlich die bessere Leistung bei absteigender Darbietung auf eine geringere Notwendigkeit zurückzuführen, proaktive Interferenzen (in Form zuvor bereits verarbeiteter Ziffern) zu unterdrücken. Diese Notwendigkeit ist jedoch bei einem gleichen Ausmaß zu unterdrückenden Materials für auf- und absteigende Darbietung als gleich anzusehen. Alternative Erklärungen für die bessere Leistung bei absteigender Darbietung könnten dann z.B. in Motivations- oder Konzentrationsunterschieden zu Beginn vs. gegen Ende der Darbietung von Ziffernsequenzen bestehen. Damit ist es jedoch aus Sicht des Hemmungs-Defizit-Modells nicht länger verwunderlich, dass sowohl für auf- wie für absteigende Darbietung der Ziffern ein stabiler Altersunterschied in der Gedächtnisspanne aufzufinden ist. Andererseits ist von May und Kollegen (1999) das gleiche Befundmuster mit einer kürzeren Sequenzlänge und einem Beginn bei der absteigenden Darbietung von nur 6 Ziffern (statt wie hier 9) erzielt worden. Möglicherweise ist bei der Verwendung von Ziffernmaterial die aufgabeninterne Interferenz schon innerhalb einer einzelnen, gegebenen Sequenz tatsächlich so hoch, dass die Manipulation über die ab- vs. aufsteigende Darbietung gar nicht die gewünschte Interferenzreduzierung erreichen kann, da sich diese ja auf eine potenzielle Interferenz aus vorangegangenen, jedoch nicht aus aktuellen Sequenzen bezieht. Eine Erklärung der Altersdifferenzen über Unterschiede in der Hemmungseffizienz könnte dann zwar sowohl für auf- als auch für absteigende Darbietung postuliert werden, diese hätte jedoch einen gewissen zirkulären, oder den Charakter eines "Strohmanns" und wäre schwer empirisch zu widerlegen ("da auf- wie absteigend Altersunterschiede in der Spanne bestehen, muss wohl in beiden Fällen eine so starke Notwendigkeit vorhanden sein, proaktive Interferenzen zu unterdrücken, dass diese zu Altersunterschieden führt").

Die zuvor dargestellte sowie die zwei im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit noch zu berichtenden Fragestellungen sind im Rahmen teilweise überlappender DFG-Projekte (SCHM 1221/1-3 und HA 1452/5-1) bearbeitet worden, deshalb wird partiell auf identische Teilstichproben zurückgegriffen. Es ist deshalb in formaler Hinsicht ergänzend darauf hinzuweisen, dass in der vorliegenden Studie neben der Negative Priming Anforderung als Distraktortätigkeit verschiedene Fragebögen wie der STA (Schizotypal

Traits von Hewitt & Claridge, 1989) mit erhoben wurden, der die Neigung zu schizophrenem Denken charakterisieren soll oder die deutsche Version des Cognitive Failures Questionnaire (CFQ; Broadbent, Cooper, Fitzgerald & Parkes, 1982) von Klump (1995), der kognitive Fehler in Alltagssituationen erfasst. Eine genauere Beschreibung der Stichproben je Fragestellung, unter Berücksichtigung der erzielten mittleren Scores in den genannten Fragebogen-Verfahren ist dem Anhang B zu entnehmen. Zu den Stichproben ist weiterhin anzumerken, dass angestrebt wurde, die Teilstichproben jüngerer und älterer Erwachsener mit Hilfe des Wortschatztests (WST; Schmidt & Metzler, 1992) in Hinblick auf die kristalline Intelligenz zu parallelisieren. Darüber hinaus handelte es sich bei den älteren Probanden überwiegend um Seminarteilnehmer der Universität des dritten Lebensalters, insofern dürfte sich z.B. in Hinblick auf sozioökonomische Variablen eine etwa den jüngeren Probanden vergleichbare Stichprobe ergeben haben.

Die vorgelegte Studie zielte vor allem auf die Frage ab, welche Rolle proaktive Interferenzen für Altersunterschiede in der Gedächtnisspanne spielen. Die Hauptaussage der Originalarbeit (4.1) besteht nun zunächst darin, dass Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit gegen proaktive Interferenzen offenbar keinen Anteil an Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne bezogen auf eine Ziffernspannenanforderung haben. Damit wurde der Befund der Arbeitsgruppe von May und Kollegen bestätigt (1999). Dies würde dagegen sprechen, dass der Widerstandsfähigkeit gegenüber proaktiven Interferenzen eine generelle Rolle zur Erklärung von Altersdifferenzen bei Gedächtnisanforderungen zukommt. Andererseits wurde in der weiterführenden Erörterung (4.2) gemutmaßt, dass in der eigenen Studie aufgrund einer zu hohen Anzahl von Ziffern bei der absteigenden Variante der Ziffernspannenaufgabe für die älteren Versuchsteilnehmer gar keine Bedingungen einer interferenzreduzierten Darbietung geschaffen wurden. Aus Sicht des Hemmungsmodells würde es dann nicht verwundern, wenn sowohl bei auf- als auch bei absteigender Darbietung Altersunterschiede in der Gedächtnisspanne auftreten. Die Studie von May et al. (1999) spricht aber dafür, dass es sich hier um ein generelleres Phänomen bei der Verwendung von Ziffernmaterial handelt, da in dieser Studie auch bei Vorgabe kürzerer Startsequenzen (maximal 6 Ziffern statt wie hier 9) bei der absteigenden Darbietung das gleiche Muster stabiler Altersunterschiede für auf- und absteigende Darbietung nachweisbar war. Letztlich konnte nicht geklärt werden, welche Unterschiede in welchen Verarbeitungsprozessen die Altersunterschiede in der Gedächtnisspanne bewirkt haben. Dies stellt sich ähnlich für

den im folgenden Kapitel 5 betrachteten Bereich von Altersunterschieden in der Interferenzanfälligkeit im Rahmen selektiver Aufmerksamkeitsleistungen dar.

5 Fragestellung 2

Intakte Inhibitionsmechanismen selektiver Aufmerksamkeit werden vom Hemmungs-Defizit-Modell (Hasher et al., 1999) als eine Voraussetzung angesehen, das Arbeitsgedächtnis von irrelevanten Informationen frei zu halten. Sie sollen eine zunächst automatisch einsetzende, breite Aktivierung auf gegenwärtig vorhandene, aber nicht handlungsrelevante Stimuli (Distraktoren) unterbinden. Dieser Aspekt von Hemmungsmechanismen zielt vor allem auf die "access"-Funktion kognitiver Hemmung und das Unterdrücken coaktiver Distraktorinterferenzen ab, die mit relevanten (Target-) Reizen um Aktivierung konkurrieren. Dem Hemmungs-Defizit-Modell folgend, ist eine stärkere Beeinträchtigung älterer Personen durch solche coaktiven oder Distraktor-Interferenzen anzunehmen. Die Antworten älterer Personen auf Target-Reize sollten infolgedessen durch simultan präsentierte Distraktorreize stärker gestört werden, als die jüngerer Personen. Die zweite Fragestellung beschäftigt sich, basierend auf diesen Annahmen, mit einer altersbezogenen Veränderung selektiver Aufmerksamkeitsfunktionen beim Negative Priming. Beim Negative Priming handelt es sich um ein Paradigma, innerhalb dessen auf einen Target-Reiz zu reagieren ist, während ein simultan präsentierter Distraktor-Reiz keine Beachtung erfährt. Von Interesse sind Altersunterschiede in der Reaktion auf einen unmittelbar zuvor ignorierten Reiz. In einer Serie von Durchgängen (Trials) werden jeweils in rascher Aufeinanderfolge Paare von Displays dargeboten. Das zuerst gezeigte Display des Paares wird als *Prime*- das unmittelbar folgende als *Probe*-Display bezeichnet. In allen Displays werden simultan je zwei Objekte, z. B. Buchstaben, Bilder oder Wörter, präsentiert. Diese Objekte können komplett überlagert, oder nebeneinander angeordnet sein. Einer der beiden Stimuli ist als Target zu benennen oder per Tastendruck zu identifizieren, der andere ist als Distraktor zu ignorieren. Target und Distraktor sind meistens durch farbliche Merkmale voneinander unterscheidbar. So kann z.B. die Aufgabe an den Probanden lauten: "Benenne das grüne Objekt, ignoriere das rote". Solche Versuchsanordnungen, in denen ein Objekt zu identifizieren ist, werden als Identifikationsanforderungen oder Identitätspriming bezeichnet. Ist im Vergleich dazu auf die räumliche Position eines Targets zu reagieren (z.B. in einer Anordnung von vier Feldern), während ein Distraktor auf einer anderen räumlichen Position zu ignorieren ist, so wird dies als Lokalisationspriming bezeichnet.

Die Objekte des Probe-Displays stehen in unterschiedlicher Beziehung zu denen des vorausgegangenen Prime-Displays. So sind in Kontrolldurchgängen alle in Prime und Probe gezeigten Objekte voneinander verschieden, während sich in den interessierenden Negative-Priming-Trials der Distraktor des Prime-Displays (also der Reiz, der gerade ignoriert wurde) im Probe-Display als Target wiederholt (vgl. auch Abbildung 1, Kpt. 5.1). In diesen Negative-Priming-Trials ist eine Reaktionsverzögerung auf diese Targets, die zuvor als coaktiv interferierende Reize präsentiert wurden, im Vergleich zu den Kontrolldurchgängen, in denen ein neues Target präsentiert wird, nachweisbar (der sog. Negative Priming Effekt). Entsprechend der Annahmen des Hemmungs-Defizit-Modells müssten sich Alterseffekte in dieser abhängigen Variable nachweisen lassen, da von einer altersbezogen veränderten Verarbeitung von Distraktorreizen auszugehen ist. Diese Annahme wurde in einer empirischen Arbeit überprüft. Die Darstellung der Thematik erfolgt dabei zunächst recht knapp, wie bereits bei der vorangegangenen Fragestellung (4.1), bevor in Abschnitt 5.2 eine ausführlichere Kommentierung der Studie erfolgt. Die Art der Darstellung der Studie basiert auf einer Publikation, die in der Zeitschrift für Gerontopsychologie und -psychiatrie erschienen ist (Titz, Behrendt & Hasselhorn, 2003).

5.1 Ist der Negative Priming Effekt tatsächlich altersinvariant?³

Die Annahme beeinträchtigter Hemmungsfunktionen selektiver Aufmerksamkeit hat sich als Erklärungsansatz alterskorrelierter kognitiver Funktionseinbußen etabliert (vgl. Rogers, 2000). Wie jedoch Rogers und Fisk (2001) anmerken, sind die Befunde zu Altersveränderungen selektiver Aufmerksamkeit keinesfalls eindeutig. Unterschiede im Muster der Altersdifferenzen in selektiven Aufmerksamkeitsanforderungen werden besonders deutlich in sog. "*Negative Priming*" (NP) Experimenten (Tipper, 1985). Hier ist in einer Serie von Trials in zwei unmittelbar aufeinander folgenden Displays (Prime- und Probe-Display) jeweils ein Reiz zu beantworten (Target) und ein anderer zu ignorieren (Distraktor). Es zeigt sich eine Reaktionsverlangsamung (*Negative Priming Effekt*, NP), wenn im Probe-Display auf den vorausgehend nicht beachteten Prime-Distraktor zu reagieren ist (s. Abbildung 1).

³ Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen eines von der DFG geförderten Projekts zum Negative Priming (HA 1452/5-1). Unser Dank für die Durchführung der Untersuchungen gilt Frau Simone Eilers und Frau Dagmar Nustede.

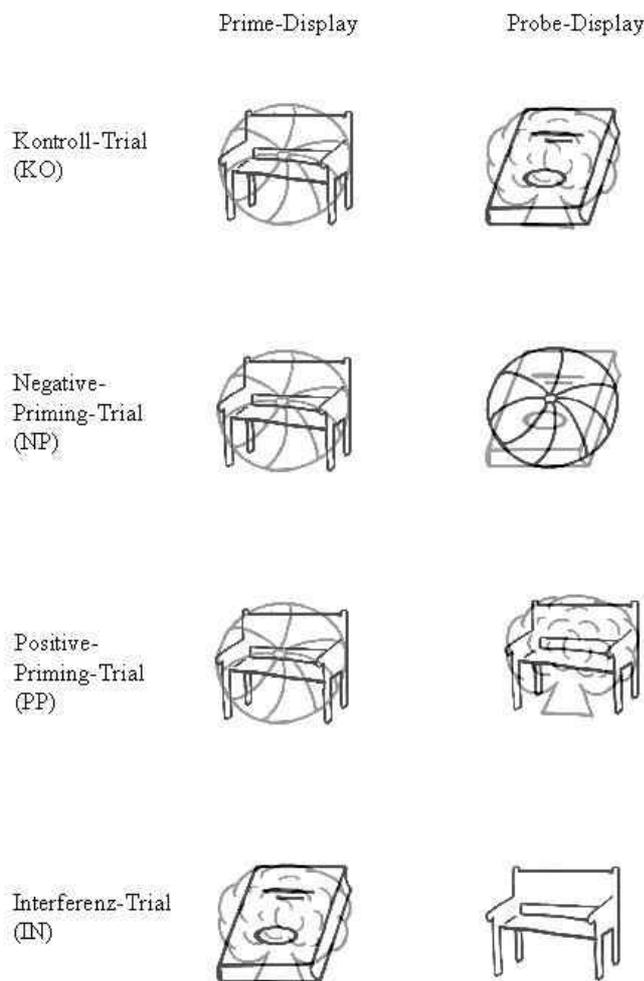


Abbildung 1. Primebedingungen. Das schwarze Objekt ist zu benennen (Target), das graue zu ignorieren (Distraktor). Ein Trial umfasst das zuerst dargebotene Prime-Display und das unmittelbar folgende Probe-Display. In Kontroll-Trials weisen Prime- und Probe-Stimuli keinen Zusammenhang auf. In Negative-Priming-Trials wiederholt sich der Distraktor des Prime-Displays (Ball) im Probe-Display als Target. In Positive-Priming-Trials werden in Prime und Probe identische Targets präsentiert. In Interferenz-Trials ist ein einzelnes Target ohne Distraktor zu beantworten.

Als Verarbeitungsprozess, der zum NP-Effekt führt, wurde ursprünglich eine kognitive Hemmungsfunktion selektiver Aufmerksamkeit diskutiert, die eine Verringerung des Aktivationsniveaus der internen Repräsentation des Distraktors bewirkt (Houghton & Tipper, 1994). Fehlende oder geringere Verzögerungseffekte für ältere im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen galten entsprechend als Beleg ineffizienter Hemmungsmechanismen (z.B. Kane, May, Hasher, Rahal & Stoltzfus, 1997; Tipper,

1991). Andere Studien berichten jedoch gleich große oder tendenziell größere Verzögerungseffekte für ältere Erwachsene (z.B. Intons-Peterson, Rocchi, West, McLellan & Hackney, 1998; Kramer & Strayer, 2001), die entweder über eine bis ins höhere Lebensalter funktionelle Stabilität der beim Negative Priming erfassten Facette kognitiver Hemmungsprozesse oder über alternativ eingesetzte Verarbeitungsprozesse erklärt wird (z.B. Kane et al., 1997). Eine aktuelle Metaanalyse auf der Basis von 36 Experimenten zum Identitäts-Negative-Priming kommt zum Ergebnis altersinvarianter NP-Effekte (Gamboz, Russo & Fox, 2002). Allerdings werden hier verschiedenste experimentelle Umsetzungen betrachtet, denen lediglich die globale Reaktionsverzögerung gemein ist (z.B. Vergleichsaufgaben vs. einfache Benennungen, Wort- vs. Objekterkennung). So weisen auch die Autoren der Metaanalyse darauf hin, dass es problematisch sein könnte, durchschnittliche Gesamt-NP-Effekte je Experiment aus verschiedenen experimentellen Bedingungen zu ermitteln, da "factors that could influence the negative priming effect differently in the two age groups might be masked" (z.B. Grad der Stimulus-Verfremdung; Schwierigkeit der Targetauswahl; Gamboz et al., 2002, S. 526). Insofern müssen gleichgroße, mittlere NP-Effekte jüngerer und älterer Erwachsener nicht zwangsläufig eine Äquivalenz der Prozesse, die zum Verzögerungseffekt führen, bedeuten. Unabhängig davon, welcher *spezifische* Prozess das NP auslöst, gehen z.B. Conway, Tuholski, Shisler und Engle (1999) davon aus, dass die involvierten Prozesse zentral sind für die Bewältigung selektiver Aufmerksamkeitsanforderungen und dass deshalb das NP als ein übergeordneter Index selektiver Aufmerksamkeit gelten kann. Wenn nun das NP sensitiv gegenüber bestimmten Variablen ist, könne geschlussfolgert werden, dass auch selektive Aufmerksamkeit sensitiv für diese Variablen ist. Ein Aufdecken potenzieller altersbezogener Unterschiede dieser Sensitivität kann folglich zu einer Klärung beitragen, ob und wann die Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit im Alter verändert ist.

Vor diesem Hintergrund wurde eine Studie mit einer Bildbenennungsanforderung durchgeführt, bei der in einem phänomenorientierten Vorgehen geklärt werden sollte, ob sich a) bei der Betrachtung von Gesamt-Effekten, bei denen potenziell altersdifferent moderierende Variablen ohne Beachtung bleiben, altersinvariante NP-Effekte nachweisen lassen und ob sich b) darüber hinaus Faktoren auffinden lassen, die auf eine altersdifferente Beeinflussbarkeit des NP-Effekts und somit auf Veränderungen selektiver Aufmerksamkeit hinweisen. Da eine Abhängigkeit des NP erstens von der Anzahl der Wiederholungen eines Objekts als Targets bekannt ist (Kramer & Strayer, 2001) sowie

zweitens von einer in Bezug auf das Arousal optimalen Testzeit (Intons-Peterson et al., 1998) und drittens von den zusätzlich zur Kontroll- (KO) und NP-Bedingung (s. Abbildung 1) verwirklichten Trials (z.B. Kane et al., 1997), wurden diese Variablen in Hinblick auf Alterseffekte exploriert.

Methode

Probanden. Sechzig jüngere Personen (Psychologiestudierende des 1. Studienabschnitts, $M = 25.3$ Jahre; $SD = 5.7$; 16 Männer) und 60 ältere (Kursteilnehmer der Universität des 3. Lebensalters, $M = 64.8$ Jahre; $SD = 5.4$; 23 Männer), nahmen an der 1-stündigen Untersuchung teil.

Material. Fünf mit einem Plosivlaut beginnende Begriffe wurden als Strichzeichnungen in Corel Draw 8.0 jeweils in rot und in grün erstellt (*Baum, Boot, Ball, Bank, Buch*) und jeweils jedes mit jedem auf einer Fläche von 8 cm x 9 cm komplett überlagert. Das grüne Objekt war das zu benennende Target, das rote sollte als Distraktor ignoriert werden.

Design und Durchführung. Das 4-faktorielle Design bestand aus den intraindividuell variierten Faktoren *Zeitintervall* zwischen Prime- und Probe-Display (Response-to-stimulus-interval, RSI; 500, 1000, 1500, 2000 ms) und *Primebedingung* als Beziehung zwischen Prime- und Probe-Stimuli (s. Abbildung 1, Kontrolle, KO; Negative Priming, NP; Interferenz, IN; Positive Priming, PP). Interindividuell variiert wurden der Faktor *Altersgruppenzugehörigkeit* und *Zusatztrials*, mit entweder neben der NP und KO-Bedingung dargebotenen Positive Priming Trials (PP, je Altersgruppe $N = 30$), in denen sich das Target in Prime und Probe-Display wiederholt oder Interferenz-Trials (IN, je Altersgruppe $N = 30$), in denen im Probe-Display ein einzelnes Target ohne Distraktor erschien. Die Trials wurden pseudorandomisiert in 4 Blöcken zu je 45 Trials mit je 15 Trials je Primebedingung (KO, NP und PP bzw. IN) auf einem Computerbildschirm dargeboten. Jedes Objekt erschien je Block 18-mal als Target. Die Blöcke unterschieden sich in der Länge des RSI. Die Trial darbietung wurde mit der Software MEL, Version 2.1 (Schneider, 1995) erstellt. Nachdem eine Farbfehlsichtigkeit ausgeschlossen war, sprachen die Probanden (Pbn) so schnell und genau wie möglich den Namen des Targets in ein Mikrofon, das mit einer MEL-Serial-Response-Box verbunden war, die die Benennungszeiten für das Probe-Target als abhängige Variable registrierte. Protokolliert wurden Fehlbenennungen sowie die Untersuchungszeit (vor-/nachmittags).

Ergebnisse

Das Fehlerniveau erster Art wurde konventionell auf $p < .05$ festgelegt. Um die *insgesamt* je Altersgruppe erzielten NP-Effekte zu vergleichen, wurde eine 2 x 2-faktorielle Varianzanalyse berechnet, in der nur die Faktoren Altersgruppe (jung, alt) und der Messwiederholungsfaktor Primebedingung (Kontrolle, KO; Negative Priming, NP) Berücksichtigung fanden. Hier zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt Primebedingung $F(1, 118) = 46.07$; $MSE = 316.00$, mit langsameren Reaktionen in den NP vs. KO-Trials (= NP-Effekt) und ein signifikanter Haupteffekt Altersgruppe $F(1, 118) = 27.40$, $MSE = 16011.20$, mit längeren Reaktionszeiten der älteren Pbn. Es gab keinen Interaktionseffekt, die NP-Effekte (KO minus NP) beider Altersgruppen unterschieden sich somit nicht signifikant (s.u.).

In einer differenzierteren Analyse wurde die *Testzeit* als zweifach gestufter Faktor (vor/nachmittags), die *Wiederholungshäufigkeit der Stimuli* als Target (vierfach gestuft, da vier Trial-Blöcke dargeboten wurden und jedes Objekt je Block 18 mal als Target vorkam) und der Faktor *Zusatztrials* (mit PP-/IN-Trials) mit berücksichtigt. Die Reaktionszeiten für KO und NP-Bedingung sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Neben einem signifikanten Haupteffekt Primebedingung $F(1, 112) = 37.01$; $MSE = 1148.20$ und Altersgruppe $F(1, 112) = 29.63$; $MSE = 63585.90$ (s. Tabelle 2) und einem nicht signifikanten Interaktionseffekt Primebedingung x Altersgruppe (jüngere Pbn, NP-Effekt -15 ms, ältere Pbn, NP-Effekt -13 ms) gibt die Analyse Hinweise auf eine altersdifferente Beeinflussbarkeit des NP in Bezug auf eine optimale Testzeit. So resultiert eine signifikante 3-fach Interaktion Primebedingung x Altersgruppe x Testzeit $F(1, 112) = 4.16$; $MSE = 1148.20$ (s. Tabelle 2) aus veränderten NP-Effekten nur der älteren Pbn (ältere vor- vs. nachmittags -22 ms vs. -3 ms; jüngere jeweils -15 ms). Zusätzlich zeigt sich eine Interaktion Altersgruppe x Testzeit $F(1, 112) = 4.58$; $MSE = 63585.98$; mit schnelleren Reaktionen der älteren Pbn vormittags (674 ms vs. 713 ms) und der jüngeren nachmittags (617 ms vs. 585 ms). In der Interaktion Primebedingung x Wiederholungshäufigkeit x Altersgruppe $F(3, 112) = 3.91$; $MSE = 2071.45$, finden sich Hinweise auf altersdifferente Effekte der Anzahl der Target-Wiederholungen. Während bei älteren Pbn die Stärke des NP-Effekts mit häufigerer Wiederholung der Objekte als Target eher zunimmt, zeigen die jüngeren Pbn ein konträres Muster (ältere Pbn, NP-Effekte Block 1-4; -5, -9, -22, -15 ms; jüngere Pbn, -22, -20, -9, -9 ms). Die Zusatztrials führen ebenfalls zu einem Alterseffekt mit einem für ältere Pbn stärker ausgeprägten Unterschied im NP zwischen den Bedingungen $F(1, 112) = 4.24$; $MSE = 1148.20$

(jüngere Pbn, NP-Effekte mit IN-Trials -13 ms vs. -17 ms mit PP-Trials; ältere Pbn NP-Effekte mit IN-Trials -1 ms; mit PP-Trials -24 ms).

Tabelle 1. Reaktionszeiten in Abhängigkeit von Altersgruppe, Primebedingung (KO, NP); Testzeit (vor-/nachmittags); Zusatztrials (PP/IN) und Wiederholungsblock (jeweils 1-4).

Altersgruppe/Bedingung	Reaktionszeiten (ms)							
	KO 1	KO 2	KO 3	KO 4	NP 1	NP 2	NP 3	NP 4
Jüngere mit PP								
Vormittags N = 19	598	599	607	620	633	619	613	623
<i>SD</i>	(95)	(96)	(98)	(112)	(108)	(91)	(91)	(110)
Nachmittags N = 11	583	589	591	598	592	609	605	626
<i>SD</i>	(48)	(51)	(68)	(70)	(50)	(51)	(52)	(74)
Jüngere mit IN								
Vormittags N = 13	617	603	624	616	643	633	624	613
<i>SD</i>	(76)	(78)	(98)	(110)	(90)	(93)	(103)	(92)
Nachmittags N = 17	557	565	566	571	573	575	582	580
<i>SD</i>	(75)	(72)	(85)	(69)	(79)	(75)	(66)	(84)
Ältere mit PP								
Vormittags N = 19	656	648	640	642	676	666	671	678
<i>SD</i>	(102)	(103)	(64)	(74)	(80)	(83)	(86)	(84)
Nachmittags N = 11	699	683	668	648	711	701	697	677
<i>SD</i>	(124)	(92)	(89)	(81)	(111)	(103)	(103)	(88)
Ältere mit IN								
Vormittags N = 21	705	675	673	664	715	679	693	699
<i>SD</i>	(106)	(95)	(86)	(67)	(106)	(75)	(94)	(89)
Nachmittags N = 9	767	763	722	746	746	758	731	706
<i>SD</i>	(206)	(178)	(146)	(158)	(184)	(178)	(132)	(134)

Anmerkungen. PP = Positive Priming; IN = Interferenz; KO = Kontrolle; NP = Negative Priming; SD = Standardabweichung.

Tabelle 2. Varianzanalyse über die Reaktionszeiten in Abhängigkeit von Altersgruppe (alt, jung), Primebedingung (KO, NP); Testzeit (vor-/nachmittags); Zusatztrials (PP/IN) und Wiederholungshäufigkeit der Targets (Blöcke 1-4)

Quelle der Varianz	df	F	η^2
Gruppenvergleiche			
Altersgruppe (A)	1	29.63**	.21
Testzeit (T)	1	.05	.00
Zusatztrials (Z)	1	.91	.01
A x T	1	4.58*	.04
A x Z	1	2.40	.02
T x Z	1	.01	.00
A x T x Z	1	.89	.01
Fehler innerhalb der Gruppen	112	(63585.98)	
Messwiederholungsvergleiche			
Primebedingung (P)	1	37.01**	.25
P x A	1	.23	.00
P x T	1	3.64	.03
P x Z	1	8.50**	.07
P x A x T	1	4.16*	.04
P x A x Z	1	4.24*	.04
P x T x Z	1	2.60	.02
P x A x T x Z	1	1.86	.02
Fehler P	112	(1148.20)	
Wiederholungshäufigkeit (W)	3	2.27	.02
W x A	3	5.23**	.05
W x T	3	1.46	.01
W x Z	3	.55	.01
W x A x T	3	2.41	.02
W x A x Z	3	.56	.00
W x T x Z	3	.71	.01
W x A x T x Z	3	.54	.01
Fehler W	112	(6738.07)	
P x W	3	.18	.00
P x W x A	3	3.91**	.03
P x W x T	3	1.64	.01
P x W x Z	3	.91	.01
P x W x A x T	3	4.20**	.04
P x W x A x Z	3	.09	.00
P x W x T x Z	3	1.61	.01
P x W x A x T x Z	3	1.04	.01
Fehler P x W	112	(2071.45)	

Anmerkungen. Werte innerhalb der Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler.

* $p < .05$; ** $p < .01$.

Diskussion

Trotz insgesamt gleich großer NP-Effekte sind altersdifferente Beeinflussungen auf der Verhaltensebene nachweisbar, was eine Äquivalenz der an selektiven Aufmerksamkeitsleitungen beteiligten Verarbeitungsprozesse in Frage stellt. Die

Ergebnisse zur Testzeit könnten einen Hinweis darauf geben, dass die Fähigkeit zum Ignorieren von Störreizen bei älteren im Vergleich zu jüngeren Pbn stärker mit einem tageszeitabhängig veränderten Arousal korreliert. Hinzuweisen ist jedoch auf unterschiedliche Zellbesetzungen (jung, vor- vs. nachmittags N = 32 vs. N = 28; alt, vor- vs. nachmittags, N = 40 vs. N = 20) und darauf, dass subjektiv optimale Testzeiten nicht erfragt wurden. Eine Verschiebung optimaler Testzeiten bezogen auf das Arousal vom Nach- auf den Vormittag mit zunehmendem Alter gilt jedoch als gut belegt (Intons-Peterson et al., 1998), auch die zu unterschiedlichen Tageszeiten vorgefundenen Geschwindigkeitsoptima sprechen für diese Interpretation. Deutliche Unterschiede zeigten sich auch in Hinblick auf die Wiederholungshäufigkeit der Stimuli als Targets. Aus Sicht des Modells des aktivationsabhängigen NP (Kramer & Strayer, 2001) setzt ein Hemmungsmechanismus bei älteren Pbn möglicherweise erst dann ein, wenn durch die häufige Wiederholung Störreize eine bestimmte Aktivierungsschwelle erreichen oder überschreiten. Zu den Effekten der Zusatztrials ist zu konstatieren, dass in der Bedingung mit PP-Trials immer gegen einen Distraktor auszuwählen ist, in der Bedingung mit IN-Trials wird diese Aufgabengleichförmigkeit jedoch durch unvorhersehbar eingestreute Trials mit einem Einzeltarget (IN) unterbrochen. Diese Aufgabe stellt vermutlich höhere Anforderungen an die Aufmerksamkeitskontrolle. Möglicherweise ist gerade dadurch bei älteren Personen die Kapazität für die Unterdrückung irrelevanter Reize nicht mehr gegeben.

Darüber hinaus könnten selbst auf der Output-Ebene (noch) gleich große Effekte von altersdifferenter zerebraler Aktivität begleitet werden. Befunde zum HAROLD-Modell (*Hemispheric Asymmetry Reduction in Old Adults*; Cabeza, Anderson, Locantore & McIntosh, 2002), die bei gleicher kognitiver Leistung eine im Vergleich zu jüngeren stärker bi- als unilaterale präfrontale Aktivität älterer Personen berichten, unterstützen diese Idee. In einem aktuell von der DFG geförderten Projekt (HA 1452/5-1) sollen deshalb die explorierten Alterseffekte auf der Verhaltensebene in weiteren Experimenten validiert werden, aber auch eine fMRT-Studie durchgeführt werden, die Auskunft über potenzielle altersbezogene Veränderungen von an selektiven Aufmerksamkeitsleistungen beteiligten Hirnarealen geben soll.

Zusammenfassung

Verzögerte Reaktionen auf zuvor ignorierte Reize bezeichnet man als Negative Priming (NP). Eine Metaanalyse zur Altersabhängigkeit dieses experimentellen Markers selektiver Aufmerksamkeit spricht für invariante Reaktionsverzögerungen (Gamboz,

Russo & Fox, 2002), obgleich selektive Aufmerksamkeitsveränderungen als Ursache kognitiver Leistungseinbußen im höheren Alter diskutiert werden. Auch in der vorliegenden Studie mit einem Bild-Identifikationsverfahren resultieren für Stichproben von jeweils 60 jüngeren (18-35 Jahre) und älteren Personen (58-84 Jahre) insgesamt gleich große NP-Effekte. Differenziertere Analysen geben aber Hinweise auf Altersunterschiede in Hinblick auf die Anzahl der Objektwiederholungen, zusätzliche Primebedingungen oder optimale Testzeiten. Dies wirft Zweifel bezüglich einer Prozessäquivalenz zugrunde liegender Mechanismen jüngerer und älterer Erwachsener auf, denen in Folgestudien, auch unter Nutzung bildgebender Techniken, nachgegangen werden soll.

5.2 Weiterführende Erörterung

Die im vorangegangenen Abschnitt präsentierte Arbeit verdeutlicht, wie wichtig eine differenzierte Betrachtung von Altersveränderungen selektiver Aufmerksamkeitsfunktionen ist. So kann auf einer globalen Ebene zunächst nicht der Nachweis einer Altersabhängigkeit der NP-Effekte geführt werden, sondern erst unter Einbezug spezifischer Variablen, die für beide Altersgruppen offenbar eine unterschiedliche Bedeutung zur Erbringung selektiver Aufmerksamkeitsleistungen haben. Unklar bleibt jedoch, welche spezifischen Verarbeitungsprozesse die in der präsentierten Versuchsanordnung erzielten NP-Effekte auslösen, oder inwiefern für beide Altersgruppen überhaupt die gleichen Prozesse zur Reaktionsverzögerung geführt haben. Dies liegt nicht zuletzt darin begründet, dass schon auf allgemeinspsychologischer Ebene verschiedene Theorien darüber existieren, welche Verarbeitungsprozesse den NP-Effekt auslösen. Da dieser Aspekt in der als Kurzbericht konzipierten Publikation nicht ausführlich zur Darstellung gelangen konnte, sollen im Folgenden kurz alternative Modellvorstellungen über die Ursache der Reaktionsverzögerung beim Negative Priming skizziert werden. Die wichtigste Klasse von Alternativerklärungen für den Negative Priming Effekt geht davon aus, dass dieser nicht auf einer aufmerksamkeitsbasierten Hemmung interferierender Stimuli, bzw. deren Zeit beanspruchender Reaktivierung beruht (Houghton & Tipper, 1994; Tipper, 2001), sondern auf einer gedächtnisbasierten Interferenz (Neill, Valdes, Terry & Gorfein, 1992; Park & Kanwisher, 1994).

Gedächtnisbasierten Ansätzen zufolge (z.B. Neill, 1997) wird im Prime-Display eine Gedächtnisspur für alle präsentierten Objekte (Target, Distraktor) angelegt, die auch Informationen über deren Reaktionserfordernisse enthält. Diese wird im Probe-Display

automatisch abgerufen und ist im Negative Priming Fall mit der aktuellen Reaktionsanforderung inkompatibel ("reagiere nicht" vs. "reagiere"). Auf diesem Ansatz, der sich auf die Instanzentheorie der Automatisierung von Logan (1988) stützt, baut die Klasse der dualen oder multiplen Modellvorstellungen über die Reaktionsverzögerung beim Negative Priming auf. Hier wird davon ausgegangen, dass sowohl aufmerksamkeits- als auch gedächtnisbasierte Interferenzprozesse an der Verlangsamung beteiligt sind, deren Priorität sich in Abhängigkeit von den experimentellen Bedingungen unterscheiden kann (z.B. Kane et al., 1997; Marczinski, Milliken & Nelson, 2003; Milliken, Joordens, Merikle & Seiffert, 1998).

Einem dualen Ansatz von Kane et al. (1997) folgend, führen bestimmte Aufgabenanforderungen beim Negative Priming mit großer Wahrscheinlichkeit zur Beteiligung automatischer Abrufprozesse an der Reaktionsverzögerung und somit zu einer Situation gedächtnisbasierter Interferenzauflösung. So soll die Einbeziehung eines substanziellen Anteils von Positive-Priming-Trials (PP) in eine NP-Versuchsanordnung, bei der sich ein Target unmittelbar wiederholt, zu gedächtnisbasiertem Negative Priming führen. Da in den PP-Trials mit identischen aufeinander folgenden Targets von einem unmittelbaren Abruf vorausgehender Information in Form einer beschleunigten Antwort profitiert werden kann, ist die Idee, dass diese Strategie des automatischen Abrufs für sämtliche Trials des Experiments aufrechterhalten wird. Dies führt aber in den NP-Trials aufgrund des Konflikts vorheriger und aktueller Antwortinformation auf ein und dasselbe Objekt ("reagiere nicht" vs. "reagiere") zu einer Verzögerung. Diesen Annahmen folgend, wäre in der eigenen Studie eine gedächtnisbasierte Bearbeitung in einer Bedingung mit PP-Trials stark zu vermuten. Hier könnte sich dann also nicht nur für jüngere, sondern auch für ältere Erwachsene ein NP-Effekt zeigen, der auf Problemen in der Auflösung einer gedächtnisbasierten Interferenz, ausgelöst durch eine ineffiziente "deletion"-Funktion kognitiver Hemmung beruht.

Für die eigene Studie, in der die älteren Erwachsenen in der Bedingung mit IN-Trials kein signifikantes Negative Priming zeigten, in der Bedingung mit PP-Trials aber schon, könnte dies bedeuten, dass in der Bedingung mit IN-Trials der NP-Effekt möglicherweise tatsächlich auf der Zeit beanspruchenden Reaktivierung einer zuvor unterdrückten, coaktiv interferierenden Distraktorrepräsentation beruht. Da für ältere Erwachsene vom Hemmungs-Defizit-Modell eine defizitäre "access"-Funktion kognitiver Hemmung angenommen wird, ist der Distraktor möglicherweise nicht effizient unterdrückt worden.

Insofern ist auch keine so zeitaufwändige Reaktivierung nötig und keine Verzögerung zu erwarten.

In der unter 5.1 knapp dargestellten Studie ist zunächst nicht herausgearbeitet worden, dass bei den jüngeren Probanden der Negative Priming Effekt im Gegensatz zu den älteren Erwachsenen mit zunehmender Wiederholung *abnimmt*. Dieses Phänomen soll im Folgenden aufgegriffen werden. Der Einfluss der Stimulus-Wiederholung auf den NP-Effekt wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Es existieren sowohl Berichte über zunehmendes (Kramer & Strayer, 2001, Malley & Strayer, 1995; Strayer & Grison, 1999) wie auch über abnehmendes Negative Priming mit zunehmender Stimulus-Vertrautheit (DeShepper & Treisman, 1996; Treisman & DeShepper, 1996). Nagai und Yokosawa (2003) schreiben diese zunächst widersprüchlich erscheinenden Befunde Unterschieden in Material und Darbietung zu. Bei der Identifikation sinnhaften Materials sollte der NP-Effekt mit zunehmender Wiederholung, basierend auf einer zunehmenden Aktivierung vorexistierender interner Repräsentationen, stärker werden. Nach einem Distraktorhemmungs-Modell des Negative Priming von Strayer und Kollegen (z.B. Kramer & Strayer, 2001; Malley & Strayer, 1995; Strayer & Grison, 1999) ist dann nämlich die Notwendigkeit eines zunehmenden Hemmungsfeedbacks für die Distraktoren gegeben. Je stärker die Objekte mit der Zeit aktiviert werden, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie (als Distraktor dargeboten) aufgrund ihrer hohen Aktivierung mit der Aktivierung des aktuellen Targets interferieren und so die Antwort behindern.

Bei einem Mustervergleich von Nonsens-Figuren ist dagegen Nagai und Yokosawa (2003) folgend eher mit gedächtnis- oder abrufbasiertem Negative Priming zu rechnen. So sind für Nonsens-Materialien neue Gedächtnisspuren anzulegen, da keine vorexistierenden, internen Repräsentationen gegeben sind. Das Argument lautet, da keine semantisch-begrifflichen Repräsentationen existieren, können diese auch nicht eine zunehmende Aktivierung erfahren, würden also auch nicht mit der Zeit als Distraktor stärker interferieren. Insofern dürfte das Negative Priming auch nicht bei häufigerer Wiederholung zunehmen, sondern könnte aufgrund des "Verblässens" der Gedächtnisspur über die Zeit schwächer werden. Den Ideen von Nagai und Yokosawa (2003) folgend, haben jüngere Erwachsene möglicherweise eine abrufbasierte, mustervergleichende Bearbeitung bevorzugt, die älteren dagegen eine eher semantische und daraus folgend, hemmungsbasierte Verarbeitung. Dies ist jedoch wenig wahrscheinlich, da die Objekte zwar als Strichzeichnungen möglicherweise Nonsens-

Formen ähnelten, jedoch von beiden Altersgruppen aufgrund der Notwendigkeit der *Objektbenennung* semantisch, also sinnhaft, zu verarbeiten waren.

Die unterschiedlichen Muster in Hinblick auf die Abhängigkeit des NP-Effekts von der Wiederholungshäufigkeit könnten andererseits mit einer für ältere vs. jüngere Personen langsameren bzw. ausbleibenden Habituation an kontinuierlich dargebotene ablenkende Reize zusammenhängen, wie sie z.B. von McDowd und Filion (1992) berichtet wird. Dies könnte zu unterschiedlichen Verläufen des Negative Priming in beiden Altersgruppen führen, ohne dass dieser Effekt auf unterschiedlichen Verarbeitungsprozessrouten beruht. Wenn nämlich die jüngeren Erwachsenen generell schneller habituieren, ginge dies einher mit einer über die Zeit geringeren Aktivierung der Reize bei jeder neuen Präsentation und somit, dem reflexiven Hemmungsmodell von Strayer und Grison (1999) folgend, einer geringeren Notwendigkeit eines Hemmungsfeedbacks. Für die älteren, weniger habituierenden Erwachsenen würde dagegen die Aktivierung und somit die Notwendigkeit eines Hemmungsfeedbacks über die Zeit zunehmen. Auch für diese Interpretation lassen sich jedoch anhand einer weiteren, bislang noch nicht betrachteten Ergebnisgröße, nämlich den sog. Positive-Priming-Effekten (PP), keine Anhaltspunkte finden. Auf diese PP-Effekte soll in einem kurzen Exkurs im Folgenden eingegangen werden.

Die PP-Effekte werden ermittelt als Differenz zwischen Kontroll- und PP-Trials, in denen sich, wie schon beschrieben, ein Target unmittelbar wiederholt. In PP-Trials ist in der Regel eine Reaktionsbeschleunigung zu verzeichnen, die oft der fortbestehenden Aktivierung der internen Repräsentation eines zuvor gezeigten identischen Stimulus im PP-Trial zugeschrieben wird. Wenn nun eine Habituation an die dargebotenen Reize erfolgt und die Aktivierung für einzelne Reize zunehmend geringer ausfällt, kann auch in späteren Trials noch, also mit häufigerer Wiederholung, von einer fortbestehenden Aktivierung eines unmittelbar zuvor im Prime-Trial gezeigten Objektes profitiert werden, verglichen mit neu präsentierten Reizen. Wenn präsentierte Stimuli dagegen bei einer ausbleibenden Habituation kontinuierlich bei jeder Präsentation verstärkt würden und diese Aktivierung verhältnismäßig länger bestehen bliebe, so ist irgendwann ein gewisses Plateau der Aktivierung aller vorkommenden Stimuli erreicht. Es kann dann mit zunehmender Wiederholung der Stimuli nicht mehr so stark von einer noch fort bestehenden Aktivierung des unmittelbar zuvor gezeigten Items profitiert werden, da alle Stimuli relativ hohe Ausgangsaktivierungen aufweisen (vgl. Kramer & Strayer, 2001). Die PP-Effekte der älteren, nicht habituierenden Erwachsenen müssten also mit

häufigerer Stimuluswiederholung kleiner werden, während für die jüngeren Erwachsenen auch bei zunehmender Wiederholung noch starke PP-Effekte auftreten können. Dieses Befundmuster lässt sich jedoch in einer 2 x 2 x 4-faktoriellen Varianzanalyse der Reaktionszeiten der unter 5.1 geschilderten Studie mit den Faktoren Altersgruppe (alt, jung), Primebedingung (PP vs. KO) und Wiederholungsblock (1-4) nicht signifikant nachweisen [$F(3, 174) = 1.46$; $MSE = 594.03$; $p < .23$], wenngleich für die jüngeren rein deskriptiv beim letzten Wiederholungsblock der Trials größeres PP resultiert als beim ersten, während für die älteren Erwachsenen die numerisch größten PP-Effekte beim ersten Wiederholungsblock auftreten (vgl. Abbildung 5.1).

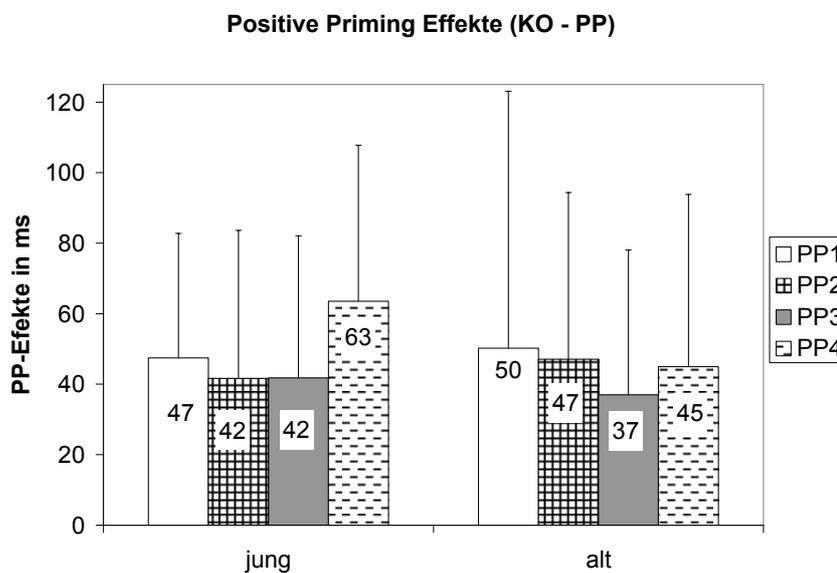


Abbildung 5.1. Positive-Priming-Effekte (PP; mittlere Reaktionszeit in PP-Trials minus mittlere Reaktionszeit in KO-Trials) in Abhängigkeit von Altersgruppe und Wiederholungsblock (1-4).

Da auch die unter 5.1 berichtete Studie als Kurzbericht publiziert wurde, ist dort nur der Teil der Reaktionszeiten berücksichtigt, der sich auf die für den Fokus des Artikels relevanten Primebedingungen Negative Priming und Kontrolle bezieht. Die im Anschluss präsentierte Tabelle 5.1 beinhaltet ergänzend die Reaktionszeiten der beiden anderen Primebedingungen, nämlich der gerade beschriebenen Positive-Priming- und der sog. Interferenz-Trials (IN), bei denen im Probe-Display ein einzelnes Target ohne Distraktor gezeigt wird.

Tabelle 5.1. Reaktionszeiten in Abhängigkeit von Altersgruppe, Primebedingung (KO, PP, IN); Testzeit (vor-/nachmittags); Zusatztrials (PP/IN) und Wiederholungsblock (jeweils 1-4).

Altersgruppe/Bedingung	Reaktionszeiten (ms)							
	KO 1	KO 2	KO 3	KO 4	PP 1	PP 2	PP 3	PP 4
Jüngere mit PP								
Vormittags N = 19	598	599	607	620	550	563	565	554
<i>SD</i>	(95)	(96)	(98)	(112)	(79)	(81)	(95)	(92)
Nachmittags N = 11	583	589	591	598	536	537	549	539
<i>SD</i>	(48)	(51)	(68)	(70)	(58)	(68)	(56)	(62)
Ältere mit PP								
Vormittags N = 13	656	648	640	642	616	605	611	606
<i>SD</i>	(102)	(103)	(64)	(74)	(75)	(75)	(61)	(69)
Nachmittags N = 17	699	683	668	648	632	627	617	587
<i>SD</i>	(124)	(92)	(89)	(81)	(106)	(82)	(82)	(73)
					IN 1	IN 2	IN 3	IN 4
Jüngere mit IN								
Vormittags N = 19	617	603	624	616	559	551	548	550
<i>SD</i>	(76)	(78)	(98)	(110)	(64)	(71)	(64)	(82)
Nachmittags N = 11	557	565	566	571	494	489	517	514
<i>SD</i>	(75)	(72)	(85)	(69)	(67)	(71)	(69)	(66)
Ältere mit IN								
Vormittags N = 21	705	675	673	664	575	561	561	562
<i>SD</i>	(106)	(95)	(86)	(67)	(76)	(62)	(68)	(60)
Nachmittags N = 9	767	763	722	746	661	648	639	618
<i>SD</i>	(206)	(178)	(146)	(158)	(142)	(126)	(161)	(115)

Anmerkungen. PP = Positive Priming; IN = Interferenz; KO = Kontrolle; SD = Standardabweichung.

Eine bislang noch nicht angesprochene Problematik bezieht sich auf die in Fragestellung 5.1 vorgenommene (und in der gerontopsychologischen Literatur zum Negative Priming durchaus übliche) varianzanalytische Auswertung der Reaktionszeiten im Altersvergleich. Diese Vorgehensweise ist bei Gültigkeit eines multiplikativen Modells von Reaktionszeitenunterschieden zwischen jüngeren und älteren Personen vor dem Hintergrund der Annahme einer allgemeinen Verlangsamung problematisch. Da die Varianzanalyse lediglich auf additive Effekte testet, wird hier überprüft, ob die Reaktionszeitenunterschiede zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen in der Kontroll- und der NP-Bedingung gleich bleiben. Ist das der Fall, wird aus der fehlenden Interaktion auf eine Konstanz beteiligter Verarbeitungsprozesse geschlossen. Diese Interpretation ist aber problematisch. Da nämlich in zahlreichen Untersuchungen ein multiplikativer Verlangsamungsfaktor älterer gegenüber jungen Erwachsenen von ca. 1.5 bis 2 nachweisbar ist (vgl. Verhaeghen, Cerella, Bopp & Basak, in press), ist eben kein konstanter Unterschied zwischen Kontroll- und NP-Bedingung zu erwarten, sondern eine proportional stärkere Verlangsamung älterer Erwachsener in einer Bedingung, in der

schon die jüngeren langsamer reagieren (NP). Insofern sind sowohl fehlende als auch vorhandene Interaktionen (mit stärkerer Reaktionsverzögerung älterer Erwachsener beim NP) schwer zu interpretieren. Eine fehlende Interaktion könnte dann statt einer Konstanz beteiligter Verarbeitungsprozesse bedeuten, dass eigentlich Alterseinbußen vorliegen – im Sinne einer geringeren Reaktionsbeeinträchtigung in den NP-Trials für die Älteren, als aus der allgemeinen Verlangsamung eigentlich zu erwarten wäre. Es wäre dann, trotz numerisch gleich großer Altersunterschiede in KO und NP-Trials, dem Hemmungs-Defizit-Modell folgend eine weniger effiziente Distraktorunterdrückung denkbar. Sind dagegen Interaktionseffekte im Sinne größerer NP-Effekte älterer Erwachsener nachweisbar, so muss dies nicht auf speziellen Problemen der Interferenzauflösung beruhen, sondern wäre u.U. schlicht durch die allgemeine Verlangsamung älterer Erwachsener erklärbar. Dieses Problem lässt sich auch auf der Ebene des eigentlich im Paradigma verwendeten Differenzmaßes (des NP-Effekts), also der Differenz zwischen KO- und NP-Trials abbilden. So ist es ebenso schwierig, einen gleich großen NP-Effekt älterer und jüngerer Erwachsener als prozessäquivalent zu interpretieren. Faust, Balota, Spieler und Ferraro (1999) schlagen als relativ einfach umzusetzende statistische Kontrolltechnik für diese Problematik u. a. eine z-Transformation der Reaktionszeiten vor. Eine Varianzanalyse über die entsprechend z-transformierten Reaktionszeiten der vorliegenden Studie je Altersgruppe, Zusatztrialbedingung und Wiederholungsblock führt jedoch nicht zu einer Aufhebung der berichteten Interaktionen⁴.

In der vorliegenden Studie ist zwar auf eine ungünstige Verteilung der Probanden in Hinblick auf die Testzeit hingewiesen worden. Nicht erwähnt wurde dagegen die konkrete Variation des Faktors Response-to-stimulus-interval (RSI, Abstand zwischen der Antwort auf ein Display und dem Aufblenden des Folgedisplays). Es ist jedoch ergänzend darauf hinzuweisen, dass, in Anbetracht der vielen möglichen Abfolge-Kombinationen der RSI, nur drei Zufallsabfolgen realisiert wurden. Dadurch ergab sich bei gegebenen 4 Darbietungs- und somit Wiederholungsblöcken eine nicht ausgeglichene Verteilung der RSI über diese Blöcke. So gingen in den ersten Wiederholungsblock nie Reaktionszeiten für das längste RSI von 2000 ms ein, in den letzten Wiederholungsblock

⁴ Haupteffekt Primebedingung $F(1, 112) = 47.49$; $MSE = .12$; Primebedingung x Altersgruppe x Testzeit $F(1, 112) = 3.02$; $MSE = .12$; Altersgruppe x Testzeit $F(1, 112) = 4.47$; $MSE = 6.64$; Primebedingung x Wiederholungshäufigkeit x Altersgruppe $F(1, 112) = 5.08$; $MSE = .22$; Prime x Zusatztrials x Altersgruppe $F(1, 112) = 5.64$; $MSE = .12$. Auch die z-Transformation stellt eine nicht unproblematische, nur näherungsweise Korrektur dar, da Reaktionszeiten in der Regel nicht normalverteilt sind.

dagegen nie Reaktionszeiten des kürzesten RSI von 500 ms. Ein Einfluss dieser Konfundierung auf die Effekte der Wiederholung ist nicht auszuschließen.

Wie schon im Rahmen der weiterführenden Erörterung der vorherigen Fragestellung (vgl. 4.2) erwähnt, sind alle drei in der vorliegenden Arbeit berichteten Fragestellungen vor dem Hintergrund z.T. überlappender DFG-Projekte (SCHM 1221/1-3; HA 1452/5-1) zu sehen, so dass zur Beantwortung verschiedener Teilfragen ein Rückgriff auf partiell identische Stichproben erfolgte und einige zusätzliche Fragebogendaten erhoben wurden (CFF, STA, vgl. 4.2). Eine entsprechend differenzierte Beschreibung der Stichproben ist dem Anhang B zu entnehmen.

Insgesamt ist zu konstatieren, dass es unklar bleibt, inwiefern gedächtnisbasierte Interferenzprozesse oder coaktive Distraktorinterferenzprozesse die in der präsentierten Versuchsanordnung erzielten NP-Effekte auslösen. Es muss offen bleiben, ob die aufgedeckten Altersunterschiede im Negative Priming auf Unterschieden in einem von beiden Altersgruppen zu Grunde gelegten Verarbeitungsprozess beruhen, oder ob altersabhängig verschiedene Prozesse zur Aufgabenbearbeitung anzunehmen sind oder eine altersabhängig verschiedene Gewichtung entsprechender Verarbeitungsprozesse. Es wäre wünschenswert, die gefundenen altersdifferenten Beeinflussungen zunächst unter gut kontrollierten Bedingungen zu replizieren, bevor weiterreichende Schlussfolgerungen über eine Altersvarianz vs. -invarianz selektiver Aufmerksamkeitsleistungen beim NP oder über Unterschiede in den vermuteten zugrunde liegenden Verarbeitungsprozessen hinreichend evidenzbasiert wären. Im Folgenden wird zusammenfassend dargelegt, was die beiden eigenen empirischen Arbeiten für das Hemmungs-Defizit-Modell bedeuten.

6 Diskussion der gerontopsychologischen Fragestellungen

Eine Beurteilung der Gültigkeit des Hemmungs-Defizit-Modells oder vorsichtiger formuliert einer geringeren Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen zur Erklärung kognitiven Alterns kann nicht auf der Basis zweier Studien erfolgen, wie sie hier vorgelegt wurden. Dennoch müssen Modelle über Phänomene kognitiven Alterns sich an empirischen Beobachtungen messen lassen. Die Aussage, die sich aus den beiden Studien vorläufig ableiten lässt, ist die, dass die Bedeutung von Altersunterschieden in der Interferenzanfälligkeit für Altersunterschiede in kognitiven Anforderungen offenbar von spezifischen Aufgabenvariablen abhängt. Dies ist sowohl für den Bereich der Gedächtnisanforderung beobachtbar, wie auch für die selektive Aufmerksamkeitsaufgabe. So ist für eine Ziffernspannenaufgabe, wie auch schon in der

Arbeit von May et al. (1999), zwar zu vermuten, dass die Resistenz gegenüber proaktiven Interferenzen einen Anteil an der Aufgabenleistung hat (höhere Scores bei absteigender Darbietung, hier ist allerdings auf mögliche Alternativerklärungen hinzuweisen, vgl. 4.2), aber dieser Faktor spielt in Hinblick auf Altersunterschiede offenbar keine Rolle⁵. Für eine Lesespannaufgabe zeigte sich dagegen in der Studie von May et al. (1999) ein Alterseffekt. Für die selektive Aufmerksamkeitsanforderung sind unter Berücksichtigung spezifischer Variablen Hinweise auf Alterseffekte in der Reaktion auf zuvor coaktiv interferierende Distraktoren zu finden, jedoch nicht auf der Ebene globaler Mittelwerte. Diese Hinweise auf altersdifferente NP-Effekte stehen außerdem im Gegensatz zur aktuellen Literaturlage (Gamboz et al, 2002; Verhaeghen & Cerella, 2002; Verhaeghen et al., in press). Bevor die Bedeutung dieser Ergebnisse in Hinblick auf den Gültigkeitsanspruch des Hemmungs-Defizit-Modells beurteilt werden kann, sind die zur Zeit in Zusammenhang mit den betrachteten Paradigmen (komplexe Gedächtnisspannaufgaben, Negative Priming) diskutierten Verarbeitungsprozesse eingehender zu erörtern. Zum anderen ist die gegenwärtige gerontopsychologische Befundlage umfassender darzustellen.

6.1 Diskussion von Gedächtnisspannaufgaben

Wie Cowan und Kollegen (2003) anmerken, werden verschiedene komplexe Spannaufgaben (z.B. Satzspannaufgaben, Zählspannen, Rechenspannaufgaben, Ziffernspanne rückwärts) bisweilen als Messung eines einzelnen Prozesses interpretiert, und zwar des Prozesses, während einer Verarbeitung simultan Informationen im Kurzzeitspeicher aufrechtzuerhalten (Ressourcen-sharing). Die Hoffnung, dass eine Aufgabe "prozessrein" einen Verarbeitungsmechanismus erfasst, verleitete zur Annahme, dass komplexe Spannaufgaben ein Set von Prozessen messen. Vielfach wird davon ausgegangen, dass es die gemeinsame Varianz zwischen den Spannaufgaben ist, die die erhofften Prozesse reflektiert. Obwohl es hierfür Anhaltspunkte gibt (vgl. Kane et al., 2004), offenbart eine umfassende Aufgabenanalyse von Cowan et al. (2003), in welcher neben der Spanne als abhängige Variable zusätzlich die Abrufzeit der Items analysiert wird, doch erhebliche Unterschiede in den an verschiedenen Spannaufgaben

⁵ Es sei denn, es wird, wie unter 4.2 beschrieben, von einer von vornherein so hohen Interferenz des Materials bei einer Ziffernspanne ausgegangen, dass die Manipulation der ab- vs. aufsteigenden Darbietung in Hinblick auf eine Interferenzreduzierung unerheblich ist und somit sowohl bei auf- wie bei absteigender Darbietung die Altersunterschiede in der Spanne auf Unterschieden in der Interferenzresistenz beruhen.

(Zählspanne, gehörte vs. gelesene Satzspannenaufgabe) beteiligten Verarbeitungsprozessen.

Die in den eigenen Arbeiten verwendete Ziffernspannenaufgabe rückwärts unterscheidet sich z.B. von anderen Spannenaufgaben darin, dass die entscheidende Verarbeitung (das Umdrehen der Zahlenreihenfolge) zum Zeitpunkt des Abrufs und nicht unmittelbar während der Informationsaufnahme erfolgt. Im Gegensatz dazu ist z.B. bei einer Lesespannenaufgabe beim Abruf nur die serielle Wiedergabe von Items gefordert, die vorausgehend während der Bearbeitung weiterer Sätze aufrecht zu erhalten waren. Eine Studie von Kliegel, Zeintl, Martin und Kopp (2003) legt ebenfalls nahe, dass die Leistung in den dort verwendeten komplexen Spannenaufgaben (Rechenspanne, Ziffernspanne rückwärts) schwerpunktmäßig auf unterschiedlichen kognitiven Prozessen beruht. Vor dem Erklärungshintergrund neuerer Rahmenmodelle des Arbeitsgedächtnis, die eine nicht-exekutive, sowie eine exekutive Komponente annehmen (der die Unterdrückung von störenden Ereignissen zugerechnet wird; vgl. Smith und Jonides, 1999), kommen Kliegel und Kollegen (2003) zu dem Schluss, dass für eine Ziffernspanne rückwärts im Gegensatz zu einer Rechenspannenaufgabe allein *nicht exekutive* Prozesse ausreichen, um Altersunterschiede zu erklären. Altersunterschieden im exekutiven Abschirmen von Informationen (also im Unterdrücken von Störreizen) kamen im Zusammenhang mit Altersunterschieden in einer Ziffernspanne rückwärts wenig Bedeutung zu. Stattdessen stellte sich die Ziffernspanne rückwärts eher als ein Aufmerksamkeits- denn ein Arbeitsgedächtnismaß dar. Light (2004, S. 92) macht darüber hinaus darauf aufmerksam, dass die Ziffernspannen vorwärts und rückwärts "load on one factor and the other measures on a second" (im Vergleich mit anderen komplexen Spannenaufgaben, wie räumliche, Rechen- oder Satzspannenaufgabe), was zusätzlich die Ziffernspanne rückwärts als Arbeitsgedächtnismaß in Frage stellt.

Unterschiede in den an verschiedenen Spannenaufgaben beteiligten Verarbeitungsprozessen könnten also eine Erklärung dafür sein, dass eine Interferenzreduzierung Altersunterschiede zwar in einer Lese-, aber nicht in einer Ziffernspanne rückwärts verringert, wie dies nicht nur in der eigenen, sondern auch in einer Arbeit von May et al. (1999) für eine Ziffernspannenaufgabe berichtet wurde. Die Erklärungsproblematik für Altersunterschiede in Spannenmaßen über eine altersbezogen zunehmende Interferenzanfälligkeit beschränkt sich jedoch nicht allein auf die Ziffernspannenaufgabe, sondern lässt sich auch auf Befunde zu einer Lesespannenaufgabe ausdehnen. May et al. (1999) und Lustig et al. (2001) weisen zwar

in Zusammenhang mit einer Lesespannaufgabe eine Abhängigkeit der altersbezogenen Leistungsunterschiede von einer hohen vs. geringen Interferenz nach (operationalisiert über ein auf- vs. absteigendes Darbietungsformat der Item-Sequenzen). Lustig und Kollegen (2001) berichten jedoch darüber hinaus für eine Lesespannaufgabe, bei der nicht nur das Darbietungsformat (auf/absteigend) variiert wurde, sondern als weitere Interferenz reduzierende Maßnahme nach jedem Block einer Item-Sequenzlänge eine Pause mit einer Distraktoraufgabe durchzuführen war, stabile Altersunterschiede gerade in dieser Bedingung geringster Interferenz.

Das bedeutet also, dass offenbar auch für eine Lesespanne eine Erklärung von Altersunterschieden über Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit nur unter eingeschränkten Bedingungen greift. Kritisch sind darüber hinaus Ergebnisse von Schelstraete und Hupet (2002) zu einer Lesespannaufgabe. Hier zeigte sich nämlich a) ein Alterseffekt mit schlechteren Spannenmaßen Älterer und b) ein Zusammenhang zwischen der Leistung in der Lesespannaufgabe und dem Ausmaß an Intrusionen (Nennung von Wörtern aus vorherigen Anforderungen). Diese Intrusionen werden als Operationalisierung von Schwierigkeiten verstanden, proaktive Interferenzen zu unterdrücken, die aus bereits verarbeitetem, aber aktuell nicht mehr relevantem Material entstehen. Viele Intrusionen gingen in der Arbeit von Schelstraete und Hupet (2002) einher mit einer schlechteren Leistung in der Lesespannaufgabe, es zeigte sich aber kein Alterseffekt. Ältere sollten jedoch, bei einer stärkeren Störbarkeit durch proaktive Interferenzen, mehr Intrusionen produzieren. Zu hinterfragen bleibt jedoch, inwieweit ältere Erwachsene zwar möglicherweise stärker durch Intrusionen gestört wurden, sie diese aber als solche erkannt und deshalb lediglich nicht genannt haben. Überdies scheint der Zusammenhang zwischen produzierten Intrusionen und die Beeinträchtigung der Leistung nicht unbedingt linear zu sein (vgl. De Beni und Palladino, 2004; Friedman & Miyake, 2004).

In Anlehnung an ein task-switching-Modell von Towse und Kollegen (1998; s. auch Hitch, Towse & Hutton, 2001) und den Ansatz der allgemeinen Verlangsamung (Salthouse, 1996) wären altersbezogene Spannenunterschiede nicht so sehr durch eine stärkere Interferenzanfälligkeit oder durch verringerte Ressourcen, sondern vielmehr durch eine herabgesetzte Verarbeitungsgeschwindigkeit zu erklären. Alterseffekte würden dann auf einer längeren Lesezeit und einem damit einhergehend verlängerten Intervall, innerhalb dessen bereits ein Spurenerfall einsetzen kann, beruhen. Eine höhere Aufgabenkomplexität ist in der Regel mit einer längeren Bearbeitungszeit konfundiert, so

dass sich das Intervall, innerhalb dessen bereits Zerfallsprozesse der Gedächtnisspuren einsetzen können, verlängert. Im task-switching-Modell wird im Gegensatz zum Ressourcen-sharing Modell eine von der Verarbeitungsanforderung unabhängige Speicherkomponente postuliert. Die Relation zwischen Speicherung und Verarbeitung (geringere Reproduktionsleistung bei höherer Komplexität) tritt auf, weil die Zeit, die mit der Verarbeitung zugebracht wird, das Ausmaß des auftretenden Vergessens beeinflusst und nicht, weil mehr Ressourcen für die Verarbeitung benötigt werden, so dass weniger Ressourcen für die Speicherung verbleiben. Kern des Modells ist, dass komplexe Spannaufgaben entweder zu einer seriellen Verarbeitungsstrategie führen oder separate Systeme für die Speicherung und Verarbeitung aufgerufen werden. Das Ressourcen-Sharing-Modell würde dagegen eine direkte Abhängigkeit zwischen Speicher und Verarbeitungs-komponente annehmen. Das Herzstück ist hier ein "Allzwecksystem", das multiple Operationen ausführen kann, mit einer limitierten Fähigkeit des Systems, verschiedene kognitive Aktivitäten simultan zu bewältigen. Es existieren also wenigstens drei alternative Modellvorstellungen darüber, welche Prozesse ausschlaggebend für die Leistung in komplexen Spannaufgaben sind (Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen, Ressourcen-sharing, task-switching und Verarbeitungsgeschwindigkeit). Bislang wurde wenig thematisiert, inwieweit diese Prozesse möglicherweise ineinandergreifen oder gar ineinander überführbar sind. Eine Arbeit von Saito und Miyake (2004) legt jedoch nahe, dass in Bezug auf das task-switching Modell nicht allein die im Intervall zwischen Bearbeitung und Abruf verstreichende Zeit, sondern eher das Ausmaß der dort stattfindenden (interferierenden) Verarbeitung zentral für die Gedächtnisleistung ist. Oberauer, Lange und Engle (2004) vermuten, dass die gemeinsame Varianz zwischen verschiedenen komplexen Spannaufgaben die Widerstandsfähigkeit gegenüber Interferenzen reflektiert und auch Engle, Tuholski, Laughlin und Conway (1999) vertreten eine Sichtweise, nach der die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses beschreibbar ist als das zeitweise Aufrechterhalten aktivierter Repräsentationen in Gegenwart von interferierenden Reizen.

Abschließend bleibt zu konstatieren, dass offenbar für experimentell eingesetzte Methoden, die eigentlich die Erfassung bestimmter Konstrukte intendieren (hier die Spannaufgabe, die ursprünglich zur Erfassung der Arbeitsgedächtniskapazität konstruiert wurde) doch ein erheblicher Interpretationsspielraum für mögliche Alternativerklärungen der Leistung offen bleibt und damit auch für die Erklärung von Altersunterschieden. Dies liegt nicht zuletzt darin begründet, dass jegliche kognitive

Anforderung multidimensional determiniert ist und eben keine reine Messung eines einzelnen Verarbeitungsprozesses darstellt. Allein die zugrunde gelegten Modellvorstellungen in Hinblick auf die Natur des an komplexen Spannaufgaben beteiligten Arbeitsgedächtnisses unterscheiden sich. So gibt es Modelle, die von einem monolithischen Pool von Ressourcen ausgehen (Atkinson & Shiffrin, 1968) oder von einem partitionierten Modell mit relativ unabhängigen spezialisierten Systemen (z.B. Baddeley, 1996), für die jedoch auch wieder eine übergeordnete Steuerungseinheit, die Zentrale Exekutive angenommen wird, oder, wie kurz erwähnt, Modelle, die ein aus exekutiven und nicht-exekutiven Komponenten bestehendes System postulieren (Smith & Jonides, 1999). Wenn jedoch schon die Natur der an einer gegebenen Aufgabe beteiligten Verarbeitungsprozesse unklar ist oder auch, welchen Anteil welcher Prozess an der Aufgabenleistung hat, wird es schwierig, beobachtete Alterseffekte auf einen Globalfaktor zu attribuieren, wengleich Salthouse hier anderer Meinung ist: "The phenomenon to be explained is thus the age-related variation in behavior, and not the behavior itself" (1996, S. 403). Für die Annahme, dass die Widerstandsfähigkeit gegenüber proaktiven Interferenzen für die Spannaufgabe ein zentraler Faktor zur Erklärung von Altersdifferenzen sein könnte, fällt die Evidenz jedenfalls im Moment eher dürftig aus. Es scheint nicht ohne weiteres möglich vorherzusagen, in Abhängigkeit von welchen spezifischen Aufgabenanforderungen Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne auf Unterschieden in der Anfälligkeit gegenüber Interferenzen beruhen, geschweige denn Zusatzannahmen zum Hemmungs-Defizit-Modell zu spezifizieren, die eine bessere Modellanpassung an bestehende Daten durch eine Berücksichtigung spezifischer Aufgabenanforderungen gewährleisten würden.

6.2 Diskussion von Negative Priming Studien

Das Negative-Priming-Paradigma ist ein vergleichsweise extremes Beispiel für die Spezifizierung von Zusatzannahmen auf der Modellebene als Resultat einer heterogenen empirischen Befundlage. So wurde das Negative Priming, wie bereits ausgeführt, ursprünglich konstruiert, um kognitive Hemmungsprozesse zu erfassen. Erste Erklärungsansätze gingen von einer Unterdrückung der Aktivierung der internen Repräsentation des zunächst automatisch aktivierten Distraktors durch eine kognitive Hemmungsfunktion selektiver Aufmerksamkeit aus (Tipper & Cranston, 1985). Ist im nächsten Trial die unterdrückte Distraktorrepräsentation zu beantworten, so bedarf die Reaktivierung dieser Repräsentation mehr Zeit, als die Antwort auf einen neuen Stimulus

(wie z.B. im Kontroll-Trial). Gegen diese Idee, dass die Aktivierung des Distraktors unter eine für die Beantwortung kritische Aktivierungs-Baseline fällt, sprachen jedoch auf empirischer Ebene Befunde einer Reaktionsbeschleunigung auf den vorherigen Distraktor, wenn im Probe-Display keine Selektionsanforderung besteht (Lowe, 1979) oder der zeitliche Abstand zwischen Prime und Probe-Display sehr kurz ist (20 bis 50 ms; Lowe, 1985; Neill & Westberry, 1987).

Tipper (1985) formulierte daraufhin einen anderen Wirkmechanismus kognitiver Hemmung, bei dem lediglich der Zugang der weiterhin aktivierten Distraktorrepräsentation zu einem Antwortmechanismus erschwert wird. Ein dem ursprünglichen Modell ähnlicheres Distraktorhemmungs-Modell formulierten jedoch Houghton und Tipper (1994), in dem erneut davon ausgegangen wird, dass nach dem Ausblenden von Target und Distraktorreiz die Aktivierung des Distraktors unter eine für die Antwort kritische Baseline fällt. Auch Strayer und Kollegen favorisieren ein Hemmungs-Modell des Negative Priming, in dem sie ein aktivationsabhängiges Hemmungsfeedback für die Distraktoren annehmen. Je öfter ein Objekt als Target dargeboten wird, desto stärker wird es aktiviert und desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass es später, als Distraktor dargeboten, mit der Aktivierung der gegenwärtigen Targetrepräsentation konkurriert. Entsprechend muss ein stärkeres Hemmungsfeedback erfolgen (z.B. Kramer & Strayer, 2001; Malley & Strayer, 1995; Strayer & Grison, 1999). An solchen Hemmungsmodellen des Negative Priming ist inzwischen Kritik laut geworden, die sich unter anderem auch auf den Zusammenhang zwischen Negative Priming und sog. Interferenzeffekten bezieht. Diese Kritik soll im Rahmen eines Exkurses im folgenden Abschnitt aufgegriffen werden, bevor auf weitere Kontroversen über die theoretischen Grundlagen der Reaktionsverzögerung beim Negative Priming eingegangen wird.

Problematisch für Distraktor-Unterdrückungs-Theorien des Negative Priming ist die Art der eher indirekten Schlussfolgerung, die Reaktionsverlangsamung im Probe-Display der Negative-Priming-Trials resultiere aus der Inhibition des Distraktors im vorausgehenden Prime-Display. Dieser Annahme folgend müsste ein Zusammenhang bestehen zwischen NP-Effekten und sog. Interferenzeffekten, die generell durch das Vorhandensein (vs. Fehlen) eines Distraktors ausgelöst werden. Die Interferenzeffekte werden ermittelt als Differenz in den Reaktionszeiten auf Target-plus-Distraktor-Trials (wie die Kontroll-Trials) und Trials, in denen nur ein einzelnes Target-Objekt, ohne Distraktor präsentiert wird (in der Regel irritierenderweise als Interferenztrials

bezeichnet, obwohl gerade hier, bei einem Einzel-Objekt, kein interferierender Distraktor vorhanden ist). Die zu beobachtende Verlangsamung auf die Target-plus-Distraktor-Trials (Kontroll-Trials) im Vergleich zu den Einzel-Targets (Interferenz-Trials) wird einer zusätzlich benötigten Zeit für die Unterdrückung des coaktiv interferierenden Distraktors zugeschrieben, um das Target selektiv beantworten zu können. Da die NP-Effekte aus genau dieser Art von Interferenzauflösung entstehen sollen (Unterdrückung eines im Prime-Display coaktiv interferierenden Distraktors), müsste sich ein inverser Zusammenhang zwischen der Größe von NP-Effekten und Interferenzeffekten zeigen. Je größer die Interferenzeffekte, desto stärker stört offenbar ein Distraktor die Verarbeitung eines Targets, kann also nicht effektiv unterdrückt werden. Ist der Distraktor aber nicht effektiv unterdrückt worden, sollten auch keine oder nur geringe NP-Effekte resultieren. Diese Beziehung zwischen Interferenzeffekten und NP-Effekten ist jedoch nicht konsistent gegeben, sondern es existieren auch Berichte großer Interferenz- im Zusammenhang mit großen NP-Effekten (vgl. z.B. Fox, 1995; May, Kane & Hasher, 1995). Vertreter eines hemmungsbasierten Erklärungsansatzes für die NP-Effekte können hier jedoch argumentieren, dass NP-Effekte eben reflexiv seien und dass die Stärke des Hemmungsfeedbacks, das ein Distraktor erhält, davon abhängt, wie stark er die aktuelle Leistung beeinträchtigen könnte. Je stärker der Distraktor stört (große Interferenzeffekte), desto stärker muss er anschließend gehemmt werden (große NP-Effekte), um einer Rückkehr in den bewussten Verarbeitungsstrom vorzubeugen und nicht die folgende Verarbeitung zu beeinträchtigen. Diese Interpretation wäre im Einklang mit der Distraktor-Hemmungs-Theorie von Strayer und Kollegen (Kramer & Strayer, 2001; Malley & Strayer, 1995; Strayer & Grison, 1999).

Mit dem Negative Priming als Messinstrument kognitiver Hemmungsprozesse sind auf konzeptueller und auf empirischer Ebene – gerade in Hinblick auf die gerontopsychologische Befundlage – einige weitere Kontroversen verbunden. So stehen der traditionellen Annahme eines durch kognitive Hemmungsprozesse verursachten NP-Effekts wie unter 5.2 kurz eingeführt, konkurrierende Theorien gegenüber, für die es ebenfalls empirische Evidenzen gibt.

Von der *Feature-mismatch-Theorie* (Park & Kanwisher, 1994) wird z.B. für Lokalisations-Negative-Priming-Versuche, in denen nicht auf die Identität, sondern auf die räumliche Position von Objekten zu reagieren ist, eine perzeptuelle Nicht-Übereinstimmung ("mismatch") zwischen Prime- und Probe-Reaktionsziel als Ursache für den NP-Effekt postuliert. Die Verzögerung im Sinne eines NP-Effekts soll sich

ergeben, wenn in Prime- und Probe-Display auf dieselbe räumliche Position reagiert werden soll, diese jedoch mit verschiedenen Reizen assoziiert ist. Die Verzögerung tritt unabhängig davon auf, ob der Reiz, auf den im Probe zu reagieren ist, zuvor im Prime den Status als Distraktor innehatte. Wichtig ist nur, dass in Prime- und Probe-Display unterschiedliche Targets dieselbe räumliche Position besetzen, wie Park und Kanwisher (1994) zeigen konnten. Es muss hier also keine Distraktorhemmung zur Erklärung des NP-Effekts herangezogen werden.

Die konkurrierende *Episodic-Retrieval-Theorie* (Neill et al., 1992) geht davon aus, dass im Prime-Display Gedächtnisspuren für Target und Distraktor angelegt werden, die auch Informationen über die jeweiligen Reaktionserfordernisse der gezeigten Objekte enthalten. Die Präsentation eines Target-Objekts im Probe-Display initiiert den automatischen Abruf der für dieses Objekt angelegten Gedächtnisspur. In Negative Priming Durchgängen interferiert die im Prime für den Distraktor angelegte Gedächtnisspur ("antworte nicht") mit der aktuellen Probe-Verarbeitung ("antworte"), was die Verzögerung gegenüber Kontrolldurchgängen erklärt. Eines der Hauptargumente der Episodic-Retrieval-Theorie gegen den Hemmungsansatz bezieht sich auf die zeitliche Wirkrichtung der beteiligten Prozesse. Der Episodic-Retrieval-Theorie folgend, verursacht ein rückwärtsgerichteter Abrufprozess während der Präsentation des Probe-Displays den NP-Effekt. Der Abruf der Gedächtnisspur aus dem Prime ist am wahrscheinlichsten, wenn die abzurufende Spur relativ kurz zurück liegt (geringer zeitlicher Abstand zwischen Prime und Probe) und gut von den Gedächtnisspuren vorangegangener Verarbeitungsepisoden diskriminiert werden kann (großer zeitlicher Abstand zu dem aktuellen Prime vorausgehenden Prime-Probe-Episoden). Da die Hemmung als vorwärts gerichteter Mechanismus angesehen wird, dürften Veränderungen des zeitlichen Abstands des Prime-Display zu vorangegangenen Verarbeitungsepisoden die Höhe des NP-Effekts nicht beeinflussen. Genau diese Beeinflussung wird aber von der Episodic-Retrieval-Theorie vorhergesagt und ist empirisch beobachtet worden (z.B. Neill et al., 1992).

Der *Temporal-Discrimination-Ansatz* (Milliken et al., 1998) betont ebenfalls die Wichtigkeit von Abrufprozessen. Milliken und Kollegen gehen davon aus, dass der NP-Effekt die Konsequenz eines aufmerksamkeitsbasierten zeitlichen Diskriminationsprozesses ist, der in Zusammenhang mit Gedächtnisabrufprozessen steht. Je nachdem, ob ein Reiz durch einen orientierenden Aufmerksamkeitsmechanismus als alt oder neu kategorisiert wird, erfolgt ein unmittelbarer Gedächtnisabruf oder eine

perzeptuelle Analyse. Eine Reaktion auf einen Reiz ist am schnellsten möglich, wenn dieser schnell als alt oder neu klassifiziert werden kann. Zweideutigkeit im Entscheidungsprozess verlangsamt dagegen die Reaktion. Negative Priming Paradigmen sorgen für eine solche Ambiguität, weil das Probe-Target durch einen orientierenden Aufmerksamkeitsmechanismus als neu kategorisiert wird – da es aber in Beziehung zum Prime-Distraktor steht, wird es durch einen Abrufmechanismus als alt kategorisiert, dies führt aufgrund gegensätzlicher Informationen aus Abruf- und Orientierungsmechanismus zur Interferenz und so zur Verlangsamung.

Die bisher diskutierten Theorien machen *entweder* rückwärtsgerichtete Gedächtnisabruf-/Interferenzprozesse für den NP-Effekt verantwortlich *oder* vorwärtsgerichtete Hemmungsprozesse. Der schon kurz in 5.2 vorgestellte duale Ansatz von May und Kollegen (1995) bzw. Kane et al. (1997) versucht dagegen, Abruf- und Hemmungstheorien des Negative Priming zu vereinen. Bestimmte experimentelle Manipulationen sollen zu einer Auslösung des Effekts durch einen automatischen Gedächtnisabrufprozess führen, während andere einen Hemmungsprozess initiieren sollen. Diese Annahmen stützen Kane et al. (1997) auf Befunde zum Positive Priming. Für die beim Positive Priming auftretende Reaktionsbeschleunigung auf ein Target, welches einen Zusammenhang zu einem zuvor präsentierten aufweist, werden ebenfalls zwei Mechanismen diskutiert. Die Beschleunigung beruht demnach in der Regel auf einem vorwärtsgerichteten, sich ausbreitenden Aktivationsprozess. Bei einer hohen Identifikationsschwierigkeit des Targets kommt es aber zu einer Beteiligung rückwärtsgerichteter Abrufprozesse, die die Beantwortung des Targets erleichtern können. Dies drückt sich in einem vergrößerten Beschleunigungsbetrag im Vergleich zu Bedingungen aus, in denen die Aktivationsausbreitung die Beschleunigung verursacht (Whittlesea & Jacoby, 1990). Kane et al. (1997) übertragen diese Befunde spiegelbildlich auf den Fall des Negative Priming. Automatische Abrufprozesse statt Hemmungsprozessen sollen in einer Versuchsanordnung immer dann zum Einsatz kommen, wenn die Erinnerung an Informationen aus dem Prime-Display die Identifizierung des Probe-Targets erleichtert (wenn z.B. überlagerte Bilder verwendet werden, zusätzlich zu den Kontroll- und NP-Trials eine große Anzahl von Positive Priming Trials im Experiment vorhanden ist oder die Antwort eine postlexikalische Entscheidung verlangt). Analog den Befunden zum Positive Priming wird in diesen Fällen für das Negative Priming ein stärkerer *Verzögerungsbetrag* erwartet, als wenn dieser durch Hemmung verursacht wird.

Gerontopsychologische Zusatzannahmen. Wenn die Effizienz kognitiver Hemmungsprozesse mit höherem Lebensalter abnimmt und dem NP-Effekt (unter bestimmten Umständen) ein von dieser Effizienzminderung betroffener Hemmungsmechanismus zugrunde liegt, sollte für ältere Erwachsene kein signifikanter NP-Effekt nachweisbar sein. Eine Anzahl von Studien wies, wie von der Hemmungs-Defizit-Theorie erwartet, für ältere Probanden keine oder abgeschwächte NP-Effekte nach, allerdings nur in solchen Studien, in denen auf die Identität eines zuvor ignorierten Reizes zu reagieren war (Connelly & Hasher, 1993; Hasher et al., 1991; Kane, Hasher, Stoltzfus, Zacks & Connelly, 1994; Kwong See, Tipper, Weaver & Ryan, 1994; McDowd & Oseas-Kreger, 1991). Ist dagegen auf eine zuvor ignorierte räumliche Position zu reagieren, waren keine altersbezogenen Veränderungen des NP-Effekts nachweisbar (Connelly & Hasher, 1993; McDowd, Filion & Baylis, 1992). Connelly und Hasher (1993) spezifizieren im Licht dieser Ergebnisse Zusatzannahmen über die Natur kognitiver Hemmungsprozesse, wie sie im Hemmungs-Defizit-Modell von Hasher und Zacks (1988) postuliert wurden. Beruhend auf einer Unterscheidung von Ungerleider und Mishkin (1982), wurden nun unterschiedlich alterssensitive Hemmungsmechanismen der neuronalen Pfade vorgeschlagen, die für die Verarbeitung von Lokalisations- und Identifikationsanforderungen verantwortlich sind. Die mit dem okzipitoparietalen System (Lokalisationsverarbeitung) assoziierten Hemmungsmechanismen sollten demnach im Gegensatz zu denen mit dem okzipitotemporalen System assoziierten (Identifikation) keiner Altersbeeinträchtigung unterliegen. Hier erfolgte bereits eine Einschränkung der Gültigkeit des Hemmungs-Defizit-Modells auf sehr spezifische Hirnfunktionen.

Dass z.T. auch in Studien mit Identifikationsanforderungen ein NP-Effekt für ältere Probanden beobachtet wurde (Kramer, Humphrey, Larish, Logan & Strayer, 1994; Sullivan & Faust, 1993; Sullivan, Faust & Balota, 1995), begründen May et al. (1995) mit den in ihrem dualen Ansatz beschriebenen experimentellen Manipulationen. Der in diesen Studien beobachtete Effekt sei infolge dieser Manipulationen entweder durch Abrufprozesse oder durch eine Kombination aus Lokalisationshemmung und "inhibition of return" zustande gekommen. Diese Studien lassen deshalb May und Kollegen (1995) zufolge nicht die Aussage unversehrter Identifikations-Hemmungsprozesse bei älteren Probanden zu. Wenn der NP-Effekt auf einer gedächtnisbasierten Interferenz beruht, die sich aus dem automatischen Abruf einer zuvor angelegten Gedächtnisspur ergibt, ist Kane et al. (1997) folgend eine annähernd ähnliche Reaktionsverzögerung älterer Erwachsener zu erwarten wie für jüngere Personen. Diese weit akzeptierte Erklärung

(vgl. auch Grant & Dagenbach, 2000; Schooler, Neuman, Caplan & Roberts, 1997) ist einigermaßen erstaunlich, da vor dem Hintergrund einer größeren Anfälligkeit älterer Erwachsener gegenüber proaktiven Interferenzen – die sich ja aus dem Abruf der vorherigen Gedächtnisspur und der Interferenz mit der aktuellen Reaktionsanforderung ergeben würde – sogar größere NP-Effekte älterer Personen vorherzusagen wären. Wenn nämlich die "deletion"-Funktion kognitiver Hemmung bei älteren Personen defizitär ist, so sollte es ihnen schwerer fallen, die vorherige Bedeutungszuordnung zu einem bestimmten Objekt auszublenden ("antworte nicht") und dann adäquat auf die gegenwärtige Anforderung zu reagieren ("antworte")⁶. Mit der Spezifikation solcher Zusatzannahmen in Bezug auf die Verursachung des NP-Effekts könnte jedoch zunächst die Annahme beeinträchtigt Hemmungsmechanismen im Alter trotz altersinvarianter NP-Effekte weiterhin als gültig betrachtet werden.

McDowd (2001) argumentiert in Hinblick auf das Auftreten vs. Fehlen von NP-Effekten älterer Erwachsener über Unterschiede in der aufmerksamkeitsbasierten Verarbeitung von Reizen. So sollen ältere Erwachsene, wann immer die Aufgabe es zulässt, eine frühe Selektion auf der Basis perzeptueller Eigenschaften bevorzugen (Farbe), während jüngere auf der Basis einer späten Selektion Negative Priming Anforderungen bearbeiten (auch die Identität des Distraktors verarbeiten). Es zeigt sich dann kein Identitäts-Negative Priming für ältere Erwachsene. Unabhängig davon, ob die Aufgabe eine frühe Selektion erlaubt, unterdrücken ältere Erwachsene bei räumlich separierten Objekten die Lokalisationsinformation von Distraktoren, was zu Negative Priming Effekten für ältere Erwachsene auch bei Identifikationsanforderungen führen kann. Ist eine solche räumliche Separierung nicht gegeben, weil Target und Distraktor überlagert sind, dann können Ältere weder die Lokalisationsinformation nutzen, noch (wegen der vergleichsweise schwierigen Identifikation des Targets) auf der Basis einer frühen Selektion agieren. Im Gegensatz zu jüngeren Erwachsenen unterdrücken sie erst dann die Identitätsinformation des Distraktors. Dieser Ansatz von McDowd (2001) würde jedoch im Prinzip besagen, dass die "access"-Hemmungsfunktion älterer Erwachsener

⁶ Die Vorhersage altersinvarianter NP-Effekte macht nur dann Sinn, wenn für die jüngeren Erwachsenen von einer additiven Wirkung der Effekte beider Klassen von Prozessen (Hemmung und Gedächtnis) auszugehen ist. Hier ist aber zu fragen, ob eine Reizrepräsentation, die aktiv unterdrückt wird, anschließend eine starke gedächtnisbasierte Interferenz auslösen dürfte, also nicht eher eine subtraktive Wirkung gegeben wäre.

sogar effektiver ist als die jüngerer, da die Identität des Distraktors, wann immer eine frühe Selektion möglich ist, gar nicht erst Zugang zum Arbeitsgedächtnis erhält.

Wenngleich im Angesicht der mit dem Negative Priming verbundenen Phänomenvielfalt ein integrativer Ansatz am sinnvollsten erscheint (Conway, 1999; Tipper, 2001), stellt sich die Frage, inwieweit eine so einfache Trennung von gedächtnis- und hemmungs-basierten Erklärungen für den NP-Effekt, wie sie im dualen Ansatz von May et al. (1995) vorgeschlagen wird, aufrecht zu erhalten ist. Solange unklar ist, welcher Verursachungsmechanismus dem NP-Effekt zugrunde liegt, erscheint es in jedem Fall kritisch, das Vorhandensein eines NP-Effekts in Stichproben älterer Probanden mit intakten Hemmungsfunktionen gleichzusetzen (z.B. Grant & Dagenbach; 2000).

Darüber hinaus existieren für die Argumentationsketten, wann ältere Erwachsene NP-Effekte zeigen und wann nicht (gedächtnis- vs. hemmungs-basierte Ansätze und Lokalisations- vs. Identifikationsanforderungen) mittlerweile kritische Befunde. So berichtet z.B. Metzler (2001) geringere NP-Effekte für ältere im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen für eine Lokalisationsanforderung, was gegen eine Altersinvarianz okzipitoparietaler Hemmungssysteme sprechen würde. Zum anderen weisen z.B. Gamboz, Russo und Fox (2000) für ältere Personen Negative Priming für eine Buchstabenidentifikation nach, bei der ein hemmungsbasierter Effekt anzunehmen ist (und zwar sowohl für eine einfache Distraktoridentifikation, die für ältere Erwachsene eine frühe Selektion ermöglichen sollte, als auch für eine schwierigere, die eine späte Selektion bewirken müsste). Gleichzeitig konnte in einer Studie von Pesta und Sanders (2000) für ältere Personen kein NP-Effekt in einer Aufgabe nachgewiesen werden, in der gedächtnisbasierte Effekte angenommen wurden. Grant und Dagenbach (2000) verwendeten in einer Studie zum Negative Priming bei älteren Erwachsenen das gleiche Versuchsmaterial wie Hasher und Kollegen (1991). Die Stimuli waren lediglich etwas größer und räumlich etwas weiter separiert, außerdem war der Stimulussatz reduziert worden. Während Hasher und Kollegen (1991) kein Negative Priming für ältere Erwachsene fanden, zeigten sich in der Studie von Grant und Dagenbach (2000) für jüngere und ältere Erwachsene gleichgroße NP-Effekte. Auch Schooler und Kollegen (1997) wiesen NP-Effekte unter Bedingungen nach, die dem dualen Ansatz von May et al. (1997) folgend hemmungskorreliert sind. Vor dem Hintergrund dieser heterogenen Befunde gelangt eine Metaanalyse von 1998 (Verhaeghen & De Meersman) noch zum Schluss geringerer NP-Effekte älterer Erwachsener, während eine aktuellere Metaanalyse

(Gamboz et al., 2002) eine Altersinvarianz des Identitäts-Negative Priming zur Quintessenz hat.

Ein ähnlich heterogenes Bild zeichnet sich jedoch auch für das Negative Priming im Zusammenhang mit der Untersuchung weiterer Populationen ab, für die defizitäre Hemmungsmechanismen postuliert wurden. So waren zunächst für Gruppen hoch vs. gering schizotyper Personen keine NP-Effekte nachweisbar (Green & Williams, 1999; Moritz & Mass, 1997), ebenso wenig wie für schizophrene Patienten (Fuller et al., 2000) oder auch Parkinsonpatienten (Filoteo, Rilling & Strayer, 2002). Demgegenüber stehen jedoch genauso Befunde normaler NP-Effekte der entsprechenden Gruppen (z.B. Baving, Wagner & Cohen, 2001; MacDonald, Antony & MacLeod, 1999; Wylie & Stout, 2002). Diese Heterogenität wirft – neben den zuvor beschriebenen Unklarheiten bezüglich der Validität des Paradigmas, im Sinne der verschiedenen Möglichkeiten, auf welchem Verarbeitungsprozess der NP-Effekt letztlich beruht – die Frage nach der Reliabilität des Paradigmas zur Erfassung interindividueller aber auch von Gruppenunterschieden der dem NP-Effekt zugrunde liegenden Verarbeitungsprozesse auf. Es ist in diesem Zusammenhang noch einmal darauf hinzuweisen, dass es sich beim NP-Effekt um einen Differenzscore handelt. In Hinblick auf die Reliabilität besteht hier die Problematik, dass Differenzscores durch zwei Messungen bedingt werden (Kontroll-Reaktionszeiten und Negative-Priming-Reaktionszeiten). Beide sind jeweils mit einem Messfehler behaftet, so dass für den aus den beiden Ausgangsvariablen ermittelten Differenzscore ein doppelter Messfehler zu berücksichtigen ist.

6.3 Zusammenfassung und Erweiterung der gerontopsychologischen Perspektive

Das Hemmungs-Defizit-Modell (Hasher et al., 1999) sagt sowohl in Bezug auf Gedächtnisanforderungen als auch in Bezug auf Aufmerksamkeitsanforderungen eine höhere Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener gegenüber pro- bzw. coaktiven Distraktorinterferenzen voraus. Diese höhere Interferenzanfälligkeit soll dem Modell zufolge auf defizitären Hemmungsfunktionen beruhen, die wiederum als ein zentraler Faktor zur Erklärung von Altersdifferenzen in der Kognition verstanden werden. Das Bild, das sich für die beiden betrachteten Paradigmen der komplexen Gedächtnisspanne und des Negative Priming empirisch bietet, ist jedoch offenbar geprägt von einer Situation, in der sich a) zwar immer mal wieder, aber nicht konstant eine höhere Interferenzanfälligkeit nachweisen lässt, b) eine geringere Widerstandsfähigkeit gegen

Interferenzen oder Inhibitionsdefizite zur Erklärung von Altersunterschieden in der Aufgabenleistung lediglich denkbar, aber nicht zwingend sind oder c) gar nicht eindeutig beschreibbar ist, was unter einer stärkeren Interferenzanfälligkeit überhaupt zu verstehen ist.

So ist es für das Negative Priming nach einer strengen Definition des Konstrukts "stärkere Interferenzanfälligkeit" als nachhaltigere *Leistungsbeeinträchtigung* älterer Erwachsener in Zusammenhang mit einer intensiveren Verarbeitung von Störreizen sehr schwierig überhaupt zu umreißen, was empirisch als stärkere Interferenzanfälligkeit zu bewerten ist. Die erwarteten Altersdifferenzen unterscheiden sich, basierend auf unterschiedlichen Erklärungsvorschlägen hinsichtlich der Ursache der Reaktionsverzögerung. Die ursprüngliche Erklärung von Altersunterschieden beim Negative Priming über defizitäre Hemmungsmechanismen würde eine *fehlende* Reaktionsverlangsamung Älterer infolge der mangelhaften Unterdrückung des Distraktors im Prime-Display erwarten. Damit würde jedoch eigentlich *das Gegenteil* einer stärkeren Interferenzanfälligkeit als Anzeichen von Hemmungsdefiziten gewertet, nämlich die fehlende *Reaktionsbeeinträchtigung* älterer Erwachsener im Vergleich zu jüngeren Personen. Von einem gedächtnisbasierten Ansatz ausgehend, würde die Verlangsamung beim Negative Priming auf der Auflösung einer Interferenzsituation beruhen, die sich im Zusammenhang mit dem automatischen Abruf einer zuvor angelegten, interferierenden Gedächtnisspur ergibt. Diesem Ansatz folgend könnten die älteren Erwachsenen sogar eine noch stärkere Reaktionsverlangsamung aufweisen als die jüngeren. Insgesamt zeigen einige Studien Alterseffekte, andere – teilweise unter Verwendung nahezu identischer Versuchsanordnungen – nicht und eine Metaanalyse, die auf der Ebene von Gesamtmittelwerten bzw. Effektgrößen argumentiert, spricht augenblicklich sogar für eine Altersinvarianz der Effekte (vgl. 6.2). Auch in Hinblick auf die Gedächtnisspannenaufgabe ist keine einheitliche Unterstützung dafür gegeben, dass eine geringere Widerstandsfähigkeit gegenüber proaktiven Interferenzen zentral für die Erklärung von Altersdifferenzen ist. Für Lesespannenaufgaben kann nur teilweise eine Erklärung von Altersunterschieden über Unterschiede in der Interferenzresistenz aufrechterhalten werden. Für Ziffernmaterial scheinen Altersunterschiede in der Gedächtnisspanne auf anderen Mechanismen zu beruhen oder das unmittelbar Interferenz auslösende Potenzial der Ziffernaufgabe ist schon an sich so hoch, dass die angezielte Verringerung proaktiver Interferenzen aus vorangegangenen Sequenzen durch eine ab- vs. aufsteigende Darbietung nicht gelingt und gegenüber der Interferenz in jeder

gezeigten Einzelsequenz zu vernachlässigen ist. Die Altersunterschiede infolgedessen in beiden Darbietungsvarianten über Unterschiede in der Hemmungseffizienz erklären zu wollen, birgt jedoch die Gefahr der Zirkularität (vgl. 4.2).

Eine Möglichkeit, die uneinheitliche Befundlage in Hinblick auf eine stärkere Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener zu erklären, ohne den Gültigkeitsanspruch des Hemmung-Defizit-Modells einzuschränken, könnte in mangelnden Konstruktvaliditäten und auch Reliabilitäten der zur Messung der Hemmungseffizienz eingesetzten Verfahren liegen. So wird zum einen, wie für die Gedächtnisspanne beschrieben (vgl. 6.1), offenbar häufig die multiprozessuale Bedingtheit der in einer Aufgabe zu erzielenden Leistung bei der Interpretation von Altersunterschieden zu wenig berücksichtigt. Zum anderen ist es denkbar, dass eingesetzte Paradigmen aus testtheoretischer Sicht gar nicht in der Lage sind, das angezielte Konstrukt der Hemmungseffizienz in einer stabilen (reliablen) Art und Weise zu erfassen. In Hinblick auf komplexe Spannenmaße gelangen zwar z.B. Waters und Caplan (2003) in einer Studie, in der interne Konsistenzen und Retest-Reliabilitäten verschiedener komplexer Spannenaufgaben erhoben wurden (u. a. auch die einer Lesespannenaufgabe und der Ziffernspanne rückwärts), zu dem Schluss, dass diese "have acceptable psychometric properties in elderly subjects" (S. 562). Andererseits weisen die Autoren aber auch auf nur geringe Korrelationen zwischen verschiedenen komplexen Spannenmaßen hin, die für Unterschiede in den zugrunde liegenden Verarbeitungsprozessen sprechen.

In Bezug auf das Negative Priming belegen die unter 6.2 berichteten Befunde beträchtliche Schwankungen der Ergebnisse sogar bei Verwendung nahezu identischer Versuchsanordnungen. Dieses auch in der eigenen Arbeit (5.1) verwendete Paradigma ist in den letzten Jahren in Bezug auf seine psychometrischen Qualitäten erheblich kritisiert worden (vgl. Friedman & Miyake, 2004; Persad, Abeles, Zacks & Denburg, 2002), nachdem es zunächst lange als bestes Messinstrument kognitiver Hemmungskontrolle galt (Fox, 1995). So ist es beim Negative Priming zum einen schwierig, die genauen Verarbeitungsprozesse abzugrenzen, die die Reaktionsverzögerung auf zuvor ignorierte Reize bewirken. Zum anderen scheint gerade für dieses Paradigma aus testtheoretischer Sicht zu hinterfragen, inwieweit zu erzielende Werte überhaupt in einer reliablen Art und Weise erfasst werden können. Vor dem Hintergrund der Verwendung unreliabler Messinstrumente hätte das Hemmungs-Defizit-Modell kognitiven Alterns nur geringe Chancen, sich überhaupt zu bewähren. Die vornehmlich gerontopsychologische Perspektive der vorliegenden Arbeit wurde im Rahmen dieser Idee zunächst um eine

dritte, testtheoretisch orientierte Fragestellung erweitert. In dieser wird versucht, die Reliabilität des Negative Priming zu optimieren, bevor grundlegendere Schlussfolgerungen aus der Befundlage in Hinblick auf den Geltungsbereich der Hemmungs-Defizit-Theorie in Betracht gezogen werden.

7 Fragestellung 3

Wie in den vorausgehenden Abschnitten dargelegt, scheint es recht schwierig zu sein, das Konstrukt der Hemmungskontrolle empirisch zu erfassen und somit auch entsprechende Altersunterschiede in dieser Fähigkeit zu evaluieren. So weist Tipper (2001, S. 207) darauf hin, dass "inhibitory control, so crucial for coherent behaviour is difficult to directly measure in normal human subjects. Therefore, it has been necessary to develop indirect measures such as priming techniques". Viele Studien zum Negative Priming haben zwar in der Vergangenheit ganz allgemein die Frage nach der Validität, dessen was gemessen wird, aufgegriffen und kritisiert, inwiefern die Reaktionsverzögerung auf zuvor ignorierte Reize tatsächlich kognitiven Hemmungsmechanismen zuzuschreiben ist. In nahezu keiner Veröffentlichung, in der gerontopsychologische Gruppenvergleiche mit dem Negative-Priming-Paradigma vorgenommen wurden, ist jedoch ein Verweis auf die Reliabilität der erzielten NP-Effekte zu finden. So geben lediglich Earles und Kollegen (1997) eine Reliabilitätsschätzung an, die sich jedoch, wie Bestgen und Dupont (2000) kritisieren, auf die reinen Reaktionszeiten der Primebedingungen und nicht auf die ermittelten Effekte bezieht. Eine mangelnde Reliabilität ist jedoch eine nicht zu vernachlässigende Einflussgröße in Hinblick auf eine immer noch als heterogen einzuschätzende Befundlage zum Negative Priming im Alter. Nachdem die beiden bislang dargestellten Fragestellungen der vorliegenden Arbeit einen gerontopsychologischen Fokus hatten (vgl. 4.1 und 5.1), beschäftigt sich die dritte Fragestellung mit dem Aspekt der testtheoretischen Güte der Erfassung von NP-Effekten. Dieser Thematik wurde allerdings mit einem eher differenzialpsychologisch orientierten Fokus nachgegangen. Dabei ist der Versuch unternommen worden, die Reliabilität von NP-Effekten zu optimieren. Die bearbeitete Fragestellung ist als Originalarbeit in der Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie erschienen (Titz, Behrendt, Hasselhorn & Schmuck, 2003).

7.1 Ist der Negative Priming Effekt zur reliablen Abbildung interindividueller Differenzen kognitiver Hemmung geeignet?⁷

Die Fähigkeit, sich auf Wesentliches zu konzentrieren und dabei ablenkende Informationen zu ignorieren, ist im Angesicht einer Vielfalt von Umgebungsreizen zentral, um im Alltag angemessen und zielgerichtet agieren zu können. Bezüglich solcher alltäglicher Aufmerksamkeitsleistungen scheint es aber erhebliche individuelle Unterschiede zu geben. Während einige Personen besser auf bestimmte Ziele fokussieren, sind andere leichter ablenkbar. Aus dieser Ablenkbarkeit heraus können Aufmerksamkeitsfehler mit teilweise schwerwiegenden Konsequenzen resultieren, wenn z.B. im Straßenverkehr Signale übersehen werden, weil die Aufmerksamkeit auf für die Fahrzeugführung unwichtige Reize gerichtet wird. Als Ursache werden Defizite eines zentralen Mechanismus der Informationsverarbeitung diskutiert, den man als *kognitive Hemmung* bezeichnet (Bloem & Schmuck, 1999; Tipper & Cranston, 1985). Die kognitive Hemmung soll als Basismechanismus selektiver Aufmerksamkeit dazu führen, dass zunächst aktivierte Gedächtnisrepräsentationen irrelevanter Reize unterdrückt werden (z.B. Houghton & Tipper, 1994; Keele & Neill, 1978). Ineffiziente Hemmungsprozesse würden zu einer mangelhaften Unterdrückung irrelevanter Wahrnehmungsquellen führen, so dass sich die Signalintensität wichtiger Reize und unwichtiger Reize nicht hinreichend unterscheidet und infolgedessen eine aktionszentrierte Auswahl von Handlungsalternativen erschwert ist.

Die Erfassung individueller Differenzen in der Effektivität mit der solche Basismechanismen selektiver Aufmerksamkeit funktionieren, erscheint aus verschiedenen Perspektiven viel versprechend. Zum einen sollen Hemmungsprozesse als zentraler kognitiver Mechanismus die Inhalte des Arbeitsgedächtnisses limitieren und können so zu Unterschieden in der Kohärenz der Informationsverarbeitung beitragen (Frith, 1979; Hasher, Stoltzfus, Zacks & Rympha, 1991). Zum anderen bringt man eine reduzierte Hemmungseffizienz mit bestimmten kognitiven Dysfunktionen in Zusammenhang (vgl. z.B. Schmuck & Bloem, 1998).

⁷ Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts (Schm 1221/1-3). Für die Mithilfe bei der Durchführung der Studien danken wir Simone Eilers, Dagmar Nustede und Martina Widera.

In der experimentellen Psychologie entwickelte Tipper (1985) zur empirischen Erfassung kognitiver Hemmungsprozesse *Negative Priming Experimente* (NP), die lange als beste Möglichkeit zur Messung der Hemmungskontrolle galten (Fox, 1995). Ein typisches NP-Experiment besteht aus mehreren Durchgängen (Trials) mit einem jeweils zuerst gezeigten Prime-Display und einem darauf folgenden Probe-Display. In Prime- und Probe-Display werden simultan je zwei Stimuli präsentiert, von denen einer zu benennen oder per Tastendruck als Reaktionsziel (Target) auszuwählen ist, während der andere ignoriert werden muss (Distraktor). Target und Distraktor sind z.B. durch ihre Farbe unterscheidbar. In den Trials einer Kontroll-Bedingung besteht keine Beziehung zwischen den Stimuli des Prime- und denen des anschließenden Probe-Displays, in den Trials der NP-Bedingung wiederholt sich dagegen der Distraktor des Prime-Displays im Probe-Display als Target (s. Abbildung 1). Als abhängige Variable wird die Reaktionszeit auf die Probe-Displays der verschiedenen Primebedingungen (Kontrolle, NP) gemessen. Hier zeigt sich üblicherweise eine Reaktionsverzögerung auf die NP-Trials verglichen mit den Kontroll-Trials. Diesen als Differenzscore ermittelten Wert bezeichnet man als NP-Effekt.

Der NP-Effekt ist in Stichproben junger, gesunder Probanden äußert robust für unterschiedliche Sinnesmodalitäten (akustisch, visuell), Stimulusmaterialien und Reaktionsanforderungen nachweisbar (für Überblicksartikel s. z.B. Fox, 1995; May, Kane & Hasher, 1995). Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Antwortverzögerung auf einem zentralen kognitiven Mechanismus beruht. Eine der favorisierten Erklärungsalternativen der Verzögerung ist, dass während der Prime-Darbietung die zunächst aktivierte Gedächtnisrepräsentation des Distraktors durch einen kognitiven Hemmungsmechanismus selektiver Aufmerksamkeit unterdrückt wird. Ist im anschließenden Probe-Display der ehemalige Distraktor das Reaktionsziel, muss zunächst die residuale Hemmung aus dem Prime-Display überwunden werden, was zusätzliche Verarbeitungszeit beansprucht (Tipper, 2001). Große Reaktionsverzögerungen auf zuvor ignorierte Reize reflektieren demnach eine effektive, geringe Verzögerungen eine eher schwache Unterdrückung irrelevanter Reize.

Aufgrund der Robustheit, mit der das NP-Phänomen in der psychologischen Forschung nachweisbar ist, wurden NP-Experimente auch zur Untersuchung verschiedener Personengruppen genutzt, deren kognitive Beeinträchtigungen mit einer verminderten Fähigkeit irrelevante Wahrnehmungsquellen zu ignorieren, assoziiert werden. Reduzierte oder fehlende NP-Effekte konnten z.B. für Personen mit vielen vs.

wenig selbstberichteten Aufmerksamkeitsfehlern (Bloem & Schmuck, 1999), für hoch vs. gering schizotype Personen (Green & Williams, 1999; Moritz & Mass, 1997) für schizophrene Patienten (Fuller, Frith & Jahanshahi, 2000) und auch für ältere im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen (Hasher et al., 1991) nachgewiesen werden. In jüngerer Zeit mehren sich jedoch Befunde unauffälliger NP-Effekte der genannten Personengruppen (z.B. Baving, Wagner & Cohen, 2001; MacDonald, Antony & MacLeod, 1999; Pesta & Sanders, 2000), trotz teilweise nahezu identischer experimenteller Umsetzungen der NP-Anforderung.

Dieses heterogene Ergebnismuster wirft nicht zuletzt die Frage auf, ob das NP-Phänomen hinreichend reliabel zur Untersuchung interindividueller Differenzen der zugrunde liegenden Verarbeitungsprozesse ist, bzw. gestaltet werden kann. Wie z.B. Pesta und Sanders (2000) anmerken, sind NP-Effekte nämlich im Allgemeinen eher schwach (um -20 ms) und es scheint in nahezu jeder Stichprobe Personen zu geben, die gar keine Reaktionsverzögerung zeigen. Schmuck und Bloem (1998) verglichen deshalb verschiedene Varianten von NP-Experimenten, um herauszufinden, unter welchen Bedingungen der zeitliche Verzögerungseffekt besonders hoch ausfällt. Es gelang ihnen, mit einem Bild-Identifikations-Verfahren, in dem eines von zwei überlagerten Objektbildern zu benennen war, NP-Effekte von über -50 ms zu messen. Neben NP- und Kontroll-Trials gab es hier aber eine zusätzliche *Positive Priming Bedingung*, in der das Target in Prime und Probe identisch ist (PP-Trials, s. Abbildung 1). Die Bedeutung solcher Zusatz-Trials für die Auslösung des NP-Effekts durch einen bestimmten Verarbeitungsprozess ist jedoch strittig. So postulieren z.B. Kane, May, Hasher, Rahal und Stoltzfus (1997), dass PP-Trials zu einer Auslösung automatischer Abrufprozesse führen, die dann zu deutlich größeren NP-Effekten beitragen. Die Idee dabei ist, dass im Prime-Display eine Gedächtnisspur über die Reaktionsanforderung von Target und Distraktor angelegt wird ("reagiere" vs. "reagiere nicht"), deren Abruf in den PP-Trials eine schnellere Reaktion auf die hier in Prime und Probe identischen Targets ermöglicht. In den NP-Trials kommt es jedoch zu einer Verlangsamung, da widersprüchliche Informationen hinsichtlich der Reaktion auf dasselbe Objekt vorliegen (Distraktor vs. Target). Es ist deshalb nicht auszuschließen, dass die von Schmuck und Bloem (1998) in einer Versuchsanordnung mit PP-Trials berichteten relativ großen NP-Effekte eher einen automatischen Abruf als kognitive Hemmung reflektieren. Solche Alternativerklärungen für den NP-Effekt, wie sie z.B. auch von Milliken, Joordens, Merikle und Seiffert (1998) vorgeschlagen werden (als Entscheidungsverzögerung bei der Auswahl der adäquaten

Verarbeitungsprozessroute für NP-Reize infolge ihrer erschwerten Kategorisierung als alt oder neu), schmälern jedoch nicht das Interesse, individuelle Differenzen im NP zu untersuchen (Bestgen & Dupont, 2000). Unabhängig davon, welcher *spezifische* Prozess zum NP führt, scheinen die involvierten Prozesse zentral für die Bewältigung selektiver Aufmerksamkeitsanforderungen zu sein, deshalb gilt das NP-Phänomen als ein übergeordneter Index selektiver Aufmerksamkeit (Conway, Tuholski, Shisler & Engle, 1999). Bestgen und Dupont (2000) untersuchten vor diesem Hintergrund, inwieweit sich das NP-Phänomen für differentielle Zwecke nutzbar machen lässt. Die Autoren ermittelten die Reliabilität der NP-Effekte von Wort-Identifikations-, Lokalisations- und Stroop-Experimenten, die bereits verschiedentlich im Zusammenhang mit klinischen oder differentiellen Fragestellungen eingesetzt wurden. Für keine der genannten Versuchsanordnungen gelang es jedoch, in der NP-Bedingung reliable Effekte zu erzielen, obwohl bei einer alternativen Primebedingung ein reliabler Differenzscore nachweisbar war. Ausgehend von der Anregung der Autoren, die Reliabilität weiterer NP-Aufgaben zu überprüfen bzw. zu optimieren, untersucht die vorliegende Arbeit die Reliabilität der NP-Effekte einer Bildbenennungsaufgabe, da mit diesem Aufgabentyp bereits für andere Ergebnisparameter (z.B. Größe der NP-Effekte) viel versprechende Resultate erzielt werden konnten (vgl. hierzu Schmuck & Bloem, 1998).

Studie 1

Studie 1 greift drei Aspekte der psychometrischen Eigenschaften von NP-Experimenten auf. Das zentrale Anliegen ist die Prüfung der Reliabilität der NP-Effekte einer Bildbenennungsaufgabe mit und ohne zusätzliche Positive-Priming-Trials (PP) und der Vergleich zur Reliabilität der Effekte einer anderen Primebedingung. Zweitens wird im Zusammenhang mit der Inhaltsvalidität überprüft, inwieweit zusätzliche PP-Trials zu größeren NP-Effekten führen als Versuchsanordnungen ohne solche Trials, da in ersteren vor allem abrufbasierte, in letzteren dagegen hemmungsbasierte NP-Effekte vermutet wurden (Kane et al., 1997). Drittens soll exploriert werden, inwieweit für ein Bild-Benennungs-Experiment auch ohne PP-Trials ähnlich starke Reaktionsverlangsamungen erzielt werden, wie in der Studie von Schmuck und Bloem (1998).

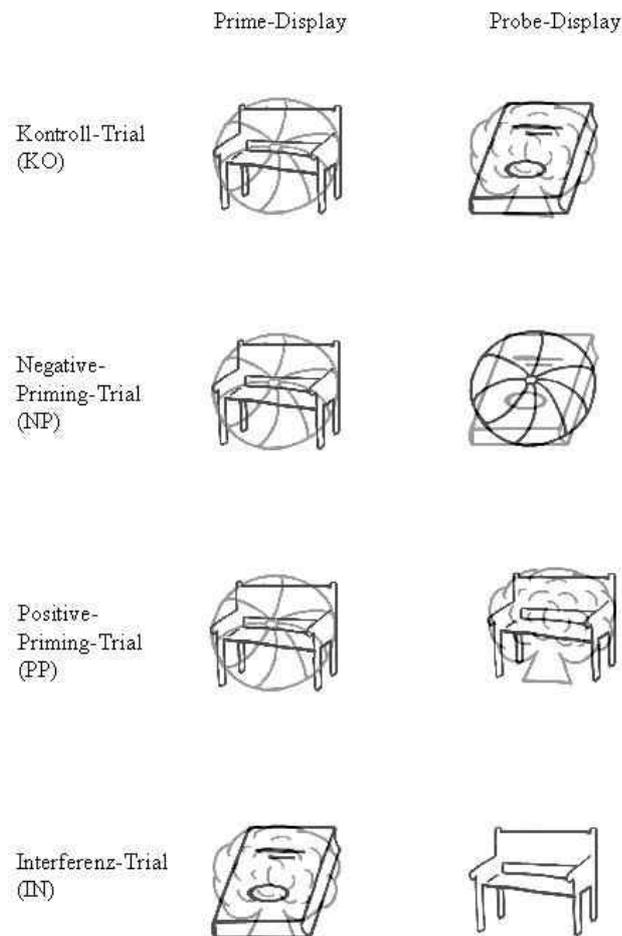


Abbildung 1. Primebedingungen. Das schwarze Objekt ist zu benennen (Target), das graue zu ignorieren (Distraktor). Ein Trial umfasst das zuerst dargebotene Prime-Display und das unmittelbar folgende Probe-Display. In Kontroll-Trials weisen Prime- und Probe-Stimuli keinen Zusammenhang auf. In Negative-Priming-Trials wiederholt sich der Distraktor des Prime-Displays (Ball) im Probe-Display als Target. In Positive-Priming-Trials werden in Prime und Probe identische Targets präsentiert. In Interferenz-Trials ist ein einzelnes Target ohne Distraktor zu beantworten.

Methode

Design. Das Messwiederholungs-Design besteht aus dem zweifach gestuften Faktor Trialbedingung (*Phase 1*, ohne PP-Trials vs. *Phase 2*, mit PP-Trials) und dem drei- (*Phase 1*) bzw. vierfach (*Phase 2*) gestuften Faktor Primebedingung (Kontrolle, NP, PP, Interferenz, s.u.), der die Beziehung zwischen Prime- und Probe-Stimuli kennzeichnet. Da in *Phase 1* keine PP-Trials vorkamen, die Struktur der NP-Anforderung aber nicht zu offensichtlich sein sollte (vgl. hierzu auch das Vorgehen von Bestgen & Dupont, 2000),

wurde neben der Kontroll- (KO, keine Beziehung zwischen Prime- und Probe-Stimuli) und der NP-Bedingung (Prime-Distraktor wiederholt sich als Probe-Target) eine Interferenz-Bedingung (IN) aufgenommen, bei der im Prime-Display nur ein Target ohne Distraktor gezeigt wird. In der zweiten Phase des Experiments kommen die PP-Trials hinzu (gleiches Target in Prime und Probe). Die zur Berechnung der NP-Effekte relevante abhängige Variable ist die Reaktionszeit auf die Probe-Displays (mittlere Reaktionszeiten KO minus NP).

Probanden. An der Untersuchung nahmen 30 Psychologiestudierende des ersten Studienabschnitts im Alter zwischen 21 und 35 Jahren ($M = 28,3$) teil. Alle Probanden (Pbn) waren normal- oder korrigiert normalsichtig, keiner der Pbn gab Farbenblindheit an. Es wurden 19 Frauen und 11 Männer untersucht.

Stimuli. Wie in der Studie von Schmuck und Bloem (1998) sollte die Kategorie von Objekten benannt werden. Zu fünf Oberbegriffen wurden deshalb mit dem Computerprogramm "Corel Draw 8.0" je zwei Strichzeichnungen prototypischer Objekte in gleicher Größe und Strichstärke jeweils in rot und grün erstellt. Die als Oberbegriff ausgewählten Objekte *BALL*, *BANK*, *BAUM*, *BUCH* und *BOOT* beginnen alle mit dem gleichen Plosivlaut. Dieser Wortbeginn stellt eine Optimierung des Versuchsmaterials dar, weil das Mikrophon jede Antwort unmittelbar beim Aussprechen der ersten Silbe registriert, so dass Fehlerstreuung zulasten der Answerfassung reduziert wird. Die Zeichnungen der roten und grünen Objekte wurden komplett überlagert, so dass sie ein Rechteck von 8x9 cm ausfüllten. Es wurden nie zwei Objekte mit demselben Oberbegriff überlagert. Auf diese Weise ergaben sich 80 Displays, aus denen für *Phase 1* 120 Prime-Probe-Paare aus 60 KO-Trials und je 30 IN- und NP-Trials zusammengestellt wurden. Für die 120 Trials der *Phase 2* wurden nur 30 KO-Trials, dafür aber zusätzlich 30 PP-Trials erstellt. Eine pseudorandomisierte Trialvorgabe verhinderte, dass identische Primebedingungen oder Targets mehr als zweimal unmittelbar aufeinander folgten.

Durchführung. Die Untersuchungen fanden in Einzelsitzungen in einem normal beleuchteten Raum statt. Nachdem eine mögliche Farbfehlsichtigkeit ausgeschlossen war, setzten die Pbn sich vor einen Monitor, über den Instruktionen und Versuchsmaterialien dargeboten wurden und bekamen die Aufgabe, so schnell und genau wie möglich die Kategorie eines grünen Objekts zu benennen, das nach einem Fixationskreuz in der Bildschirmmitte erschien. Das gleichzeitig präsentierte rote Objekt sollte ignoriert werden. Die Antworten wurden über ein Mikrophon registriert, das mit einer MEL-

Serial-Response-Box (Modell 201 A) verbunden war und zuvor auf die individuelle Stimmstärke des Pbn adjustiert worden war. Nach 12 Übungsdurchgängen starteten die mit der Software MEL 2.1 programmierten je 120 experimentellen Trials beider Phasen, mit einer Pause nach jeweils 60 Trials. Der Versuchsleiter protokollierte außerhalb des Blickfeldes der Pbn fehlerhafte Antworten. Vor jedem Trial sahen die Pbn zunächst ein *Ready-Display*, mit der Aufforderung die Leertaste einer Computertastatur zu betätigen, um den nächsten Trial zu starten. Die Pbn bearbeiteten dann die folgende Ereignissequenz: (a) Fixationskreuz im Bildschirmzentrum (400 ms), (b) Prime-Display (200 ms), (c) Maske aus x-Reihen, die das Display vollständig abdeckte (100 ms), (d) leerer Bildschirm (900 ms), (e) Fixationskreuz (400 ms), (f) Probe-Display (200 ms), (g) Maske (100 ms), (h) leerer Bildschirm (900 ms), (i) Feedback an die Pbn (1500 ms) als Piepton bei nicht registrierten Antworten, anderenfalls Rückmeldung der Reaktionszeit, (j) Ready-Display (bis Pbn-Reaktion). Die Pbn mussten sowohl auf das Prime- als auch auf das Probe-Display reagieren, als abhängige Variable wurde jedoch nur die für die Berechnung der NP-Effekte relevantere Reaktionszeit auf die Probe-Displays gemessen. Als Kontrollvariable zur Abschätzung der Häufigkeit von Aufmerksamkeitsfahrlässigkeiten im Alltag füllten die Pbn zwischen 1. und 2. Phase des Experiments den Cognitive-Failure-Fragebogen (CFF, 1995) aus. Am Ende des Experiments erfragte der Versuchsleiter, ob die NP-Manipulation bemerkt wurde, was jedoch alle Pbn verneinten.

Ergebnisse

Negative Priming. Sofern nicht anders erwähnt, wurde für alle inferenzstatistischen Analysen der Fehler erster Art auf $\alpha = .05$ festgelegt. Zur Berechnung der NP-Effekte wurden zunächst die in Prime oder Probe falsch beantworteten Trials (Stottern, falscher Begriff, keine Antwort) und solche Trials, in denen die Reaktionszeiten aufgrund physiologischer Begrenzungen als Fehl-Triggerungen des Mikrofons gewertet wurden (schneller als 250 ms) oder in denen die Reaktionszeiten zwei Standardabweichungen über dem Mittelwert je Pbn und Primebedingung lagen, als Ausreißer von der weiteren Analyse ausgeschlossen (10.9 % aller Trials, davon 7.0 % Fehler). Über die verbleibenden Antwortlatenzen der KO- und NP-Trials wurde eine 2 x 2-faktorielle Messwiederholungs-Varianzanalyse mit den Faktoren Trialbedingung (ohne vs. mit PP-Trials) und Primebedingung (KO, NP) berechnet. Der Haupteffekt Primebedingung wird im Sinne einer langsameren Antwort auf NP- vs. KO-Trials signifikant $F(1, 29) = 26.59$; $MSE = 288.33$, $p < \alpha$. Die NP-Effekte beider Trialbedingungen unterscheiden sich nicht

(keine Interaktion Primebedingung x Trialbedingung). Die Verzögerung beträgt jeweils -16 ms, was einer Effektgröße von $d = 0.36$ in *Phase 1*, bzw. $d = 0.30$ in *Phase 2* entspricht (Cohen's d). Aufgrund der insgesamt geringen Verzögerungseffekte wurde eine differenzierte deskriptive Betrachtung der NP-Effekte jedes einzelnen Pbn vorgenommen, dabei fielen für beide Phasen je 8 Pbn auf, die bei unauffälligen CFF-Scores und PP-Effekten keine NP-Effekte zeigten.

Reliabilität. Zur Schätzung der Reliabilität wurde das von Bestgen und Dupont (2000) vorgeschlagene Verfahren übernommen. Dazu wurden auf der odd-even Methode basierende Testhälften für die Reaktionszeiten je Primebedingung sowohl für die erste als auch die zweite Phase des Versuchs gebildet und jeweils korreliert. Die NP-Effekte wurden je Phase und Testhälfte über eine lineare Regression als Residuen der aus der KO-Bedingung geschätzten Antwortlatenzen der NP-Bedingung ermittelt. Die erste Regression basiert jeweils auf den Reaktionszeiten der ungeraden, die zweite Regression auf den Reaktionszeiten der geraden Trials der KO und NP-Bedingung. Zur Reliabilitätsbestimmung wurden die Residuen korreliert, und mit der Spearman-Brown-Formel um Testlängen-Effekte korrigiert (üblichere Reliabilitätsanalysen führen zu identischen Schlussfolgerungen). Analog wurde mit der PP-Bedingung verfahren. Tabelle 1 verdeutlicht für die NP- ($r = .02$ bzw. $r = .34$) im Gegensatz zu den PP-Effekten ($r = .72$) eine mangelnde Reliabilität bei gleichzeitig hoher Reliabilität der sie konstituierenden Antwortlatenzen. Korrelationen zu den mitgeführten Validierungsvariablen erscheinen somit wenig sinnvoll.

Tabelle 1. Mittlere Reaktionszeiten (RZ) und Effekte (Diff.) in ms sowie Split-half-Reliabilitäten für die Primebedingungen in Studie 1, Phase 1 und 2

	Primebedingung ^a			Effekte ^a	
	KO	NP	PP	KO - NP	KO - PP
Phase 1					
RZ/Diff.	527	543	-	-16	-
SD	(42)	(47)	-	(23)	-
Reliabilität	.95	.86	-	.02	-
Phase 2					
RZ/Diff.	540	556	506	-16	34
SD	(55)	(52)	(50)	(25)	(31)
Reliabilität	.91	.94	.94	.34	.72

Anmerkungen. KO = Kontrolle, NP = Negative Priming, PP = Positive Priming; SD = Standardabweichung.

^a Die Interferenzbedingung (IN) ist nicht dargestellt, weil die Darbietung des einzelnen Targets in Studie 1 im Prime-Display erfolgte, als relevante abhängige Variable aber nur die Probe-Reaktionszeiten ermittelt wurden.

Diskussion

Die Bild-Identifikations-Versuchsordnung führt zu signifikanten NP-Effekten, diese fallen mit jeweils -16 ms wesentlich geringer aus ($d = 0.36$ bzw. $d = 0.30$), als der von Schmuck und Bloem (1998) in einer Versuchsordnung mit PP-Trials erzielte Effekt (-53 ms, $d = 0.52$). Die schwächeren Reaktionsverzögerungen sind aber nicht durch fehlende PP-Trials erklärbar, da auch bei einer Präsentation solcher Zusatz-Trials (*Phase 2*) keine größeren NP-Effekte resultierten, sondern die schwächeren Effekte sind möglicherweise in Zusammenhang mit dem längeren ISI (1600 ms vs. 1000 ms) der vorliegenden Studie zu sehen. Dieses wurde realisiert, weil anders als in der Studie von Schmuck und Bloem (1998) das Prime-Display unmittelbar beantwortet werden sollte und nicht erst nach der Reaktion auf das Probe-Display. Ein solches Vorgehen reduziert Fehlerstreuungen aufgrund individuell unterschiedlicher Gedächtnisleistungen, erfordert aber mehr Zeit zwischen Prime- und Probe-Display. Die hier erzielten Reaktionsverzögerungen scheinen das Problem generell eher geringer NP-Effekte zu bestätigen (Verhaeghen & De Meersman, 1998).

Ein bedeutsameres Ergebnis ist die gleiche Größe der NP-Effekte für eine Bedingung mit vs. ohne PP-Trials, sowie deren mangelnde Reliabilität. Kane et al. (1997) gehen im Dual Mechanism Ansatz davon aus, dass gedächtnisbasierte NP-Effekte größer sind als hemmungsbasierte und dass PP-Trials eine Verursachung des NP-Effekts durch Abrufprozesse forcieren. Diese Vorhersage kann in Studie 1 nicht bestätigt werden. Die gesamte Beurteilung der Inhaltsvalidität im Sinne einer Zuordnung der NP-Effekte zu auslösenden Prozessen wird jedoch durch deren mangelnde Reliabilität in Frage gestellt. Verschiedenen kognitiven Paradigmen haften psychometrische Schwierigkeiten an, die sie für differentielle Vorhersagen ungeeignet erscheinen lassen (Dunlap, Kennedy, Harbeson & Fowlkes, 1989). Dies könnte sich aufgrund der hinlänglich bekannten Reliabilitätsprobleme von Differenzen (z.B. Williams & Zimmerman, 1996) auch für die als Differenzscores ermittelten Effekte des Negative-Priming-Paradigma als kritisch erweisen. Es bleibt jedoch hervorzuheben, dass sowohl in der vorliegenden, als auch in der Studie von Bestgen und Dupont (2000) die Reliabilität der Effekte anderer Primebedingungen zufrieden stellend war.

Eine Klärung, ob sich die Reliabilität der NP-Effekte durch Optimierungsmaßnahmen des Messvorgangs steigern lässt oder ob gerade die dem NP zugrunde liegenden Verarbeitungsprozesse so starken Schwankungen unterliegen, dass

ihre Abschätzung zu einem Messzeitpunkt diagnostisch wenig Aussagekraft hat, erscheint zentral.

Einen Ansatzpunkt zur Optimierung der Messung könnte die Berücksichtigung individuell unterschiedlicher Zeitverläufe des NP bieten. Typischerweise wird in einem NP-Experiment für alle Pbn das gleiche fixe Interstimulus- (Zeit vom Aufblenden des Prime-Displays bis zum Aufblenden des Probe-Displays, ISI) oder Response-to-Stimulus-Intervall (Zeit von der Antwort auf das Prime-Display bis zum Aufblenden des Probe-Displays, RSI) vorgegeben. Dabei werden jedoch individuelle Unterschiede in der Verarbeitungsgeschwindigkeit nicht berücksichtigt. Bei einem fixen ISI/RSI fällt die Beantwortung des Probe-Displays unter Umständen nicht für jeden Pbn in eine Phase maximal möglicher NP-Effekte, weil die volle Wirksamkeit der zugrunde liegenden Verarbeitungsprozesse bereits vorbei oder noch nicht erreicht ist, mit der Folge kleiner, instabiler NP-Effekte. Hinweise auf individuelle Unterschiede im Zeitverlauf des NP geben Studien von Moritz et al. (2000) oder von Bloem und Schmuck (1999). In der vorliegenden Studie könnte die Vorgabe fixer ISI dazu beigetragen haben, dass einige Pbn gar kein NP zeigten, was zusätzlich durch die auf das Prime-Display folgende Maskierung, die eine mangelhafte Enkodierung des Distraktors begünstigt, forciert worden sein kann. Durch eine individuelle zeitliche Anpassung des Messvorgangs könnte somit Fehlerstreuung gebunden werden, die auf Geschwindigkeitsunterschiede in der Entwicklung der Reaktionsverzögerung zurückzuführen ist. Durch diese Optimierung könnte zudem potentiellen Geschwindigkeitsunterschieden in der Entwicklung gedächtnis- vs. hemmungsbasierter NP-Effekte Rechnung getragen werden. Die Vorgabe gleicher ISI in der Trialbedingung mit vs. ohne PP-Trials kann nämlich in Studie 1 zu einem unfairen Vergleich der Größe der NP-Effekte im Sinne des Dual Mechanism Ansatzes geführt haben. Eine weitere Verbesserungsmöglichkeit bietet die in Studie 1 realisierte intraindividuelle Variation der Trialbedingung. Selbst bei einem ausbalancierten Design mit intraindividuellem Bedingungsvariation sind carry-over-Effekte im Sinne einer Aufrechterhaltung der Verarbeitungsprozesse aus der 1. Phase des Experiments in der 2. Phase des Versuchs nicht auszuschließen, was gleich große NP-Effekte beider Phasen bedingen kann. In Studie 2 wurden die diskutierten Aspekte zur Optimierung der Messung berücksichtigt.

Studie 2

Studie 2 überprüft, ob eine individuelle zeitliche Anpassung des Messvorgangs zur Effektmaximierung und Reliabilitätssteigerung genutzt werden kann. Dazu wurden in einer ersten Versuchsphase vier RSI zwischen 500 ms und 2000 ms vorgegeben (hier sind relativ große Effekte zu erwarten, vgl. z.B. Fox, 1995). Bei unterschiedlichem Zeitbedarf zur Entwicklung der Reaktionsverzögerung müssten je Pb maximale NP-Effekte für spezifische RSI nachweisbar sein. Die Trials einer zweiten Versuchsphase wurden nur mit dem auf diese Weise ermittelten RSI bearbeitet. Die Reliabilität der so erzielten NP-Effekte wurde mit der Reliabilität zweier anderer Differenzscores verglichen. Der CFF diente wieder als Anhaltspunkt für Aufmerksamkeitsdefizite im Alltag. Außerdem wurde ein Interferenz-Index eingeführt, bei dem die Reaktionszeit auf die Probe-Displays von KO-Trials, in denen Target und Distraktor zu verarbeiten sind, in Relation zur Reaktionszeit auf ein allein präsentiertes Target gesetzt wird (Interferenz-Trials, IN). Je größer die Beschleunigung bei einzeln dargebotenen Targets, desto schwerer fällt es offensichtlich in den KO-Trials, die Verarbeitung zusätzlich dargebotener Distraktoren zu unterdrücken. Dieses Phänomen wird ebenfalls einer kognitiven Hemmungsfunktion zugeschrieben (vgl. auch Bestgen & Dupont, 2000).

Methode

Design. Für *Phase 1* wurde ein 2 x 3 x 4-faktorielles Design mit dem Gruppenfaktor Trialbedingung (mit vs. ohne PP-Trials) und den zwei Messwiederholungsfaktoren Primebedingung (KO, NP, PP bzw. IN) und RSI (500, 1000, 1500 und 2000 ms) realisiert. Für *Phase 2* entfällt das RSI als Faktor, weil die Pbn alle Trials mit dem in *Phase 1* ermittelten RSI bearbeiteten. In der Bedingung ohne PP-Trials wurde zusätzlich zur KO- und NP- die IN-Bedingung aufgenommen, mit einem einzeln dargebotenen Target, diesmal im Probe-Display (s. Abb. 1). Da als relevante abhängige Variable zur Berechnung der NP-Effekte die Probe-Reaktionszeiten ermittelt werden, kann so auch in der Trialbedingung ohne PP-Trials die Reliabilität des NP-Differenzscores mit der Reliabilität eines anderen Differenz-Scores (IN-Effekte, KO minus IN) verglichen werden. Die RSI wurden in Blöcken präsentiert, weil bei einer regelmäßigen im Vergleich zu einer randomisierten RSI-Vorgabe größere NP-Effekte zu erwarten sind (Conway, 1999). Die Reihenfolge der Blockvorgabe variierte zufällig.

Probanden. An der Untersuchung nahmen 60 Psychologiestudierende des ersten Studienabschnitts im Alter zwischen 18 und 35 Jahren ($M = 25.3$) teil. Alle Probanden

(Pbn) waren normal- oder korrigiert normalsichtig, für keinen der Pbn war eine Farbenblindheit nachweisbar. In der Bedingung mit PP-Trials wurden 9 Männer und 21 Frauen, in der Bedingung ohne PP-Trials 7 Männer und 23 Frauen untersucht.

Stimuli. Die zu benennenden Objekte entsprechen denen aus Studie 1, da für dieses Material Störvarianzen in der Answerfassung minimiert wurden. Die Targets sollten jedoch benannt statt kategorisiert werden, um die Reaktionsanforderung zu vereinfachen. Zur weiteren Optimierung der Messung wurde das Material auf die fünf Stimuli mit unterschiedlichem Oberbegriff reduziert, um Interferenzen infolge der Verknüpfung zweier Stimuli mit derselben Antwort zu vermeiden. Außerdem entfiel die Maskierung und die Rückmeldung der Reaktionszeit. Für *Phase 1* wurden je RSI-Block 45 Prime-Probe-Paare mit 15 Trials je Primebedingung zusammengestellt. Jedes Objekt diente je Primebedingung und RSI-Block je dreimal als Prime- und Probe-Target, so dass 180 Trials resultierten. In *Phase 2* fungierte jedes Objekt je Primebedingung viermal als Prime- und Probe-Target (60 Trials, 20 je Primebedingung). Dieselbe Primebedingung und dieselben Targets kamen nicht mehr als zweimal in unmittelbar aufeinander folgenden Trials vor.

Durchführung. Das Vorgehen entspricht weitgehend dem aus Studie 1, die grünen Objekte sollten diesmal jedoch benannt statt kategorisiert werden. Den experimentellen Trials gingen 12 Übungsdurchgänge voraus. In *Phase 1* bearbeiteten die Pbn 180 Trials, mit einer Pause nach jedem RSI-Block (45 Trials). Die Pbn starteten jeden Trial selbst und sahen dann die Ereignissequenz: (a) Fixationskreuz im Bildschirmzentrum (500 ms), (b) Prime-Display (bis Pbn-Reaktion), (c) leerer Bildschirm (0-1500 ms je nach RSI), (d) Fixationskreuz (500 ms), (e) Probe-Display (bis Pbn-Reaktion), (f) leerer Bildschirm (Dauer wie in c), (g) Ready-Display (bis Pbn-Reaktion). Der Versuchsleiter protokollierte außerhalb des Blickfeldes der Pbn fehlerhafte Antworten. Nach der ersten Phase des Versuchs nahm der Versuchsleiter eine Zwischenauswertung vor, um das RSI mit der größten Verzögerung (bei fehlender Verzögerung das mit der geringsten Beschleunigung) auf NP- im Vergleich zu KO-Trials zu ermitteln. Bei gleichen Verzögerungsstärken für mehrere RSI wurde auf das mit der geringsten Fehleranzahl zurückgegriffen. Vor der zweiten Phase füllten die Pbn den CFF aus. Dann wurden die 60 Trials der *Phase 2* mit dem entsprechend ermittelten RSI aus *Phase 1* in Blöcken zu je 30 Trials gestartet. Die Ereignissequenz entsprach der aus *Phase 1*.

Ergebnisse

Für nur einen von 60 Pbn konnte bei der Zwischenauswertung der *Phase 1* unter keinem der vorgegebenen RSI ein NP-Effekt nachgewiesen werden (Differenz KO minus NP größer als Null). Dieser Pbn bearbeitete die Trials der *Phase 2* mit dem RSI, bei dem in *Phase 1* die geringste Reaktionsbeschleunigung auf die NP im Vergleich zu den KO-Trials auftrat. Etwa 2/3 der Pbn erreichten individuelle Maxima des NP bei kurzen RSI (500, 1000 ms). Die Reaktionszeiten falsch beantworteter Trials und Ausreißer in den Reaktionszeiten wurden genau wie in Studie 1 vor der weiteren Analyse der Reaktionszeiten ausgeschlossen (*Phase 1*, insgesamt 10 % davon 5.9 % Fehler; *Phase 2* insgesamt 10.4 % davon 4.4 % Fehler).

Vergleich der NP-Effekte Phase 1 und 2. Zur Überprüfung, ob die Auswahl individuell optimaler RSI je Pbn (*Phase 2*) zu größeren NP-Effekten führt als ein Messvorgang mit fixem RSI (*Phase 1*), wurden die Reaktionszeiten der *Phase 1* über die RSI aggregiert (auf diese Weise werden je RSI alle Pbn berücksichtigt, auch die, für die das jeweilige fixe RSI möglicherweise nicht optimal ist, s. Tabelle 2) und eine 2 x 2 x 2-faktorielle Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Phase (1, 2) und Primebedingung (KO, NP) und dem Gruppenfaktor Trialbedingung (mit vs. ohne PP-Trials) berechnet. Die Reaktionen auf NP-Trials sind langsamer als auf KO-Trials, $F(1, 58) = 24.17$; $MSE = 1297.81$, $p < \alpha$. Der Haupteffekt Phase wird signifikant, mit längeren Reaktionszeiten in *Phase 2* vs. *Phase 1*, $F(1, 58) = 9.08$; $MSE = 2032.62$, $p < \alpha$, wobei diese Verlangsamung in den NP-Trials stärker ausgeprägt ist als in den KO-Trials, wie die Interaktion Phase x Primebedingung verdeutlicht, $F(1, 58) = 5.59$; $MSE = 728.41$, $p < \alpha$. Folglich resultieren in *Phase 2* signifikant größere NP-Effekte (s. Tabelle 2; -30 ms bzw. -32 ms, $d = 0.29$ bzw. $d = 0.35$) als in *Phase 1* (-17 ms bzw. -13 ms, $d = 0.15$ bzw. $d = 0.20$). Weitere signifikante Effekte traten nicht auf, d. h. auch in Studie 2 ist die Größe der NP-Effekte anscheinend unabhängig vom Faktor Trialbedingung.

Reliabilität. Zur Überprüfung, ob die zeitliche Anpassung des Messvorgangs zu reliablen NP-Effekten führt, wurden ebenso wie in Studie 1 jeweils auf der odd-even Methode basierende Testhälften für die Trialbedingung mit und ohne PP-Trials gebildet und korreliert. Die NP-Effekte wurden über eine lineare Regression als Residuen der aus der KO-Bedingung geschätzten Antwortlatenzen der NP-Bedingung ermittelt. Die erste Regression basiert jeweils auf den Reaktionszeiten der ungeraden, die zweite Regression auf den Reaktionszeiten der geraden Trials der KO und NP-Bedingung. Zur Bestimmung

der Split-half-Reliabilität wurden die Residuen korreliert, und mit der Spearman-Brown-Formel um Testlängen-Effekte korrigiert (üblichere Reliabilitätsanalysen führen zu identischen Schlussfolgerungen). Analog wurde mit der PP- und der IN-Bedingung verfahren. Wie in Tabelle 2 dargestellt, konnten für die Bedingung mit PP-Trials im Gegensatz zu der Bedingung mit IN-Trials recht hohe Reliabilitäten sowohl der NP- ($r = .59$ bzw. $r = .79$) als auch der PP-Effekte ($r = .77$ bzw. $r = .87$) erzielt werden.

Tabelle 2. Mittlere Reaktionszeiten (RZ) und Effekte (Diff.) der Primebedingungen (KO, NP, PP, IN) in ms mit Standardabweichung (SD) sowie Split-half-Reliabilitäten in Studie 2

Phase 1 (Werte über die 4 RSI aggregiert)							
	KO	NP	PP	IN	KO – NP	KO – PP	KO – IN
Mit PP-Trials							
RZ/Diff.	600	617	551	-	-17	49	-
SD	(82)	(82)	(73)	-	(25)	(30)	-
Reliabilität	.97	.97	.98	-	.59	.77	-
Mit IN-Trials							
RZ/Diff.	587	599	-	524	-13	-	62
SD	(81)	(82)	-	(67)	(18)	-	(30)
Reliabilität	.95	.97	-	.95	-.09	-	.18
Phase 2							
	KO	NP	PP	IN	KO – NP	KO – PP	KO – IN
Mit PP-Trials							
RZ/Diff.	619	649	558	-	-30	61	-
SD	(105)	(104)	(88)	-	(75)	(61)	-
Reliabilität	.96	.94	.95	-	.79	.87	-
Mit IN-Trials							
RZ/Diff.	586	618	-	540	-32	-	46
SD	(91)	(95)	-	(91)	(39)	-	(28)
Reliabilität	.96	.87	-	.93	.04	-	.02

Anmerkungen. KO = Kontrolle, NP = Negative Priming, PP = Positive Priming, IN = Interferenz.

Die Reaktionszeiten der Primebedingungen sind hoch reliabel, die Antwortlatenzen der Primebedingungen korrelieren signifikant (Tabelle 3). Die CFF-Scores (wie auch die übrigen Variablen) sind nicht bedeutsam mit den NP-Effekten korreliert (Tabelle 3).

Tabelle 3. Interkorrelationen der mittleren Reaktionszeiten (RZ) der Primebedingungen (KO, NP, PP, IN), Effekte (Diff.), Gesamt-Reaktionszeiten und CFF-Scores in Studie 2, Phase 2, (N = 30)

Trialbedingung mit PP-Trials						
	RZ NP	RZ PP	Diff. KO-NP	Diff. KO-PP	Gesamt RZ	CFF
RZ KO	.74**	.81**	.37*	.54**	.95**	.14
RZ NP		.58**	-.35*	.44**	.87**	.32*
RZ PP			.33*	-.05	.87**	.32*
Diff. KO-NP				.14	.12	-.25
Diff. KO-PP					.36*	-.22
Gesamt RZ						.29
Trialbedingung mit IN-Trials						
	RZ NP	RZ IN	Diff. KO-NP	Diff. KO-IN	Gesamt RZ	CFF
RZ KO	.91**	.95**	.10	.15	.98**	.30
RZ NP		.90**	-.32*	.04	.96**	.31*
RZ IN			.02	-.15	.98**	.37*
Diff. KO-NP				.25	-.07	-.05
Diff. KO-IN					.02	-.22
Gesamt RZ						.34*

Anmerkungen. KO = Kontrolle, NP = Negative Priming, PP = Positive Priming, IN = Interferenz.

* $p < .05$; ** $p < .01$.

Diskussion

Die Ergebnisse aus Studie 2 sprechen dafür, dass eine Berücksichtigung individueller Differenzen im Zeitverlauf des NP zur Optimierung von NP-Messungen genutzt werden kann. Nur ein Pb zeigte unter keinem der vorgegeben RSI einen NP-Effekt. In beiden Trialbedingungen sind größere NP-Effekte erzielt worden als in *Phase 1* ($d = 0.29$ bzw. $d = 0.35$ vs. $d = 0.15$ bzw. $d = 0.20$), in der Bedingung mit PP-Trials sind reliablere Effekte erzielt worden. In der Bedingung mit IN-Trials wird dagegen ein Problem der Reliabilitätsbestimmung von Differenzen nach Maßgabe der klassischen Testtheorie deutlich. Die Reliabilität der aus den Antwortlatenzen der KO- und NP-Bedingung gebildeten NP-Effekte kann nur dann hoch sein, wenn neben einer ausreichenden Reliabilität der Antwortlatenzen einer Primebedingung die Interkorrelation der Reaktionszeiten der Primebedingungen hinreichend niedrig ist. In der Bedingung mit IN-Trials sind jedoch die Einzelreliabilitäten nicht höher als die Interkorrelationen (s. Tabellen 2 und 3). Diese fallen so hoch aus, dass man die Primebedingungen auch als

zwei Parallel-Tests auffassen könnte, so dass die verbleibenden Unterschiede zwischen den Tests auf Messfehler zurückgeführt werden müssten. Sowohl IN- als auch NP-Effekte würden dann keine Messgenauigkeit aufweisen, sondern nur aus Fehlervarianz bestehen. Hier stellt sich jedoch die Frage, woher die deutlichen Unterschiede in der Reliabilität der NP-Effekte zwischen den Trialbedingungen stammen. Die je Trialbedingung untersuchten Stichproben unterscheiden sich in keinem der kontrollierten Parameter signifikant (Gesamt-Reaktionszeit, CFF-Scores, Alter), beide Stichproben sind jedoch relativ klein und homogen, was per se zu Unterschätzungen der Reliabilität führen kann. In der Trialbedingung mit PP-Trials fällt eine insgesamt höhere Streuung der NP-Effekte auf. Ein Streuungsdiagramm deckt einen Ausreißer in den NP-Werten auf. Wird dieser aus der Analyse genommen, bleibt die Korrelation der NP-Effekte der Testhälften mit $r = .46$ signifikant, verdünnt sich jedoch erheblich. Die Trialbedingungen unterscheiden sich sonst einzig hinsichtlich der präsentierten Zusatz-Trials (PP vs. IN), deren Bedeutung in Hinblick auf die auslösenden Mechanismen des NP-Effekts kontrovers diskutiert wird, die aber als Einflussfaktor auf die Reaktionszeiten und das Muster der Interkorrelationen ganz offensichtlich differentielle Wirkungen zeigen. Die reliableren NP-Effekte der Trialbedingung mit PP-Trials sind jedoch auch in Studie 2 nicht eindeutig einem Verursachungsprozess zuzuordnen. Selbst bei einer Berücksichtigung potentieller Unterschiede in der Geschwindigkeit mit der sich hemmungs- vs. abrufbasierte NP-Effekte entwickeln, bestätigt sich nämlich die Vorhersage größerer (und im Dual Mechanism Ansatz als abrufbasiert angenommener) NP-Effekte in der Bedingung mit vs. ohne PP-Trials nicht. PP- und NP-Effekte korrelieren nicht, was gegen eine Verursachung beider Effekte durch Abrufprozesse spricht. Mangelnde Korrelationen der NP-Effekte zu den CFF-Scores geben aber andererseits auch keine direkten Hinweise auf eine Beteiligung kognitiver Hemmungsprozesse am NP-Effekt. Die in der Bedingung mit PP-Trials offensichtlich gelungene Optimierung der Messung in Hinblick auf die Reliabilität der NP-Effekte deutet an, dass anscheinend *nicht* speziell die dem NP zugrunde liegenden Verarbeitungsprozesse so starken intraindividuellen Schwankungen unterliegen, dass ihre Abschätzung zu einem Messzeitpunkt diagnostisch wenig Aussagekraft hätte.

Schlussdiskussion

In der kognitiven Psychologie hat sich zur Erforschung der Verarbeitungsprozesse, die an selektiven Aufmerksamkeitsleistungen beteiligt sind, das NP-Paradigma etabliert. Aufbauend auf einer Studie von Bestgen und Dupont (2000) wurde deshalb in der

vorliegenden Arbeit untersucht, inwieweit Reliabilität, Größe und Validität der NP-Effekte eines Bild-Benennungsverfahrens für eine Nutzung im differentiellen Kontext geeignet erscheinen bzw. optimiert werden können. Im Gegensatz zu den Resultaten von Bestgen und Dupont (2000) ist es in der vorliegenden Studie sogar gelungen, unter bestimmten Bedingungen relativ reliable NP-Effekte zu erzielen. Dies ist umso erfreulicher, als für Werte, die als Differenzscores ermittelt werden, generell eine Reliabilitätsproblematik bekannt ist (z.B. Williams & Zimmerman, 1996). Diese Problematik spiegelt sich jedoch entsprechend in mangelnden Reliabilitäten der Mehrheit der in den Studien 1 und 2 ermittelten NP-Effekte wider. Auch wenn in Studie 2 in einer Bedingung mit PP-Trials eine durchaus nennenswerte Reliabilität der NP-Effekte erzielt wurde (*Phase 1*, $r = .59$; *Phase 2*, $r = .79$ bzw. $r = .46$), so ist diese doch für differentielle Zwecke zu gering. Sie zeigt jedoch an, dass nicht per se von einer mangelnden dispositionellen Reliabilität der dem NP zugrunde liegenden Verarbeitungsprozesse auszugehen ist. Auffällig ist, dass die Effekte der Trialbedingung mit PP-Trials im Vergleich zu der Bedingung mit IN-Trials insgesamt reliabler ausfallen. Während in der Bedingung mit PP-Trials in allen Trials das Reaktionsziel gegen einen Distraktor auszuwählen ist, ist in der Bedingung mit IN-Trials, in der in unvorhersehbarer Weise in einigen Fällen keine Selektion gefordert ist, eine Unterbrechung der Aufgabengleichförmigkeit gegeben. Dieser Aspekt hat möglicherweise einen so starken Einfluss auf sämtliche Antwortlatenzen, dass eine differenzierte Beschreibung spezifischer Einflussfaktoren auf die Reaktionszeit je Primebedingung erschwert ist. Da keine einfache Schlussfolgerung möglich ist, auf welchem Verarbeitungsprozess die reliableren NP-Effekte der Bedingung mit PP-Trials beruhen, erscheint es insgesamt sinnvoll, völlig auf zusätzliche Primebedingungen zu verzichten und dafür eine möglicherweise schnellere Durchschaubarkeit der NP-Aufgabe durch die Pbn in Kauf zu nehmen. Die zusätzlichen Trials stellen insofern eine Begrenzung der vorliegenden Studie im Sinne einer möglichst prozessreinen Erfassung kognitiver Hemmungsmechanismen dar. Hier böte sich eher ein NP-Aufbau im Sinne des endogenen Negative-Priming-Paradigma an (vgl. Neill, Valdes & Terry, 1995). Unabhängig davon, welcher *spezifische* Prozess die verlangsamte Reaktion bewirkt hat, bleibt die Aussage bestehen, dass das NP auch in der vorliegenden Untersuchung kein ausreichend reliabler Marker zur Untersuchung interindividueller Differenzen der in selektive Aufmerksamkeitsanforderungen involvierten Prozesse ist. Dies bestätigt die Resultate von Bestgen und Dupont (2000) zur mangelnden Reliabilität der Effekte von

vier anderen z.T. in der klinischen und differentiellen Forschung sehr verbreiteten NP-Paradigmen (z.B. Stroop). Vor dem Hintergrund, dass in Studie 2 im Vergleich zu Studie 1 zwar numerisch größere NP-Effekte erzielt wurden, dass diese jedoch relativiert an der Streuung erneut das Problem generell eher schwacher Verzögerungseffekte im Rahmen des NP-Paradigmas signalisieren, ist der Einsatz des Paradigmas in Gruppenuntersuchungen ebenfalls kritisch zu hinterfragen, weil hier oftmals aus fehlenden Effekten auf defizitäre Verarbeitungsprozesse der untersuchten Personengruppen geschlossen wird. Zumindest wäre eine Schätzung der Reliabilität der NP-Effekte der jeweils eingesetzten spezifischen NP-Versuchsanordnungen wünschenswert, vor allem vor dem Hintergrund der eingangs beschriebenen recht heterogenen Befundlage zum NP in psychiatrischen oder High-Risk-Populationen im Vergleich zu Kontrollen. Da in der vorliegenden Studie jeweils relativ kleine und homogene Stichproben untersucht wurden, sollte die hier berichtete mangelnde Reliabilität von NP-Effekten zwar nicht übergeneralisiert werden, dennoch müssen andere in Untersuchungen zu interindividuellen Differenzen eingesetzte NP-Versuchsanordnungen sich hinsichtlich der Reliabilität der mit ihnen zu erzielenden Befunde zunächst bewähren, bevor auf ihrer Grundlage differentialpsychologische Schlussfolgerungen gezogen werden.

Zusammenfassung

Zur empirischen Erfassung kognitiver Hemmungsprozesse wurden in der experimentellen Psychologie *Negative Priming Experimente* (NP) entwickelt. Die hier beobachtbare Reaktionsverzögerung auf zuvor ignorierte Reize (*NP-Effekt*) ließ sich äußerst robust nachweisen, deshalb nutzt man das Paradigma häufig auch für Gruppenvergleiche, z.B. in der klinischen oder differentiellen Psychologie. Die psychometrischen Eigenschaften von NP-Effekten sind bislang wenig thematisiert worden. Die vorliegende Arbeit überprüft deshalb in zwei Experimenten, inwiefern sich ein *Bild-Identifikations-NP-Design* zur reliablen Erfassung individueller Differenzen einer mutmaßlich dispositionellen Effizienz kognitiver Hemmung nutzen bzw. optimieren lässt. Obwohl ein zeitlich individuell angepasster Messvorgang zu deutlich reliableren NP-Effekten führt (Experiment 2) ist die Reliabilität dennoch zu gering, um NP-Experimente zur Erfassung der individuellen Effizienz kognitiver Hemmungsprozesse zu empfehlen.

7.2 Weiterführende Erörterung

In den beiden im vorangegangenen Kapitel dargestellten Studien wurde gewissermaßen an einem exemplarischen Beispiel überprüft, wie gut sich die verbreitete experimentelle Methode des Negative Primings eignet, das Konstrukt der Hemmungskontrolle zu operationalisieren. Es ging dabei nicht nur um eine kritische Betrachtung der Validität dessen was gemessen wird, sondern auch um die Frage, wie stabil zu beobachtende Effekte messbar sind. Die Ergebnisse legen eine Reliabilität des Negative Priming Effekts nur unter sehr spezifischen Bedingungen und nicht in Form einer Regelmäßigkeit nahe. Es ist jedoch noch einmal darauf hinzuweisen, dass für die Erhebung der Daten eine relativ kleine, homogene Stichprobe gewählt wurde (eine genauere Stichprobenbeschreibung s. Anhang B), was die Obergrenze der zu erzielenden Reliabilität von vornherein einschränkt. Darüber hinaus ist die Anzahl der je Primebedingung eingehenden Trials – die dann für die Reliabilitätsbestimmung noch einmal in zwei Hälften unterteilt wird – mit zwischen 30 (NP) und 60 (KO, Studie 1, Phase 1) im Vergleich zu anderen NP-Experimenten, bei denen teilweise insgesamt über 1000 Trials zu bearbeiten sind, doch relativ gering. Andererseits könnte es sein, dass gerade eine Erhöhung der Trialanzahl und somit eine Verlängerung der experimentellen Untersuchung die Reliabilitätsproblematik noch verschärft. Diese Idee beruht auf Überlegungen von Friedman und Miyake (2004), nach denen hemmungskorrelierte Funktionen möglicherweise gerade dann besonders gut zu erfassen sind, wenn die Aufgabe neu ist und hohe Anforderungen an die Aufmerksamkeitskontrolle stellt. Mit zunehmender Erfahrung oder auch Strategieentwicklung bei der Aufgabenbearbeitung bedarf diese dann vermutlich einer weniger kontrollierten Bearbeitung: "These changes could lead to low reliability of the measures." (Friedman & Miyake, 2004, S. 102). Auch in der Arbeit von Friedman und Miyake mit einer Wort- und einer Mustervergleichsaufgabe sind nur sehr geringe NP-Effekte nachweisbar (-3 ms und -8 ms), die jedoch aufgrund großer Stichprobenumfänge ($N = 220$) signifikant werden. In dieser Arbeit resultierte aber ebenfalls eine verschwindend geringe Reliabilität (.10 und .13) für die NP-Effekte und es zeigten sich keine Zusammenhänge zu anderen Messungen hemmungskorrelierter Funktionen. Insofern erscheint der Einsatz des Paradigmas nicht nur für interindividuelle diagnostische Zwecke, sondern auch in Gruppenuntersuchungen im Rahmen der Gerontopsychologie zur Überprüfung von Unterschieden in der Interferenzanfälligkeit oder zugrunde gelegter Mechanismen zumindest diskussionswürdig. Darüber hinaus musste für die beiden in Fragestellung 3 berichteten

Studien offen bleiben, ob die erzielten Reaktionsverzögerungen letztlich auf einer gedächtnisbasierten- oder einer aufmerksamkeitsbasierten Distraktorinterferenz im Rahmen selektiver Aufmerksamkeit beruhen. In Anbetracht der Unklarheiten bezüglich der spezifischen Art von Interferenzprozessen aus denen der NP-Effekt resultiert und seiner fraglichen Reliabilität erscheint es zunächst sinnvoller, in Hinblick auf Altersvergleiche auf andere experimentelle Marker der Interferenzanfälligkeit oder auch Messungen hemmungskorrelierter Funktionen zurückzugreifen (vgl. hierzu auch Kpt. 9 und 10). Nicht zuletzt deshalb, weil auch für Negative Priming Paradigmen ohne zusätzliche Primebedingungen (in der vorausgehenden Fragestellung als endogenes NP bezeichnet) wie Positive-Priming- oder Interferenz-Trials nach wie vor Kontroversen über die genauen Verursachungsprozesse des Effekts der Reaktionsverzögerung bestehen (Friedman & Miyake, 2004). Die folgende Schlussdiskussion und der Ausblick sollen zusammenfassend die Erkenntnisse erläutern, die aus den vorgelegten Arbeiten gewonnen werden konnten.

III ZUSAMMENFASSENDEN SCHLUSSDISKUSSION UND AUSBLICK

In den vergangenen Jahren hat sich in der Gerontopsychologie zur Erklärung kognitiver Leistungsveränderungen ein Modell etabliert, das von einer im höheren Lebensalter zunehmenden Anfälligkeit gegenüber Störreizen ausgeht und das diese erhöhte Störbarkeit ineffizienten kognitiven Hemmungsmechanismen zuschreibt (Hasher & Zacks, 1988, Hasher et al., 1999). Die Idee, dass die Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen eine zentrale Rolle im Zusammenhang mit Phänomenen kognitiven Alterns spielen könnte, ist nicht neu. Schon Rabbitt (1965) ging dieser Idee experimentell nach. Diese experimentelle Ebene zur Erfassung von Interferenzphänomenen und auch deren Zuordnung zu auslösenden Verarbeitungsmechanismen erweist sich zwar, wie vorausgehend verdeutlicht, als nicht unproblematisch. Sie birgt jedoch die Hoffnung, ein differenziertes Bild darüber zu erlangen, wie generalisierbar die Annahme einer im höheren Lebensalter stärkeren Interferenzanfälligkeit tatsächlich ist, oder inwiefern es sich bei den zugrunde liegenden Mechanismen um kognitive Basisfunktionen handelt, denen ein großer Anteil an der Erklärung altersbezogener kognitiver Funktionseinbußen zukommt. Welche Aufschlüsse aus den eigenen experimentellen Arbeiten zu gewinnen sind, welche Aspekte verbesserungswürdig erscheinen oder vertieft werden sollten und wie die bearbeiteten Fragestellungen in Einklang mit aktuellen Forschungsergebnissen zu bringen sind, soll in den folgenden Abschnitten zusammenfassend dargestellt werden.

8 Zusammenfassende Diskussion

In den vorangegangenen Kapiteln der vorliegenden Arbeit sind drei experimentelle Fragestellungen erörtert worden. Dabei erfolgte zunächst eine Beschäftigung mit Altersvergleichen verschiedener Aspekte der Interferenzanfälligkeit in Bezug auf Gedächtnis und Aufmerksamkeit und im weiteren Verlauf eine Fokussierung auf methodische Probleme im Zusammenhang mit der Erfassung zugrunde gelegter Verarbeitungsmechanismen. Oft erscheint es schwierig, beobachtete Leistungseinbußen durch Störreize zweifelsfrei Defiziten eines bestimmten Verarbeitungsmechanismus zuzuordnen. Dies liegt nicht zuletzt an der multiplen Bedingtheit von Aufgabenleistungen. So ist in der ersten experimentell bearbeiteten Fragestellung in Kapitel 4 über eine einfache und eine komplexe Gedächtnisspannungsaufgabe berichtet worden, die ursprünglich zur Erfassung der Arbeitsgedächtniskapazität konstruiert wurde. Inzwischen existieren jedoch verschiedene Alternativerklärungen, auf welchen

Verarbeitungsprozessen die Leistung dort beruht, zu denen auch eine effektive Widerstandsfähigkeit gegenüber proaktiven Interferenzen zählt. Für die in der Arbeit verwendete Ziffernspannenaufgabe konnte ein Ergebnismuster erzielt werden, dass diese Annahme zunächst erhärtet. So war sowohl für jüngere Personen als auch für ältere eine Leistungsbeeinträchtigung durch proaktive Interferenzen nachweisbar bzw. eine bessere Leistung bei einer absteigenden (interferenzreduzierten) Darbietung der Ziffernspannen im Vergleich zu einer aufsteigenden. Die zentrale Botschaft in Hinblick auf die gerontopsychologische Perspektive ist jedoch die für junge und ältere Erwachsene offenbar gleich starke Störbarkeit durch proaktive Interferenzen, da sich sowohl auf- wie absteigend ein stabiler Altersunterschied zeigt. Insofern scheint sich speziell für diese Art der Aufgabenanforderung eine Erklärung der Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne über eine verminderte Effizienz kognitiver Hemmungsmechanismen und damit einhergehend einer verringerten Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen nicht anzubieten. Andererseits wurde in 4.2 darauf hingewiesen, dass der Versuch, die Interferenzhaltigkeit der Ziffernaufgabe über die auf- vs. absteigende Darbietung zu manipulieren, für Ziffernmaterial möglicherweise nicht gelingt. Sowohl bei auf- wie absteigender Darbietung ist dann von einem gleich bleibend hohen Ausmaß an Interferenzen auszugehen. Insofern könnten Altersunterschiede in beiden Darbietungsvarianten auf altersbezogenen Unterschieden in der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen beruhen. Damit einhergehend ist dann aber die generell bessere Leistung bei absteigender Darbietung für beide Altersgruppen nicht mehr über eine Verringerung proaktiver Interferenzen erklärbar und somit nur schwer nachweisbar, inwieweit die Leistung in dieser Aufgabe überhaupt durch eine gute Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen determiniert wird. Insgesamt muss für diese Aufgabe zunächst offen bleiben, in welchen Bereichen die Defizite anzusiedeln sind, die sich letztlich zur Erklärung der Altersdifferenzen als am dominantesten erweisen. Es scheint insgesamt sehr stark von spezifischen Aufgabenanforderungen abzuhängen, ob und welcher Anteil an Altersdifferenzen in komplexen Spannenaufgaben gerade auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber Interferenzen zurückzuführen ist. Da die Anforderungen in verschiedenen Gedächtnisspannenaufgaben offenbar stark differieren (vgl. 6.2), sind zur Aufgabenbewältigung u.U. verschiedene Prozesskomponenten stärker oder weniger stark zu gewichten, die in unterschiedlicher Weise Altersbeeinträchtigungen unterliegen können. Es ist daher durchaus denkbar, dass alle der unter 2.2 im Sinne von Globalmodellen vorgestellten Faktoren (Verringerung der Informationsgeschwindigkeit,

Verringerung von Ressourcen, Hemmungsdefizite) bedeutsame Varianzanteile der in der Literatur berichteten und auch in der vorliegenden Arbeit nachgewiesenen Altersunterschiede für verschiedene komplexe Spannaufgaben erklären können. Eine zukünftige Herausforderung bei der Verwendung komplexer Spannaufgaben in der Gerontopsychologie ist möglicherweise darin zu sehen, die Anteile an Altersdifferenzen zu determinieren, die für eine gegebene komplexe Spannaufgabe diesen Modellen jeweils zukommt. Eine Idee hierzu könnte darin bestehen, bei gleich bleibender Kapazitätsanforderung einer Spannaufgabe die Präsentationszeit und die Länge des Aufrechterhaltungsintervalls für die zu merkende Information systematisch zu variieren, um den Anteil an Altersdifferenzen zu erfassen, der der Verarbeitungsgeschwindigkeit in Zusammenhang mit dem Zerfall von Gedächtnisspuren zukommt. Gleichzeitig wäre das Ausmaß der im Aufrechterhaltungsintervall vorgegebenen potenziell interferierenden Informationen systematisch zu variieren, um etwas über die Varianzanteile zu erfahren, die der Faktor der Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen an Alterseffekten aufklären kann. Für die Ziffernsparne rückwärts erscheinen zunächst Manipulationen nahe liegend, die auf die Rolle der Verarbeitungsgeschwindigkeit fokussieren. Da die Ziffernsparne rückwärts in den meisten Fällen in einer vorgegebenen Geschwindigkeit als "Hörspanne" zu bearbeiten ist, könnte diese Aufgabenvariante einer Variante gegenübergestellt werden, in der die Geschwindigkeit der Darbietung vom Probanden selbst zu bestimmen ist (z.B. Darbietung am Bildschirm, eigenständiges Vorlesen der Ziffern statt auditiver Präsentation, Erfassen der Lesezeiten). Auf diese Weise könnten u.U. Anteile an Alterseffekten in der Ziffernsparne rückwärts aufgedeckt werden, die auf den Faktor einer reduzierten Verarbeitungsgeschwindigkeit zurückführbar sind.

Bei den Fragestellungen zwei und drei stand ein anderer Aspekt der Interferenzanfälligkeit, bezogen auf die Domäne selektiver Aufmerksamkeit im Vordergrund. Hier zeigten sich besondere Schwierigkeiten abzuklären, welcher Verarbeitungsprozess eine verzögerte Reaktion auf zuvor coaktiv interferierende Reize bewirkt, also Schwierigkeiten, die Art der erfassten Interferenzphänomene (gedächtnis- vs. hemmungsbasiert) überhaupt klar zu umreißen. Insofern lassen sich auch keine wirklich befriedigenden Aussagen über die Ursachen der aufgedeckten Altersunterschiede im NP-Effekt treffen. Eine Äquivalenz der selektiven Aufmerksamkeitsprozesse, die bei jungen und älteren Erwachsenen zum NP-Effekt führen (oder gleiche Gewichtung beteiligter Verarbeitungsprozesse), ist jedoch im Angesicht der Alterseffekte bei Wahl einer differenzierten Auswertungsebene (5.1) eher

unwahrscheinlich, trotz insgesamt gleich großer NP-Effekte beider Altersgruppen. In diesem Zusammenhang ist jedoch noch einmal auf den vorläufigen Charakter der berichteten Ergebnisse hinzuweisen. Die in Studie 5.1 nachgewiesenen Alterseffekte müssten zunächst in weiteren Arbeiten repliziert werden, bevor diese weiterführend interpretierbar erscheinen. Hier stellt sich jedoch die Frage, inwieweit eine solche Replikation überhaupt zu erreichen ist, da sich zusätzlich zur Validitätsproblematik die Reliabilität der NP-Effekte als kritische Größe darstellte. Andererseits wurden in der unter 7.1 berichteten Studie bei einer Berücksichtigung unterschiedlicher Zeitintervalle zwischen der Antwort auf das Prime-Display und dem anschließenden Aufblenden des Probe-Displays z.T. Reliabilitäten erzielt, die für einen Gruppenvergleich von NP-Effekten als durchaus befriedigend anzusehen sind. Auch ist deutlich darauf hinzuweisen, dass die vorgelegte Arbeit nur etwas über die interne Konsistenz der NP-Effekte aussagt. Solche Konsistenzschätzungen lassen lediglich eine Aussage über kurzfristige Merkmalsfluktuationen zu. Interessant wären deshalb Studien zur Stabilität des Negative Priming in Form einer Re-Testung in überschaubarem Zeitabstand. Es erscheint insofern zwar schwierig, jedoch keinesfalls unmöglich, sich dieses Paradigma in der Zukunft für die Forschung zur Frage einer stärkeren Interferenzanfälligkeit im Alter nutzbar zu machen. Gegenwärtig sind jedoch gerade die Ergebnisse des Negative Priming in Hinblick auf altersbezogene Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit oder zugrunde liegender Verarbeitungsprozesse im Bereich selektiver Aufmerksamkeitsfunktionen mit großer Vorsicht zu interpretieren. Die Ergebnisse dieses Paradigmas scheinen vor allem keine eindeutigen Aussagen über die Angemessenheit des Hemmungs-Defizit-Modells zur Beschreibung und Erklärung kognitiven Alterns zuzulassen.

Eine Zusammenfassung der aus den eigenen Arbeiten gewonnenen Erkenntnisse würde etwas vereinfacht zu der Aussage führen, dass offenbar für eine Ziffernspannenaufgabe die Widerstandsfähigkeit gegenüber proaktiven Interferenzen keine große Rolle für die Erklärung von Altersunterschieden in der Gedächtnisspanne spielt. Dies spricht gegen die Annahme einer generell geringeren Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen oder einer globalen Beeinträchtigung zugrunde gelegter Mechanismen bei älteren Erwachsenen. Andererseits ist nicht ganz auszuschließen, dass die auf- vs. absteigende Darbietung der Ziffern keine geeignete Manipulation der Interferenzhaltigkeit der Aufgabe darstellt und somit durchaus die Altersunterschiede in beiden Varianten der Ziffernaufgabe auf eine verringerte Hemmungseffizienz Älterer zurückführbar erscheinen. Beim Negative Priming lassen sich auf einer differenzierten

Auswertungsebene Hinweise auf Altersunterschiede in der Reaktion auf zuvor interferierende, ignorierte Reize finden. Dies ist vereinbar mit den Annahmen des Hemmungs-Defizit-Modells, das von einer zunehmenden Interferenzanfälligkeit älterer Erwachsener im Bereich selektiver Aufmerksamkeit ausgeht. Die Befunde stehen jedoch im Gegensatz zur aktuellen Literaturlage und haben aufgrund uneindeutiger Befunde zur Konstruktvalidität und Reliabilität des Paradigmas nur eine eingeschränkte Aussagekraft. Zu den bearbeiteten gerontopsychologischen Fragestellungen ist abschließend anzumerken, dass hier *Altersunterschiede* aufgedeckt werden sollten. Das gewählte querschnittliche Studiendesign lässt lediglich *Schätzungen* der *Entwicklung* der Interferenzanfälligkeit vom jüngeren zum höheren Erwachsenenalter zu und sagt wenig über intraindividuelle Stabilitäten vs. Variabilitäten im Entwicklungsverlauf in Abhängigkeit von potenziell moderierenden Variablen aus (z.B. hohe vs. geringe Intelligenz). Dies betrifft ebenso die Frage, ob der Interferenzanfälligkeit mit zunehmendem Alter eine zunehmende Bedeutung für die Leistung in bestimmten kognitiven Anforderungen zukommt. Querschnittliche Studien bergen in dieser Hinsicht die Gefahr der Über- oder Unterschätzung von Alterseffekten aufgrund von Kohorteneffekten. Ihr Vorteil liegt jedoch ohne Zweifel in der Ökonomie der Versuchsdurchführung.

9 Schlussfolgerungen und Integration in aktuelle Forschungsergebnisse

Defizitäre Hemmungsfunktionen sollen weitgestreute altersbezogene Leistungseinbußen in verschiedensten kognitiven Anforderungen erklären können. Das hier zunächst nur für zwei Paradigmen gezeichnete uneinheitliche Bild zur Frage der Bedeutung des Faktors der ineffizienten Hemmung als Erklärungsalternative kognitiven Alterns zieht sich durch ein weites Feld empirisch eingesetzter Methoden (z.B. garden-path-sentences, reading with distraction, directed forgetting, fan-effect, high-close-sentences; memory updating, Stroop-Test, Wisconsin Card Sort Test, Stopp-Signal-Paradigma, Go/No-Go-Aufgaben, Flanker-task), mit denen der Nachweis einer stärkeren Interferenzanfälligkeit im höheren Alter als Operationalisierung ineffizienter Hemmungsmechanismen geführt werden sollte (vgl. z.B. Burke, 1997; De Beni & Palladino, 2004; Dywan & Murphy, 1996; Hartmann & Hasher, 1991; Hasher et al., 2001; Kramer et al., 1994; McDowd, 1997; Zacks & Hasher, 1988; 1994; Zacks, Radvansky & Hasher, 1996). Schon eine fachliche Kontroverse zwischen Burke (1997), McDowd (1997) und Zacks und Hasher (1997) problematisierte die Themen a) inwieweit

aufgefundene Alterseffekte in verschiedenen Paradigmen zwingend auf defizitäre Hemmungsfunktionen älterer Erwachsener zurückführbar sind oder b) dass Vorhersagen des Hemmungs-Defizit-Modells nicht zutreffen und dass c) das Hemmungs-Defizit-Modell keine genügende Trennung vom Begriff der Hemmung auf Verhaltensebene (den Burke mit dem Begriff der Interferenzanfälligkeit gleichsetzt) und dem Begriff der Hemmung auf theoretischer Ebene (der das Konzept der Reduzierung der Aktivierung von repräsentationalen Einheiten in interaktiven Aktivationsmodellen umfasst) vornimmt.

Die eigenen Arbeiten, vor allem zur Ziffernspannungsaufgabe, aber auch für das Negative Priming (bei einer globalen Betrachtung der je Altersgruppe erzielten NP-Effekte), scheinen zunächst eine von Burke (1997) geäußerte Kritik zu unterstützen, dass aus dem Hemmungs-Defizit-Modell abgeleitete Vorhersagen (einer altersbezogen stärkeren Störbarkeit durch irrelevante Reize) nicht eintreffen. Hier wird jedoch ein anderer und ebenfalls bereits damals aufgegriffener Kritikpunkt von McDowd (1997) relevant, die auf Schwierigkeiten aufmerksam machte, die im Modell konzeptualisierte Hemmung empirisch zu erfassen. Dieser Kritikpunkt hat letztlich zur Entwicklung der dritten Fragestellung der vorliegenden Arbeit beigetragen. So verweist McDowd (1997, S. 272) darauf, dass "predictions may fail to find empirical support not because the theory is wrong, but because the test was inadequate". Im Zuge ihrer Replik weisen Zacks und Hasher (1997) in Hinblick auf den Vorwurf der ungenügenden Trennung empirischer und theoretischer Hemmungskonzepte auf Unterschiede zwischen der eigenen, von Baddeley (1992) als pragmatischen Theoriebildungsansatz bezeichneten und der von Burke (1997) gewählten Modellbildungsebene hin, die einen quantitativen, formalisierten Rahmen fordert, um das Hemmungskonzept auf theoretischer Ebene zu formulieren. Zacks und Hasher (1997) machen deutlich, dass solche formalisierten Theorien sicher den Vorteil haben, präzisere, quantitative Vorhersagen zu erlauben, jedoch um den Preis einer wesentlich größeren Komplexität und eines eingeschränkteren Anwendungsbereichs im Vergleich zum integrativen Hemmungs-Defizit-Modell. Dieses versucht, mit möglichst sparsamen Annahmen ein weites Spektrum von Befunden zu erklären. Die pragmatische Ebene des Hemmungs-Defizit-Modells sieht Modifizierungen der Theorie im Angesicht neuer oder auch kontradiktorischer Befunde bei Aufrechterhaltung der Kernannahmen des Modells vor. Die z.T. nicht eintreffenden Vorhersagen, über die Burke (1997) im Bereich der Sprachverarbeitung berichtet, führen Zacks und Hasher aber teilweise darauf zurück, dass diese eher auf anderen Konzeptualisierungen von Hemmungsmechanismen beruhen, als sie im Hemmungs-Defizit-Modell intendiert sind. Dies kann jedoch für die

hier vorgelegten Arbeiten nicht gelten, da auf Paradigmen und Vorhersagen zurückgegriffen wurde, die in früheren Arbeiten der Arbeitsgruppe um Zacks und Hasher verwendet wurden (vgl. 4.1 und 5.1).

Welche Schlussfolgerungen lassen sich nun daraus ableiten, dass sich einige Jahre nach der zuvor geschilderten Kontroverse die Situation noch nicht wesentlich verändert hat, sondern diese immer noch durch ein Bild geprägt ist, bei dem es offenbar von spezifischen Aufgabenanforderungen abhängt, ob Unterschiede in der Interferenzanfälligkeit a) aufgedeckt werden können, b) einen Erklärungswert für Altersunterschiede in der Aufgabenleistung haben und dass c) derartige Befunde immer mal wieder, aber nicht konstant über verschiedene Paradigmen hinweg, aber selbst im Rahmen einer gegebenen Anforderung berichtet werden? Verschiedene Interpretationen sind denkbar. Eine Schlussfolgerung könnte lauten, dass sich gerade die Widerstandsfähigkeit gegenüber Interferenzen eben nicht als eine der erhofften "cognitive primitives" zur Erklärung von Alterseffekten für einen weiten Bereich kognitiver Anforderungen identifizieren lässt, sondern dass eher zahlreiche getrennte Hemmungsfunktionen anzunehmen sind, von denen u.U. nur ein Teil unter bestimmten Bedingungen alterssensitiv ist. Für die Annahme solch getrennter Hemmungsfunktionen spricht eine aktuelle Arbeit von Friedman und Miyake (2004), in der über Strukturgleichungsmodelle ein enger Zusammenhang zwischen der Fähigkeit vorherrschende Antworttendenzen zu unterdrücken und der Resistenz gegen Distraktor-Interferenzen nachweisbar ist, während die Widerstandsfähigkeit gegenüber proaktiven Interferenzen sich als relativ unabhängig von diesen Funktionen darstellt. Die Autoren schließen aufgrund dieser Analysen, dass der Hemmungsbegriff bislang übergeneralisiert wurde. Die empirische Befundlage könnte eine Modifikation des Hemmungs-Defizit-Modells erfordern, wie diese von Zacks und Hasher (1997) im Rahmen der zuvor geschilderten Kontroverse im Angesicht neuer Befunde selbst vorgeschlagen wird. Die Modifikation der Theorie besteht jedoch möglicherweise in einer Einschränkung des breiten Gültigkeitsanspruchs des Modells, so dass es als integratives Globalmodell evtl. nicht länger aufrecht zu erhalten ist. Die drei im Hemmungs-Defizit-Modell bereits genannten Funktionen der Hemmung ("access", "deletion" und "restraint") sind u.U. dann nicht alle als alterssensitiv zu verstehen oder bedürfen sogar einer noch weiteren Fraktionierung, die spezielle Aufgabenanforderungen berücksichtigt. Um eine solche Modifikation überhaupt erreichen zu können, müssten jedoch genaue Prozessmodelle vorliegen, die zu beschreiben vermögen, welches die zentralen Verarbeitungsprozesse im

Rahmen einer gegebenen Anforderung sind und welche der Hemmungsfunktionen für eine gegebene Aufgabe überhaupt relevant sind. Es ist aber auch abzuklären, welche alternativen Verarbeitungsprozesse einen Anteil an der Aufgabenleistung haben, die den Einfluss von Hemmungsfunktionen überdecken können. Dies erfordert empirische Arbeiten, in denen entsprechend Aufgabenparameter zu variieren sind, um die Relevanz verschiedener Verarbeitungsprozesse an der Aufgabenleistung zu determinieren (vgl. 8). Damit würde sich jedoch sowohl der Komplexitätsgrad des Modells denen der strenger formalisierten quantitativen Modelle nähern, wie Burke (1997) sie fordert, als auch der Anwendungsbereich der Theorie erheblich eingeschränkt.

Falls die Hemmungseffizienz nun also nicht als "cognitive primitive" angesehen werden kann, sondern als eine Familie von Funktionen, die nur z.T. altersbezogenen Defiziten unterliegen, dann stellt sich die Frage, ob die Erklärungsansätze verringerter Ressourcen oder einer Verringerung der allgemeinen Verarbeitungsgeschwindigkeit geeignetere Erklärungskandidaten im Rahmen von Globalmodellen kognitiven Alterns abgeben könnten. Für die eigenen Arbeiten sind diese Faktoren nicht systematisch variiert worden, so dass nur ex post facto Mutmaßungen über ihre Wirkung möglich sind. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass beide einen Einfluss auf die Ergebnisse der hier berichteten Arbeiten haben. So sind die Reaktionszeiten der älteren Studienteilnehmer in der Negative Priming Aufgabe deutlich langsamer als die der jüngeren. Legt man jedoch ein allgemeines multiplikatives Verlangsamungsmodell zugrunde, wie es z.B. von Verhaeghen und De Meersman (1998) konzeptualisiert wurde, so stellt sich die Frage, warum sich dann in der eigenen Studie (5.1) nicht auf der Ebene globaler Mittelwerte bereits eine proportional stärkere Verlangsamung und somit ein größerer NP-Effekt älterer Erwachsener nachweisen lässt. Für die Ziffernspannenaufgabe scheint sich eine Erklärung über eine verringerte Arbeitsgedächtniskapazität anzubieten, da sowohl bei auf- wie bei absteigender Darbietung der Ziffernsequenzen ein Altersunterschied in der Spanne auftrat. Andererseits konnte hier nicht ausgeschlossen werden, dass in beiden Darbietungsvarianten ein hohes Ausmaß materialinduzierter Interferenz vorlag, so dass die Alterseffekte doch eher auf einer ineffizienten "deletion"- oder "access"-Funktion kognitiver Hemmung beruhen könnten. Auch eine allgemeine Verlangsamung war als Ursache der Altersdifferenzen in der Spanne nicht auszuschließen (vgl. 4.1).

Für diese anderen monokausalen Modelle (Verlangsamung, Kapazität) ergibt sich unter Einbezug weiterer Befunde darüber hinaus insgesamt ein ähnlicher Eindruck, wie

für das Konstrukt der Hemmungseffizienz. So wurde z.B. in Hinblick auf die Annahme einer Verringerung von Arbeitsgedächtnisressourcen in korrelativen Studien nachgewiesen, dass individuelle Unterschiede in Arbeitsgedächtnismaßen zwar einen großen Anteil altersbezogener Varianz z.B. in fluiden Intelligenzmaßen erklären können (Salthouse, 1991, 1992). Ein Vergleich von Arbeitsgedächtnismaßen und Messungen der Wahrnehmungsgeschwindigkeit zeigt jedoch, dass beide Maße alleinige, aber auch ein hohes Ausmaß gemeinsamer Anteile der altersbedingten Varianz in kognitiven Fähigkeitsmaßen vorherzusagen vermögen (Hultsch, Hertzog & Dixon, 1990; Salthouse, 1991, 1992, 1996). Daneben klärt jedoch die Wahrnehmungsgeschwindigkeit einen großen Anteil an Altersunterschieden in Arbeitsgedächtnismaßen auf (Salthouse, 1991, 1993; Salthouse & Babcock, 1991). Eine Arbeit von Persad und Kollegen (2002) weist dagegen wiederum einen größeren Anteil aufgeklärter Varianz durch Messverfahren hemmungskorrelierter Funktionen im Vergleich zu Geschwindigkeitsmessungen an Altersdifferenzen in einer Gedächtnis- (California Verbal Learning Test; Delis, Kramer, Kaplan & Ober, 1987) und einer Aufmerksamkeitsanforderung (Paced Auditory Serial Addition Test; Gronwall, 1977) nach. Auch die Annahme der generellen Verlangsamung erscheint also letztlich nicht hinreichend zur Erklärung altersbezogener Varianz in kognitiven Leistungen. Ein aktuelles Review über eine Reihe von Metaanalysen von Verhaeghen et al. (in press, preprint, S. 8) legt Ähnliches nahe: "Evidence is accumulating that other factors besides speed are needed for a full account of age differences in complex cognitive tasks". Diese Schlussfolgerung beruht auf der Beobachtung, dass sich für einfache vs. komplexe, eine Koordination erfordernde Aufgaben, unterschiedliche Verlangsamungsgradienten nachweisen lassen (Mayr & Kliegl, 1993). Eine aktuelle Arbeit von Lustig, Hasher und Tonev (submitted) weist überdies darauf hin, dass die meisten Tests, die eigentlich die reine Verarbeitungsgeschwindigkeit messen sollen, durchaus nicht unbeeinflusst von einer effizienten Inhibition sind, da sie oftmals eine Vielzahl (potenziell interferierender) zu bearbeitender Items auf einem vorgegebenen Blatt Papier enthalten (cluttered displays).

Insofern mag sich die Schlussfolgerung aufdrängen, dass einzelne Globalmodelle insgesamt wenig angemessen erscheinen und prozess- oder bereichsspezifische Modelle kognitiven Alterns die sinnvollere Alternative zur Erklärung von Alterungsphänomenen darstellen könnten. Für diesen Ansatz bereichsspezifischer Veränderungen spricht eine Arbeit von Zelinski und Lewis (2003). Hier ist über eine Analyse latenter Variablen üblicher kognitiver Leistungsmaße (vocabulary, list recall, speed, working memory, text

recall) keine Evidenz für die Annahme einer Dedifferenzierung der Fähigkeitsstruktur im höheren Lebensalter mit anwachsenden Korrelationen zwischen verschiedenen Leistungen innerhalb der Population der älteren Erwachsenen nachweisbar. Dies sollte jedoch der Fall sein, wenn davon auszugehen ist, dass Beeinträchtigungen eines zentralen Faktors die Leistung über einen weiten Bereich von Aufgaben hinweg beeinträchtigen und dieser im höheren Lebensalter für die Aufgabenbearbeitung an Bedeutung zunimmt. Insgesamt gesehen entsteht der Eindruck, dass das Ausmaß, in welchem aufgabenspezifische Faktoren den Beitrag zu überdecken vermögen, der Unterschieden in einem zentralen Faktor an Alterseffekten zukommt, den Geltungsanspruch jeglicher globalen Theorie kognitiven Alterns und somit auch des Hemmungs-Defizit-Modells in Frage stellt. Salthouse (1996) argumentiert hier allerdings, dass verschiedene Aufgaben sich darin unterscheiden, wie sehr die Leistung in einem gegebenen Paradigma überhaupt vom Zentralfaktor bedingt wird. Hier wird noch einmal die Wichtigkeit von Prozessmodellen der jeweils eingesetzten Aufgaben deutlich. So sind die bislang genannten Wirkmechanismen womöglich als zwar vom Alterungsprozess betroffene Bereiche zu konzeptualisieren, ihr Anspruch als übergeordnete Erklärungskonzepte könnte jedoch zu hoch sein. Stattdessen könnte es sinnvoll sein, ihre jeweiligen Beiträge an Altersunterschieden in gegebenen Aufgabenanforderungen zu determinieren.

Dies führt auch noch einmal zu einer anderen möglichen Schlussfolgerung aus der heterogenen Befundlage zur Interferenzanfälligkeit im höheren Alter, nämlich zu u.U. unzureichenden experimentellen Methoden, die bereits McDowd (1997) als Argument für die komplexe Befundlage zu Altersveränderungen der Hemmungseffizienz anführte. Wie kurz erwähnt, sind bereits sehr viele verschiedene Aufgaben zum Einsatz gekommen, um hemmungskorrelierte Funktionen zu erfassen. Dabei werden oft Messungen verwendet, deren Konstruktvalidität nicht besonders gut abgesichert ist. So beschreibt eine aktuelle Metaanalyse zu einem vor allem in der Neuropsychologie zur Erfassung hemmungskorrelierter (exekutiver) Funktionen eingesetzten Verfahren, dem Wisconsin-Card-Sort-Test⁸ (Grant & Berg, 1948; Heaton et al., 1993) zwar stabile Altersunterschiede zu Ungunsten älterer Erwachsener (Rhodes, 2004). Es werden jedoch unterschiedliche Quellen für die berichteten Altersunterschiede diskutiert. So könnte die

⁸ In diesem Test sind vorgegebene Kartenstapel nach verschiedenen Kriterien zu ordnen. Dabei wechseln ältere Erwachsene weniger oft das Sortier-Kriterium und weisen mehr Perseverationsfehler auf (indem sie auch nach Wechsel des Kriteriums nach derselben Kategorie, z.B. Form, Farbe, Anzahl, weitersortieren).

Hemmung einer vorherrschenden Antworttendenz, die Fähigkeit zum task-switching oder eine allgemeine Verlangsamung zu den beobachteten Alterseffekten führen. Zum anderen besteht neben dieser Kritik an der Konstruktvalidität offenbar nicht nur für das hier exemplarisch ausführlich diskutierte Negative Priming, sondern für viele Aufgaben, die konzipiert wurden, um hemmungskorrelierte Funktionen zu erfassen, eine Reliabilitätsproblematik (Friedman & Miyake, 2004). Friedman und Miyake (2004, S. 119) gelangen in Hinblick auf das Negative Priming zu dem Schluss:

"It is entirely possible for there to be a significant negative priming effect (because more people show the effect than do not show the effect) but, at the same time, for that effect to be quite inconsistent across different parts of the task [...] or on different occasions [...] in terms of who is showing an effect of what magnitude. [...] Using negative priming as a measure of inhibition ability requires great caution."

Zusammenfassend könnten die Ergebnisse der eigenen Studien im Umfeld weiterer Befunde zum einen ein Anhaltspunkt dafür sein, dass ein Hemmungsdefizit sich nicht als "cognitive primitive" im Sinne eines Generalfaktors kognitiven Alterns identifizieren lässt. Beim derzeitigen Forschungsstand muss offen bleiben, unter welchen Bedingungen und für welche Anforderungen dem Phänomen einer geringeren Widerstandsfähigkeit gegenüber Interferenzen im Alter eine zentrale Rolle zur Erklärung altersbezogener kognitiver Einbußen zukommt, oder welcher spezifische Mechanismus (z.B. laterale Inhibition) unter welchen Bedingungen dieses Phänomen auslöst. Andererseits kann auf der Basis der Einordnung der eigenen Befunde in die aktuelle Literaturlage ganz generell hinterfragt werden, inwieweit die Ebene einzelner Globalmodelle angemessen ist, kognitive Alterseffekte für einen weiten Bereich von Anforderungen zu modellieren. Es erscheint sinnvoller, unter Berücksichtigung von Prozessmodellen verwendeter Aufgaben, die Anteile an Altersdifferenzen zu determinieren, die den ursprünglich als Globalfaktoren konzipierten Modellen jeweils zukommt. Die dritte experimentell bearbeitete Fragestellung schließlich scheint vor allem die Möglichkeit zu unterstützen, dass manche der eingesetzten Messverfahren aus testtheoretischer Sicht gar nicht reliabel

genug sind, angezielte Konstrukte stabil abzubilden. Vor dem Hintergrund unreliabler Verfahren mit fraglicher Konstruktvalidität hat jedoch jegliche globale Modellvorstellung zum kognitiven Altern nur geringe Chancen, sich zu bewähren.

10 Fazit und Ausblick

Ziel der Arbeit war es, die theoretisch über das Hemmungs-Defizit-Modell begründete Annahme einer geringeren Widerstandsfähigkeit gegenüber Störreizen für ältere im Vergleich zu jüngeren Personen empirisch zu überprüfen. Dabei zeichnet sich ab, dass der globale Anspruch des Hemmungs-Defizit-Modells zur Erklärung von Alterseffekten in der Kognition wohl als übergeneralisiert anzusehen ist. Andererseits ist deutlich geworden, dass das Hemmungskonstrukt oder die Widerstandsfähigkeit gegen Interferenzen (ohne diese theoretisch durch das Hemmungs-Defizit-Modell begründen zu wollen) als zentrale Ursache kognitiven Alterns schwierig zu messen ist und u.U. die uneinheitliche Befundlage zwar Messproblemen, aber nicht der Theorieebene anzulasten ist. Die Grundzüge dieser Problematik offenbarten sich bereits vor einigen Jahren (vgl. Kpt. 9). Welche Forschungsstrategie bietet sich nun weiterführend für die Suche nach den Ursachen kognitiven Alterns an?

Wenn die Bedeutung des Faktors der Hemmungseffizienz im Zusammenhang mit kognitivem Altern weiter evaluiert werden soll, so ist zum einen für experimentelle Untersuchungen zu fordern, Paradigmen mit guter Reliabilität einzusetzen, für die abklärbar erscheint, welche Art von Interferenz an welcher Stelle des Verarbeitungsprozesses eine Leistungsbeeinträchtigung hervorruft. Das erfordert sorgfältige Aufgabenanalysen der jeweils eingesetzten Verfahren. Friedman und Miyake (2004) schlagen einige solcher Aufgaben vor, die jedoch teilweise ebenfalls zu kritisieren sind (z.B. die Stroop-Aufgabe, vgl. Bestgen & Dupont, 2000). Sinnvoll erscheint es, nicht nur eine, sondern mehrere empirische Indikatorvariablen für das Konstrukt der kognitiven Hemmung zu erheben. Dabei sollten die Aufgaben eine Trennung nach den nicht nur von Friedman und Miyake (2004), sondern in analoger Weise auch von Hasher et al. (1999) genannten Hemmungsfunktionen zulassen. So unterscheiden Hasher und Kollegen (1999) die "access"- die "deletion"- und die "restraint"-Funktion kognitiver Hemmung, die sich bei Friedman und Miyake als hemmungskorrelierte Funktionen "Resistenz gegenüber Distraktorinterferenzen", "Resistenz gegenüber proaktiven Interferenzen" und "prepotent response inhibition" wieder finden. Die gemeinsame Varianz zwischen den je angezielter Hemmungsfunktion eingesetzten Aufgaben kann dann im Sinne einer latenten Variablen

genutzt werden, um Hypothesen über den angenommenen Einfluss des zugrunde gelegten Konstrukts auf Altersunterschiede in interessierenden kognitiven Leistungen zu überprüfen. Der Vorteil solcher latenter Variablen Ansätze ist, dass nicht ein einzelnes (teilweise relativ beliebig ausgewähltes) Paradigma genutzt wird, um ein theoretisch zu erfassendes Konstrukt abzubilden, sondern dass eine latente Variable aus verschiedenen Messungen gebildet wird, die alle den Anspruch erheben, die entsprechende theoretische Größe abzubilden. Es wird dann nur noch die den Aufgaben gemeinsame Varianz betrachtet. Voraussetzungen für diese Analysen sind überdies ausreichende Reliabilitäten der in die latente Variable eingehenden Paradigmen. Allerdings ist hier der zeitliche Aufwand für die Applikation zahlreicher Verfahren gerade im Zusammenhang mit der Untersuchung gerontopsychologischer Populationen nicht unerheblich und darf nicht unterschätzt werden.

In Bezug auf die Modellebene erscheint es insgesamt sinnvoller, die Annahme defizitärer Hemmungsfunktionen nicht als einen Globalfaktor kognitiven Alterns zu interpretieren, sondern als einen der vom Alterungsprozess sicherlich betroffenen Bereiche zu formulieren und den Anteil der diesem Faktor an Altersunterschieden bei einer gegebenen Aufgabenanforderung zukommt, in einen Vergleich zu den genannten Alternativmodellen zu stellen. Insofern erscheint eher eine Integration alternativer Modellvorstellungen über kognitives Altern anzustreben, wie eine allgemeine Verlangsamung oder eine Ressourcenverringering, die auch die biologische Basis von Altersveränderungen einbezieht. Zelinski und Lewis (2003) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass im Gegensatz zu Globalfaktormodellen die Annahme prozess-spezifischer Veränderungen zwar notwendigerweise die komplexere Modellbildungsebene zum kognitiven Altern darstellt, diese aber anscheinend vorhandene Daten besser repräsentieren kann als Globalfaktormodelle. Auch sollten zukünftige Studien, die sich mit den Ursachen kognitiven Alterns auseinandersetzen den Einwand Verhaeghens (2004, S. 322) berücksichtigen, "that cognitive aging researchers are quite good at explaining differences between persons of different ages, as observed at one point in time, but that we are having much more difficulty explaining what affects individual differences in *change*". An diesem Punkt wären längsschnittliche Analysen wünschenswert, um mehr über den tatsächlichen Verlauf oder auch das Phänomen kognitiven Alterns, denn über Altersunterschiede in bestimmten Tests in unterschiedlichen Kohorten zu einem gegebenen Zeitpunkt zu erfahren.

Literaturverzeichnis

- Allport, A. (1989). Visual attention. In M. I. Posner (ed.), *Foundations of cognitive science* (pp. 631-682). Cambridge, MA: MIT Press.
- Anderson, J. R. (1983). Retrieval from long term memory, *Science*, 220, 25-30.
- Anderson, M. C. (2001). Active forgetting: Evidence for functional inhibition as a source of memory failure. *Journal of Aggression, Maltreatment & Trauma*, 4, 185-210.
- Arbuthnott, K. D. (1995). Inhibitory mechanisms in cognition: Phenomena and models. *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*, 14, 3-45.
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (eds.), *The psychology of learning and motivation*, (vol. 2, pp. 89-195). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D. (1992). Is working memory working? The fifteenth Bartlett lecture. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44A, 1-31.
- Baddeley, A. D. (1993). Working memory or working attention? In A. D. Baddeley & L. Weiskrantz (eds.), *Attention: Selection, awareness, and control. A tribute to Donald Broadbent* (pp. 152-171). New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 5-28.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp. 47-90). New York: Academic Press.
- Baltes, P. B., Cornelius, S. W., Spiro, A., Nesselroade, J. R. & Willis, S. L. (1980). Integration versus differentiation of fluid/crystallized intelligence in old age. *Developmental Psychology*, 16, 625-635.
- Baltes, P. B. & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life-span: A new window to the study of cognitive aging? *Psychology and Aging*, 12, 12-21.
- Banich, M. T., Milham, M. P., Atchley, R., Cohen, N. J., Webb, A., Wsialek, T., Kramer, A. F., Liang, Z. P., Wright, A., Shenker, J. & Magin, R. (2000). FMRT Studies of stroop task reveal unique roles of anterior and posterior brain systems in attentional selection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 988-1000.
- Baving, L., Wagner, M. & Cohen, R. (2001). Increased semantic and repetition priming in schizophrenic patients. *Journal of Abnormal Psychology*, 110, 67-75.

- Bestgen, Y. & Dupont, V. (2000). Is negative priming a reliable measure for studying individual differences in inhibition? *Cahiers de Psychology Cognitive/Current Psychology of Cognition*, 19, 287-305.
- Birren, J. E. (1974). Translations in gerontology – from lab to life: Psychophysiology and speed of response. *American Psychologist*, 29, 808-815.
- Birren, J. E. & Schaie, K. W. (eds.). (2001). *Handbook of the psychology of aging* (5th ed.). San Diego, CA: Academic Press.
- Bjorklund, D. F. & Harnishfeger, K. K. (1995). The evolution of inhibition mechanisms and their role in human cognition and behaviour. In F. N. Dempster & C. J. Brainerd (eds.), *Interference and inhibition in cognition* (pp. 142-175). San Diego, CA: Academic Press.
- Bloem, R. & Schmuck, P. (1999). Individuelle Unterschiede bei kognitiven Hemmungsprozessen und deren Beziehung zu Aufmerksamkeitsstörungen. *Diagnostica*, 45, 47-55.
- Botwinick, J. & Storandt, M. (1974). *Memory, related functions and age*. Springfield, IL: Thomas.
- Bowles, R. P. & Salthouse, T. A. (2003). Assessing the age-related effects of proactive interference on working memory tasks using the Rasch Model. *Psychology and Aging*, 18, 608-615.
- Brainerd, C. J. & Reyna, V. F. (1993). Memory independence and memory interference in cognitive development. *Psychological Review*, 100, 42-67.
- Broadbent, D. E., Cooper, P. F., Fitzgerald, P. & Parkes, K. R. (1982). The Cognitive Failures Questionnaire (CFQ) and its correlates. *British Journal of Clinical Psychology*, 21, 1-16.
- Burke, D. M. (1997). Language, aging, and inhibitory deficits: Evaluation of a theory. *The Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 52, 254-264.
- Burke, D. M. & Peters, L. (1986). Word associations in old age: Evidence for consistency in semantic encoding during adulthood. *Psychology and Aging*, 1, 283-292.
- Cabeza, R., Anderson, N. D., Locantore, J. K. & McIntosh, A. R. (2002). Aging gracefully: Compensatory brain activity in high-performing older adults. *Neuroimage*, 17, 1394-1402.
- Case, R., Kurland, M. & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 386-404.

- Cerella, L. (1985). Information processing rates in the elderly. *Psychological Bulletin*, 98, 67-83.
- Charness, N. & Bosman, E. A. (1992). Human factors and age. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (eds.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 495-551). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Coffey, C. E., Wilkinson, W. E., Parashos, I. A., Soady, S. A., Sullivan, R. J., Patterson, L. J., Figiel, G. S., Webb, M. C., Spritzer, C. E. & Djang, W. T. (1992). Quantitative cerebral anatomy of the aging human brain: A cross-sectional study using magnetic resonance imaging. *Neurology*, 42, 527-536.
- Connelly, S. L. & Hasher, L. (1993). Aging and inhibition of spatial location. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 1238-1250.
- Conway, A. R. A. (1999). The time-course of negative priming: Little evidence for episodic trace retrieval. *Memory & Cognition*, 27, 575-583.
- Conway, A. R. A., Tuholski, S. W., Shisler, R. J. & Engle, R. W. (1999). The effect of memory load on negative priming: An individual differences investigation. *Memory & Cognition*, 27, 1042-1050.
- 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., Towse, J. N., Hamilton, Z., Saults, J. S., Elliot, E. M., Lacy, J. F., Moreno, M. V. & Hitch, G. J. (2003). Children's working memory processes: A response time analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 113-132.
- Craik, F. I. M. & Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits: The role of attentional processes. In F. I. M. Craik & S. Trehub (eds.), *Aging and cognitive processes* (pp. 191-211). New York: Plenum.
- Craik, F. I. M. & McDowd, J. M. (1987). Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 474-479.
- Craik, F. I. M. & Salthouse, T. A. (eds.). (2000). *The handbook of aging and cognition* (2nd ed.). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Cronin-Golomb, A. (1990). Abstract thought in aging and age-related neurological disease. In F. Boller & J. Grafman (eds.), *Handbook of neuropsychology*, (vol. 4, pp. 279-309). New York: Elsevier.

- Daneman, M. & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Daneman, M. & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 422-433.
- De Beni, R. & Palladino, P. (2004). Decline in working memory updating through ageing: Intrusion error analyses. *Memory*, 12, 75-89.
- De Beni, R., Palladino, P., Pazzaglia, F. & Cornoldi, C. (1998). Increases in intrusion errors and working memory deficit of poor comprehenders. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A, 305-320.
- Delis, D. C., Kramer, J. H., Kaplan, E. & Ober, B. A. (1987). *California Verbal Learning Test: Adult version, research edition*. San Antonio, TX: Psychological Corp.
- 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. Passolunghi (eds.), *Emerging themes in cognitive development* (pp. 3-27). New York: Springer.
- Dempster, F. N. & Corkill, A. J. (1999). Interference and inhibition in cognition and behavior: Unifying themes for educational psychology. *Educational Psychology Review*, 11, 1-88.
- DeSchepper, B. & Treisman, A. (1996). Visual memory for novel shapes: Implicit coding without attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 27-47.
- Diamond, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action as indicated by infants' performance on AB. *Child Development*, 56, 868-883.
- Diamond, A. (1988). Abilities and neural mechanisms underlying AB performance. *Child Development*, 59, 523-527.
- Diamond, A. (1991). Neuropsychological insights into the meaning of object concept development. In S. Carey & R. Gelman (eds.), *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition* (pp. 67-110), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Diamond, A., Ciaramitaro, V., Donner, E., Djali, S. & Robinson, M. B. (1994). An animal model of early-treated PKU. *Journal of Neuroscience*, 14, 3072-3082.
- Dixon, R. A., Bäckman, L. & Nilsson L.-G. (eds.). (2004). *New frontiers in cognitive aging*. New York: Oxford University Press.

- Dunlap, W. P., Kennedy, R. S., Harbeson, M. M. & Fowlkes, J. E. (1989). Problems with individual difference measures based upon some componential cognitive paradigms. *Applied Psychological Measurement*, 13, 9-17.
- Dywan, J. & Murphy, W. E. (1996). Aging and inhibitory control in text comprehension. *Psychology and Aging*, 11, 199-206.
- Earles, J. L., Connor, L. T., Frieske, D., Park, D. C., Smith, A. D. & Zwahr, M. (1997). Age differences in inhibition: Possible causes and consequences. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 4, 45- 57.
- Engle, R. W., Conway, A. R. A., Tuholski, S. W. & Shisler, R. J. (1995). A resource account of inhibition. *Psychological Science*, 6, 122-125.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E. & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short term memory and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309-331.
- Faul, F. & Erdfelder, E. (1992). *GPOWER: A priori, post-hoc, and compromise power analyses for MS-DOS* [Computer program]. Bonn, Germany: Bonn University, Department of Psychology.
- Faust, M. E., Balota, D. A., Spieler, D. H. & Ferraro, F. R. (1999). Individual differences in information-processing rate and amount: Implications for group differences in response latency. *Psychological Bulletin*, 125, 777-799.
- Filoteo, J. V., Rilling, L. M. & Strayer, D. L. (2002). Negative priming in patients with Parkinson's disease: Evidence for a role of the striatum in inhibitory attentional processes. *Neuropsychology*, 16, 230-241.
- Fleischmann, U. M. (1982). Zur Gültigkeit des "Zahlennachsprechens" im hohen Lebensalter. *Zeitschrift für Gerontologie*, 15, 15-21.
- Fox, E. (1995). Negative priming from ignored distractors in visual selection: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 145-173.
- Friedman, N. P. & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 101-135.
- Frith, C. D. (1979). Consciousness, information processing and schizophrenia. *British Journal of Psychiatry*, 153, 437-443.
- Fry, A. F. & Hale, S. (1996). Processing speed, working memory, and fluid intelligence: Evidence for a developmental cascade. *Psychological Science*, 7, 237-241.

- Fuller, R., Frith, C. D. & Jahanshahi, M. (2000). Reduced negative priming does indicate reduced cognitive inhibition in schizophrenia. *Cognitive Neuropsychiatry*, 5, 21-35.
- Gamboz, N., Russo, R. & Fox, E. (2000). Target selection difficulty, negative priming, and aging. *Psychology and Aging*, 15, 542-550.
- Gamboz, N., Russo, R. & Fox, E. (2002). Age differences and the identity negative priming effect: An updated meta-analysis. *Psychology and Aging*, 17, 525-531.
- Gernsbacher, M. A. (1993). Less skilled readers have less efficient suppression mechanisms. *Psychological Science*, 4, 294-298.
- Grady, C. L. (2001). Age-related changes in the functional neuroanatomy of memory. In M. Naveh-Benjamin, M. Moscovitch & H. L. Roediger, III (eds.), *Perspectives on human memory and cognitive aging: Essays in honour of Fergus Craik* (pp. 325-333). Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Grant, D. A. & Berg, E. A. (1948). A behavioral analysis of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigel-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology*, 38, 404-411.
- Grant, J. D. & Dagenbach, D. (2000). Further considerations regarding inhibitory processes, working memory, and cognitive aging. *American Journal of Psychology*, 113, 69-94.
- Green, M. J. & Williams, L. M. (1999). Schizotypie and creativity as effects of reduced cognitive inhibition. *Personality and Individual Differences*, 27, 263-276.
- Gronwall, D. M. A. (1977). Paced auditory serial addition test: A measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills*, 44, 367-373.
- Grube, D., Hasselhorn, M. & Weiss, J. (1998). Altersdefizite im phonologischen Arbeitsgedächtnis: Spielt die Verarbeitungspräzision des phonetischen Speichers eine Rolle? *Zeitschrift für Gerontopsychologie und -psychiatrie*, 11, 3-11.
- Harnishfeger, K. K. (1995). The development of cognitive inhibition: Theories, definitions, and research evidence. In F. N. Dempster & C. J. Brainerd (eds.), *Interference and inhibition in cognition* (pp. 175-204). San Diego, CA: Academic Press.
- Hartman, M. & Hasher, L. (1991). Aging and suppression: Memory for previously relevant information. *Psychology and Aging*, 6, 587-594.

- Hasher, L., Stoltzfus, E. R., Zacks, R. T. & Rympa, 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 & H. L. Roediger, III (eds.), *Perspectives on human memory and cognitive aging: Essays in honour of Fergus Craik* (pp. 286-297). Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Hasher, L. & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. *The Psychology of Learning and Motivation*, 22, 193-225.
- Hasher, L., Zacks, R. T. & May, C. P. (1999). Inhibitory control, circadian arousal, and age. In D. Gopher & A. Koriat (eds.), *Attention and performance XVII* (pp. 653-675). Cambridge, MA: MIT Press.
- Hasselhorn, M. (1988). Wie und warum verändert sich die Gedächtnisspanne über die Lebensspanne? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 20, 322-337.
- Hasselhorn, M. (1990). Altersdifferenzen und -invarianzen im Arbeitsgedächtnis: Eine gerontopsychologische Studie zum Wortlängen-Effekt. *Zeitschrift für Gerontopsychologie und -psychiatrie*, 1, 181-189.
- Hazeltine, E., Poldrack, R. & Gabrieli, J. D. E. (2000). Neural activation during response competition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 118-129.
- Heaton, R. K., Chelune, G. J., Talley, J. K., Kay, G. & Curtiss, G. (1993). *Wisconsin Card Sort Test manual: Revised and expanded*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- Hertzog, C. (2004). Does longitudinal evidence confirm theories of cognitive aging derived from cross-sectional data? In R. A. Dixon, L. Bäckman & L.-G. Nilsson (eds.), *New frontiers in cognitive aging* (pp. 41-64). New York: Oxford University Press.
- Hewitt, J. K. & Claridge, G. (1989). The factor structure of schizotypy in a normal population. *Personality and Individual Differences*, 10, 323-329.
- Hitch, G. J., Towse, J. N. & Hutton, U. (2001). What limits children's working memory span? Theoretical accounts and applications for scholastic development. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 184-198.

- Howard, D. V. (1980). Category norms: A comparison of the Battig and Montague (1969) norms with the responses of adults between the ages of 20 and 80. *Journal of Gerontology*, 35, 225-231.
- Houghton, G. & Tipper, S. P. (1994). A dynamic model of selective attention. In D. Dagenbach & T. Carr (eds.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (pp. 53-112). San Diego, CA: Academic Press.
- Hultsch, D. F., Hertzog, C. & Dixon, R. A. (1990). Ability correlates of memory performance in adulthood and aging. *Psychology and Aging*, 5, 356-368.
- Intons-Peterson, M. J., Rocchi, P., West, T., McLellan, K. & Hackney, A. (1998). Aging, optimal testing times, and negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24, 362-376.
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W. & Engle, R. W. (2004). The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 189-217.
- Kane, M., Hasher, L., Stoltzfus, E. R., Zacks, R. T. & Connelly, S. L. (1994). Inhibitory attentional mechanisms and aging. *Psychology and Aging*, 9, 103-112.
- Kane, M. J., May, C. P., Hasher, L., Rahal, T. & Stoltzfus, R. (1997). Dual mechanisms of negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 632-650.
- Keele, S. W. & Neill, W. T. (1978). Mechanisms of attention. In E. C. Carterette & M. P. Friedmann (eds.), *Handbook of Perception* (vol. 9, pp. 3-47). New York: Academic Press.
- Kliegel, M., Zeintl, M., Martin, M. & Kopp, U. (2003). Korrelate altersbezogener Leistung in typischen Arbeitsgedächtnisphantentests. *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 16, 1-8.
- Klump, P. (1995). Attention, action, absent-minded aberrations. Frankfurt: Lang.
- Knight, R. T. & Grabowecky, M. (1995). Escape from linear time: Prefrontal cortex and conscious experience. In M. S. Gazzaniga (ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 1357-1371). Cambridge, MA: MIT Press.
- Konishi, S., Nakajima, K., Uchida, I., Kikyo, H., Kameyama, M. & Miashita, Y. (1999). Common inhibitory mechanism in human inferior prefrontal cortex revealed by event-related functional MRI. *Brain*, 122, 981-991.

-
- 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). The influence of stimulus repetition on negative priming. *Psychology and Aging, 16*, 580-587.
- Kwong See, S., Tipper, S. P., Weaver, B. & Ryan, E. (1994, April). *Age differences in the control of inhibitory mechanisms of attention*. Paper presented at the 5th biannual Cognitive Aging Conference, Atlanta, GA.
- LaVoie, D. & Light, L. L. (1994). Adult age differences in repetition priming: A meta-analysis. *Psychology and Aging, 9*, 539-553.
- Li, S.-C. & Lindenberger, U. (1999). Cross-level unification: A computational exploration of the link between deterioration of neurotransmitter systems dedifferentiation of cognitive abilities in old age. In L.-G. Nilsson & H. J. Markowitsch (eds.), *Cognitive neuroscience of memory* (pp. 103-146). Seattle, WA: Hogrefe & Huber.
- Liddl, P. F., Kiehl, K. A. & Smith, A. M. (2001). An event-related fMRT study of response inhibition. *Human Brain Mapping, 12*, 100-109.
- Light, L. L. (1991). Memory and aging: Four hypotheses in search of data. *Annual Review of Psychology, 42*, 333-376.
- Light, L. L. (2004). Commentary: Measures, constructs, models, and inferences about aging. In R. A. Dixon, L. Bäckman & L.-G. Nilsson (eds.), *New frontiers in cognitive aging* (pp. 89-112). New York: Oxford University Press.
- Light, L. L. & Anderson, P. A. (1983). Memory for scripts in young and older adults. *Memory & Cognition, 11*, 435-444.
- Lindenberger, U. & Baltes, B. P. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: A powerful connection. *Psychology and Aging, 9*, 339-355.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review, 95*, 492-527.
- Logan, G. D. (1994). On the ability to inhibit thought and action: A user's guide to the stop signal paradigm. In D. Dagenbach & T. Carr (eds.), *Inhibitory mechanisms in attention, memory, and language* (pp. 189-239). New York: Academic Press.
- Logan, G. D. & Etherton, J. L. (1994). What is learned in automatization? The role of attention in constructing an instance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 20*, 1022-1050.

- Lowe, G. D. (1979). Strategies, context, and the mechanism of response inhibition. *Memory & Cognition*, 7, 382-389.
- Lowe, G. D. (1985). Further investigation of inhibitory mechanisms in attention. *Memory & Cognition*, 13, 74-80.
- Lustig, C., Hasher, L. & Tonev, S. T. (submitted). Losing Speed or Losing Control? Distraction and Group Differences on Tests of Processing Speed. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*.
- Lustig, C., May, C. & Hasher, L. (2001). Working memory span and the role of proactive interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 199-207.
- MacDonald, P., Antony, M. M. & MacLeod, C. M. (1999). Negative priming for obsessive-compulsive checkers and noncheckers. *Journal of Abnormal Psychology*, 108, 679-686.
- MacKay, D. G. & Burke, D. M. (1990). Cognition and aging: A theory of new learning and the use of old connections. In T. M. Hess (ed.), *Aging and cognition: Knowledge organisation and utilisation* (pp. 213-264). Amsterdam: North Holland.
- Malley, G. B. & Strayer, D. L. (1995). Effect of stimulus repetition on positive and negative identity priming. *Perception & Psychophysics*, 57, 657-667.
- Marczinski, C. A., Milliken, B. & Nelson, S. (2003) Aging and repetition effects: Separate specific and nonspecific influences. *Psychology and Aging*, 18, 780-790.
- May, C. P., Hasher, L. & Kane, M. J. (1999). The role of interference in memory span. *Memory & Cognition*, 27, 759-767.
- May, C. P., Kane, M. J. & Hasher, L. (1995). Determinants of negative priming. *Psychological Bulletin*, 118, 35-54.
- Mayr, U. & Kliegl, R. (1993). Sequential and coordinative complexity: Age-based processing limitations in figural transformation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 1297-1320.
- Mayr, U., Spieler, D. & Kliegl, R. (eds.). (2001). *Ageing and executive control*. Hove, UK: Psychology Press.
- McCall, R. B. (1994). What process mediates prediction of childhood IQ from infant habituation and recognition memory? Speculations on the roles of inhibition and rate of information processing. *Intelligence*, 18, 107-125.

- McClelland, J. L. & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive model of context effects in letter perception: Part 1. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88, 375-407.
- McDowd, J. M. (1997). Inhibition in attention and aging. *The Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 52, 265-273.
- McDowd, J. M. (2001). Levels of processing in selective attention and inhibition: Age differences and similarities. In M. Naveh-Benjamin, M. Moscovitch & H. L. Roediger, III (eds.), *Perspectives on human memory and cognitive aging: Essays in honour of Fergus Craik* (pp. 135-147). Philadelphia, PA: Psychology Press.
- 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., Filion, D. L. & Baylis, G. C. (1992, April) *Aging and negative priming: The role of spatial location and stimulus pacing*. Poster presented at the 4th biannual Cognitive Aging Conference, Atlanta, GA.
- McDowd, J. M. & Oseas-Kreger, D. M. (1991). Aging, inhibitory processes and negative priming. *The Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 46, 340-345.
- McDowd, J. M., Oseas-Kreger, D. M. & Filion, D. L. (1995). Inhibitory processes in cognition and aging. In F. N. Dempster & C. J. Brainerd (eds.), *Interference and inhibition in cognition* (pp. 363-400). San Diego, CA: Academic Press.
- McGeoch, J. A. (1932). Forgetting and the law of disuse. *Psychological Review*, 39, 352-370.
- McGeoch, J. A. & McKinney, F. (1943). The susceptibility of prose to retroactive inhibition. *American Journal of Psychology*, 46, 429-436.
- Meguro, Y., Fujii, T., Yamadori, A., Tsukiura, T., Suzuki, K., Okuda, J. & Osaka, M. (2000). The nature of age-related decline on the reading span task. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 22, 391-398.
- Melton, A. W. & Irwin, J. M. (1940). The influence of degree of interpolated learning on retroactive inhibition and the overt transfer on specific responses. *American Journal of Psychology*, 53, 173-203.
- Metzler, C. (2001). Location negative priming may be abolished in older age. *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 14, 187-202.
- Milham, M. P., Banich, M. T., Webb, A., Barad, V., Cohen, N. J., Wsalek, T. & Kramer, A. F. (2001). The relative involvement of anterior cingulate and prefrontal cortex

- in attentional control depends on nature of conflict. *Cognitive Brain Research*, 12, 476-473.
- Milliken, B., Joordens, S., Merikle, P. M. & Seiffert, A. E. (1998). Selective attention: A reevaluation of the implications of negative priming. *Psychological Review*, 105, 203-229.
- Moritz, S., Andresen, B., Probsthein, E., Martin, T., Domin, F., Kretschmer, G., Krausz, M., Lambert, M. & Naber, D. (2000). Stimulus onset asynchronicity as a modulator of negative priming in schizotypy. *Personality and Individual Differences*, 29, 649-657.
- Moritz, S. & Mass, R. (1997). Reduced cognitive inhibition in schizotypy. *British Journal of Clinical Psychology*, 36, 365-376.
- Müller, G. E. & Schuhmann, F. (1894). Experimentelle Beiträge zur Untersuchung des Gedächtnisses. *Zeitschrift für Psychologie*, 6, 81-90.
- Nagai, J. & Yokosawa, K. (2003). Negative priming and stimulus familiarity: What causes opposite results? *Memory & Cognition*, 31, 369-379.
- Naveh-Benjamin, M., Moscovitch, M. & Roediger, H. L. III. (eds.). (2001). *Perspectives on human memory and cognitive aging: Essays in honour of Fergus Craik*. Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Neill, W. T. (1997). Episodic retrieval in negative priming and repetition priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 1291-1305.
- Neill, W. T., Valdes, L. A. & Terry, K. M. (1995). Selective attention and the inhibitory control of cognition. In F. Dempster & C. Brainerd (eds.), *Interference and inhibition in cognition* (pp. 207-261). Academic Press: New York.
- Neill, W. T., Valdes, L. A., Terry, K. M. & Gorfein, D. S. (1992). Persistence of negative priming: II. Evidence for episodic trace retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 993-1000.
- Neill, W. T. & Westberry, R. L. (1987). Selective attention and the suppression of cognitive noise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 327-334.
- 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. A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (eds.), *Consciousness*

- and self-regulation: Advances in research and theory*, (vol. 4, pp. 1-18). New York: Plenum Press.
- Oberauer, K. & Kliegl, R. (2001). Beyond resources: Formal models of complexity effects and age differences in working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, *13*, 187-215.
- Oberauer, K., Lange, E. & Engle, R. W. (2004). Working memory capacity and resistance to interference. *Journal of Memory and Language*, *51*, 80-96.
- Park, J. & Kanwisher, N. (1994). Negative priming for spatial locations: Identity mismatch not distractor inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*, 613-623.
- Park, D. C. & Schwarz, N. (eds.). (2000). *Cognitive aging: A primer*. Philadelphia: Psychology Press.
- Passolunghi, M. C., Cornoldi, C. & De Liberto, S. (1999). Working memory and intrusions of irrelevant information in a group of specific poor problem solvers. *Memory & Cognition*, *27*, 779-790.
- Persad, C. C., Abeles, N., Zacks, R. T. & Denburg, N. L. (2002). Inhibitory changes after age 60 and their relationship to measures of attention and memory. *The Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *57*, 223-232.
- Pesta, B. J. & Sanders, R. E. (2000). Aging and negative priming: Is ignored information inhibited or remembered? *Experimental Aging Research*, *26*, 37-56.
- Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child*. New York: Basic Books.
- Rabbitt, P. M. A. (1965) An age decrement in the ability to ignore irrelevant information. *Journal of Gerontology*, *20*, 233-238.
- Rabbitt, P. M. A. (1993). Does it all go together when it goes? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *46A*, 385-433.
- Raz, N. (2001). Cognitive aging. In V. S. Ramachandran (ed.), *The encyclopedia of the human brain* (pp. 829-838). San Diego, CA: Academic Press.
- Rhodes, M. G. (2004). Age-related differences in performance on the Wisconsin Card Sorting Test. A meta-analytic review. *Psychology and Aging*, *19*, 482-494.
- Rogers, W. A. (2000). Attention and aging. In D. C. Park & N. Schwarz (eds.), *Cognitive aging: A primer* (pp. 57-73). Philadelphia: Psychology Press.
- Rogers, W. & Fisk, A., D. (2001). Understanding the role of attention in cognitive aging research. In J. E. Birren & K. W. Schaie (eds.), *Handbook of the psychology of aging* (5th ed., pp. 267-287). San Diego: Academic Press.

- Saito, S. & Miyake, A. (2004). On the nature of forgetting and the processing-storage relationship in reading span performance. *Journal of Memory and Language*, *50*, 425-443.
- Salthouse, T. A. (1988). The role of processing resources in cognitive aging. In M. L. Howe & C. J. Brainerd (eds.), *Cognitive development in adulthood* (pp. 185-239). New York: Springer.
- Salthouse, T. A. (1991). *Theoretical perspectives on cognitive aging*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Salthouse, T. A. (1992). Influence of processing speed on adult age differences in working memory. *Acta Psychologica*, *79*, 155-170.
- Salthouse, T. A. (1993). Influence of working memory on adult age differences in matrix reasoning. *British Journal of Psychology*, *84*, 171-199.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, *103*, 403-428.
- Salthouse, T. A. & Babcock, R. L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental Psychology*, *27*, 763-776.
- Salthouse, T. A. & Meinzig, E. J. (1995). Aging, inhibition, working memory and speed. *The Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *50*, 297-306.
- Schelstraete, M. & Hupet, M. (2002). Cognitive aging and inhibitory efficiency in the Daneman and Carpenter's working memory task. *Experimental Aging Research*, *28*, 269-279.
- Schmidt, K. H. & Metzler, P. (1992). *Wortschatztest (WST)*. Weinheim: Beltz.
- Schmuck, P. & Bloem, R. (1998). Negative-Priming-Designs: Vergleich und Optimierung von Messverfahren zur Erfassung kognitiver Hemmungsprozesse. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, *45*, 60-71.
- Schneider, W. (1995). *MEL Professional User's Guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools.
- Schooler, C., Neumann, E., Caplan, L. J. & Roberts, B. R. (1997). Continued inhibitory capacity throughout adulthood: Conceptual negative priming in younger and older adults. *Psychology and Aging*, *12*, 667-674.
- Shah, P. & Miyake, S. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, *125*, 4-27.

- Sherrington, C. S. (1906). *The integrative action of the nervous system*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Shimamura, A. P. (1995). Memory and frontal lobe function. In M. S. Gazzaniga (ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 803-813). Cambridge, MA: MIT Press.
- Shute, V. J. (1991). Who is likely to acquire programming skills? *Journal of Educational Computing Research*, 7, 1-24.
- Singer, T. (2000). *Testing-the-Limits in einer mnemonischen Fähigkeit: Eine Studie zur kognitiven Plastizität im hohen Alter*. Unveröffentlichte Dissertation, Freie Universität Berlin. [Verfügbar unter: <http://www.diss.fu-berlin.de/2000/78/> Datum des Zugriffs: 31.10.2004].
- Smith, E. E. & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283, 1657-1661.
- Stoltzfus, E. R., Hasher, L., Zacks, R. T., Ulivi, M. S. & Goldstein, D. (1993). Investigation of inhibition and interference in younger and older adults. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 48, 179-188.
- Strayer, D. L. & Grison, S. (1999). Negative identity priming is contingent on stimulus repetition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 25, 24-38.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-661.
- 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. (1995). Identity negative priming in older adults and individuals with dementia of the Alzheimer's type. *Neuropsychology*, 9, 537-555.
- Tipper, S. P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37A, 571-590.
- Tipper, S. P. (1991). Less attentional selectivity as a result of declining inhibition in older adults. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29, 45-47.
- Tipper, S. P. (2001). Does negative priming reflect inhibitory mechanisms? A review and integration of conflicting views. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 321-343.

- Tipper, S. P. & Cranston, M. (1985). Selective attention and priming: inhibitory and facilitatory effects of ignored primes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37A, 591-611.
- Titz, C., Behrendt, J. & Hasselhorn, M. (2004). Welche Rolle spielen proaktive Interferenzen zur Erklärung von Altersdifferenzen in der Gedächtnisspanne? *Zeitschrift für Gerontopsychologie und -psychiatrie*, 17, 173-177.
- Titz, C., Behrendt, J. & Hasselhorn, M. (2003). Ist der Negative Priming Effekt tatsächlich altersinvariant? *Zeitschrift für Gerontopsychologie und -psychiatrie*, 16, 169-175.
- Titz, C., Behrendt, J., Hasselhorn, M. & Schmuck, P. (2003). Ist der Negative Priming Effekt zur reliablen Abbildung interindividueller Differenzen kognitiver Hemmung geeignet? *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 24, 135-147.
- Towse, J. N., Hitch, G. J. & Hutton, U. (1998). A reevaluation of working memory capacity in children. *Journal of Memory and Language*, 39, 195-217.
- Treisman, A. & DeShepper, B. (1996). Object tokens, attention and visual memory. In Inui, T. & McClelland, J. L. (eds.), *Attention and performance, XVI: Information integration in perception and communication* (pp. 15-46). Cambridge, MA: MIT Press.
- Turner, M. L. & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, 28, 127-154.
- Underwood, B. J. (1957). Interference and forgetting. *Psychological Review*, 64, 49-60.
- Ungerleider, L. & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. Ingle, M. Goodale & R. Mansfield (eds.), *Analysis of visual behavior* (pp. 549-586). Cambridge, MA: MIT Press.
- Verhaeghen, P. (2004). Framing fearful (a)symmetries: Three hard questions about cognitive aging. In R. A. Dixon, L. Bäckman & L.-G. Nilsson (eds.), *New frontiers in cognitive aging* (pp. 309-329). New York: Oxford University Press.
- Verhaeghen, P. & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: A review of meta-analyses. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26, 849-857.
- Verhaeghen, P., Cerella, J., Bopp, K. L. & Basak, C. (in press). Aging and varieties of cognitive control: A review of meta-analyses on resistance to interference, coordination and task switching, and an experimental exploration of age-sensitivity in the newly identified process of focus switching. In R. W. Engle, G. Sedek, U.

- von Hecker, & D. N. McIntosh (eds.), *Cognitive limitations in aging and psychopathology: Attention, working memory, and executive functions*. New York: Cambridge University Press.
- Verhaeghen, P. & De Meersman, L. (1998). Aging and the negative priming effect: A meta-analysis. *Psychology and Aging, 13*, 435-444.
- Waters, G. S. & Caplan, D. (2003). The reliability and stability of verbal working memory measures. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 35*, 550-564.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin, 120*, 272-292.
- Whittlesea, B. W. A. & Jacoby, L. (1990). Interaction of prime repetition with visual degradation: Is priming a retrieval phenomenon? *Journal of Memory and Language, 29*, 546-565.
- Williams, R. H. & Zimmerman, D. W. (1996). Are simple gain scores obsolete? *Applied Psychological Measurement, 20*, 59-69.
- Wilson, S. P. & Kipp, K. (1998). The development of efficient inhibition: Evidence from directed forgetting tasks. *Developmental Review, 18*, 86-123.
- Wundt, W. (1904). *Grundriß der Psychologie* (6. Auflage). Leipzig: W. Engelmann.
- Wylie, S. A. & Stout, J. C. (2002). Enhanced negative priming in Parkinson's disease. *Neuropsychology, 16*, 242-250.
- Zacks, R. T. & Hasher, L. (1988). Capacity theory and the processing of inferences. In L. Light & D. M. Burke (eds.), *Language, memory, and aging* (pp. 154-170). New York: Cambridge University Press.
- Zacks, R. T. & Hasher, L. (1994). Directed ignoring: Inhibitory regulation of working memory. In D. Dagenbach & T. H. Carr (eds.), *Inhibitory processes in attention, memory and language* (pp. 241-264). San Diego, CA: Academic Press.
- Zacks, R. T. & Hasher, L. (1997). Cognitive gerontology and attentional inhibition: A reply to Burke and McDowd. *The Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 52*, 274-283.
- Zacks, R. T., Radvansky, G. A. & Hasher, L. (1996). Studies of directed forgetting in older adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 22*, 143-156.

- Zelinski, E. M. & Lewis, K. L. (2003). Adult age differences in multiple cognitive functions: Differentiation, dedifferentiation, or process-specific change? *Psychology and Aging, 18*, 727-745.
- Zelinski, E. M., Gilewski, M. J. & Schaie, K. W. (1993). Individual differences in cross-sectional and three-year longitudinal memory performance across the adult life span. *Psychology and Aging, 8*, 176-186.

Anhang A

Ziffernsequenzen zur experimentellen Fragestellung 1

vorwärts aufsteigend

Seq31 1-6-8
 Seq32 0-4-9
 Seq41 9-2-4-7
 Seq42 3-6-1-0
 Seq51 3-9-5-7-1
 Seq52 8-6-4-0-2
 Seq61 1-9-7-3-8-0
 Seq62 2-3-9-6-5-7
 Seq71 3-9-1-4-0-2-6
 Seq72 9-0-4-6-3-7-1
 Seq81 3-6-5-1-4-2-9-7
 Seq82 2-7-3-1-6-8-0-4
 Seq91 3-2-6-4-9-5-0-7-8
 Seq92 2-7-3-4-1-0-5-6-8

rückwärts aufsteigend

Seq32 0-4-9
 Seq34 5-9-1
 Seq42 3-6-1-0
 Seq44 2-6-4-9
 Seq52 8-6-4-0-2
 Seq54 5-1-4-6-2
 Seq62 2-3-9-6-5-7
 Seq64 8-6-9-5-1-3
 Seq72 9-0-4-6-3-7-1
 Seq74 0-4-9-3-6-1-8
 Seq82 2-7-3-1-6-8-0-4
 Seq84 1-6-8-7-4-0-2-3
 Seq92 2-7-3-4-1-0-5-6-8
 Seq94 3-4-1-0-2-7-5-6-8

vorwärts absteigend

Seq94 3-4-1-0-2-7-5-6-8
 Seq93 5-3-1-8-9-0-2-4-6
 Seq84 1-6-8-7-4-0-2-3
 Seq83 7-0-6-8-5-9-1-3
 Seq74 0-4-9-3-6-1-8
 Seq73 1-6-9-0-2-7-5
 Seq64 8-6-9-5-1-3
 Seq63 6-4-2-9-0-1
 Seq54 5-1-4-6-2
 Seq53 7-4-0-8-3
 Seq44 2-6-4-9
 Seq43 5-9-8-4
 Seq34 5-9-1
 Seq33 2-7-3

rückwärts absteigend

Seq93 5-3-1-8-9-0-2-4-6
 Seq91 3-2-6-4-9-5-0-7-8
 Seq83 7-0-6-8-5-9-1-3
 Seq81 3-6-5-1-4-2-9-7
 Seq73 1-6-9-0-2-7-5
 Seq71 3-9-1-4-0-2-6
 Seq63 6-4-2-9-0-1
 Seq61 1-9-7-3-8-0
 Seq53 7-4-0-8-3
 Seq51 3-9-5-7-1
 Seq43 5-9-8-4
 Seq41 9-2-4-7
 Seq33 2-7-3
 Seq31 1-6-8

Protokolle zur Ziffernspanne – experimentelle Fragestellung 1

Serie 1 va-vb-ra-rb; (v = vorwärts, r = rückwärts; a = aufsteigend, b = absteigend)

1.) va - vorwärts aufsteigend

Vorgabe –	geforderte Antwort	Antwort Vp	Korrekt?
1-6-8	1-6-8		
0-4-9	0-4-9		
9-2-4-7	9-2-4-7		
3-6-1-0	3-6-1-0		
3-9-5-7-1	3-9-5-7-1		
8-6-4-0-2	8-6-4-0-2		
1-9-7-3-8-0	1-9-7-3-8-0		
2-3-9-6-5-7	2-3-9-6-5-7		
3-9-1-4-0-2-6	3-9-1-4-0-2-6		
9-0-4-6-3-7-1	9-0-4-6-3-7-1		
3-6-5-1-4-2-9-7	3-6-5-1-4-2-9-7		
2-7-3-1-6-8-0-4	2-7-3-1-6-8-0-4		
3-2-6-4-9-5-0-7-8	3-2-6-4-9-5-0-7-8		
2-7-3-4-1-0-5-6-8	2-7-3-4-1-0-5-6-8		

GS:

2.) vb - vorwärts absteigend

Vorgabe –	geforderte Antwort	Antwort Vp	Korrekt?
3-4-1-0-2-7-5-6-8	3-4-1-0-2-7-5-6-8		
5-3-1-8-9-0-2-4-6	5-3-1-8-9-0-2-4-6		
1-6-8-7-4-0-2-3	1-6-8-7-4-0-2-3		
7-0-6-8-5-9-1-3	7-0-6-8-5-9-1-3		
0-4-9-3-6-1-8	0-4-9-3-6-1-8		
1-6-9-0-2-7-5	1-6-9-0-2-7-5		
8-6-9-5-1-3	8-6-9-5-1-3		
6-4-2-9-0-1	6-4-2-9-0-1		
5-1-4-6-2	5-1-4-6-2		
7-4-0-8-3	7-4-0-8-3		
2-6-4-9	2-6-4-9		
5-9-8-4	5-9-8-4		
5-9-1	5-9-1		
2-7-3	2-7-3		

GS:

3.) ra - rückwärts aufsteigend

Vorgabe –	geforderte Antwort	Antwort Vp	Korrekt?
0-4-9	9-4-0		
5-9-1	1-9-5		
3-6-1-0	0-1-6-3		
2-6-4-9	9-4-6-2		
8-6-4-0-2	2-0-4-6-8		
5-1-4-6-2	2-6-4-1-5		
2-3-9-6-5-7	7-5-6-9-3-2		
8-6-9-5-1-3	3-1-5-9-6-8		
9-0-4-6-3-7-1	1-7-3-6-4-0-9		
0-4-9-3-6-1-8	8-1-6-3-9-4-0		
2-7-3-1-6-8-0-4	4-0-8-6-1-3-7-2		
1-6-8-7-4-0-2-3	3-2-0-4-7-8-6-1		
2-7-3-4-1-0-5-6-8	8-6-5-0-1-4-3-7-2		
3-4-1-0-2-7-5-6-8	8-6-5-7-2-0-1-4-3		

GS:

4.) rb - rückwärts absteigend

Vorgabe –	geforderte Antwort	Antwort Vp	Korrekt?
5-3-1-8-9-0-2-4-6	6-4-2-0-9-8-1-3-5		
3-2-6-4-9-5-0-7-8	8-7-0-5-9-4-6-2-3		
7-0-6-8-5-9-1-3	3-1-9-58-6-0-7		
3-6-5-1-4-2-9-7	7-9-2-4-1-5-6-3		
1-6-9-0-2-7-5	5-7-2-0-9-6-1		
3-9-1-4-0-2-6	6-2-0-4-1-9-3		
6-4-2-9-0-1	1-0-9-2-4-6		
1-9-7-3-8-0	0-8-3-7-9-1		
7-4-0-8-3	3-8-0-4-7		
3-9-5-7-1	1-7-5-9-3		
5-9-8-4	4-8-9-5		
9-2-4-7	7-4-2-9		
2-7-3	3-7-2		
1-6-8	8-6-1		

GS:

Abgebildet ist beispielhaft die Abfolge 1: va-vb-ra-rb; die Protokolle für die 3 anderen Reihenfolgen der Ziffernvorgabe waren für Serie 2: vb-va-rb-ra; Serie 3: ra-rb-va-vb; Serie 4: rb-ra-vb-va.

Ausschnitt aus einem Fehlerprotokollbogen für die Negative Priming Anforderung

Projekt „negative priming“ Experiment			
Fehler-Protokoll Phase 1			Vpn-Nr:
Lfd.Nr.	Prime-Target	Probe-Target	Fehler/Anmerkungen
Übungsdurchgang			
1	Ball	Boot	
2	Bank	Buch	
3	Boot	Bank	
4	Boot	Ball	
5	Buch	Baum	
6	Bank	Boot	
7	Baum	Boot	
8	Boot	Ball	
9	Baum	Boot	
10	Bank	Baum	
11	Ball	Bank	
12	Buch	Ball	
Ü	Bank	Baum	
Ü	Boot	Ball	
Ü	Bank	Buch	
1	Baum	Buch	
2	Ball	Boot	
3	Bank	Baum	
4	Bank	Boot	
5	Ball	Boot	
6	Ball	Buch	
7	Baum	Bank	
8	Boot	Baum	
9	Bank	Ball	
10	Baum	Bank	
11	Baum	Ball	
12	Bank	Ball	
13	Boot	Baum	
14	Bank	Buch	
15	Ball	Bank	

Anhang B*Tabelle B 1.* Charakterisierung der Probanden Stichprobe für die experimentellen Fragestellungen 1 und 2

Altersgruppe	Alter (Jahre/Monate)	Wortschatztest	STA	CFF
jung				
mit PP N = 30	25.10	34.23	7.10	38.83
	± 5.81	± 3.64	± 4.47	± 11.66
mit IN N = 30	24.11	35.00	8.70	44.50
	± 5.60	± 3.17	± 4.05	± 17.53
alt				
mit PP N = 30	63.6	35.03	5.33	37.07
	± 4.16	± 3.75	± 3.81	± 9.60
mit IN N = 30	66.3	34.13	6.00	40.53
	± 6.15	± 5.45	± 5.66	± 16.32

Anmerkung. \pm = Standardabweichung; STA = Schizotypal Traits Fragebogen (Hewitt & Claridge, 1989); CFF = Cognitive Failures Fragebogen in deutscher Übersetzung (Klump, 1995).

Tabelle B 2. Charakterisierung der Probanden Stichprobe für die experimentelle Fragestellung 3

Studie 1					
	Alter (Jahre/Monate)	Wortschatztest	STA	CFF	Zahlensymboltest
	28.30	35.37	9.77	39.63	43.00
	± 4.29	± 2.55	± 4.14	± 12.91	± 6.07
Studie 2					
Zusatztrials	Alter (Jahre/Monate)	Wortschatztest	STA	CFF	
mit PP	25.10	34.23	7.10	38.83	-
	± 5.81	± 3.64	± 4.47	± 11.66	
mit IN	24.11	35.00	8.70	44.50	-
	± 5.60	± 3.17	± 4.05	± 17.53	

Anmerkung. \pm = Standardabweichung; STA = Schizotypal Traits Fragebogen (Hewitt & Claridge, 1989); CFF = Cognitive Failures Fragebogen in deutscher Übersetzung (Klump, 1995).

Lebenslauf

Persönliche Angaben

Cora Maria Titz
Göttingen
geb. am 19. März 1971 in Hameln
ledig

Schulbildung

1977 – 1981 Grundschole am Ith, Coppenbrügge
1981 – 1983 Orientierungsstufe am Kanstein, Salzhemmendorf
1983 – 1990 Viktoria-Luise-Gymnasium, Hameln, Abitur im Mai 1990

Berufsausbildung

08/90 – 10/94 Ausbildung zur Arzthelferin mit anschließender
Berufstätigkeit; Praxis Dr. med. Hartmut Bosse,
Coppenbrügge

Hochschulausbildung

10/94 – 9/95 Psychologiestudium an der Universität des Saarlandes,
Saarbrücken
10/95 - 01/01 Psychologiestudium an der Georg-August-Universität,
Göttingen, Hauptdiplom-Abschluss "sehr gut"

Berufs-Praktika

02/98 – 04/98 Krankenhaus Lindenbrunn Coppenbrügge, Abteilung
Neuropsychologie

08/98 – 10/98 Psychologischer Dienst des Arbeitsamtes Hameln

Berufliche Tätigkeit

seit 02/01 Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung
Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie
des Georg-Elias-Müller Instituts für Psychologie der
Universität Göttingen; in den Projekten (SCHM 1221/1-3)
"Evaluierung von Messverfahren zur Differentialdiagnose
kognitiver Hemmung: Prüfung der internen Validität und
der Zeitstabilität" und (HA 1452/5-1) "Selektive
Aufmerksamkeit im Alter: Experimente zur
Altersspezifität des Negative Priming und der daran
beteiligten Verarbeitungsprozesse"

Göttingen, 13.12.2004