



**University of
Zurich** UZH

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2003

**Exekutive Funktionen und prospektive Gedächtnisleistung im Alter - Eine
differentielle Analyse von ereignis- und zeitbasierter prospektiver
Gedächtnisleistung**

Kliegel, M ; Ramuschkat, G ; Martin, Mike

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00391-003-0081-5>

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich
ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-2199>
Journal Article

Originally published at:

Kliegel, M; Ramuschkat, G; Martin, Mike (2003). Exekutive Funktionen und prospektive Gedächtnisleistung im Alter - Eine differentielle Analyse von ereignis- und zeitbasierter prospektiver Gedächtnisleistung. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 36(1):35-41.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00391-003-0081-5>

Exekutive Funktionen und prospektive Gedächtnisleistung im Alter –
Eine differentielle Analyse von ereignis- und zeitbasierter prospektiver
Gedächtnisleistung

Matthias Kliegel

Grit Ramuschkat

Mike Martin

Dr. Matthias Kliegel (✉)
Deutsches Zentrum für Altersforschung
an der Universität Heidelberg
Bergheimer Str. 20
69115 Heidelberg

Fußnoten zum Titel:

Die Vorbereitung dieses Manuskriptes wurde unterstützt durch die DFG (Ma 1895/4-1).

Zusammenfassung

Es war das Ziel der vorliegenden Studie zu untersuchen, welche Prozesse mit der Abnahme prospektiver Gedächtnisleistung im höheren Erwachsenenalter zusammenhängen. Hierzu wurden eine ereignis- und eine zeitbasierte prospektive Gedächtnisaufgabe sowie fünf verschiedene exekutive Funktionstests bei 40 jungen ($\underline{M} = 24.8$; $\underline{SD} = 2.0$) und 40 alten Teilnehmenden ($\underline{M} = 69.3$; $\underline{SD} = 5.6$) auf ihre Zusammenhänge untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die altersbezogene Varianz in den prospektiven Gedächtnisaufgaben vollständig durch die Variabilität in den exekutiven Funktionstest erklärt werden kann. Die Ergebnisse indizieren für beide prospektiven Aufgaben unterschiedliche Prädiktoren. Bei der ereignisbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe ist es die aktive Hemmung von irrelevanten Umgebungsreizen. Bei der zeitbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe ist es das selbstinitiierte flexible Reagieren auf Umweltveränderungen. Insgesamt legen die Resultate nahe, dass die altersbezogene Leistung in ereignis- und zeitbasierten prospektiven Gedächtnisaufgaben eng mit exekutiven Prozessen zusammenhängt und dass je nach prospektivem Aufgabentyp unterschiedliche exekutive Prozesse im Vordergrund stehen.

Schlüsselwörter: Exekutive Funktionen, Alter, prospektives Gedächtnis

Summary

The goal of the present study was to examine the role of executive functions in age-related differences in prospective memory. Therefore, in a sample of 40 young ($\underline{M} = 24.8$; $\underline{SD} = 2.0$) and 40 old adults ($\underline{M} = 69.3$; $\underline{SD} = 5.6$) event- and time-based prospective memory as well as five executive functions were assessed. Results show that age differences in prospective memory performance depend largely on age-related individual differences in executive functions. Furthermore, the results indicate several executive functions to differentially predict prospective memory performance. The event-based prospective memory task requires inhibition to avoid distraction from irrelevant items. The time-based prospective memory task requires the flexible shifting of cognitive sets. Overall, the data support the assumption that age differences in prospective memory performance are closely related to executive functioning. In addition, time- and event-based prospective memory seem to rely on different executive processes.

Keywords: executive functions, aging, prospective memory

**Exekutive Funktionen und prospektive Gedächtnisleistung im Alter –
Eine differentielle Analyse von ereignis- und zeitbasierter prospektiver
Gedächtnisleistung**

Sich daran zu erinnern, eine Handlung auszuführen, die auf eine vorher gefasste Intention zeitverzögert folgt, wird als prospektives Gedächtnis bezeichnet (5, 11, 19). So sind z. B. die Medikamenteneinnahme zu fixen Tageszeiten, das Einhalten einer Verabredung oder das Ausschalten der Herdplatte nach dem Kochen prospektive Gedächtnisaufgaben mit hoher Alltagsrelevanz. Können solche alltäglichen Handlungen nicht zufriedenstellend ausgeführt werden, ist die Bewältigung des Alltags ohne fremde Hilfe oft nicht mehr möglich.

In der Literatur werden zwei typische Paradigmen prospektiver Gedächtnisaufgaben unterschieden (10): die ereignis- und die zeitbasierten Gedächtnisaufgaben. Bei den ereignisbasierten Aufgaben erhält man einen speziellen Hinweisreiz, der die jeweilige Handlung einleiten soll (z. B. das Erscheinen einer bestimmten Person oder das Erscheinen eines bestimmten Wortes auf dem Computerbildschirm). Bei zeitbasierten Gedächtnisaufgaben soll die intendierte Handlung, ohne dass nochmals ein Hinweis gegeben wird, zu einem vorher definierten Zeitpunkt selbständig ausgeführt werden (z. B. am Abend oder alle 10 Minuten).

Verschiedene Arbeiten legen inzwischen nahe, dass die prospektive Gedächtnisleistung im höheren Erwachsenenalter abnimmt (z. B. 18, 23). Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass diese Leistungsabnahmen wesentlich mit alterskorrelierten Veränderungen präfrontaler Cortexfunktionen zusammenhängen (z. B. 3, 6, 13, 22, 33, 34). Diese Befunde werden unterstützt von neuropsychologischen Einzelfallstudien, in denen Patienten mit präfrontalen Läsionen ausgeprägte Probleme in Aufgaben zum prospektiven Gedächtnis zeigen: Cockburn (7) stellte bei einem Patienten

mit bilateralen frontalen Läsionen Defizite im prospektiven Gedächtnis fest. Shallice und Burgess (27) beobachteten bei drei Patienten mit frontalen Läsionen, dass diese Schwierigkeiten in Planungsaufgaben mit prospektiven Komponenten hatten. Bisiacchi (2) berichtete von drei Patienten mit Läsionen im frontalen Bereich. Zwei davon wiesen Probleme im prospektiven Gedächtnis auf. Von McDaniel, Glisky, Rubin, Guynn und Routhieaux (24) stammt eine erste experimentelle Überprüfung der "Frontalhirn-Hypothese" des prospektiven Gedächtnisses an 41 gesunden älteren Probanden. Es wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer ereignisbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe und einer Testbatterie aus verschiedenen Tests gefunden, die Exekutivfunktionen wie kognitive Flexibilität und Inhibition messen. Von diesen wird angenommen, dass sie vor allem Funktionen des präfrontalen Cortex abbilden (28, 31).

Obwohl der Zusammenhang von exekutiven Funktionen und prospektivem Gedächtnis somit in letzter Zeit wiederholt belegt wurde, ist bislang unklar geblieben, (a) ob und inwieweit Altersunterschiede in diesen Prozessen die alterskorrelierte prospektive Gedächtnisleistung gesunder älterer Erwachsener in verschiedenen prospektiven Aufgaben vorhersagen können und (b) welche exekutiven Funktionen mit welchen Typen prospektiver Gedächtnisleistung in Beziehung stehen. Beide Fragen zu untersuchen, war daher das Ziel der vorliegenden Studie.

Bezüglich der ersten Frage legen sowohl neuropsychologische Untersuchungen als auch neurobiologische Befunde nahe, dass Leistungen in Aufgaben, die präfrontal vermittelte kognitive Prozesse messen, im Alter generell abnehmen (1, 33). Da gezeigt werden konnte, dass auch das prospektive Gedächtnis eng mit (vor allem präfrontal vermittelten) exekutiven Funktionen zusammenhängt, liegt die Hypothese nahe, dass ein signifikanter Anteil der alterskorrelierten Varianz in prospektiven Aufgaben durch die alterskorrelierte Variabilität in exekutiven Funktionen erklärt werden kann (vgl. 6, 34).

Unklar ist allerdings, ob exekutive Funktionen nur einen Teil oder die gesamte alterskorrelierte Varianz vorhersagen können und ob dies sowohl für ereignis- als auch für zeitbasierte prospektive Aufgaben gilt.

Bezüglich der zweiten Frage nach differenziellen Einflussmustern von spezifischen exekutiven Funktionen auf die prospektive Gedächtnisleistung in zeit- und ereignisbasierten Aufgaben gibt es bislang noch kaum empirische Hinweise. Analysiert man jedoch die Aufgabenstruktur von zeit- und ereignisbasierten prospektiven Gedächtnisaufgaben, lassen sich einige Hypothesen über Zusammenhänge ableiten. So kann zwischen den Anforderungen der jeweiligen prospektiven Gedächtnisaufgabe und einigen der exekutiven Funktionen eine aufgabenspezifische Komplementarität in verschiedenen Prozesskomponenten vermutet werden (vgl. 10, 19, 20). Ereignisbasierte prospektive Gedächtnisaufgaben erfordern vor allem das Unterdrücken von irrelevanten Aufgabenreizen und das Fokussieren auf den prospektiven Hinweisreiz. Diese Prozesse werden in der Literatur als inhibitorische Kontrolle beschrieben (vgl. 15, 28). Aufgrund dieser komplementären Prozesse vermuten wir daher Inhibition als den Hauptprädiktor für die ereignisbasierte prospektive Gedächtnisleistung. Zeitbasierte prospektive Gedächtnisaufgaben hingegen erfordern wegen der wiederholt notwendigen Zeitkontrolle vor allem das flexible Wechseln zwischen verschiedenen Anforderungsebenen. Wir vermuten daher, dass vor allem die kognitive Flexibilität die zeitbasierte prospektive Gedächtnisleistung vorhersagen kann.

Zusammenfassend zielt die vorliegende Untersuchung auf die Bestimmung des Einflusses von exekutiven Funktionen auf die prospektive Gedächtnisleistung im Alter. Es soll geprüft werden, ob und inwieweit Altersunterschiede in exekutiven Funktionen die altersbezogene Varianz in ereignis- und zeitbasierten Aufgaben vorhersagen können und welche spezifischen exekutiven Funktionen jeweils bei ereignis- und zeitbasiertem

prospektiven Erinnern im Vordergrund stehen. Die Befunde können somit zu einem differenzierteren Verständnis von Alterseffekten im prospektiven Gedächtnis und der Unterscheidung von zeit- und ereignisbasierten Aufgaben beitragen.

Methode

Stichprobe

An der Studie nahmen 40 junge und 40 alte Erwachsene teil. Die jüngeren Personen waren Studierende und zwischen 20 und 31 Jahre alt ($\underline{M} = 24.8$; $\underline{SD} = 2.0$). Die älteren Personen waren zwischen 60 und 80 Jahre alt ($\underline{M} = 69.3$; $\underline{SD} = 5.6$). Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, waren die beiden Gruppen hinsichtlich Geschlecht, Schulbildung und selbsteingeschätztem Gesundheitszustand weitgehend vergleichbar. Alle Probanden nahmen freiwillig an der Untersuchung teil. Die Teilnehmer erschienen zu zwei Testzeitpunkten im Abstand von einer Woche.

Tabelle 1 bitte hier einfügen

Instrumente

Prospektive Gedächtnisaufgabe. Eine ereignis- sowie eine zeitbasierte prospektive Gedächtnisaufgabe wurden nach einem Paradigma von Einstein, Smith, McDaniel und Shaw (9) ausgewählt und in beiden Fällen in eine Worteinschätzungsaufgabe eingebettet. Letztere war eine computergestützte Aufgabe, in der 26 Hauptwörtern wie "Haus", "Telefon", "Liebe" usw. auf einer Skala von 1-5 auf vier verschiedenen Dimensionen (Abstraktheit, Gebräuchlichkeit, hervorgerufenen Gefühle und Ernsthaftigkeit) beurteilt werden sollten. Pro Durchgang war ein Hauptwort zusammen mit einer Dimension und Ratingskala für jeweils 5 Sekunden auf dem Bildschirm zu sehen. Eine Wertung wurde abgegeben, indem die entsprechende Zahl auf der Tastatur gedrückt wurde. Insgesamt

erschieden alle 26 Hauptwörter jeweils vier Mal, kombiniert mit den vier Dimensionen, deren Reihenfolge randomisiert wurde. Desweiteren wurde darauf geachtet, dass keine Dimension zweimal nacheinander auftauchte. So absolvierte jeder Teilnehmende insgesamt 104 Durchgänge. Die Aufgabe dauerte insgesamt 8 Minuten und 40 Sekunden.

Im Rahmen der ereignisbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe sollte auf einen speziellen externen Hinweisreiz aus der Worteinschätzungsaufgabe reagiert werden. Dieser Hinweisreiz war "Gespräch". Wann immer das Wort "Gespräch" auf dem Bildschirm erschien, sollte, statt der Einschätzung, eine Zieltaste auf der Tastatur gedrückt werden. Das Wort erschien insgesamt vier Mal.

Im Rahmen der zeitbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe sollte jeweils nach Ablauf eines bestimmten Zeitintervalls reagiert werden. Die genaue Instruktion lautete, dass die Zieltaste auf der Tastatur jeweils nach Ablauf von zwei Minuten ab Beginn der Deckaufgabe gedrückt werden sollte (also genau nach 2, 4, 6 und 8 Minuten). Zusätzlich hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, bei Tastendruck einer weiteren Taste die bislang vergangene Zeit abzurufen. Die Zeit erschien dann für 2 Sekunden auf dem Bildschirm.

Exekutive Funktionstests. Zur Messung exekutiver Funktionen wurden fünf Standardtests aus dem Bereich der klinischen sowie experimentellen Psychologie herangezogen. Mit dieser Auswahl an Tests wurde versucht, ein möglichst breites Spektrum an exekutiven Funktionen zu erfassen (vgl. 28).

Zur Messung der kognitiven Flexibilität wurde der Wisconsin-Card-Sorting Test (WCST; 16) erhoben. Der WCST ist eine computergestützte Aufgabe. Auf dem Bildschirm erscheinen zunächst vier Spielkarten. Die Spielkarten unterscheiden sich in der Farbgebung, den abgebildeten Symbolen und der Anzahl der Symbole. Die Aufgabe des Probanden war es, nacheinander 64 Spielkarten den abgebildeten Karten zuzuordnen. Dies geschah nach bestimmten Zuordnungsregeln (z. B. gleiche Farbe, gleiche Anzahl,

gleiches Symbol), die dem Probanden allerdings unbekannt waren. Der Teilnehmer erhielt nach jeder Zuordnung Rückmeldung darüber, ob die Karte richtig oder falsch - gemäß der im Moment geltenden Zuordnungsregel - zugeordnet wurde. Nachdem 10 mal richtig zugeordnet wurde (z. B. gleiche Farbe), änderte sich die Zuordnungsregel (z. B. gleiche Form) ohne Vorwarnung. Der Proband sollte nun, unter Berücksichtigung des Feedbacks, auf die neue Zuordnungsregel im Sinne einer veränderten Strategie reagieren. Gemessen wurde die Anzahl der verschiedenen Zuordnungsregeln, die nach der Zuordnung der 64 Karten richtig erkannt wurden. Dies ergab ein Maß für die Fähigkeit, wie flexibel kognitive Strategien an veränderte Umweltbedingungen angepasst werden können (z. B. 14).

Zur Messung von Planungskompetenz wurde der Plan-a-day Test (PAD; 12, 21) herangezogen. In dieser computer-gestützten Aufgabe geht es darum, einen Terminplan für zwei fiktive Tage zu erstellen. Die Probanden müssen auf einem weitläufigen Betriebsgelände möglichst viele Aufgaben erfüllen. Diese dauern jeweils eine gewisse Zeit und sind manchmal nur zu bestimmten Zeiten möglich. Zu beachten sind außerdem die benötigten Wegzeiten zwischen den einzelnen Orten. Die abhängige Variable war die Anzahl der erledigten Besorgungen unter Beachtung deren Priorität.

Zur Messung von inhibitorischen Prozessen (z. B. 8, 29) wurde der Farb-Wort-Interferenztest von Stroop (30; zur Anwendung siehe 17) ausgewählt. Die Aufgabe bestand aus drei Durchgängen. Im ersten Durchgang waren die vier Farbworte rot, grün, gelb, blau abgebildet. Die Worte waren in schwarzer Tinte geschrieben. Im zweiten Durchgang (Baseline) waren Farbbalken in diesen vier Farben zu sehen. In jedem Durchgang sollten die Probanden die Farbworte bzw. Farbbalken so schnell wie möglich laut lesen. Im dritten Durchgang (Interferenzbedingung) waren wiederum die Farbworte abgebildet. Allerdings waren die Farbworte nun in einer jeweils anderen Tintenfarbe

geschrieben (z. B. das Farbwort rot war in grüner Tinte geschrieben). Es sollte nicht das Farbwort vorgelesen, sondern die Tintenfarbe genannt werden. Jeder Durchgang begann mit jeweils 5 Items zur Übung, es folgten 20 Testitems. Ausgewertet wurde die zeitliche Differenz zwischen der Baseline- und der Interferenz-Bedingung.

Der Tower of London (TOL) ist eine Aufgabe aus dem Bereich des Problemlösens. Drei verschieden große Scheiben müssen hier auf drei Positionen verteilt und unter Beachtung bestimmter Regeln versetzt werden. Die Schwierigkeit des Problems wird variiert, indem - von einem Startzustand ausgehend - verschiedene Endzustände vorgegeben wurden (z. B. 32). Die Aufgabe des Probanden war es, den Endzustand mit möglichst wenig Schritten zu erreichen. Gemessen wurde die Differenz zwischen der Mindestanzahl der notwendigen Schritte und der Anzahl von Schritten, die der Teilnehmer letztendlich benötigte, um den Endzustand zu erreichen.

Der S-Worte Test misst die verbale Flüssigkeit (z. B. 26). Die Teilnehmer wurden dazu aufgefordert, innerhalb von 5 Minuten so viele Wörter mit dem Buchstaben „S“ am Wortanfang aufzuschreiben, wie ihnen einfielen. Ausgeschlossen waren Eigennamen. Gewertet wurde die Anzahl der gefundenen Wörter (ohne Doppelungen).

Ablauf.

Im Rahmen der ersten Sitzung bearbeiteten die Teilnehmenden zunächst den S-Worte Test und die zeitbasierte prospektive Gedächtnisaufgabe. Nach einer Pause von 5 Minuten folgten der TOL sowie der WCST. In der zweiten Sitzung wurden der Farb-Wort-Interferenztest, die ereignisbasierte prospektive Gedächtnisaufgabe sowie der Plan-a-day Test durchgeführt.

Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurde untersucht, inwieweit in der zeit- und ereignisbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe sowie in den exekutiven Funktionstests

Altersunterschiede vorlagen. Dazu wurden einfaktorielle Varianzanalysen mit den Altersgruppen (alte versus junge Teilnehmer) als unabhängiger Variable und den prospektiven Gedächtnisaufgaben sowie den exekutiven Tests jeweils als abhängiger Variable durchgeführt. Aus Tabelle 2 geht hervor, dass sowohl bei der ereignis- als auch bei der zeitbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe signifikante Alterseffekte auftraten ($p < 0.05$). Bei den exekutiven Tests WCST, Stroop, TOL und S-Worte waren die Alterseffekte mit $p < .001$ signifikant, beim PAD erreichte die Signifikanz das 10% Niveau.

Tabelle 2 bitte hier einfügen

Ein weiteres Ziel der Untersuchung war es, herauszufinden, ob und inwieweit die exekutiven Funktionen die Alterseffekte in den prospektiven Gedächtnisaufgaben erklären können. Dazu wurde getrennt für jede prospektive Gedächtnisaufgabe eine schrittweise Regressionsanalyse durchgeführt. Im ersten Schritt wurden die exekutiven Funktionen in die Regressionsanalyse aufgenommen, im zweiten Schritt das chronologische Alter. Von Interesse war hier vor allem die Differenz ΔR^2 im zweiten Regressionsschritt: Dieser Differenz-Wert beschreibt den Zuwachs an aufgeklärten Varianzanteilen in der prospektiven Aufgabe, der sich durch die Hinzunahme des chronologischen Alters zu den exekutiven Funktionen in die Regressionsgleichung ergibt. In Tabelle 3 ist das Ergebnis der schrittweisen Regressionen aufgeführt. In beiden prospektiven Gedächtnisaufgaben konnte der Anteil an erklärter Varianz durch die Hinzunahme des chronologischen Alters nicht signifikant erhöht werden.

Tabelle 3 bitte hier einfügen

Um im dritten Analyseschritt einen ersten Beitrag zur Klärung der Frage zu leisten, welche spezifischen exekutiven Funktionen die Leistung in beiden prospektiven Gedächtnisaufgaben jeweils primär vorhersagen, soll abschließend sowohl für die ereignis- als auch für die zeitbasierte prospektive Aufgabe jeweils der erste Schritt der Regressionsanalysen betrachtet und die prädiktive Kraft der einzelnen exekutiven Funktionen analysiert werden. Tabelle 3 zeigt, dass für die ereignisbasierte prospektive Gedächtnisaufgabe der Stroop-Test als Prädiktor dominiert, während dies bei der zeitbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe für den WCST gilt. Insgesamt erklären die exekutiven Funktionen in beiden prospektiven Aufgaben jeweils etwa 25 % der beobachteten Varianz.

Diskussion

Ziel dieser Studie war es herauszufinden, ob und inwieweit Altersunterschiede in exekutiven Funktionen die alterskorrelierte prospektive Gedächtnisleistung gesunder älterer Erwachsener in verschiedenen prospektiven Aufgaben vorhersagen können und welche exekutiven Funktionen mit welchen Typen prospektiver Gedächtnisleistung in Beziehung stehen. Hiefür wurden eine ereignis- und eine zeitbasierte prospektive Gedächtnisaufgabe einander gegenübergestellt. Somit konnten zwei typische Paradigmen prospektiver Gedächtnisaufgaben im Hinblick auf ihre Zusammenhänge mit verschiedenen exekutiven Funktionen verglichen werden. Um eine möglichst breite Abdeckung der exekutiven Funktionen, die derzeit in der Literatur diskutiert werden (vgl. 2, 28), zu erreichen, wurden einige im Rahmen neuropsychologischer Forschung bewährte Testverfahren ausgewählt.

Anhand der Ergebnisse konnte gezeigt werden, dass die hier getroffene Auswahl exekutiver Funktionen etwa ein Viertel der Variabilität der Leistung in beiden

prospektiven Gedächtnisaufgaben vorhersagt. Die Ergebnisse der schrittweisen Regressionsanalysen zeigten, dass in beiden prospektiven Aufgaben altersbezogene Leistungsunterschiede vollständig durch die Varianz in den exekutiven Funktionen erklärt werden konnten. Alterskorrelierte Leistungsunterschiede in den beiden prospektiven Gedächtnisaufgaben können somit als Folge der interindividuell variierenden Leistungsfähigkeit in den exekutiven Funktionen der einzelnen Teilnehmer betrachtet werden. Diese Ergebnisse unterstreichen aktuelle Ansätze in der Gerontologie, die eine "Frontalhirn-Hypothese" des kognitiven Alterns vertreten (vgl. 1, 13, 20, 33). Auch wenn mit den vorliegenden Methoden keine Aussagen struktureller, neuroanatomischer Art getroffen werden können, liefern die präsentierten Ergebnisse konvergierende Hinweise auf der funktionellen Verhaltensebene für eine entscheidende Rolle von (weitgehend präfrontal vermittelten) exekutiven Funktionen bei altersbezogenen Leistungsdifferenzen im prospektiven Erinnern.

Betrachtet man die Höhe der aufgeklärten Gesamtvarianz zeigt sich allerdings auch, dass ein noch beträchtlicher Teil der Leistungsvarianz in beiden prospektiven Aufgaben nicht durch die hier gewählten exekutiven Funktionstests erklärbar ist. Aufgrund der vorliegenden Datenbasis muss offen bleiben, ob diese Varianzanteile mit anderen exekutiven Funktionen zusammenhängen, die in der vorliegenden Studie nicht erhoben wurden, oder ob sowohl nicht-exekutive Prozesse wie die Gedächtnisspanne oder die Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit als auch nicht-kognitive Variablen wie Motivation oder Persönlichkeitsfaktoren zur weiteren Vorhersage herangezogen werden müssen (vgl. 19, 25 für erste Befunde in diese Richtungen).

Die zweite Fragestellung der Untersuchung betraf den differentiellen Zusammenhang von ereignis- und zeitbasiertem prospektiven Gedächtnis mit je unterschiedlichen exekutiven Funktionen. Die Grundlage für diese Überlegungen war die

Beobachtung, dass konzeptionell zwischen den spezifischen Anforderungen beider prospektiver Gedächtnisaufgaben und jeweils einer der untersuchten exekutiven Funktionen eine Komplementarität in verschiedenen Prozesskomponenten vorliegt. Bezüglich der ereignisbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe wurde eine Komplementarität zu inhibitorischen Prozessen aufgezeigt, da die ereignisbasierte prospektive Gedächtnisaufgabe vor allem die Inhibition von irrelevanten Aufgabenreizen und das Fokussieren auf den relevanten prospektiven Hinweisreiz erfordert. Obgleich die Datenbasis der Beta-Gewichte einer Regressionsanalyse nur zu sehr vorsichtigen Konklusionen berechtigt, stehen die vorliegenden Ergebnisse jedenfalls nicht im Widerspruch zu dieser Hypothese. Es wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der ereignisbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe und der inhibitorische Kontrolle gefunden; der Strooptest erwies sich als der einzige signifikante Prädiktor der ereignisbasierten prospektiven Aufgabe. Die wesentliche Herausforderung in der ereignisbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe scheint es somit zu sein, sich nicht von irrelevanten Worten in der Deckaufgabe ablenken zu lassen sondern stattdessen die Aufmerksamkeit auf die Entdeckung des externen Hinweisreizes zu lenken. Je eher einer Ablenkung der Aufmerksamkeit durch irrelevante Items entgegengewirkt werden kann, desto mehr Ressourcen bleiben vorhanden, um sich der prospektiven Aufgabenstellung zuzuwenden. Der externe Hinweisreiz kann als Aufforderung an den Teilnehmenden gesehen werden, die prospektive Aufgabe einzuleiten. So unterstützt der externe Hinweisreiz die Initiierung. Der fehlende Einfluss anderer exekutiver Funktionen könnte damit erklärt werden, dass zum einen zwischen den einzelnen prospektiven Aufgaben lediglich kurze Pausen lagen und zum anderen die Aufgaben insgesamt wenig komplex waren. Folglich war weder eine Planung der Aufgaben noch eine flexible Produktion von Handlungsalternativen notwendig (vgl. 19).

Bezüglich der zeitbasierten prospektive Gedächtnisaufgabe wurde vermutet, dass hier vor allem das flexibles Wechseln zwischen verschiedenen Anforderungsebenen erforderlich ist. Im Einklang mit dieser konzeptionellen Hypothese erwies sich in der vorliegenden Untersuchung die kognitive Flexibilität, gemessen mit dem Wisconsin-Card-Sorting Test, als der entscheidende Prädiktor für die Leistung in der zeitbasierten prospektiven Aufgabe. Die wesentliche Herausforderung in der zeitbasierten prospektiven Gedächtnisaufgabe scheint es also zu sein, sowohl selbständig in gewissen Abständen die Uhrzeit zu kontrollieren, als auch selbständig von der Deckaufgabe zu der prospektiven Aufgabe zu wechseln.

Zusammenfassend deuten die Resultate der vorliegenden Studie darauf hin, dass exekutive Funktionen eine entscheidende Rolle bei der Erklärung von Altersdifferenzen in prospektiven Gedächtnisleistungen spielen und unterstützen somit eine "Frontalhirn-Hypothese" des kognitiven Alterns. Bezüglich der Differenzierung von ereignis- und zeitbasiertem prospektiven Erinnern liefern die Ergebnisse erste Hinweise darauf, dass sich beide Aufgabentypen nicht nur durch die Art des Hinweisreizes unterscheiden, der den zur Ausführung der intendierten Handlung angemessenen Moment anzeigt (Zeitpunkt versus Ereignis). Die vorliegenden Daten deuten vielmehr darauf hin, dass die unterschiedliche Aufgabenstruktur auch zu differenzierbaren Anforderungscharakteristiken führt, die für ihre Bearbeitung je unterschiedliche exekutive Prozesse beanspruchen.

Literatur

1. Andres, P. & van der Linden, M. (2000). Age-related differences in supervisory attentional system functions. Journal of Gerontology, *55*, P373-P380.
2. Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, *49A*, 5-28.
3. Bisiacchi, P.S. (2000). Prospective memory in Parkinson's disease. Vortrag gehalten auf der 1st International Conference on Prospective Memory in Hatfield, UK.
4. Bisiacchi, P. S. (1996). The neuropsychological approach in the study of prospective memory. In M. Brandimonte, G. O. Einstein & M. A. McDaniel (Hrsg.), Prospective memory: Theory and applications (S. 297-317). Mahwah, NJ: Erlbaum.
5. Brandimonte, M., Einstein, G. O. & McDaniel, M. A. (Hrsg.) (1996). Prospective memory: Theory and applications. Mahwah, NJ: Erlbaum.
6. Burgess, P.W., Quayle, A. & Frith, C.D. (2001). Brain regions involved in prospective memory as determined by positron emission tomography. Neuropsychologia, *39*, 545-555.
7. Cockburn, J. (1995). Task interruption in prospective memory: A frontal lobe function?. Cortex, *31*, 87-97.
8. 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.
9. Einstein, G. O., Smith, R. E., McDaniel, M. A. & Shaw, P. (1997). Aging and prospective memory: The influence of increased task demands at encoding and retrieval. Psychology and Aging, *12*, 479-488.
10. Einstein, G.O. & McDaniel, M.A. (1996). Retrieval processes in

prospective memory: Theoretical approaches and some new findings. In M. Brandimonte, G. O. Einstein & M. A. McDaniel (Hrsg.), Prospective memory: Theory and applications (S. 115-142). Mahwah, NJ: Erlbaum.

11. Ellis, J. & Kvavilashvili, L. (2000). Prospective memory in 2000: Past, present, and future directions. Applied Cognitive Psychology, 14, 1-9.

12. Funke, J. & Krüger, T. (1993). „Plan-A-Day“ (PAD). Bonn: Psychologisches Institut der Universität Bonn.

13. Glisky, E. L. (1996). Prospective memory and the frontal lobes. In M. Brandimonte, G. O. Einstein & M. A. McDaniel (Hrsg.), Prospective memory: Theory and applications (S. 249-266). Mahwah, NJ: Erlbaum.

14. Greve, K. W., Brooks, J., Crouch, J. A. & Williams, M. C. (1997). Factorial structure of the Wisconsin Card Sorting Test. British Journal of Clinical Psychology, 36, 283-285.

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

16. Heaton, R. K., Chelune, G. J., Talley, J. L., Kay, G. G. & Curtiss, G. (1993). Wisconsin Card Sorting Test Manual. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.

17. Houx, P. J., Jolles, J. & Vreeling, F. W. (1993). Stroop interference: Aging effects assessed with the Stroop color-word test. Experimental Aging Research, 19, 209-224.

18. Kliegel, M., McDaniel, M. A. & Einstein, G. O. (2000). Plan formation, retention, and execution in prospective memory: A new approach and age-related effects. Memory & Cognition, 28, 1041-1049.

19. Kliegel, M., Martin, M., McDaniel, M.A. & Einstein, G.O. (2001). Varying the importance of a prospective memory task: Differential effects across time- and event-based prospective memory. Memory, 9, 1-11.
20. Kliegel, M., Martin, M., McDaniel, M.A. & Einstein, G.O. (in Druck). Complex prospective memory and executive control of working memory: A process model. Psychologische Beiträge.
21. Kohler, J. A., Poser, U. & Schönle, P. W. (1995). The application of „plan-a-day“ in neuropsychological assessment and therapy. In J. Funke & A. Fritz (Hrsg.), Neue Konzepte und Instrumente zur Planungsdiagnostik (S. 167-181). Bonn: Deutscher Psychologen Verlag.
22. Kopp, U. & Töhne, A. I. T. (2000). Role of executive functions and memory processes in delayed intentions after head injury. Vortrag gehalten auf der 1st International Conference on Prospective Memory in Hatfield, UK.
23. Maylor, E. A. (1996). Does prospective memory decline with age? In M. Brandimonte, G. O. Einstein & M. A. McDaniel (Hrsg.), Prospective memory: Theory and applications (S.173-198). Mahwah, NJ: Erlbaum.
24. McDaniel, M. A., Glisky, E. L., Rubin, S. R., Guynn, M. J. & Routhieux, B. C. (1999). Prospective memory: A neuropsychological study. Neuropsychology, 13, 103-110.
25. Occhionero, M., Mereu, M., Nigro, G. & Cicogna, P.C. (2000). Ageing and prospective memory: Multiple task design related to personality and metamnemonic beliefs. Poster präsentiert auf der 1st International Conference on Prospective Memory in Hatfield, UK.
26. Regard, M., Strauss, E. & Knapp, P. (1982). Children's production on verbal and non-verbal fluency tasks. Perceptual and Motor Skills, 55, 839-844.

27. Shallice, T. & Burgess, P. W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. Brain, 114, 727-741.
28. Smith, E.E. & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. Science, 283, 1657-1661.
29. Spieler, D. H., Balota, D. A. & Faust, M. E. (1996). Stroop performance in healthy younger and older adults and in individuals with dementia of the Alzheimer's type. Journal of Experimental Psychology, Human Perception & Performance, 22, 461-479.
30. Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. Journal of Experimental Psychology, 18, 643-662.
31. Stuss, D.T. & Benson, D.F. (1986). The frontal lobes. New York: Raven.
32. Ward, G. & Allport, A. (1997). Planning and problem-solving using five-disc Tower of London task. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 50A, 49-78.
33. West, R.L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. Psychological Bulletin, 120, 272-292.
34. West, R. (2001). The transient nature of executive control processes in younger and older adults. European Journal of Cognitive Psychology, 13, 91-105.

Tabelle 1
Demographische Angaben der jüngeren und älteren Teilnehmer

Demographische Variable	jüngere Probanden		ältere Probanden	
	<u>M</u>	<u>SD</u>	<u>M</u>	<u>SD</u>
Schulbildung	13.2	0.9	12.2	2.1
selbsteingeschätzter Gesundheitszustand	3.9	0.9	3.4	0.7

Anmerkung: Unter den 40 jüngeren Teilnehmern befanden sich 21 Frauen und 19 Männer. Von den 40 älteren Teilnehmern waren 30 Frauen und 10 Männer. Der Gesundheitszustand wurde von den Teilnehmern auf einer Skala von 1-5 (sehr schlecht bis sehr gut) selbst eingeschätzt.

Tabelle 2
Alterseffekte in den prospektiven Gedächtnisaufgaben und den exekutiven Funktionen

	Jüngere Probanden (N = 40)	Ältere Probanden (N = 40)	F-Wert	η^2
	<u>M (SD)</u>	<u>M (SD)</u>		
Ereignisbasierte prospektive Gedächtnisaufgabe	3.79 (0.5)	3.15 (1.5)	6.35 *	0.08
Zeitbasierte prospektive Gedächtnisaufgabe	3.89 (0.4)	2.97 (2.1)	6.32 *	0.08
WCST	5.8 (0.9)	4.0 (1.8)	31.98***	0.30
PAD	7.7 (2.7)	6.5 (3.0)	3.8 ⁺	0.05
Stroop	10.3 (4.4)	26.4 (14.0)	38.12***	0.33
TOL	3.5 (3.4)	9.4 (5.7)	29.17***	0.28
S-Worte	38.1 (10.2)	27.6 (10.5)	20.67***	0.21

Anmerkung: ⁺ p < 0.10, * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

Tabelle 3
Ergebnisse der schrittweisen Regressionen
für die prospektiven Gedächtnisaufgaben

	Ereignisbasierte prospektive Gedächtnisaufgabe		Zeitbasierte prospektive Gedächtnisaufgabe	
	<u>β</u>	<u>SE β</u>	<u>β</u>	<u>SE β</u>
Schritt 1				
Exekutive Funktionen				
WCST	0.17	0.09	0.30 *	0.13
PAD	0.16	0.05	0.10	0.07
Stroop	- 0.38*	0.01	- 0.06	0.02
TOL	- 0.21	0.03	- 0.07	0.04
S-Worte	0.00	0.01	0.17	0.02
ΔR^2	0.24**		0.23**	
Schritt 2				
Alter				
Alter	0.25	0.01	0.06	0.01
ΔR^2	0.03		0.00	
Gesamt				
R^2	0.27**		0.23**	

Anmerkung: N = 80. R^2 , β und $SE \beta$ basieren auf einer Regressionsanalyse mit allen Prädiktoren. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$