

**Der verflixte Akkusativ**  
**Altersunterschiede und Altersinvarianz beim Verstehen von Sätzen**  
**mit unterschiedlich komplexer syntaktischer Struktur**

**Eingereicht bei der Humanwissenschaftlichen Fakultät**  
**der Universität Potsdam**

**von**

**Martina Junker**

**November 2004**

Gutacher:

Prof. Dr. Reinhold Kliegl

Prof. Dr. Gisbert Fanselow

Tag der mündlichen Prüfung:

27.04.2005

<b>1.</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>3</b>
1.1.	Das verbale Arbeitsgedächtnis.....	4
1.2.	Sprache als besonders interessanter Forschungsbereich für die Untersuchung von Altersunterschieden.....	6
1.3.	Altersunterschiede beim Verstehen von Sätzen.....	6
1.4.	Ein eigenes Arbeitsgedächtnis für Syntax? .....	9
1.5.	Generelle und spezifische Altersunterschiede .....	11
1.6.	Was in dieser Arbeit nicht untersucht wird .....	15
<b>2.</b>	<b>Alterssimulation durch zusätzliche Gedächtnisbelastung .....</b>	<b>17</b>
2.1.	Experiment 1: Gedächtnisbelastung mit drei Zahlen .....	18
2.1.1.	Methode .....	20
2.1.2.	Rekodierung von experimentellen Faktoren .....	23
2.1.3.	Ergebnisse.....	25
2.1.4.	Ergebnisse der Doppelaufgabe für jungen Probanden.....	27
2.1.5.	Diskussion von Experiment 1 .....	29
2.2.	Experiment 2: Gedächtnisbelastung mit vier Zahlen .....	31
2.2.1.	Methode .....	31
2.2.2.	Ergebnisse.....	33
2.2.3.	Auswertung 1: Alle Daten.....	34
2.2.4.	Diskussion der ersten Auswertung von Experiment 2 .....	38
2.2.5.	Auswertung 2: Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen steht .....	39
2.2.6.	Diskussion der zweiten Auswertung von Experiment 2 .....	41
2.3.	Diskussion der zwei Experimente mit Gedächtnisbelastung.....	42
<b>3.</b>	<b>Sätze mit einfacherer syntaktischer Struktur .....</b>	<b>45</b>
3.1.	Experiment 3: Koordinierte Sätze mit drei Nomen.....	45
3.1.1.	Methode .....	45
3.1.2.	Ergebnisse.....	48
3.1.3.	Diskussion von Experiment 3 .....	49
3.2.	Experiment 4: Koordinierte Sätze mit vier Nomen.....	51
3.2.1.	Methode .....	51
3.2.2.	Ergebnisse.....	53
3.2.3.	Diskussion von Experiment 4 .....	54

<b>4.</b>	<b>Training der Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung .....</b>	<b>57</b>
4.1.	Experiment 5: Training von objektinitialen Sätzen.....	60
4.1.1.	Methode .....	60
4.1.2.	Ergebnisse und Diskussion .....	63
4.1.3.	Ergebnisse und Diskussion der Trainingssitzung.....	73
4.1.4.	Diskussion von Experiment 5 .....	75
<b>5.</b>	<b>Generelle Diskussion .....</b>	<b>77</b>
5.1.	Grammatik .....	77
5.1.1.	Syntax und Phrasenstruktur.....	77
5.1.2.	Syntaktische Komplexität .....	79
5.1.3.	Syntaktische Komplexität und die Position des eingebetteten Relativsatzes.....	80
5.1.4.	Syntaktische Komplexität und Wortstellung.....	81
5.2.	Alterssimulation durch reduzierte Arbeitsgedächtniskapazität .....	83
5.3.	Häufigkeit und Übung .....	85
5.4.	Ein eigenes Arbeitsgedächtnis für Syntax? .....	86
5.5.	Offen bleibende Fragen .....	92
5.5.1.	Kohorteneffekte? .....	92
5.5.2.	Ein anderes Training?.....	92
5.5.3.	Eine andere Zusatzaufgabe?.....	93
5.5.4.	Funktioniert Parsing seriell oder parallel?.....	94
5.6.	Fazit .....	95
5.6.1.	Gehört Sprachverstehen eher zum Bereich fluider oder kristalliner Intelligenz? .....	95
5.6.2.	Generelle und spezifische Altersunterschiede.....	96

In dieser Arbeit wird in mehreren Experimenten untersucht, wie gut junge und alte Erwachsene Sätze mit unterschiedlich komplexer syntaktischer Struktur verstehen können. Zentrales Thema dabei sind die Schwierigkeiten, die ältere Erwachsene mit der Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung haben. Untersucht wird, inwiefern diese beobachteten Altersunterschiede durch eine reduzierte verbale Arbeitsgedächtniskapazität der älteren Erwachsenen erklärt werden können. Dabei stellt sich die Frage, ob die Defizite ein generelles verbales Arbeitsgedächtnis betreffen oder ob es ein eigenes Verarbeitungssystem für syntaktische Informationen gibt, dessen Kapazität mit dem Alter abnimmt.

Es wurde versucht, die postulierte reduzierte Arbeitsgedächtniskapazität der älteren Erwachsenen an jungen Erwachsenen zu simulieren, indem deren Arbeitsgedächtniskapazität durch eine Zusatzaufgabe künstlich eingeschränkt wurde. Weiterhin wurden die Altersunterschiede bei syntaktisch komplexen zentraleingebetteten Relativsätzen mit denen bei syntaktisch einfacheren koordinierten Hauptsätzen verglichen. Um die Studienteilnehmer mit den seltenen objektinitialen Strukturen zu konfrontieren und ihre Erfahrung mit solchen Sätzen zu verändern, wurden schließlich sowohl junge als auch alte Erwachsene mit Sätzen mit Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung trainiert.

## **1. Einleitung**

Beim Verstehen von Sprache muss man, während man einen Satz liest oder hört, ständig neue Wörter verarbeiten und in die bereits aufgebaute Repräsentation des Satzes einbauen. Auch wenn einem dies normalerweise nicht bewußt ist, kann man durchaus davon ausgehen, dass man dazu Informationen in erheblichem Umfang gleichzeitig speichern und verarbeiten muss. In dieser Hinsicht ist Sprachverstehen also eine klassische Arbeitsgedächtnisaufgabe im Sinne von Baddeley (1986). Bei anderen Aufgaben, bei denen gleichzeitiges Speichern und Verarbeiten von Informationen nötig ist, finden sich deutliche Unterschiede in der Leistung zwischen jungen und alten Erwachsenen. Eine Erklärung dafür ist die Annahme, dass mit dem Alter die Kapazität oder Effektivität des Arbeitsgedächtnisses abnimmt (z.B. Salthouse 1990; 1991b).

Andererseits ist es auch denkbar, dass man zum Verstehen der syntaktischen Struktur von Sprache das Arbeitsgedächtnis nicht braucht. Die syntaktische Analyse von Sätzen könnte automatisch funktionieren, dann würden keine Arbeitsgedächtnis-Ressourcen verbraucht. Dann würde man bei Aufgaben aus dem Bereich Sprachverstehen eher geringe Altersunterschiede erwarten. Hinzu kommt, dass Menschen während ihres

ganzen Lebens sprechen. Bei manchen Befunden zu Altersunterschieden wird immer wieder der Einwand diskutiert, dass Altersunterschiede auch dadurch verursacht werden könnten, dass die älteren Menschen den untersuchten Gegenstandsbereich vernachlässigt oder verlernt hätten. Solch eine Erklärung scheint aber für Altersunterschiede bei sprachlichen Aufgaben nicht sehr plausibel zu sein.

## **1.1. Das verbale Arbeitsgedächtnis**

### **Informationen müssen gespeichert werden**

Das menschliche Satzverarbeitungs-System steht vor dem Dilemma, dass die einzelnen nacheinander gelesenen oder gehörten Wörter sehr schnell verarbeitet werden müssen, obwohl noch gar nicht sicher ist, wie ein bestimmtes Wort in eine syntaktische Struktur eingebunden werden kann. Die Bedeutung eines bestimmten Wortes wird oft erst durch später im Satz folgende Wörter deutlich. Es gibt Befunde von Friederici und Kollegen (Friederici, Hahne & Mecklinger 1996; Friederici 1999), die zeigen, dass eine erste syntaktische Analyse sehr schnell passiert, innerhalb von 150ms bis 200ms nach Präsentation eines Wortes. Doch die einzelnen Wörter müssen noch einige Zeit darüber hinaus präsent bleiben. Wenn sich die erste syntaktische Analyse als falsch herausstellt, wird man einen neuen Versuch starten. So muss man sich ständig, während man einen Satz hört oder liest, die analysierten Satzteile und auch einzelne Wörter merken und immer wieder neu kombinieren. Bei anderen Aufgaben, bei denen man in ähnlicher Weise Informationen gleichzeitig speichern und verarbeiten muss, ist die Leistung eng begrenzt.

In der Computerlinguistik werden künstliche Satzverarbeitungsmodelle extra mit begrenzten Ressourcen gebaut, zum Beispiel mit einem im Umfang begrenzten „look ahead“-Fenster oder einem begrenzten Speicher (z.B. Marcus 1980). Wenn man dies nicht täte, könnte menschliches Verhalten nicht simuliert werden, weil das Modell sonst alle Sätze problemlos verarbeiten würde, auch solche, die Menschen nur sehr schwer oder sogar überhaupt nicht verstehen können. Kintsch & Van Dijk (1978) entwarfen ein Modell des Sprachverstehens mit begrenztem Kurzzeitspeicher, das allerdings nicht auf den Prozess des Verstehens einzelner Sätze angewendet werden kann, sondern für die semantische Verarbeitung von Texten gedacht ist.

## **Zentrale Exekutive und phonologische Schleife**

Wenn von Arbeitsgedächtnis gesprochen wird, ohne dass auf ein bestimmtes Modell verwiesen wird, so ist häufig am ehesten die zentrale Exekutive des Baddeleyschen (1986) Modells gemeint, die eine koordinierende Instanz mit beschränkter Kapazität ist. Baddeley nennt noch zwei Subsysteme, den räumlich-visuellen Skizzenblock, in dem visuelles Material kurzzeitig gespeichert werden kann, und die artikulatorische Schleife. In ihr werden verbale Informationen kurzzeitig gespeichert. Dabei ist ein Rehearsal-Mechanismus wichtig, der die verbale Information immer wieder auffrischen und vor dem Zerfall bewahren kann.

Es sieht so aus, als würde die artikulatorische Schleife zumindest bei syntaktisch schwierigen oder langen Sätzen gebraucht. Gathercole & Baddeley (1993) berichten, dass durch das Ausschalten des Rehearsal-Mechanismus durch artikulatorische Unterdrückung (indem man ständig ein Wort wiederholt, zum Beispiel „cola, cola cola“), die Verstehensleistung bei komplizierten Sätzen abnahm, nicht aber bei einfachen Sätzen.

Waters, Caplan & Hildebrandt (1987) sind der Meinung, dass die artikulatorische Schleife erst nach Analyse der syntaktischen Beziehungen gebraucht wird, wenn lexikalische und semantische Informationen verarbeitet werden. Waters, Caplan et al. (1987) berichten, dass artikulatorische Unterdrückung (durch das ununterbrochene Sprechen der Zahlen 1 bis 6) bei der Aufgabe, die semantische Akzeptabilität der Sätze einzuschätzen, syntaktisch einfache und schwierige Sätze in gleichem Ausmaß störte. Sätze mit zwei Propositionen wurden jedoch durch artikulatorische Unterdrückung schlechter verstanden als Sätze mit nur einer Proposition. Daraus schließen sie, dass die phonologische Schleife bei der Verarbeitung von syntaktischer Information nicht gebraucht wird, sondern nur als Hilfe zur Verarbeitung von semantischer Information verwendet wird.

Wenn in dieser Arbeit von Arbeitsgedächtnis die Rede ist, so wird es weniger um die phonologische Schleife gehen. Es wird das allgemeine Arbeitsgedächtnis oder im Baddeleyschen Modell (1986) der Beitrag der zentralen Exekutive für das Verstehen von Sprache untersucht werden. Über die Art dieses verbalen Arbeitsgedächtnisses, im Besonderen aus wie viel Teilen es bestehen mag, ist in den letzten Jahren eine heftige Debatte geführt worden (Just & Carpenter 1992; Just, Carpenter & Keller 1996; Waters & Caplan 1996a; Caplan & Waters 1999).

## **1.2. Sprache als besonders interessanter Forschungsbereich für die Untersuchung von Altersunterschieden**

Aus kognitionspsychologischer Sicht gibt es zwei verschiedene Sichtweisen, wieso der Bereich Sprache ein besonders interessantes Untersuchungsgebiet für Altersunterschiede ist. Einerseits nutzt man Experimente mit dem Stimulusmaterial Sprache, um Aussagen über das Altern zu machen. Sprache wird als ein Untersuchungsgegenstand neben anderen Bereichen, wie zum Beispiel Lernen, Gedächtnis, Problemlösen oder räumlichem Denken gesehen. Man vergleicht zum Beispiel Altersunterschiede bei sprachlichen Aufgaben mit denen in anderen kognitiven Bereichen. So haben etwa Jenkins, Myerson, Joerding & Hale (siehe auch Hale & Myerson 1996; 2000) gezeigt, dass Altersunterschiede bei sprachlichen Aufgaben, zum Beispiel bei lexikalischen Entscheidungsaufgaben, kleiner sind als bei visuell-räumlichen Aufgaben. Die älteren Erwachsenen haben für das die verbalen Aufgaben im Durchschnitt 1,2 mal so lang gebraucht wie die jungen Erwachsenen und bei den räumlichen Aufgaben 2,6 mal so lang. Bei einer umfassenden Theorie über das Altern müsste man diesen Befund, dass der Bereich Sprache nicht im gleichen Maße einem Altersabbau unterworfen ist wie der Bereich visuell-räumliches Denken, mit berücksichtigen.

Andererseits nutzt man Befunde zu Altersunterschieden, um Aussagen über Modelle zur Sprachverarbeitung zu machen. Man kann die gerade beschriebenen Daten auch so interpretieren, dass man für sprachliche Aufgaben nicht in derselben Weise das Arbeitsgedächtnis benötigt wie für räumliche Aufgaben. Bei der Frage, wie Sprache verarbeitet wird, wären die Daten mit einem Modell der Sprachverarbeitung vereinbar, das sich außerhalb des Arbeitsgedächtnisses befindet. Genauso gut könnte man auch postulieren, dass es ein eigenes Arbeitsgedächtnis für Sprache gibt, das im Vergleich zum Arbeitsgedächtnis für räumliche Aufgaben weniger oder weniger schnell altert.

## **1.3. Altersunterschiede beim Verstehen von Sätzen**

Bei schwierigen Aufgaben sind Altersunterschiede meistens größer als bei einfachen Aufgaben. Statistisch ausgedrückt zeigt sich dies in einer Interaktion der Faktoren *Alter*  $\times$  *Schwierigkeit*.

Beim Verstehen von einfachen Sätzen findet man nur geringe Altersunterschiede. So hat zum Beispiel Kemper (1986) gezeigt, dass alte Probanden genauso gut wie jüngere Probanden einfache Sätze wiederholen beziehungsweise paraphrasieren konnten. Bei



langen, syntaktisch komplexen oder ungrammatikalischen Sätzen waren alte Probanden jedoch schlechter als jüngere und konnten häufig nur einen Teil der Informationen wiedergeben. Kemper (z.B. auch 1992) vermutet, dass der Grund dafür, dass Sätze mit schwieriger syntaktischer Struktur für ältere Erwachsene schwieriger zu verstehen sind als für junge Erwachsene, eine reduzierte Arbeitsgedächtniskapazität der älteren Erwachsenen ist. Die sprachlichen Fähigkeiten an sich, so ihre Überlegung, werden mit dem Alter nicht schlechter.

Kemper & Kemtes (1999) berichten ein weiteres Experiment, bei dem Altersunterschiede möglicherweise wegen der das Arbeitsgedächtnis belastenden Aufgabe aufgetreten sind. Junge und ältere Probanden sollten mehrdeutige sogenannte WH-Fragen zu einer kleinen Textpassage beantworten. Eine WH-Frage ist zum Beispiel: „Who did John ask to paint?“ Die älteren Erwachsene lasen die WH-Fragen langsamer als die jungen Erwachsenen. Außerdem bevorzugten sie eine ganz bestimmte „upstairs“ Interpretation der ambigen Fragen, bei der die im hinteren Teil der kurzen Textpassage stehende Information verwendet wurde. Möglicherweise hatten die älteren Erwachsenen die im vorderen Teil der Textpassage stehende Information nicht mehr so gut in Erinnerung.

Auch beim Produzieren von Sprache gibt es Altersunterschiede. Kemper (1987) untersuchte Tagebucheinträge, die über einen langen Zeitraum hinweg gemacht worden waren, und fand, dass die Komplexität der geschriebenen Sätze mit dem Alter der Schreibenden abnahm. Menschen im Alter von 70 und 80 Jahren verwendeten seltener eingebettete Sätze, verglichen mit den Einträgen, die sie früher gemacht hatten. Auch Kemper, Kynette, Rash, Sprott & O’Brian (1989) fanden, dass ältere Erwachsene weniger häufig syntaktisch komplexe Sätze produzierten als junge College-Studenten.

Davis & Ball (1989) untersuchten Altersunterschiede beim Verstehen von Sätzen mit komplexer syntaktischer Struktur, und welche Auswirkung dabei die semantische Plausibilität der Sätze auf die Altersunterschiede hatte. Sie präsentierten semantisch plausible, unplausible und semantisch reversible Stimulussätze.

- (1) *The policeman that handcuffed the kidnapper untied the hostage.* (plausibel)
- (2) *The hostage that handcuffed the policeman untied the kidnapper.* (unplausibel)
- (3) *The niece that woke the uncle called the aunt.* (reversibel)

Es zeigte sich, dass die älteren Erwachsenen nur bei semantisch unplausiblen Sätzen wie (2) besonders viele Fehler machten. Bei Sätzen mit plausibler oder neutraler

Semantik fanden Davis & Ball (1989) keine Altersunterschiede, die über einen allgemeinen Altershaupteffect hinausgingen.

Wenn man entscheiden soll, ob ein Satz inhaltlich richtig oder falsch ist, dauert dies bei negativ formulierten Sätzen länger als bei positiv formulierten. Die Ergebnisse von Morris, Gick & Craik (1988) und Gick, Craik & Morris (1988) zu Altersunterschieden bei positiv oder negativ formulierten Sätzen geben aber kein einheitliches Bild.

(1) *A sparrow can build a nest.*

(2) *A cat does not hunt mice.*

Signifikante Alter-mal-Schwierigkeits-Interaktionen berichten die Autoren entweder in den gemessenen Reaktionszeiten oder in den erhobenen Fehlern. Morris, Gick & Craik (1988) fanden, dass bei den schwierigeren negativ formulierten Sätzen, wie zum Beispiel (2), der Altersunterschied in den Reaktionszeiten größer war als bei den einfacheren Sätzen. In der Analyse der Fehlerdaten wurde die Alter-mal-Schwierigkeits-Interaktion jedoch nicht signifikant. In einem ganz ähnlichen Experiment berichten Gick, Craik & Morris (1988) bei der Analyse der Fehler, nicht aber bei den Reaktionszeiten, eine Interaktion der Effekte von Alter und Schwierigkeit.

Es gibt jedoch auch Studien, bei denen Altersunterschiede bei syntaktisch komplexen Sätzen nicht größer sind als bei einfachen Sätzen. Feier & Gerstmann (1980) führten ein Experiment durch, bei dem die Probanden den Inhalt von Sätzen mit Puppen nachstellen sollten. Die verwendeten Sätze waren syntaktisch verschieden komplex und bestanden aus einem Hauptsatz mit Relativsatz, der entweder zentraleingebettet war, oder nach dem Hauptsatz stand. Außerdem konnten die Relativsätze mit einem Subjekt oder mit einem Objekt beginnen. Feier & Gerstmann (Feier & Gerstmann 1980) fanden Altersunterschiede, die jedoch bei einfachen und schwierigen Sätzen gleich groß waren. Ältere Erwachsene (74 bis 80 Jahre alt) machten mehr Fehler als junge Erwachsene. Die Alter-mal-Komplexitäts-Interaktion wurde jedoch nicht signifikant.

Ob und welche Altersunterschiede man findet, kann von der verwendeten Untersuchungsmethode abhängen. Die oben berichteten Schwierigkeiten der älteren Erwachsenen bei syntaktisch komplexen Sätzen waren bei sogenannten Offline-Maßen des Satzverstehens berichtet worden. Durch ein Offline-Maß wird das Ergebnis des Satzverstehens-Vorgangs untersucht, zum Beispiel durch Verständnisfragen zu den präsentierten Sätzen. Online-Maße fokussieren mehr den zeitlichen Verlauf und die Prozesse, die während des Satzverstehens ablaufen. Untersucht man die Prozesse des

Satzverstehens findet man oft keine besonderen Schwierigkeiten von älteren Erwachsenen (z.B. Caplan & Waters 1999).

Ein weiteres Argument für diese Position sind die Ergebnisse von Kemtes & Kemper (1997). Sie berichten bei einem Experiment, bei dem die Wort-für-Wort-Lesezeiten bei syntaktisch ambigen Sätzen gemessen wurden, außer einem allgemeine Alterseffekt keine Unterschiede zwischen jungen und älteren Studienteilnehmern.

Altersinvarianz haben auch Wingfield & Lindfield (1995) bei einem weiteren Online-Maß gefunden. Dazu verwendeten sie eine Aufgabe, die sie „spontane Segmentation“ nannten. Ziel bei der spontanen Segmentation ist es, das Abspielen eines aufgenommenen Textes so zu unterbrechen, dass man ihn Stück für Stück korrekt wiedergeben kann. Ist der Text schwierig, werden die Unterbrechungen häufiger und die Textpassagen kürzer. Es zeigte sich, dass junge und ältere Studienteilnehmer sowohl in leichten Passagen als auch in schweren Passagen den Text in gleicher Weise unterteilten. Tatsächlich werden die meisten Unterbrechungen an syntaktisch sinnvollen Stellen wie Satzgrenzen oder Phrasengrenzen vorgenommen. Da sich junge und alte Probanden bei der Festlegung der sinnvollen Segmente nicht unterschieden, schließen die Autoren daraus, dass die schnelle syntaktische Analyse von Sprache nicht altersabhängig ist (siehe auch Wingfield & Tun 1999).

#### **1.4. Ein eigenes Arbeitsgedächtnis für Syntax?**

Die Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses für viele Bereiche unserer kognitiven Fähigkeiten ist unumstritten. Informationen müssen häufig gleichzeitig gespeichert und verarbeitet werden. Da ist es eine plausible Annahme, dass dies auch im Bereich Sprache der Fall sein könnte. Unterschiedliche Arbeitsgedächtniskapazität ist eine mögliche Erklärung für interindividuelle Unterschiede beim Satzverstehen. Für diese Erklärung sprechen all jene Befunde, die einen Zusammenhang zwischen der verbalen Arbeitsgedächtniskapazität von Studienteilnehmern und ihrer Leistung in Satzverstehensaufgaben zeigen. Wenn die Leistung einer Person in sprachlichen Aufgaben eng mit ihrer Leistung in anderen Arbeitsgedächtnis-Aufgaben korreliert ist, so spricht dies auch für einen Satzverarbeitungsmechanismus, dessen Prozesse im Arbeitsgedächtnis stattfinden.

King & Just (1991) untersuchten, wie schnell Probanden mit hoher und niedriger Gedächtnisspanne, die mit dem Lesespannen-Test von Danemann & Carpenter (1980) ermittelt wurde, eingebettete Relativsätze der folgenden Art lesen konnten.

(1) *The reporter that the senator attacked admitted the error.*

(*Der Reporter, den der Senator attackierte, gab den Fehler zu.*)

(2) *The reporter that attacked the senator admitted the error.*

(*Der Reporter, der den Senator attackierte, gab den Fehler zu.*)

Ein Subjekt-Relativsatz ist dann gegeben, wenn der Kopf des Relativsatzes, also das Relativpronomen, im Nominativ steht (2), beim Objekt-Relativsatz wie in (1) steht das Relativpronomen im Akkusativ. Probanden mit niedriger Gedächtnisspanne haben in den Experimenten von King & Just (1991) die schwierigeren Sätze mit Objekt-Relativsatz langsamer gelesen und schlechter verstanden als Studienteilnehmer mit hoher Gedächtnisspanne.

Es gibt auch Argumente gegen eine Beteiligung des allgemeinen Arbeitsgedächtnisses beim Verstehen von Sätzen. Die Alternative wäre ein eigenes kognitives Modul für Sprachverarbeitung oder zumindest für die Analyse der syntaktischen Struktur von Sprache. Wenn das Verstehen von Sprache in einem eigenen kognitiven Modul stattfinden würde, dann wäre der menschliche Satzverarbeitungsmechanismus spezialisiert auf seine Aufgabe und relativ unabhängig von den anderen kognitiven Bereichen. Wie gut er funktioniert, wäre nicht eng an die Leistung einer Person in anderen kognitiven Bereichen gebunden.

Caplan & Waters, (Waters & Caplan 1996a; Caplan & Waters 1999) postulieren ein eigenes Arbeitsgedächtnis-System für Syntax. Das bedeutet, dass sie davon ausgehen, dass die syntaktische Analyse eines Satzes das allgemeine Arbeitsgedächtnis nicht belastet. Man bräuchte also keine allgemeinen kognitiven Ressourcen um Syntax zu verarbeiten. Caplan & Waters (1990) berichten von Patienten, die trotz Schwierigkeiten in Kurzzeitgedächtnistests normale Leistungen beim Verstehen von Sätzen zeigen.

Waters & Caplan (1996b) konnten keine Unterschiede zwischen Probanden mit hoher und geringer Lesespanne finden, als diese mehrere Arten von Holzwegsätzen verstehen sollten. Die Probanden sollten die Akzeptabilität der Sätze einschätzen. Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen Probanden mit niedriger, mittlerer oder hoher Gedächtnisspanne, wie sie mit dem Lesespannen-Test von Daneman & Carpenter (1980) erhoben wurde.

## 1.5. Generelle und spezifische Altersunterschiede

### Generelle Altersunterschiede

Eine mögliche „generelle“ Erklärung für die beobachtbaren Altersunterschiede ist, dass man zum Verstehen der komplexen Sätze das Arbeitsgedächtnis braucht, dessen Kapazität mit dem Alter abnimmt. Zu der Annahme eines generellen Altersunterschieds paßt, dass Altersunterschiede oft umso größer werden, je schwieriger die Aufgaben für junge Menschen sind (z.B. Cerella 1990). Statistisch gesehen ergibt sich dann eine Interaktion von *Alter x Schwierigkeit*. Eine ganze Reihe empirischer Beispiele für solche Interaktionen, die mit der These eines generellen Altersunterschieds vereinbar sind, wurde oben beschrieben.

Es werden verschiedene Theorien diskutiert, wieso das Arbeitsgedächtnis mit dem Alter abnehmen könnte: Wenn die Kapazität des Arbeitsgedächtnis durch den vorhandenen Speicherplatz begrenzt wird, so könnte mit dem Altern der Speicherplatz abnehmen. Die berühmteste Theorie aus diesem Bereich stammt von Miller (1956). Er hat als maximale Anzahl von Dingen, die man sich im Kurzzeitgedächtnis merken kann, die „magische Zahl“ sieben eingeführt. Dann gibt es noch die Annahme, dass mit dem Alter die kognitiven Prozesse langsamer werden (z.B. Salthouse 1991a; 1992; 1996). Eine weitere prominente generelle Theorie in der kognitiven Altersforschung ist die Inhibitions-Defizit-Hypothese von Hasher & Zacks (1988; Hasher, Stoltzfus, Zacks & Rympa 1991). Sie besagt, dass alte Probanden schlechter irrelevante Informationen unterdrücken können und dass diese störenden Informationen die eigentliche Ursache für die beobachteten Altersunterschiede in den kognitiven Fähigkeiten sind. Diese Ansätze schließen sie sich gegenseitig oft nicht aus. So könnten zum Beispiel irrelevante Informationen den Effekt haben, dass in einem System mit begrenzter Kapazität weniger Speicherplätze für die eigentliche Aufgabe zur Verfügung stehen (z.B. Oberauer & Kliegl 2001).

### Spezifische Altersunterschiede

Spezifische Altersunterschiede kann man immer erst dann vermuten, wenn eine generelle Erklärung nicht zufriedenstellend ist. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn die Daten nicht mit reduzierter Arbeitsgedächtniskapazität bei älteren Erwachsenen erklärt werden können, etwa wenn die Altersunterschiede in einer schwierigen Bedingung gleich groß oder sogar kleiner sind als in einer leichten.

Inhaltlich sind spezifische Altersunterschiede ein Argument für sprachspezifische Ressourcenbeschränkungen.

Die Experimente, die in dieser Arbeit beschrieben werden, stehen im Zusammenhang mit einer ganzen Reihe von Experimenten zu Altersunterschiede bei eingebetteten Relativsätzen (Kliegl, Mayr, Junker & Fanselow 1999; Kliegl, Fanselow, Junker, Schlesewsky & Oberauer unveröffentlichtes Manuskript). Alle Experimente waren in folgenden Aspekten gleich aufgebaut: Den Studienteilnehmern wurden am Computer verschieden schwierige Sätze mit zentraleingebettetem Relativsatz präsentiert. Nach jedem Satz wurde den Studienteilnehmern eine Verständnisfrage gestellt. Abhängige Variable war, wie viele Fragen richtig beantwortet wurden. Die Sätze konnten entweder mit einem Subjekt oder mit einem Objekt beginnen. Unabhängig davon konnte der Relativsatz entweder nach dem ersten Nomen oder nach dem zweiten Nomen des Hauptsatzes stehen.

#### Alterssimulation durch reduzierte Darbietungszeit

Kliegl, Fanselow et al (unveröffentlichtes Manuskript) fanden deutliche Altersunterschiede zwischen jungen und alten Probanden bei dieser Satzverstehensaufgabe. Außerdem zeigten sich verschiedene Interaktionen, bzw. auch das Fehlen von Interaktionen zwischen den Faktoren syntaktischer Komplexität und Alter. Die Altersunterschiede waren in den syntaktisch schwierigeren Bedingungen manchmal größer, manchmal aber auch gleich groß wie in den einfacheren Bedingungen. In Abbildung 1 sind zwei Ergebnisse abgebildet.

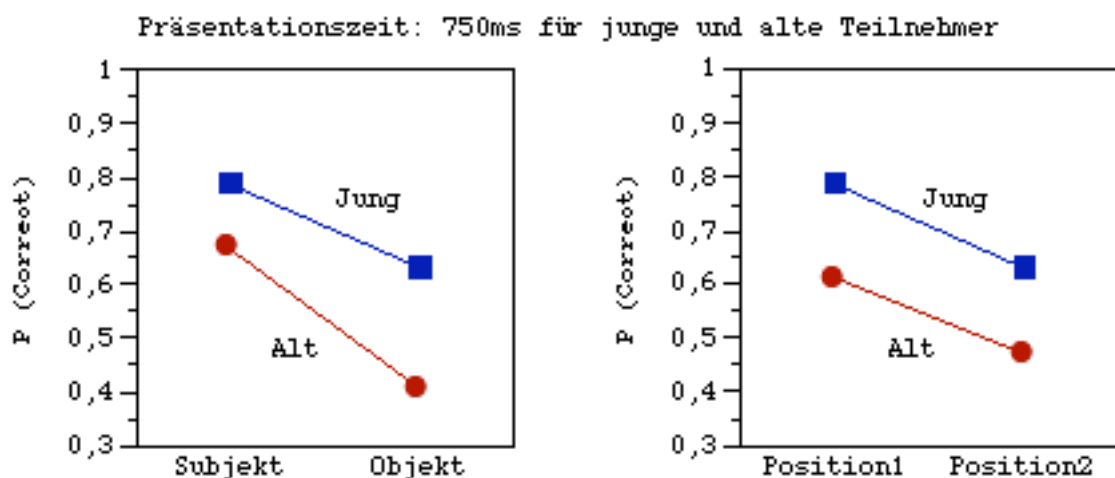


Abbildung 1: Prozentsatz korrekter Antworten für junge und ältere Erwachsene bei zwei Faktoren syntaktischer Komplexität. Gleiche Bedingungen für junge und alte Teilnehmer (Kliegl, Fanselow et al. unveröffentlichtes Manuskript).

Wir sehen in beiden Grafiken jeweils einen Haupteffekt von syntaktischen Schwierigkeiten. In der linken Abbildung ist zu sehen, dass Sätze, die mit einem Subjekt beginnen, häufiger richtig verstanden wurden als Sätze, die mit einem Objekt beginnen. In der rechten Abbildung ist zu sehen, dass Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen steht (Position1), häufiger richtig verstanden wurden als Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem zweiten Nomen steht (Position2). Beide syntaktischen Effekte sind für junge Probanden ungefähr gleich groß. Deutlich kann man sehen, dass sich die Leistung der alten Probanden nicht durch eine einfache Transformation aus der Leistung der jungen Probanden herleiten läßt: Während für einen Faktor syntaktischer Komplexität die Altersunterschiede in der schwierigen Bedingung besonders groß sind (Abbildung links), sind sie für den anderen Faktor in der schwierigeren Bedingung ähnlich groß wie in der einfacheren Bedingung (Abbildung rechts).

Das heterogene Muster der Altersunterschiede im ersten Experiment von Kliegl, Fanselow et al. (unveröffentlichtes Manuskript) spricht dagegen, dass man die Altersunterschiede durch einen globalen Faktor, in dem sich junge und alte Probanden unterscheiden (wie zum Beispiel Arbeitsgedächtniskapazität), erklären könnte.

Dennoch wurden in einem weiteren Experiment durch eine globale Manipulation (kürzere Präsentationszeiten für junge Probanden) junge Probanden nicht nur auf das allgemeine Antwortniveau der alten Probanden gedrückt. Auch alle signifikanten Interaktionen mit Alter verschwanden und keine neuen traten auf.

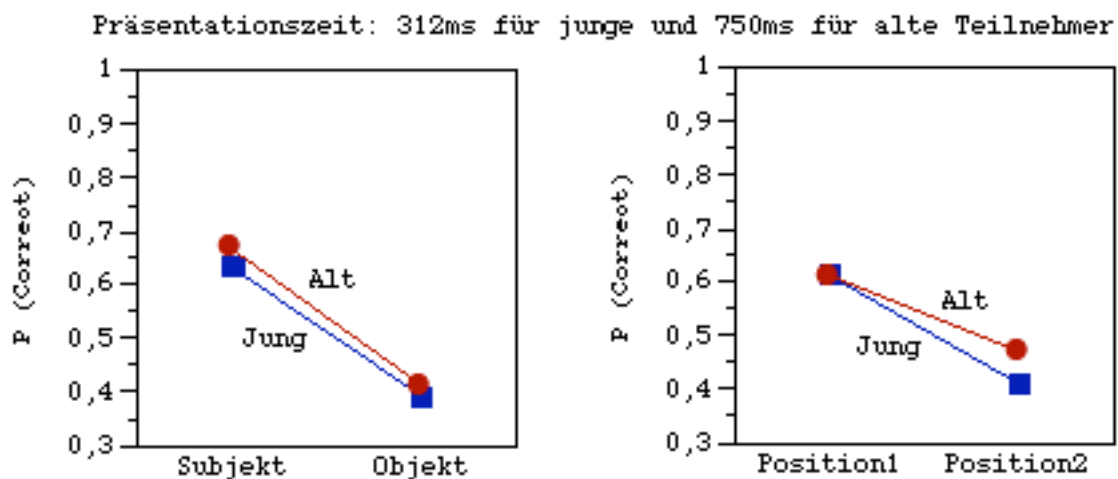


Abbildung 2: Alterssimulation durch reduzierte Darbietungszeit für junge Teilnehmer bei Kliegl et al (unveröffentlichtes Manuskript)

Die Alterssimulation durch verkürzte Präsentationszeit hat erfolgreich dazu geführt, dass die junge Probanden sich genauso wie alte Probanden verhalten haben. Wie man in Abbildung 2 sehen kann, war es war für beide Altersgruppen in gleicher Weise leichter einen Satz zu verstehen, wenn dieser mit einem Subjekt beginnt (linke Abbildung). Auch der Effekt der Position des Relativsatzes war bei beiden Altersgruppen ähnlich ausgeprägt (rechte Abbildung).

Diese Ergebnisse sind interessant und auch etwas merkwürdig. Die Daten sprechen sowohl für, als auch gegen eine generelle Erklärung der Altersunterschiede. In der hier vorliegenden Arbeit wird untersucht werden, wie die Daten bei einer anderen Art der Alterssimulation aussehen werden.

Auch Kliegl, Mayr et al (1999) fanden Hinweise sowohl auf generelle, als auch auf spezifische Altersunterschiede. Dabei zeigte sich, dass die Art, wie die Daten ausgewertet werden, Einfluß auf die Interpretation der Ergebnisse haben kann.

Hinweise auf generelle Altersunterschiede fanden die Autoren, als sie die Daten so auswerteten, wie die Sätze präsentiert worden waren, also in einzelnen experimentellen Bedingungen. Dazu zeichneten sie die Ergebnisse der 32 experimentellen Bedingungen auf als sogenannte Alt-Jung Funktion auf, wobei jeder der 32 Datenpunkte sowohl einen Wert der jungen als auch der alten Studienteilnehmer repräsentierte. Den Ergebnissen der jungen Studienteilnehmern auf der x-Achse werden dabei die Daten der alten Studienteilnehmer auf der y-Achse gegenübergestellt. Die meisten Datenpunkte befanden sich unterhalb der Hauptdiagonale. Dies spiegelt den Altershaupteffect wieder, also dass die alten Studienteilnehmer im Mittel schlechter als die jungen abgeschnitten haben. Es zeigten sich allgemeine Altersunterschiede, die in leichten und schwierigen Bedingungen ähnlich groß waren.

In einer zweiten Auswertung wurde die Alt-Jung Funktion nicht auf Basis der experimentellen Bedingungen, sondern auf Grund der ihnen zugrunde liegenden syntaktischen Faktoren gezeichnet. So bildeten zum Beispiel alle Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen stand einen Datenpunkt, genauso wie in der komplementären komplexen Bedingung die Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem zweiten Nomen stand. Diese Sicht auf die Daten zeigte Altersunterschiede, die für leichte und schwierige Bedingungen proportional gleich groß waren.

In einer weiteren Auswertung wurden die Daten getrennt ausgewertet, je nachdem ob nach dem Hauptsatz oder dem Relativsatz gefragt worden war. Hier zeigte sich, dass es



bei den Bedingungen, bei denen nur nach dem Relativsatz gefragt wurde, sehr geringe Altersunterschiede gab. Wurde nach dem Hauptsatz gefragt, gab es jedoch deutliche Altersunterschiede.

## **1.6. Was in dieser Arbeit nicht untersucht wird**

Das Verstehen von Sprache ist ein sehr komplexer Vorgang. Wenn aus geschriebenem Text oder aus Lauten eine mentale Repräsentation von Bedeutung entsteht, sind eine Vielzahl verschiedener Prozesse beteiligt, die sehr schnell hintereinander oder auch gleichzeitig ablaufen (z.B. Friederici 1999). Ganz am Anfang steht die (visuelle oder akustische) Wahrnehmung der Sprachreize. Die daraufhin folgende phonologische Analyse führt z.B. zur Identifizierung von Wortgrenzen. Sind einzelne Wörter identifiziert wird ihre semantische Bedeutung auf lexikalischer Ebene erschlossen, wobei auch morphologische Aspekte eine Rolle spielen, also die Identifizierung kleinster bedeutungstragender Einheiten eines Wortes. Dann erfolgt eine erste syntaktische Analyse der grammatikalischen Beziehungen der Wörter zueinander. Dabei werden die Funktionswörter wie Artikel und Präpositionen genauso analysiert, wie Flexionsinformationen, die zum Beispiel Numerus, Kasus und Tempus anzeigen. Bei der kritische Betrachtung, ob die erste Hypothese der Bedeutung eines Satzes stimmen kann, wird sowohl auf allgemeines Welt-Wissen zurückgegriffen als auch ein Diskurskontext berücksichtigt, also Wissen über die Situation, in der der Satz steht und über den Sprecher. Insgesamt kommt man dann durch das Zusammenspiel aller dieser Faktoren zu einer mentalen Repräsentation der Bedeutung des Satzes, hat den Satz also verstanden. Jeder dieser kurz beschriebenen Vorgänge ist Gegenstand umfangreichster empirischer Forschung. So ist zum Beispiel heftig umstritten, inwieweit syntaktische und semantische Information während des Sprachverstehens miteinander interagieren, oder ob sie, eventuell in modularen Subsystemen, unabhängig voneinander verarbeitet werden.

Alle diese Schritte sind zwar immer beim Verstehen von Sprache beteiligt, aber ich möchte in dieser Arbeit nur einen kleinen Teil dieses komplexen Vorgangs untersuchen. In den hier vorgestellten Experimenten wird nicht allgemeines Sprachverstehen an sich untersucht, sondern in einer experimentellen Situation wird eine ganz spezielle sprachliche Aufgabe variiert. Es wird untersucht, wie gut junge und ältere Studienteilnehmer Sätze mit verschiedenen schwieriger syntaktischer Struktur verstehen können. Die

meisten der oben erwähnten Schritte des Sprachverstehens sind in den hier beschriebenen Experimenten konstant gehalten worden. Sie sollten also für die gefundenen experimentellen Effekte keine Rolle spielen. Alle Sätze wurden auf die gleiche Art präsentiert. Mit großer Sorgfalt wurde durch die Art der Konstruktion des Stimulusmaterials sichergestellt, dass es – außer den syntaktischen – keine zusätzlichen semantischen Hinweise auf die Bedeutung der Sätze gab. Jeder Satz stand für sich und in keinem darüber hinausgehenden diskursiven Kontext. Auch die Situation der Teilnahme an einem psycholinguistischen Experiment war für die Studienteilnehmer bei allen Sätzen identisch. Die präsentierten Sätze unterschieden sich ausschließlich in der Wortstellung. Allein die Syntax der Sätze bestimmte, wie sie zu verstehen waren. Dies ist natürlich eine sehr artifizielle Situation. Ich habe sie nicht deswegen gewählt, weil ich denke, dass die anderen Prozesse des Sprachverstehens unwichtig wären, sondern weil man dadurch die syntaktischen Effekte besonders deutlich beobachten kann.

Der nun folgende empirische Teil meiner Arbeit gliedert sich in drei Teile. Der erste Teil befaßt sich mit einer Alterssimulation. Es werden zwei Experimente beschrieben, bei denen die Arbeitsgedächtniskapazität junger Probanden durch eine zusätzliche Gedächtnisbelastung von drei beziehungsweise vier Zahlen eingeschränkt wurden.

Im zweiten Teil werden zwei weitere Experimente vorgestellt, bei denen durch ein anderes Vorgehen versucht wurde, alte und junge Probanden auf dasselbe Leistungsniveau zu bringen. Die Manipulation betraf das verwendete Aufgabenmaterial: Dieselbe Information wie bei den eingebetteten Relativsätzen wurde in syntaktisch einfachen koordinierten Sätzen präsentiert.

Im dritten Teil wird untersucht, wie stabil die syntaktischen Komplexitätseffekte und die Altersunterschiede über einen kurzen Trainingszeitraum hinweg sind.

## **2. Alterssimulation durch zusätzliche Gedächtnisbelastung**

Bei einer Alterssimulation wird versucht, Entwicklungsprozesse im Experiment zu simulieren. Man manipuliert diejenigen unabhängigen Variablen, die man für bestimmte Alterseffekte verantwortlich machen möchte. Diese Methode wurde von Birren (1970) und auch Baltes & Goulet (1971) vorgeschlagen. Der Vorteil einer solchen experimentellen Vorgehensweise ist, dass sich eher Aussagen über Kausalität machen lassen als bei klassischen Querschnitts- oder Längsschnittstudien.

Dabei kann man einerseits versuchen, die Effekte des Alterns rückgängig zu machen. Handelt es sich um reversible Effekte, wie sie zum Beispiel durch mangelnde Übung der älteren Erwachsenen entstanden sein könnten, so können sie durch eine erfolgreiche Alterssimulation wieder zum Verschwinden gebracht werden.

Das Ziel einer Alterssimulation kann auch sein, junge Erwachsene dazu zu bringen, dass sie das Verhalten von alten Erwachsenen zeigen. Dabei reicht es nicht aus, dass die jungen Erwachsenen sich im allgemeinen Leistungsniveau an das der älteren angleichen. Das wäre auch zu erreichen, indem man die jungen Probanden durch völlig absurde Handicaps behindern würde. Junge Probanden müssen auch exakt dasselbe Muster an beeinträchtigten und nicht beeinträchtigten Prozessen zeigen, wie man es bei den älteren Erwachsenen findet (z.B. Salthouse 1991b S.321).

Kruse, Lindenberger & Baltes (1993) und auch Lindenberger & Baltes (1995) nennen folgende Schritte bei der Methode der Simulation von Entwicklungsprozessen: Erstens muss man das Entwicklungsphänomen identifizieren, also den Altersunterschied, den man erklären möchte. In einem zweiten Schritt formuliert man eine Reihe von Hypothesen über Variablen, die die Entwicklungsprozesse verursacht haben könnten. Dann werden diese Variablen in einem Experiment simuliert. In einem vierten Schritt werden die simulierten Daten mit den „echten“ Daten verglichen. Schließlich können die externe Validität der gefundenen Interpretation und auch alternative kausale Interpretationen kritisch geprüft werden.

Ein Beispiel für die Methode der Simulation von Entwicklungsprozessen bei der Alterungsprozesse rückgängig gemacht werden konnten, ist die Forschung zu Selbständigkeit und Unselbständigkeit im Alter von M. Baltes (z.B. Baltes, Horn, Barton, Orzech & Lago 1973). Die Autoren konnten beobachten, dass die sozialen Interaktionspartner von alten Menschen mit Zuwendung und Aufmerksamkeit auf

unselbständiges Verhalten reagierten, dieses also verstärkt haben. Zusätzlich haben sie selbständiges Verhalten der alten Menschen ignoriert. Nachdem in einer Interventionsstudie (Baltes, Neumann & Zank 1994) die Interaktionspartner ihr Verhalten geändert hatten, haben auch die alten Menschen weniger unselbständiges Verhalten gezeigt.

Ein anschauliches Beispiel für das Vorgehen bei einer Alterssimulation, bei der junge Menschen dazu gebracht werden sollten, sich wie ältere Erwachsene zu verhalten, zeigt der Artikel von Lindenberger, Scherer & Baltes (2001). Sie untersuchten, ob man die Tatsache, dass sensorische und kognitive Fähigkeiten bei älteren Menschen besonders eng korrelieren, damit erklären kann, dass Probanden mit Seh- oder Hörschwierigkeiten in kognitiven Tests schlechter abschneiden als sie „eigentlich“ sollten. Dazu schränkten sie künstlich mit Spezialbrillen und Kopfhörern die Seh- und Hörfähigkeit ihrer Probanden ein. Sie fanden jedoch, dass diese „künstliche Alterung“ keine Auswirkungen auf die Leistung ihrer Probanden in kognitiven Tests hatte.

## **2.1. Experiment 1: Gedächtnisbelastung mit drei Zahlen**

In den folgenden zwei Experimenten wird die Hypothese getestet werden, dass die Altersunterschiede bei eingebetteten Relativsätzen durch eine geringere Arbeitsgedächtniskapazität älterer Menschen verursacht werden. Dazu wird versucht, die Abnahme der Arbeitsgedächtniskapazität an jungen Studienteilnehmer zu simulieren.

Für junge Probanden wurde reduzierte Arbeitsgedächtniskapazität dadurch simuliert, dass sie sich, während sie einen Satz am Bildschirm präsentiert bekamen, Zahlen merken mussten. Dies ist eine durchaus übliche Methode, so verwenden zum Beispiel auch Caplan & Waters (1999) eine ähnliche Sekundäraufgabe, um die Arbeitsgedächtniskapazität ihrer Probanden zu reduzieren. Die jungen Studienteilnehmer sollten sich die Zahlen nur merken, und sie nicht ständig laut vor sich hersagen, wie es zum Beispiel bei den Experimenten von Baddeley (1986) der Fall gewesen war. Die zusätzliche Gedächtnisbelastung durch das Merken der Zahlen sollte in den hier vorgestellten Experimenten nicht hauptsächlich die Kapazität der artikulatorischen Schleife der jungen Probanden reduzieren, sondern eher ihre Arbeitsgedächtniskapazität als Ganzes, beziehungsweise die der Zentralen Exekutive.

Nach dem Ansatz von Just & Carpenter (1992), die von der Existenz eines generellen verbalen Arbeitsgedächtnisses ausgehen, würde eine Zusatzaufgabe dieses allgemeine verbale Arbeitsgedächtnis belasten. Wenn die Altersunterschiede durch eine reduzierte

Arbeitsgedächtniskapazität der älteren Erwachsenen verursacht werden, besteht die Erwartung, dass junge Probanden mit reduzierter Arbeitsgedächtniskapazität eine ähnliche Leistung in der Satzverstehensaufgabe wie die älteren Erwachsenen haben werden.

Nach der Idee von Caplan & Waters (1996a) würde die Zusatzaufgabe, da sie nicht syntaktischer Natur ist, das speziell für Syntax zuständige Arbeitsgedächtnissystem nicht belasten. Eine zusätzliche Gedächtnisbelastung sollte keine Effekte auf die Satzverstehensaufgabe haben oder höchstens einen kleinen Haupteffekt. Das Verhalten der älteren Erwachsenen sollte nicht erfolgreich simuliert werden können.

Die Daten junger Probanden mit zusätzlicher Gedächtnisbelastung wurden mit den Daten der älteren Probanden aus der weiter oben vorgestellten Studie von Kliegl et al. (unveröffentlichtes Manuskript) verglichen. Bei einer erfolgreichen Alterssimulation sollte das allgemeine Leistungsniveau der jungen Probanden bei der Satzverstehensaufgabe gleich wie das der älteren Vergleichsgruppe sein. Zusätzlich sollten die Ausprägung der einzelnen syntaktischen Effekte für junge und ältere Probanden gleich groß sein. Dies bedeutet, es sollte keine Interaktionen zwischen den syntaktischen Effekten und Alter geben.

Bei diesen Überlegungen gibt es zwei Annahmen, auf die ich extra eingehen möchte: Erstens gehe ich davon aus, dass die zusätzliche Gedächtnisbelastung tatsächlich die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses reduziert, und nicht irgendwelche völlig andere Auswirkungen hat. Zweitens gehe ich davon aus, dass die syntaktischen Komplexitätseffekte alle in gleicher Weise durch verschieden starke Belastung des Arbeitsgedächtnisses verursacht werden. Die aus den Experimenten von Kliegl et al. (unveröffentlichtes Manuskript) bekannten zwei stärksten syntaktischen Effekte, die durch Variation der Wortstellung und die Variation der Position des Relativsatzes zustande kommen, sind jedoch durchaus unterschiedlich in ihrer Natur. Die Variation der Wortstellung, also ob ein Subjekt vor dem Objekt steht oder umgekehrt, scheint eine ganz und gar syntaktische Manipulation zu sein. Wenn jedoch der Relativsatz erst nach dem zweiten Nomen des Hauptsatzes steht, muss man sich beide Nomen des Hauptsatzes merken, während man den Relativsatz verarbeitet. Bei diesem Effekt ist es plausibel, dass auch eher allgemeine Gedächtniseffekte eine Rolle spielen könnten. Ist die Alterssimulation erfolgreich, so hat sich diese Spekulation jedoch erledigt. Wird sie nur teilweise erfolgreich sein, so wird es interessant sein zu sehen, welche syntaktischen

Effekte durch eine zusätzliche Gedächtnisbelastung besonders gut simuliert werden können und welche nicht.

### **2.1.1. Methode**

#### **Probanden**

21 junge Erwachsene ( $M=19$  Jahre; Alter: 17 bis 22 Jahre; 10 männlich, 11 weiblich) nahmen an Experiment 1 teil. Es gab noch eine Kontrollbedingung ohne Gedächtnisbelastung, die in einer separaten Sitzung getestet wurde. Die Reihenfolge der Sitzungen war ausbalanciert, so dass die Hälfte der Studienteilnehmer mit der Aufgabe ohne, die andere Hälfte aber mit der Aufgabe mit zusätzlicher Gedächtnisbelastung begannen. Für die Teilnahme an dem Experiment erhielten die jungen Studienteilnehmer entweder 20 DM oder einen Versuchspersonenstundenschein über zwei Stunden. Für die Ergebnisse der Alterssimulation, die im folgenden vorgestellt werden, wurden nur die Durchgänge mit Gedächtnisbelastung ausgewählt.

Als Vergleichsgruppe wurden die Ergebnisse der 40 alten Studienteilnehmer aus der oben beschriebenen Studie von Kliegl et al. (unveröffentlichtes Manuskript) genommen. Sie hatten an einem identischen Satzverstehens-Experiment (aber ohne zusätzliche Gedächtnisbelastung) teilgenommen. Die älteren Probanden waren im Durchschnitt 70,55 Jahre alt (zwischen 64 und 80 Jahre). Davon waren 20 Männer und 20 Frauen. Sie erzielten in einem Wortschatztest (MWT-A) einen etwas höheren Wert als die Gruppe junger Probanden (ältere Probanden  $M=32,9$ ;  $SD=1,8$ ; jüngere Probanden:  $M=31,33$ ;  $SD=1,56$ ). Im Zahlen-Symboltest zeigten die älteren Probanden eine geringere Leistung als die jüngeren Probanden (ältere Probanden:  $M=48,55$ ;  $SD=7,33$ ; jüngere Probanden:  $M=62,85$ ;  $SD=9,5$ ).

#### **Material: Gedächtnisaufgabe (Sekundäraufgabe)**

Bei der Gedächtnisaufgabe sollten sich die jungen Probanden drei Zahlen merken, die auf dem Bildschirm vor der eigentlichen Satzverstehensaufgabe gezeigt wurden. Eine der drei Zahlen mussten die Probanden wiedergeben, nachdem sie den Satz präsentiert bekommen hatten.

#### **Material: Satzverstehensaufgabe (Primäraufgabe)**

Bei der Satzverstehensaufgabe sollten die Probanden Sätze lesen und eine Verständnisfrage zu jedem Satz beantworten. Jeder Satz bestand aus einem Hauptsatz mit

eingebettetem Relativsatz und enthielt insgesamt drei Nomen und zwei Verben. Die Sätze unterschieden sich also weder in der Anzahl der verwendeten Propositionen (zwei), noch in der Anzahl der Wörter, sondern nur in ihrer Wortstellung. Die Sätze hatten eine semantisch reversible Bedeutung. Dies ist geeignet um „pure“ syntaktische Komplexität zu manipulieren, wie es zum Beispiel von Caplan & Waters (1995) vorgeschlagen wurde.

Ein Durchgang bestand aus dem Merken der drei Zahlen, dem Lesen des Satzes, der Wiedergabe einer der Zahlen, und der Beantwortung der Verständnisfrage.

### **Design der Satzverstehensaufgabe**

In der Satzverstehensaufgabe wurde ein within-subjects-Design mit vier experimentellen Faktoren realisiert. Sowohl die Verständnisfrage als auch der präsentierte Satz trugen zu diesem Design bei. Es wurden zwei verschiedene Arten von Fragen gestellt und acht (2 x 2 x 2) verschiedene Arten von Sätzen präsentiert. Es gab also insgesamt 16 experimentelle Bedingungen.

Das experimentelle Design kam wie folgt zustande: Sowohl die Hauptsätze als auch die Relativsätze konnten voneinander unabhängig entweder mit einem Subjekt oder mit einem Objekt beginnen. Darüber hinaus konnte die Position des Relativsatzes variieren. Tabelle 1 zeigt die acht Variationen der Sätze, die durch eine Kombination dieser drei syntaktischen Faktoren gebildet werden können.

	<i>Hauptsatz</i>	<i>Relativsatz</i>	<i>Position</i>
(1) <i>Vielleicht hat der Mann, der den Clown gesehen hat, den Anwalt geschlagen.</i>	<i>SO</i>	<i>SO</i>	<i>Position1</i>
(2) <i>Vielleicht hat den Mann, der den Clown gesehen hat, der Anwalt geschlagen.</i>	<i>OS</i>	<i>SO</i>	<i>Position1</i>
(3) <i>Vielleicht hat der Mann, den der Clown gesehen hat, den Anwalt geschlagen.</i>	<i>SO</i>	<i>OS</i>	<i>Position1</i>
(4) <i>Vielleicht hat den Mann, den der Clown gesehen hat, der Anwalt geschlagen.</i>	<i>OS</i>	<i>OS</i>	<i>Position1</i>
(5) <i>Vielleicht hat der Mann den Anwalt, der den Clown gesehen hat, geschlagen.</i>	<i>SO</i>	<i>SO</i>	<i>Position2</i>
(6) <i>Vielleicht hat den Mann der Anwalt, der den Clown gesehen hat, geschlagen.</i>	<i>OS</i>	<i>SO</i>	<i>Position2</i>
(7) <i>Vielleicht hat der Mann den Anwalt, den der Clown gesehen hat, geschlagen.</i>	<i>SO</i>	<i>OS</i>	<i>Position2</i>
(8) <i>Vielleicht hat den Mann der Anwalt, den der Clown gesehen hat, geschlagen.</i>	<i>OS</i>	<i>OS</i>	<i>Position2</i>

Tabelle 1: Acht verschiedene Arten von Sätzen. Die Reihenfolge von Subjekt und Objekt und die Position des Relativsatzes wurde variiert.

Im Hauptsatz können die Nominalphrasen in der Reihenfolge Subjekt-vor-Objekt (SO) oder in der Reihenfolge Objekt vor Subjekt (OS ) stehen. In der Tabelle sind dies für SO die Bedingungen (1 3 5 7) und für OS die Bedingungen (2 4 6 8).

Auch im Relativsatz können die Nominalphrasen in der Reihenfolge Subjekt-vor-Objekt (SO) oder Objekt-vor-Subjekt (OS) stehen. In der Tabelle sind dies für SO die Bedingungen (1 2 5 6) und für OS die Bedingungen (3 4 7 8).

Der Relativsatz kann in seiner Position variieren. Er kann nach dem ersten Nomen des Hauptsatzes (Position1) oder nach dem zweiten Nomen des Hauptsatzes (Position2) stehen. In Tabelle 1 sind dies die Bedingungen (1 bis 4) und (5 bis 8).

Der vierte Faktor des experimentellen Designs betraf die Verständnisfrage: Es wurden zwei Arten von Fragen gestellt. Das waren Fragen mit dem Verb des Hauptsatzes und Fragen mit dem Verb des Relativsatzes. Zu jedem der in Tabelle 1 stehenden Beispielsätze konnten folgende Fragen gestellt werden:



	<i>Art der Frage</i>
„ <i>Wer hat geschlagen?</i> “ oder „ <i>Wer wurde geschlagen?</i> “	<i>Hauptsatz-Frage</i>
„ <i>Wer hat gesehen?</i> “ oder „ <i>Wer wurde gesehen?</i> “	<i>Relativsatz-Frage</i>

Tabelle 2: Zwei verschiedenen Arten von Fragen: Fragen mit dem Verb des Hauptsatzes oder mit dem Verb des Relativsatzes.

Die Fragen wurden sowohl in aktiver als auch in passiver Form gestellt. Dies diente vor allem dazu, Strategieeffekte der Studienteilnehmer zu verhindern, die auftreten könnten wenn man immer nach einem Subjekt oder immer nach einem Objekt fragen würde. Der (mögliche und fünfte) Faktor Aktivfrage vs. Passivfrage wurde in der hier berichteten Auswertung jedoch nicht berücksichtigt. (\*Hinweis: Kein Unterschied)

### **2.1.2. Rekodierung von experimentellen Faktoren**

Die gerade beschriebenen Faktoren sind jedoch nicht die einzige Möglichkeit, wie man die 16 experimentellen Bedingungen beschreiben und auswerten kann. Es befinden sich noch mehr linguistische Regelmäßigkeiten in den Stimulussätzen.

#### **Interaktionen und Haupteffekte**

So können zum Beispiel Hauptsatz und Relativsatz dieselbe Wortstellung haben oder auch nicht. Wenn sowohl Hauptsatz als auch Relativsatz beide mit einem Subjekt oder beide mit einem Objekt beginnen, sind dies die kongruenten Bedingungen (1 4 5 8) aus Tabelle 1. Inkongruent, also von unterschiedlicher Wortstellung was die Reihenfolge von Subjekt und Objekt betrifft, wären die Bedingungen (2 3 6 7). Auf diese Weise lassen sich mögliche Interaktionen aus der Varianzanalyse auch als Haupteffekte interpretieren. Eine Voraussetzung dafür ist, dass genau die Hälfte der experimentellen Bedingungen zur der einen Ausprägung des Effektes gehört und die andere Hälfte der Bedingungen zu der anderen Ausprägung. Im gerade beschriebenen Beispiel ist die Interaktion *Wortstellung im Hauptsatz x Wortstellung im Relativsatz* identisch mit dem Haupteffekt *Kongruenz der Wortstellung in Haupt- und Relativsatz*.

#### **Rekodierung von syntaktischen Faktoren**

Man kann auch andere als die ursprünglich in Tabelle 1 aufgeführten Faktoren in dem experimentellen Design finden. Die Verständnisfrage kann sich immer nur entweder auf den Hauptsatz oder auf den Relativsatz beziehen. Das bedeutet gleichzeitig, dass einer der beiden Sätze für eine richtige Beantwortung der Frage nicht relevant war. Natürlich wussten die Studienteilnehmer beim Lesen des Satzes noch nicht, auf welchen Teilsatz

sich die Frage beziehen würde. Trotzdem ist es interessant, unterscheiden zu können, ob die Wortstellung im relevanten und im nicht relevanten Satz gleich bedeutend ist. Um dies in den Daten besser sehen zu können, wurden die beiden Faktoren, die sich mit der Reihenfolge der Nominalphrasen (SO oder OS) befassen, rekodiert. Die Information, ob es ein Hauptsatz oder ein Relativsatz war, der mit einem Subjekt oder Objekt begonnen hatte, wurde zugunsten eines Faktors in den Hintergrund gestellt, der die Wortstellung im „relevanten“ Satz (RE), das heißt in dem Satz, der im Fokus der Frage stand, von der Wortstellung im „irrelevanten“ Satz (IR), unterscheidet. Durch diese Rekodierung ging keine Information verloren. Ursprünglich als Haupteffekt signifikant gewordene Effekte würden danach als Interaktionen signifikant werden. Die Rekodierung änderte auch nichts am vierfaktoriellen orthogonalen Design des Experimentes. Die Faktoren, die ausgewertet wurden sind nun:

*Wortstellung im relevanten Satz (RE):* Subjekt-vor-Objekt (RE\_S) oder Objekt-vor-Subjekt (RE\_O)

*Wortstellung im irrelevanten Satz (IR):* Subjekt-vor-Objekt (IR\_S) oder Objekt-vor-Subjekt (IR\_O)

*Position des Relativsatzes:* Position 1 oder Position 2

*Frage:* Hauptsatz-Frage oder Relativsatz-Frage

Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf 5% festgesetzt. Dabei sollte aber bedacht werden, dass bei einer Varianzanalyse mit 4 orthogonalen Faktoren 15 Einzelvergleiche berechnet werden. Es ist also auch recht gut möglich, dass ein Effekt nur durch Zufall signifikant wird. Deswegen ist es besonders wichtig, bei der Interpretation der Ergebnisse auf die Größe der Effekte und ihre Replizierbarkeit zu achten.

## **Vorgehen**

Eine Sitzung begann mit einem Fragebogen zu biografischen Angaben der Studienteilnehmer, und zwei kurzen Tests, dem Mehrfachwahl-Wortschatztest (Wechsler 1981), bei dem tatsächlich existierende Wörter unter Nonsens-Wörtern identifiziert werden müssen, und dem Zahlen-Symboltest (Wechsler 1981), einem Geschwindigkeitstest, bei dem die Probanden in 90 Sekunden so viele Symbole wie möglich vorgegebenen Zahlen zuordnen sollen. Das Satzverstehensexperiment wurde am Computer durchgeführt, die Versuchssteuerung mit der Pyscope-Experimentalssoftware (Cohen, MacWhinney, Flatt & Provost 1993) realisiert. Zu Beginn jedes Durchgangs wurden 3 verschiedene Zahlen auf einem Computerbildschirm präsentiert. Dann wurde ein Satz

Wort für Wort dargeboten. Daraufhin sollten die Probanden eine der Zahlen – welche der drei das war, wurde zufällig ausgewählt und durch ein Fragezeichen an der entsprechenden Stelle angezeigt – eingeben. Unmittelbar danach wurde eine Verständnisfrage präsentiert und die drei möglichen Nomen des Satzes wurden als Antwortalternativen vorgegeben. Abhängige Variablen waren erstens die Genauigkeit in der Auswahl des richtigen Nomens und zweitens, ob die Zahl richtig oder falsch eingegeben wurde. In einer Sitzung wurden 160 Sätze dargeboten.

### 2.1.3. Ergebnisse

Es wurde eine ANOVA gerechnet mit Alter (2 Gruppen) als between-subjects-Faktor und mit den syntaktischen Faktoren Wortstellung (zwei Stufen), Wortstellung im nicht gefragten Satz (2 Stufen), Position des Relativsatzes (2 Stufen) und Ziel der Frage (2 Stufen) als within-subjects-Faktoren. Es wurden alle Durchgänge mit in die Auswertung aufgenommen, egal ob die jungen Studienteilnehmer die Zahl richtig wiedergeben konnten oder nicht. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf 5% festgesetzt.

#### Syntaktische Effekte

Im folgenden werden zuerst die Effekte der syntaktischen Manipulationen berichtet. Dabei wird nicht zwischen den Daten der jungen und den Daten der älteren Erwachsenen unterschieden.

Die mittlere Antwortgenauigkeit lag bei 59%. Die Probanden lagen deutlich über der Ratewahrscheinlichkeit von 33% korrekter Antworten, die man erhalten würde, wenn man per Zufall aus den drei am Bildschirm präsentierten Nomen das richtige auswählen würde. In Abbildung 3 sind die Haupteffekte der syntaktischen Faktoren abgebildet.

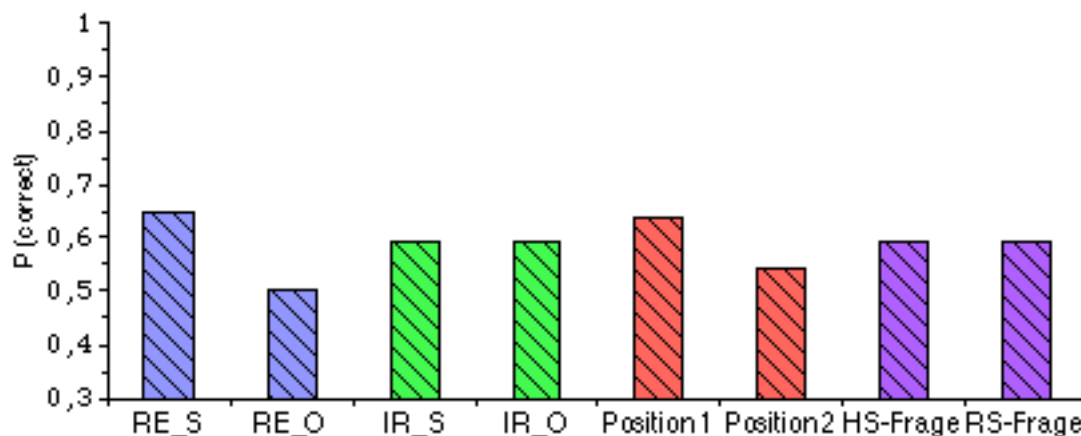


Abbildung 3: syntaktische Effekte bei Experiment 1.

*Wortstellung im relevanten Satz (RE):* Der größte Effekt war mit der Wortstellung im gefragten Satz verbunden: Wenn nach einem subjektinitialen Satz gefragt wurde, waren die Probanden 15% besser als wenn nach einem objektinitialen Satz gefragt wurde.  $F(1,59)=62,99$ ;  $MSe=0,06$ ;  $p=0,00$ .

*Wortstellung im irrelevanten Satz (IR):* Die Wortstellung im nicht gefragten Satz hatte keinen signifikanten Effekt auf die Antwortgenauigkeit  $F(1,59)=3,32$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,07$ .

*Position des Relativsatzes (Position):* Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen stand, wurden im Durchschnitt 10% besser beantwortet als Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem zweiten Nomen stand  $F(1,59)=46,29$ ;  $MSe=0,05$ ;  $p=0,00$ .

*Frage:* Ob nach dem Hauptsatz oder nach dem Relativsatz gefragt wurde, machte keinen Unterschied in der Antwortgenauigkeit  $F(1,59)<1$ .

*RE x Frage:* Der Haupteffekt der Wortstellung wurde durch eine Interaktion mit dem Faktor Frage qualifiziert. Der Effekt der Wortstellung war bei Fragen nach dem Hauptsatz größer als bei Fragen nach dem Nebensatz  $F(1,59)=14,61$ ;  $MSe=0,05$ ;  $p=0,00$ .

*RE x Position:* Die beiden beschriebenen syntaktischen Haupteffekte interagierten miteinander  $F(1,59)=8,41$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,01$ . Der Effekt der Position des Relativsatzes war größer, wenn der gefragte Satz mit einem Subjekt begonnen hatte, als wenn er mit einem Objekt begonnen hatte (14% Unterschied vs. 7% Unterschied). Oder man kann es auch anders ausdrücken: Der Effekt der Wortstellung war größer, wenn der Relativsatz nach dem ersten Nomen stand (18% vs. 12% Unterschied).

*RE x IR x Position:* Ein weiterer Effekt zeigte sich in der Interaktion der Faktoren Wortstellung des relevanten Satzes, Wortstellung des irrelevanten Satzes und Position des Relativsatzes  $F(1,59)=19,81$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,00$ . Diese Dreifach-Interaktion läßt sich auch als Haupteffekt beschreiben: Wenn das Relativpronomen denselben Kasus hatte wie das Nomen, auf das es sich bezog, wurden 4% mehr richtige Antworten gegeben, als wenn die Kasus nicht übereinstimmten.

### **Alterseffekte**

Die Alterssimulation war nicht erfolgreich. Die allgemeine Antwortgenauigkeit der jungen Probanden mit einer Gedächtnisbelastung von drei Zahlen lag bei 65% während die Vergleichsgruppe alter Probanden nur 53% der Fragen richtig beantworten konnte. Der Altersunterschied von 12% war signifikant  $F(1,59)=11,00$ ;  $MSe=0,3$ ;  $p=0,00$ .

Eine erfolgreiche Alterssimulation sollte zusätzlich zum Altershaupteffekt alle Interaktionen mit Alter eliminieren. Auch das hat in Experiment 1 nicht funktioniert. Es gab eine signifikante Interaktion zwischen einem Faktor syntaktischer Schwierigkeit und Alter: Die Altersunterschiede waren bei objektinitialen Sätzen deutlich größer (17% Unterschied) als bei subjektinitialen Sätzen (7% Unterschied)  $F(1,59)=8,44$ ;  $MSe=0,06$ ;  $p=0,01$ .

In Abbildung 4 sind zwei Effekte syntaktischer Komplexität im Altersvergleich abgebildet: Man sieht in der linken Abbildung den Effekt der Wortstellung und die Interaktion mit Alter: Die Altersunterschiede sind bei Objekt-Erst-Sätzen besonders groß. Auf der rechten Abbildung ist der Effekt der Position des Relativsatzes (keine Interaktion mit Alter) abgebildet.

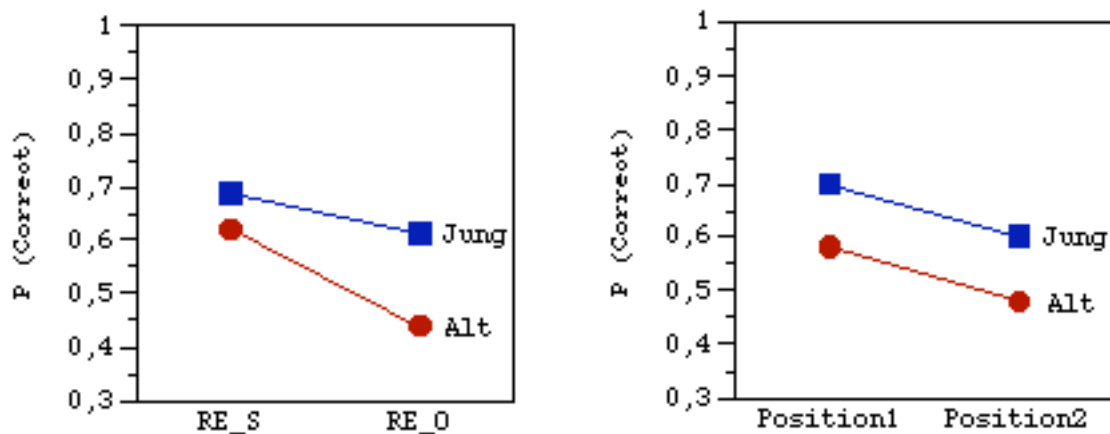


Abbildung 4: Alterssimulation durch Gedächtnisbelastung mit drei Zahlen. Insbesondere das Antwort-Verhalten der alten Probanden in Bezug auf die Wortstellung im gefragten Satz konnte nicht erfolgreich simuliert werden (linke Grafik).

#### 2.1.4. Ergebnisse der Doppelaufgabe für jungen Probanden

Die jungen Studienteilnehmer konnten insgesamt 65% der Verständnisfragen richtig beantworten. In der Gedächtnisaufgabe konnten sie 81% der Zahlen richtig wiedergeben.

Es gibt mehrere Möglichkeiten eine Dual-Task-Aufgabe auszuwerten, da sowohl die Leistung in der Satzverstehensaufgabe als auch die Leistung in der Gedächtnisaufgabe mögliche abhängige Variablen sind. Grundsätzlich will man sicherstellen, dass die Probanden tatsächlich auch zwei Aufgaben gleichzeitig bearbeitet haben, und sich nicht nur auf eine der beiden Aufgaben konzentriert haben. Dies würde man an einem

sogenannten Trade-Off merken, also dann, wenn die Leistung in der einen Aufgabe auf Kosten der Leistung in der anderen Aufgabe geht. Einen Trade-Off zugunsten der Zusatzaufgabe kann man ausschließen, wenn man nur die Durchgänge auswertet, bei der die Zusatzaufgabe nachweislich bearbeitet wurde, das heißt hier, bei denen die Zahl richtig erinnert werden konnte. Der Nachteil bei dieser Vorgehensweise wäre, dass man einen Teil der Daten verlieren würde. Dies wären die 20% der Daten, bei denen die Zahl nicht richtig wiedergegeben werden konnte.

In Tabelle 3 sind sowohl die Ergebnisse der Satzverstehensaufgabe als auch die der Gedächtnisaufgabe dargestellt.

Wenn man sich in Spalte drei nur die Durchgänge betrachtet, bei denen die Gedächtnisaufgabe nicht richtig gelöst wurde (evtl. weil man den Studienteilnehmern unterstellt, sich nicht der Gedächtnisbelastung ausgesetzt zu haben), sieht man, dass in diesen Fällen die Leistung in der Satzverstehensaufgabe nicht auffällig gut war. 55% der Sätze konnten richtig beantwortet werden.

Wenn man dies mit den Durchgängen in Spalte zwei vergleicht, bei denen die Probanden die Zahl richtig erinnern konnten (und somit nachweislich die Gedächtnisaufgabe bearbeitet hatten), zeigt sich, dass bei Durchgängen mit richtig gelöster Gedächtnisaufgabe die Satzverstehensaufgabe sogar in 68% der Fälle richtig war. Es gibt also keinen Hinweis auf einen Trade-Off zugunsten der Satzverstehensaufgabe.

	Zahl richtig	Zahl falsch	$\Sigma$
Satz richtig	1827	359	2186 (65,1%)
Satz falsch	879	295	1174 (34,9%)
	2706 (80,5%)	654 (19,5%)	3360

Tabelle 3: Ergebnisse der jungen Studienteilnehmer: Anzahl richtiger und falscher Durchgänge, nach Satzverstehensaufgabe und Gedächtnisaufgabe getrennt aufgeführt.

Es gibt auch noch die zweite Möglichkeit eines Trade-Offs, und zwar, dass die Leistung in der Gedächtnisaufgabe auf Kosten der Leistung in der Satzverstehensaufgabe

be geht. Wenn die Studienteilnehmer sich hauptsächlich auf die Gedächtnisaufgabe konzentriert hätten, würde man das in den Daten daran sehen, dass bei falscher Satzaufgabe die Leistung in der Gedächtnisaufgabe besonders gut sein müsste. Vergleicht man die Durchgänge mit richtiger und falscher Satzaufgabe, so zeigt sich, dass bei falscher Satzaufgabe (Zeile drei) 75% der Zahlen richtig wiedergegeben werden konnten, bei richtiger Satzaufgabe (Zeile zwei) jedoch sogar 84%.

In den oben berichteten Ergebnissen waren alle Durchgänge mit in die Auswertung aufgenommen worden. Da die Daten keinerlei Hinweise auf das Vorliegen einer Trade-Off-Beziehung zwischen den beiden Aufgaben geliefert haben, wurde keine andere Auswertung gemacht.

### **2.1.5. Diskussion von Experiment 1**

Die Alterssimulation durch eine zusätzliche Gedächtnisbelastung von drei Zahlen war nicht erfolgreich. Die zusätzliche Gedächtnisbelastung für junge Studienteilnehmer war offensichtlich nicht stark genug gewesen. Die Arbeitsgedächtniskapazität der jungen Probanden wurde nicht in dem Ausmaß reduziert, das nötig gewesen wäre, um den Altershaupteffect zum Verschwinden zu bringen. Der Altersunterschied in der allgemeinen Antwortgenauigkeit war mit 12% deutlich vorhanden. Zusätzlich zu dem signifikanten Altershaupteffect zeigte sich eine Interaktion zwischen Alter und Wortstellung: Die Altersunterschiede waren bei objektinitialen Sätzen größer als bei subjektinitialen Sätzen. Junge Probanden mit einer Gedächtnisbelastung von drei Zahlen hatten nicht dieselben Schwierigkeiten mit der Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung wie die älteren Studienteilnehmer. Obwohl die Alterssimulation nicht erfolgreich war, sind die Daten von Experiment 1 durchaus plausibel und, was die syntaktischen Effekte betrifft, einer weiteren kurzen Betrachtung wert:

*Wortstellung im relevanten Satz:* Nicht wirklich überraschend war, dass die Wortstellung im abgefragten Satz einen Effekt auf die Schwierigkeit der Sätze hatte: Sätze mit der Wortstellung Objekt-vor-Subjekt waren schwieriger zu verstehen als Sätze mit Subjekt-vor-Objekt-Reihenfolge. Dies steht ganz im Einklang mit den Befunden aus der Literatur.

*Position des Relativsatzes:* Auch die Position des Relativsatzes hat sich wie erwartet auf die Antwortgenauigkeit ausgewirkt: Sätze, bei denen der Relativsatz erst nach dem

zweiten Nomen stand, waren schwieriger zu verstehen als Sätze, bei denen sich der Relativsatz auf das erste Nomen bezog.

*Frage:* Ob sich die Frage auf den Hauptsatz oder auf den Relativsatz bezog, hatte keine Auswirkung auf die Antwortgenauigkeit. Zu diesem Faktor gab es auch keine besonderen Erwartungen. Aber bei dem hier verwendeten Stimulusmaterial, das aus zwei Sätzen, einem Hauptsatz und einem Relativsätzen besteht, bezieht sich eine Verständnisfrage nun einmal nur auf einen der beiden Sätze. Somit ist es sinnvoll, die Frage als Faktor in das experimentelle Design mit aufzunehmen.

*Wortstellung im irrelevanten Satz (IR):* Die Wortstellung im nicht gefragten, also irrelevanten Satz hatte keine Auswirkung auf die Antwortgenauigkeit. Dieses Ergebnis ist durchaus unerwartet: Während der Satz am Computer präsentiert wird, wissen die Studienteilnehmer nicht, wie die Frage lauten wird. Deshalb gibt es während der Präsentation und während der Verarbeitung des Satzes die Unterscheidung „relevanter/nicht relevanter Satz“ natürlich noch nicht. Es sieht so aus, als ob die Studienteilnehmer, sobald ihnen die Frage bekannt ist, den irrelevanten Teil des Satzes nicht mehr beachten. Zumindest hat die Wortstellung im nicht gefragten Satz keine Bedeutung mehr. Dies ist vor allem auch deswegen interessant, da die Wortstellung im gefragten Satz einen großen Einfluß auf die Satzverstehensaufgabe hat.

Trotz der mißglückten Alterssimulation sind die Daten von Experiment 1 durchaus interessant. Es zeigte sich ein heterogenes Muster der Existenz von Alter-mal-Komplexitäts-Interaktionen. Beim Faktor Wortstellung gibt es eine Interaktion mit Alter, beim Faktor Position des Relativsatzes nicht. Dies deutet darauf hin, dass die Altersunterschiede beim Verstehen von syntaktisch verschieden komplexen Sätzen wahrscheinlich nicht durch einen einzigen Faktor erklärt werden können. Morris, Gick & Craig (1988); Gick, Craig & Morris (1988) fanden ebenfalls verschiedene Alter-mal-Komplexitäts-Interaktionen und die Abwesenheit dieser Interaktionen. Sie interpretieren dies so, dass sich solche Ergebnisse nicht mit der Annahmen eines generellen altersbedingten Defizits in einer einzigen Ressource vereinbaren lassen.

Eine vorsichtige Vermutung ist, dass sich der Effekt der Position des Relativsatzes besser durch eine Arbeitsgedächtnisbelastung junger Erwachsener simulieren läßt als der Effekt der Wortstellung.

Die Daten von Experiment 1 reichen jedoch bei weitem nicht aus, um die Idee einer Alterssimulation durch Gedächtnisbelastung für gescheitert zu erklären. Um die



Ergebnisse von Experiment 1 zu replizieren und zu erweitern wurde ein weiteres Experiment, diesmal mit stärkerer Gedächtnisbelastung für junge Studienteilnehmer, durchgeführt.

## **2.2. Experiment 2: Gedächtnisbelastung mit vier Zahlen**

In Experiment 2 wurde erneut die Methode der Alterssimulation durch zusätzliche Gedächtnisbelastung für junge Probanden gewählt. Die Gedächtnisbelastung, also die Anzahl der zu merkenden Zahlen, wurde von drei auf vier erhöht. Eine größere Gedächtnisbelastung sollte dazu führen, dass junge Probanden sich in ihrem allgemeinen Leistungsniveau nicht mehr von den älteren Probanden unterscheiden. Falls dies klappen sollte, wäre besonders interessant, ob die „spezifischen Defizite“ alter Probanden beim Bearbeiten von objektinitialen Sätzen weiterhin existieren oder ob sie verschwinden würden. Falls die Altersunterschiede beim Wortstellungseffekt erfolgreich simuliert werden könnten, wäre die Alterssimulation dann auch beim Effekt der Position des Relativsatzes erfolgreich, oder würde hier dann eine Interaktion mit Alter neu auftreten?

In Experiment 2 wurden neue Gruppen von jungen und älteren Studienteilnehmer getestet, die zwei fast identische Versionen des Sprachverstehens-Experimentes bearbeiteten. Bei beiden Versionen wurden Zahlen präsentiert, die sich die älteren Erwachsenen aber nicht merken mussten.

### **2.2.1. Methode**

#### **Probanden**

An Experiment 2 nahm eine neue Stichprobe von 20 jungen Probanden (zwischen 17 und 24 Jahre alt;  $M=18,7$  Jahre) und 20 älteren Probanden (zwischen 63 und 76 Jahre alt;  $M=70$  Jahre) teil. Die jungen Probanden waren Schüler oder Studenten aus Potsdam, die älteren Probanden freiwillige Teilnehmer aus der Potsdamer Bevölkerung. Junge und alte Probanden unterschieden sich in der Leistung im Zahlen-Symboltest (junge Probanden  $M=60,5$ ;  $SD=9$ ; alte Probanden  $M=48,5$ ;  $SD=6,7$ ), in ihrer Lesespanne (junge Probanden  $M=59,1$ ;  $SD=8$ ; alte Probanden  $M=44,9$ ;  $SD=9,4$ ), und in der subjektiven Einschätzung ihrer körperlichen Gesundheit (junge Probanden  $M=1,8$ ;  $SD=0,6$ ; alte Probanden  $M=2,5$ ;  $SD=0,8$ ; auf einer Skala von 1 (sehr gut) bis 5 (mangelhaft)). Die Probanden unterschieden sich nicht in ihren Leistungen im Mehrfachwahl-

Wortschatztest (Wechsler 1981), (junge Probanden  $M=31,6$ ;  $SD=2,4$ ; alte Probanden  $M=32,6$ ;  $SD=1,3$ ), und in der Gesamtdauer ihrer Ausbildung (junge Probanden  $M=12,0$ ;  $SD=1,2$ ; alte Probanden  $M=12,3$ ;  $SD=3$ ).

### **Design und Material**

Wieder wurde Satzverstehen anhand von eingebetteten Relativsätzen untersucht. Abhängige Variable war erneut, ob eine Verständnisfrage richtig beantwortet werden konnte. Die syntaktischen Faktoren und das Stimulusmaterial waren identisch mit den in Experiment 1 beschriebenen. Genauso wie Experiment 1 hat Experiment 2 ein fünffaktorielles gemischtes Design mit dem Between-Group-Faktor Alter und vier orthogonalen Within-Group-Faktoren syntaktischer Komplexität.

Der einzige Unterschied zu Experiment 1 war, dass die jungen Probanden sich diesmal vier Zahlen merken sollten. Ältere Probanden erhielten eine Kontrollaufgabe, die identisch mit der Aufgabe für junge Probanden war. Ihnen wurden also auch Zahlen und Sätze präsentiert. Im Gegensatz zu den jungen Probanden brauchten sich die älteren Studienteilnehmer die Zahlen aber nicht zu merken und konnten sich ausschließlich auf die Satzverstehensaufgabe konzentrieren.

Um ein Maß für die verbale Arbeitsgedächtniskapazität zu haben, wurde der Lesespannen-Test von Oberauer (2000) neu in die Untersuchung mit aufgenommen. Die Idee dieses Lesespannen-Tests ist dieselbe wie bei der Lesespannen-Aufgabe von Daneman & Carpenter (1980). Präsentierte Sätze sollen verstanden werden, während man sich die jeweils letzten Wörter vergangener Sätze merkt. Der Test funktioniert folgendermaßen: Es werden einfache, kurze Sätze, die entweder wahr oder falsch sind, für die Dauer von zwei Sekunden auf einem Bildschirm gezeigt. Die Sätze sind von der folgenden Art:

(1) *Ein Fluß fließt auf einen Berg.*

(2) *Kleider legt man in den Koffer.*

Durch einen Tastendruck sollen die Studienteilnehmer beurteilen, ob ein Satz semantisch richtig oder falsch ist. Außerdem sollen sie sich das letzte Wort aus jedem Satz merken. Die Sätze werden in Listen von 3 bis 7 Sätzen präsentiert. Am Ende einer Liste sollen die Studienteilnehmer alle letzten Wörter, an die sie sich erinnern können, in der richtigen Reihenfolge auf einem Antwortbogen notieren. Ein Item wird nur dann als korrekt gewertet, wenn das zu erinnernde Wort an der richtigen Position

wiedergegeben wird. Menschen mit größerer Arbeitsgedächtniskapazität sollten weniger Ressourcen für das Verstehen der Sätze brauchen und deswegen mehr freie Kapazität für das Speichern der Wörter haben. Maximal können 75 Punkte erreicht werden.

### **Vorgehen**

Das Vorgehen war ähnlich wie bei Experiment 1. Zu Beginn der Sitzung wurden ein paar kurze Fragebögen und Tests bearbeitet, dann erfolgte das Satzverstehens-Experiment. Die Fragebögen und Tests waren Fragen zu biografischen Merkmalen, ein Wortschatztest (MWT-A), der Zahlen-Symboltest und ein Lesespannen-Test zur Messung der verbalen Arbeitsgedächtniskapazität.

Das Vorgehen beim Satzverstehensexperiment war genauso wie oben für Experiment 1 beschrieben. Sätze wurden Wort für Wort am Bildschirm präsentiert und eine Verständnisfrage wurde zu jedem Satz gestellt. Junge Probanden mussten sich zusätzlich vier Zahlen merken.

### **2.2.2. Ergebnisse**

Insgesamt haben die jungen Probanden in diesem Experiment 48% der Sätze richtig beantwortet und 64% der Zahlen richtig wiedergegeben. Die Erhöhung der Gedächtnisbelastung von 3 auf 4 Zahlen hat wie erwartet im Vergleich zu Experiment 1 (65% korrekte Antworten) zu einer schlechteren Leistung junger Probanden geführt.

### **Auswertung der Doppelaufgabe**

Wie schon bei Experiment 1 gibt es keine Hinweise auf Trade-Offs der beiden Einzelaufgaben: Wie man aus Tabelle 4 entnehmen kann, hängt die Leistung in einer der Aufgaben nicht von der Leistung in der jeweils anderen Aufgabe ab.

	Zahl richtig	Zahl falsch	$\Sigma$
Satz richtig	976	567	1543 (48,2%)
Satz falsch	1062	595	1657 (51,8%)
	2038	1162	3200

	(63,7%)	(36,3%)	
--	---------	---------	--

Tabelle 4: Ergebnisse der jungen Studienteilnehmer: Anzahl richtiger und falscher Durchgänge, nach Satzverstehensaufgabe und Gedächtnisaufgabe getrennt aufgeführt.

Betrachtet man in Spalte drei nur diejenigen Durchgänge, bei denen die Gedächtnisaufgabe nicht richtig gelöst wurde, sind 49% der Sätze richtig beantwortet worden.

Wenn man dies mit den Daten in Spalte zwei vergleicht, bei denen die Gedächtnisaufgabe richtig gelöst wurde, zeigt sich, dass bei Durchgängen mit richtig gelöster Gedächtnisaufgabe die Satzverstehensaufgabe in 48% der Fälle richtig war. Es gibt also keinen Hinweis auf einen Trade-Off zugunsten der Satzverstehensaufgabe.

Es wurden alle Durchgänge in die Analyse mit aufgenommen, unabhängig davon, ob die Zahl richtig wiedergegeben werden konnte oder nicht. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf 5% festgesetzt.

### 2.2.3. Auswertung 1: Alle Daten

#### Syntaktische Effekte

In Experiment 2 konnten die syntaktischen Effekte von Experiment 1 weitgehend repliziert werden. Die folgenden Effekte gelten für die gesamte Gruppe, also für junge und alte Studienteilnehmer zusammen. Insgesamt wurden 47% der Fragen zu den Sätzen richtig beantwortet. In Abbildung 5 sind die Haupteffekte der syntaktischen Faktoren abgebildet.

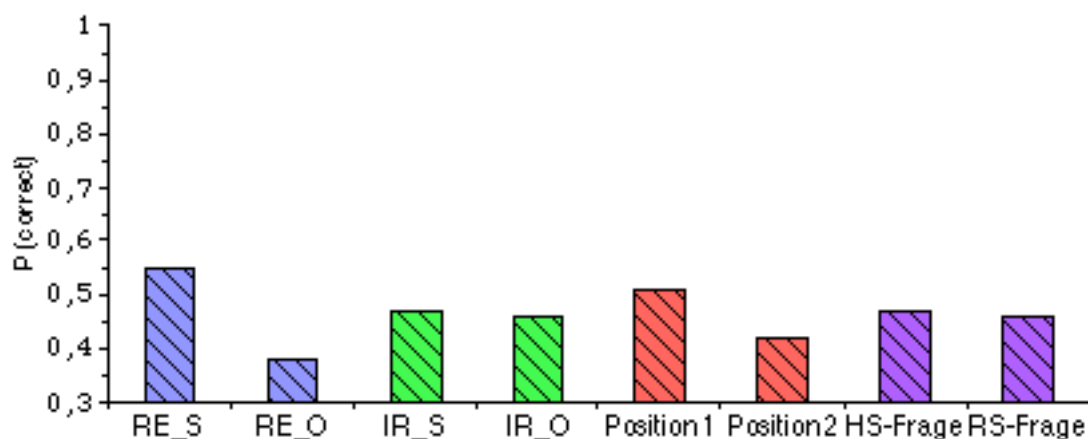


Abbildung 5: Syntaktische Effekte bei Experiment 2.

*Wortstellung im relevanten Satz (RE):* Der stärkste Effekt war wiederum mit der Wortstellung im relevanten Satz verbunden: Wenn der Satz mit einem Subjekt begonnen hatte, waren die Probanden um 18% besser als wenn er mit einem Objekt begonnen hatte  $F(1,38)=96,05$ ;  $MSe=0,05$ ;  $p=0,00$ .

*Wortstellung im irrelevanten Satz (IR):* Die Wortstellung im nicht gefragten Satz hatte erneut keine signifikante Auswirkung auf die Antwortgenauigkeit  $F(1,38)=1,65$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,21$ .

*Position des Relativsatzes (Position):* Die Position des Relativsatzes verursachte wieder, wie bereits in Experiment 1, den zweitgrößten Effekt: Wenn der Relativsatz am ersten Nomen stand, waren die Probanden um 9% besser als wenn er am zweiten Nomen stand  $F(1,38)=42,55$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,00$ .

*Frage:* Es ergab erneut keinen Unterschied, ob nach dem Hauptsatz oder nach dem Relativsatz gefragt wurde  $F(1,38)<1$ .

*RE x Position:* Der Effekt der Wortstellung war größer (22%), wenn sich der Relativsatz nach dem ersten Nomen befand (im Vergleich zu 14% bei Position2)  $F(1,38)=8,83$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,01$ . Dieser Befund repliziert die Interaktion aus Experiment 1.

Weiterhin wurden noch drei Interaktionen mit dem Faktor Frage signifikant. Dies läßt sich so interpretieren, dass die Effekte unterschiedlich groß sind, je nach dem, ob sich die Frage auf den Hauptsatz oder auf den Relativsatz bezogen hat.

*RE x Frage:* Der Effekt der Wortstellung war bei Fragen nach dem Hauptsatz größer (24%) als bei Fragen nach dem Relativsatz (13%)  $F(1,38)=10,77$ ;  $MSe=0,04$ ;  $p=0,00$ . Dies war bereits in Experiment 1 der Fall gewesen.

*Frage x RE x IR:* Wenn der Hauptsatz mit einem Objekt begonnen hat, und man nach dem Relativsatz fragt, so findet sich ein besonders geringer Wortstellungseffekt  $F(1,38)=4,97$ ;  $MSe=0,01$ ;  $p=0,03$ . Diese Interaktion war in Experiment 1 nicht aufgetreten.

*Frage x RE x Position:* Diese Interaktion, die in Abbildung 6 dargestellt ist, war in Experiment 1 nicht aufgetreten. Wenn bei einer Frage nach dem Hauptsatz der Satz mit einem Objekt begonnen hatte, war kein Effekt der Position des Relativsatzes mehr vorhanden  $F(1,38)=25,01$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,00$ . Diese Interaktion ist wahrscheinlich durch einen Bodeneffekt zustande gekommen, da die Studienteilnehmer insbesondere bei den Sätzen, bei denen der Relativsatz nach dem zweiten Nomen des Hauptsatzes

stand, kaum noch schlechter werden konnten. (Die Wahrscheinlichkeit, allein durch Raten die Sätze richtig zu beantworten, lag bei 33%)

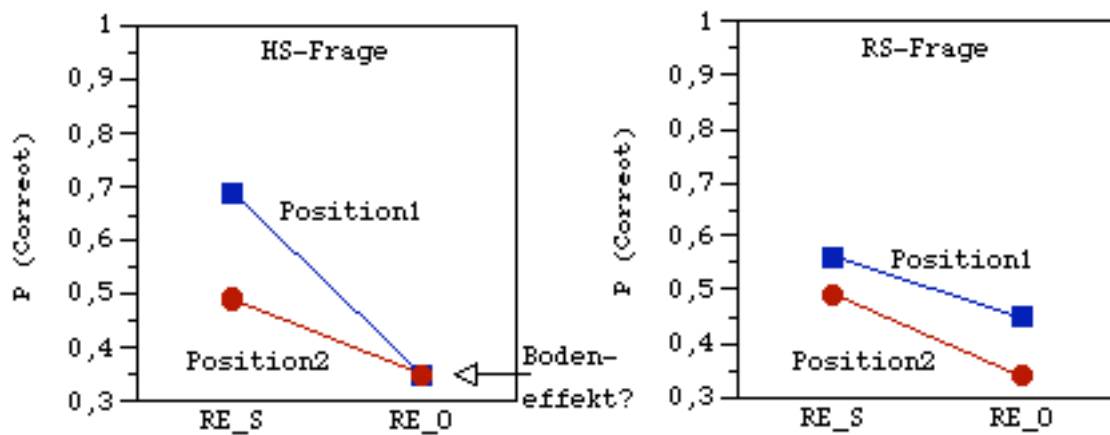


Abbildung 6: Interaktion *Frage x RE x Position*: In manchen schwierigen Bedingungen werden so wenige richtige Antworten gegeben, dass Bodeneffekte möglich sind.

*RE x IR x Position*: Diese Dreifach-Interaktion läßt sich auch als (relativ kleinen) Haupteffekt beschreiben: Wenn das Relativpronomen denselben Kasus hatte wie das Nomen, auf das es sich bezog, wurden 3% mehr richtige Antworten gegeben als wenn die Kasus nicht übereinstimmten  $F(1,38)=5,83$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,02$ . Dies war auch bereits in Experiment 1 der Fall gewesen.

### Alterseffekte

Durch eine Gedächtnisbelastung von vier Zahlen konnten junge Probanden auf das allgemeine Genauigkeitsniveau der alten Probanden gedrückt werden. Es gab keinen signifikanten Altershaupteffekt mehr. Junge Probanden gaben im Durchschnitt 48% korrekte Antworten, ältere Probanden 45% korrekte Antworten  $F(1,38)=1,57$ ;  $MSe=0,12$ ;  $p=2,18$ . Damit ist eine Voraussetzung für eine geglückte Alterssimulation erfüllt.

Die Interaktion *Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Alter* aus Experiment 1 wurde nicht mehr signifikant  $F(1,38)=2,11$ ;  $MSe=0,05$ ;  $p=1,54$ .

Es gab weder eine Interaktion zwischen der *Position des Relativsatzes* und *Alter*  $F(1,38)<1$ , noch andere signifikante Interaktionen zwischen syntaktischen Effekten und Alter.

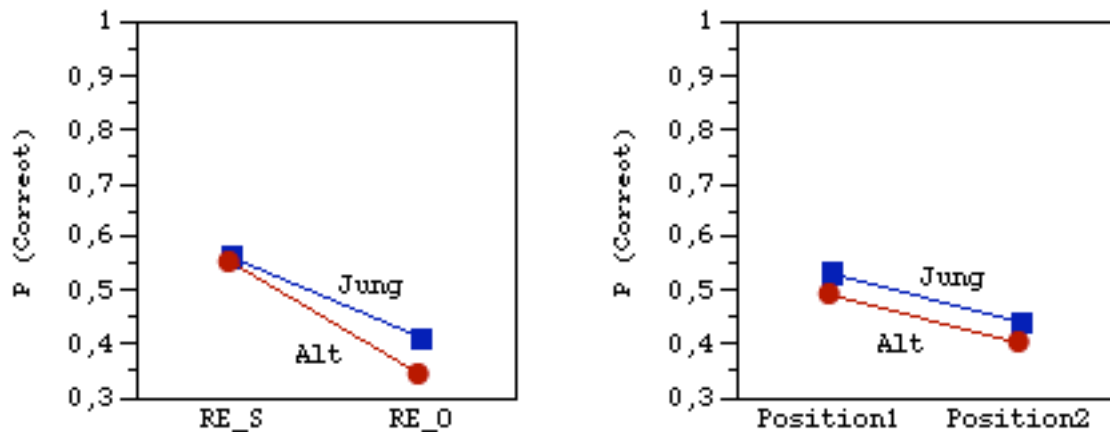


Abbildung 7: Gedächtnisbelastung mit vier Zahlen: Keine signifikanten Interaktionen der Effekte Wortstellung und Alter (linke Grafik) oder Position des Relativsatzes und Alter (rechte Grafik).

Obwohl es also auf den ersten Blick so aussieht, als wäre die Alterssimulation durch eine Gedächtnisbelastung von vier Zahlen geglückt, bin ich doch nicht wirklich zufrieden mit den Ergebnissen. Dies liegt zum einen daran, dass, zumindest was den Effekt der Wortstellung betrifft, das Nicht-Zustandekommen einer Interaktion zwischen Wortstellung und Alter vielleicht doch mit durch einen Bodeneffekt verursacht wurde (linke Grafik in Abbildung 7). Man kann nicht ausschließen, dass vor allem die älteren Studienteilnehmer nicht mehr genug Spielraum nach unten hatten. Außerdem ergaben sich drei marginal signifikante Interaktionen mit Alter.

*Alter x IR:* Junge Probanden mit Gedächtnisbelastung konnten davon profitieren, wenn der nicht abgefragte Satz mit einem Subjekt begonnen hatte.  $F(1,38)=3,42$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,72$ . Der Effekt war mit einer Größe von 4% relativ gering. Bei alten Probanden war eine gegenläufige Tendenz zu sehen: Sie waren knapp 1% besser, wenn der nicht abgefragte Satz mit einem Objekt begonnen hatte. Dies ist das erste mal, dass die Wortstellung des nicht im Fokus der Frage stehenden Satzes einen (kleinen) Effekt hatte.

*Alter x Frage x Position:* Diese Interaktion ist nicht leicht zu beschreiben. Bei den alten Probanden machte es keinen Unterschied (0,6%), ob die Frage nach dem Hauptsatz oder nach dem Relativsatz gestellt wurde, wenn der Relativsatz nach dem ersten Nomen stand. Wenn der Relativsatz nach dem zweiten Nomen stand, waren die Probanden um 6% besser, wenn es eine Hauptsatz-Frage gewesen war. Bei jungen Probanden war dies gegenläufig: Wenn der Relativsatz am zweiten Nomen gestanden war, so waren sie um 4% schlechter, wenn nach dem Hauptsatz gefragt worden war.

$F(1,38)=4,07$ ;  $MSe=0,04$ ;  $p=0,05$ . Für diese Interaktion habe ich keine Erklärung, evtl. ist sie zufällig zustande gekommen.

*Alter x RE x Position*: Wenn der gefragte Satz mit einem Objekt begonnen hatte, war es für alte Probanden fast egal (nur 3% Unterschied), ob der Relativsatz nach dem ersten oder zweiten Nomen stand  $F(1,38)= 3,50$ ;  $MSe= 0,03$ ;  $p=0,07$ . Wahrscheinlich ist diese Interaktion auf Grund eines Bodeneffekts zustande gekommen.

#### **2.2.4. Diskussion der ersten Auswertung von Experiment 2**

Die Ergebnisse geben ein gemischtes Bild. Der Altershaupteffekt war verschwunden. Es sieht also so aus, als könnte das Verhalten alter Probanden in Bezug auf Subjektbeziehungsweise Objektinitialität von Sätzen mit einer Alterssimulation durch Gedächtnisbelastung junger Probanden simuliert werden. Zusätzlich hat sich auch der Effekt der Position des Relativsatzes sehr gut simulieren lassen. Nicht so recht in diese Argumentation passen die drei marginal signifikanten Interaktionen mit Alter, die bedeuten, dass es doch nicht gelungen ist, das Verhalten der alten Studienteilnehmer exakt im Detail nachzuahmen. Außerdem waren die Studienteilnehmer in manchen Bedingungen jetzt so schlecht, dass die Gefahr von Bodeneffekten besteht. Diese würden das Auftreten von Interaktionen mit Alter verhindern, weil die alten Probanden in den betroffenen Bedingungen dann nicht noch schlechter werden können. Falls tatsächlich Bodeneffekte vorhanden sind, würde die Gefahr bestehen, dass die Alterssimulation wegen eines methodischen Artefakts als geglückt bezeichnet würde (oder auch als gescheitert, da zumindest eine der marginal signifikanten Interaktionen sehr wahrscheinlich auf Bodeneffekte zurückzuführen ist). Um die Gefahr von Bodeneffekten zu verringern, wurden in einer zweiten Analyse nur die Hälfte der Daten ausgewertet, und zwar die Sätze, bei denen der Relativsatz am ersten Nomen stand. Diese Sätze waren sowohl für alte als auch für junge Probanden in gleichem Ausmaß (um 9% für alte Teilnehmer beziehungsweise um 10% für junge Teilnehmer) einfacher. Dadurch sollten die Ergebnisse für die Fragestellung der Alterssimulation des Wortstellungseffekts besser zu interpretieren sein.



### 2.2.5. Auswertung 2: Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen steht

Statt 160 Sätze pro Person wurden nur die 80 Sätze pro Person ausgewertet, bei denen der Relativsatz am ersten Nomen stand. Dies bedeutet, dass sich die folgende Auswertung auf ein vierfaktorielles Design reduziert. Dazu wurde eine ANOVA gerechnet, mit Alter (2 Gruppen) als between-subjects-Faktor und mit den syntaktischen Faktoren Wortstellung (zwei Stufen), Wortstellung im nicht gefragten Satz (2 Stufen), und Ziel der Frage (2 Stufen) als within-subjects-Faktoren.

Die allgemeine Antwortgenauigkeit lag nun bei 51%.

Auch bei dieser Auswertung konnten die syntaktischen Effekte von Experiment 1 weitestgehend repliziert werden. In Abbildung 8 sind die Haupteffekte der syntaktischen Faktoren abgebildet.

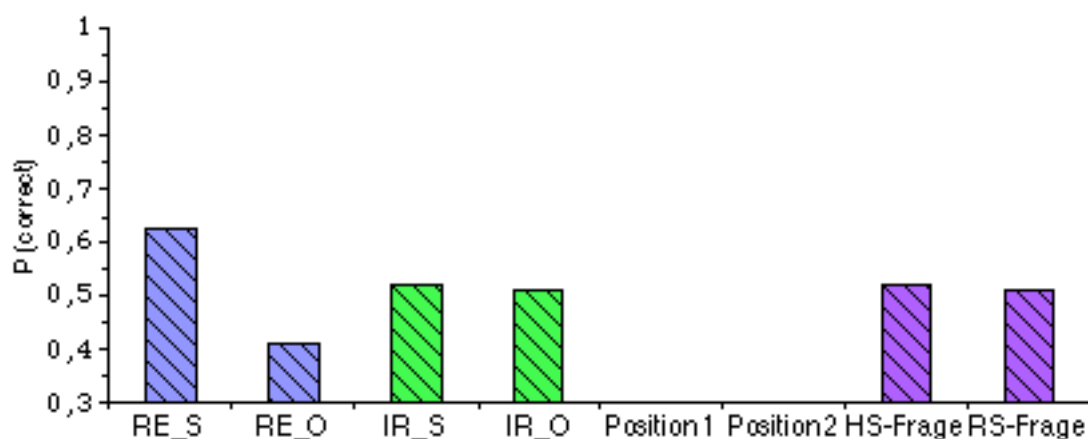


Abbildung 8: Syntaktische Effekte von Experiment 2 (Es wurden nur die Sätze ausgewertet, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen stand).

#### Syntaktische Effekte

*Wortstellung im relevanten Satz (RE):* Der größte Effekt war weiterhin mit der Wortstellung im gefragten Satz verbunden  $F(1,38)=85,03$ ;  $MSe=0,05$ ;  $p=0,00$ . Wenn der relevante Satz mit einem Subjekt begonnen hatte, waren die Probanden um 22% besser als wenn er mit einem Objekt begonnen hatte. Dieses Ergebnis repliziert den Effekt aus Experiment 1 und die erste Auswertung von Experiment 2.

*Wortstellung im irrelevanten Satz (IR):* Die Wortstellung im nicht gefragten Satz hatte wiederum keine Auswirkung als Haupteffekt auf die Leistung in der Satzverstehens-Aufgabe  $F(1,38)=1,49$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,23$ .

*Position:* Der Effekt der Position des Relativsatzes konnte nicht ausgewertet werden, da keine Sätze mit Position2 in dieser Auswertung dabei waren.

*Frage:* Ob nach dem Hauptsatz oder nach dem Relativsatz gefragt wurde, hatte erneut keinen signifikanten Haupteffekt auf die Antwortgenauigkeit  $F(1,38) < 1$ .

*RE x Frage:* Der Effekt der Wortstellung war bei Fragen nach dem Hauptsatz größer (34%) als bei Fragen nach dem Relativsatz (6%)  $F(1,38) = 30,38$ ;  $MSe = 0,03$ ;  $p = 0,00$ . Dieses Ergebnis repliziert den Effekt aus Experiment 1 und die erste Auswertung von Experiment 2.

*RE x IR:* Wenn relevanter und irrelevanter Satz dieselbe Wortstellung hatten, so waren die Probanden besser (53% korrekte Antworten) als bei inkongruenter Wortstellung (49% korrekte Antworten)  $F(1,38) = 9,22$ ;  $MSe = 0,02$ ;  $p = 0,00$ . Dieser Effekt war bis jetzt noch nicht aufgetreten.

*Frage x RE x IR:* Diese Dreifach-Interaktion haben wir bereits in der ersten Auswertung von Experiment 2 gesehen. Wenn der Hauptsatz mit einem Objekt begonnen hat, und man nach dem Relativsatz fragt, findet sich ein besonders geringer Wortstellungseffekt  $F(1,38) = 4,93$ ;  $MSe = 0,03$ ;  $p = 0,03$ .

### **Alterseffekte**

Es gab erneut keinen signifikanten Unterschied in der allgemeinen Antwortgenauigkeit zwischen den Altersgruppen  $F(1,38) = 1,03$ ;  $MSe = 0,11$ . Junge Probanden haben im Durchschnitt 53% der Fragen richtig beantwortet, ältere Probanden 49%.

*Alter x RE:* Es zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen Alter und Wortstellung. Der Wortstellungseffekt war je nach Altersgruppe unterschiedlich groß ausgeprägt (siehe Abbildung 9). Bei objektinitialen Sätzen waren alte Probanden um 8,9% schlechter als junge Probanden. Bei subjektinitialen Sätzen waren alte Probanden um 1,4% besser als junge Probanden  $F(1,38) = 4,61$ ;  $MSe = 0,05$ ;  $p = 0,04$ .

Es gab keine weiteren - auch nicht marginal signifikante - Interaktionen mit Alter.

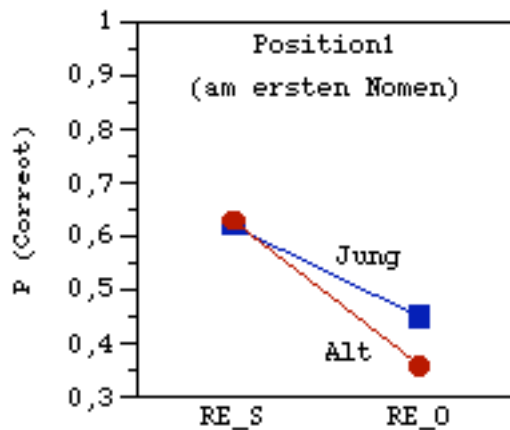


Abbildung 9: Interaktion *Alter-mal-Wortstellung* bei Experiment 2. Keine Altersunterschiede bei Subjekt-Erst-Sätzen. Bei Objekt-Erst-Sätzen waren junge Probanden trotz Gedächtnisbelastung besser als alte Probanden. (Es wurden nur die Sätze ausgewertet, bei denen der Relativsatz am ersten Nomen stand.)

### 2.2.6. Diskussion der zweiten Auswertung von Experiment 2

Die zweite Auswertung hat sich als sinnvoll erwiesen. Dadurch, dass auf einen Faktor des experimentellen Designs verzichtet wurde, und nur die Sätze in die Analyse mit eingegangen sind, bei denen der Relativsatz am ersten Nomen stand, konnte die Gefahr von Bodeneffekten reduziert werden. Von vier Effekten syntaktischer Komplexität sind zwei Effekte direkte Replikationen aus Experiment 1 (*RE*) und (*RE x Frage*), zwei Effekte sind neu aufgetreten (*RE x IR*) und (*Frage x RE x IR*).

Es gab keinen Altersunterschied in der allgemeinen Antwortgenauigkeit. Eine Gedächtnisbelastung von vier Zahlen hat dazu geführt, dass junge Probanden dasselbe Leistungsniveau wie die älteren Probanden hatten. Es wurde jedoch eine Interaktion mit Alter signifikant. Sie betraf die Wortstellung im relevanten Satz. Wie man in Abbildung 9 sehen kann, war die Alterssimulation durch eine zusätzliche Gedächtnisbelastung von vier Zahlen nur für Sätze mit Subjekt-vor-Objekt-Wortstellung erfolgreich, nicht aber für Sätze mit Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung.

Die abgebildete Interaktion ist vor allem auch deswegen interessant, weil es bei subjektinitialen Sätzen keine Altersunterschiede mehr gab. In einem anderen Zusammenhang (Altersunterschiede in der Geschwindigkeit visueller Informationsverarbeitung) weisen z.B. Loftus, Truax & Nelson (1986) auf ein Problem mit der Interpretation von Alter-mal-Bedingungs-Interaktionen hin. Handelt es sich nicht um gekreuzte Interaktionen, so können sie allein dadurch zum Verschwinden gebracht werden, dass man die abhängige Variable einer monotonen Transformation unterzieht.

Wenn die Daten ein Ordinal-Skalen-Niveau haben, was man bei dem hier verwendeten Genauigkeitsmaß annehmen kann, sind monotone Transformationen zulässig. Die Existenz oder nicht Existenz von Interaktionen wird dadurch im Grunde beliebig, zumindest wenn man nur einen einzigen Schwierigkeitsfaktor und vier Datenpunkte hat. Dadurch dass wir hier bei Sätzen mit Subjekt-vor-Objekt-Wortstellung aber keine Altersunterschiede mehr haben, kann die gezeigte Alter-mal-Komplexitäts-Interaktion nicht durch eine monotone Transformation der Daten eliminiert werden.

### **2.3. Diskussion der zwei Experimente mit Gedächtnisbelastung**

Zusammenfassend kann zur Alterssimulation durch Gedächtnisbelastung gesagt werden, dass sie nur zum Teil erfolgreich gewesen ist.

Eine Gedächtnisbelastung von drei Zahlen für junge Studienteilnehmer konnte den Altershaupteffekt nicht ausschalten, sondern nur reduzieren. Außerdem wurde eine Interaktion zwischen den Faktoren Wortstellung und Alter signifikant.

Eine Gedächtnisbelastung von vier Zahlen für junge Studienteilnehmer hat wie erhofft dazu geführt, dass die Altersunterschiede in der allgemeinen Antwortgenauigkeit verschwunden sind. Soweit war die Alterssimulation mit vier Zahlen als Gedächtnisbelastung erfolgreicher als die mit drei Zahlen. In einer ersten Analyse sah es sogar so aus, als wären alle großen syntaktischen Effekte genauso simuliert worden, wie sie die älteren Studienteilnehmer gezeigt hatten. Doch dieses Ergebnis war sehr wahrscheinlich ein methodisches Artefakt und ist durch einen Bodeneffekt in den Daten begünstigt worden. In einer zweiten Auswertung, in der nur die (leichteren) Sätze ausgewertet wurden, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen stand, zeigte sich wieder die kritische Interaktion zwischen Wortstellung und Alter.

Die Gedächtnisbelastung für junge Probanden hat nicht dazu geführt, dass sie dieselben Probleme wie ältere Probanden beim Verstehen von Objekt-Erst-Sätzen gezeigt haben. Die Alterssimulation durch Gedächtnisbelastung war für den Wortstellungs-Effekt nicht erfolgreich.

Das Verhalten der älteren Probanden in Bezug auf den syntaktischen Faktor *Position des Relativsatzes* ist schon eher durch die Gedächtnisbelastung erfolgreich simuliert worden. Zwar war eine Gedächtnisbelastung von drei Zahlen auch für die Simulation dieses Effektes zu gering, aber bei der Gedächtnisbelastung mit vier Zahlen hat sich der Effekt der älteren Probanden sehr gut nachahmen lassen. Es gibt keine signifikante

Interaktion zwischen *Alter* und *Position*. Die Daten geben auch keinen Hinweis auf Probleme wie Boden- oder Deckeneffekte. Auch wenn man, ähnlich wie bei der zweiten Auswertung von Experiment 2, nur leichtere Sätze (mit der Subjekt-vor-Objekt-Wortstellung) betrachtet, so zeigt sich ein sehr ähnliches Muster der Ergebnisse von älteren Studienteilnehmern und von jungen Studienteilnehmern mit Gedächtnisbelastung (Abbildung 10).

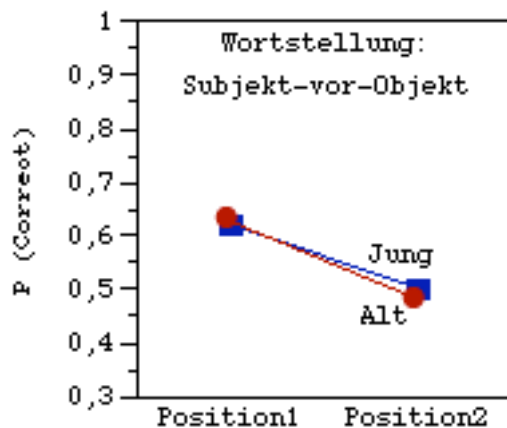


Abbildung 10: Erfolgreiche Alterssimulation mit Gedächtnisbelastung von vier Zahlen für den Effekt der Position des Relativsatzes. (Es wurden nur Sätze mit Subjekt-vor-Objekt-Wortstellung ausgewertet.)

Während die Alterssimulation durch künstlich reduzierte Arbeitsgedächtniskapazität beim Effekt der Position des Relativsatzes gut funktioniert hat, lassen sich die besonderen Probleme älterer Erwachsener mit der Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung wohl nicht allein durch ihre geringere Arbeitsgedächtniskapazität erklären.

Was könnte es sonst noch sein, was die besonderen Schwierigkeiten der älteren Probanden mit Objekt-Erst-Sätzen verursacht? Sätze mit Objekt-Erst-Wortstellung sind im Deutschen seltener als Sätze mit Subjekt-Erst-Wortstellung. Je älter man ist, und je mehr Erfahrung man mit der deutschen Sprache hat, desto deutlicher könnte die Erwartung ausgeprägt sein, dass Sätze normalerweise eben mit dem Subjekt beginnen. Falls die älteren Studienteilnehmer davon ausgegangen sind, dass der Anfang des Satzes schon ein Subjekt sein wird, so lagen sie mit dieser Strategie bei Sätzen mit Objekt-Erst-Stellung falsch. In Experiment 5 wird der Einfluß von veränderter Erfahrung auf die Altersunterschiede bei Objekt-Erst-Wortstellung untersucht werden, also was passiert, wenn geübt wird, dass Sätze mit einem Objekt beginnen können.

In den folgenden zwei Experimenten wird untersucht, welche Rolle die generelle syntaktische Struktur der verwendeten Sätze gespielt hat. Finden sich die besonderen Schwierigkeiten der älteren Erwachsenen mit der Objekt-Erst-Wortstellung auch bei Sätzen, die in ihrer allgemeinen syntaktischen Struktur weniger komplex sind? Vielleicht war das Arbeitsgedächtnis der älteren Erwachsenen durch die syntaktische Komplexität der zentraleingebetteten Relativsätze bereits ausgelastet, und deswegen wurden sie durch eine zusätzliche Besonderheit der Objekt-Erst-Sätze aus der Bahn geworfen?

### **3. Sätze mit einfacherer syntaktischer Struktur**

In zwei weiteren Experimenten wurde versucht, durch eine Veränderung des Materials Bedingungen herzustellen, durch die Altersunterschiede verschwinden können. Statt eingebetteter Relativsätze wie in Experiment 1 und Experiment 2 wurden Sätze verwendet, die aus zwei miteinander koordinierten Hauptsätzen bestanden. Beim Verstehen von koordinierten Sätzen kann man, im Gegensatz zu eingebetteten Relativsätzen, Wort für Wort beziehungsweise Satz für Satz vorgehen. Gleichzeitiges Speichern und Verarbeiten von Informationen ist in weitaus geringerem Umfang nötig. Grundsätzlich wurde durch die koordinierten Sätze dieselbe Menge an Information wie durch die zentraleingebetteten Relativsätze ausgedrückt. Insbesondere die Anzahl der Propositionen hat sich nicht geändert.

Wie sich diese Änderung des Materials auf den Wortstellungseffekt auswirken würde, war nicht klar. Entweder sollte er verschwinden, dann könnte man die Altersunterschiede bei objektinitialen Sätzen auf spezifische Anforderungen bei eingebetteten Relativsätzen zurückführen, oder er würde erhalten bleiben, dann wären die Altersunterschiede bei objektinitialen Sätzen ein allgemeineres Phänomen.

#### **3.1. Experiment 3: Koordinierte Sätze mit drei Nomen**

Für Experiment 3 wurde eine abgewandelte Version des Satzverstehens-Experiments, das bereits in Experiment 1 und Experiment 2 beschrieben worden ist, verwendet. Allerdings wurde die allgemeine syntaktische Struktur der dargebotenen Sätze vereinfacht. In Experiment 3 wurden nicht mehr eingebettete Relativsätze verwendet, sondern koordinierte Sätze, also zwei Hauptsätze, die durch das Wort „und“ miteinander verbunden waren. Alte und junge Erwachsene hatten in diesem Experiment identische Bedingungen.

##### **3.1.1. Methode**

###### **Probanden**

20 junge Studienteilnehmer im Alter zwischen 19 und 28 Jahren ( $M=22,3$  Jahre) und 20 ältere Studienteilnehmer im Alter zwischen 65 und 72 Jahren ( $M=69,1$  Jahre) nahmen an Experiment 3 teil. Die jungen Studienteilnehmer waren Studenten der Universität Potsdam und erhielten für ihre Teilnahme entweder 10 DM oder einen

Versuchspersonenstundenschein. Die älteren Studienteilnehmer waren freiwillige Teilnehmer aus der normalen Potsdamer Bevölkerung. Sie erhielten eine Aufwandsentschädigung von 15 DM.

Beide Gruppen zeigten die üblichen, auch aus den anderen Experimenten bekannten Ergebnisse in kurzen Wortschatz- und Geschwindigkeitstests (Wechsler 1981). Keine Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen gab es im Wortschatztest MWT-A (Junge Probanden:  $M=32,5$ ;  $SD=1,8$ ; ältere Probanden:  $M=32,7$ ;  $SD=1,1$ ). Im Zahlen-Symboltest erzielten junge Probanden eine bessere Leistung als die älteren (junge:  $M=63,5$ ;  $SD=8,6$ ; ältere:  $M=50,3$ ;  $SD=10,9$ ). Junge Probanden schätzten ihre körperliche Gesundheit besser ein als ältere Probanden (junge:  $M=2,1$ ;  $SD=0,4$ ; ältere:  $M=2,7$ ;  $SD=1$ ) auf einer Skala von 1 (sehr gut) bis 5 (mangelhaft). Sie waren längere Zeit zur Schule beziehungsweise zur Universität oder Fachhochschule gegangen als ältere Probanden (junge Probanden:  $M=15,1$  Jahre;  $SD=1,6$ ; ältere Probanden:  $M=13,4$  Jahre;  $SD=3,4$ ).

### **Design und Material**

Design und Stimulusmaterial waren ähnlich wie in den oben geschilderten Experimenten. Wiederum wurde die Wortstellung in beiden Sätzen manipuliert. Beide Teilsätze konnten unabhängig voneinander mit einem Subjekt oder mit einem Objekt beginnen. Zusätzlich wurde variiert, ob es das erste oder das zweite Nomen aus dem ersten Satz war, das im zweiten Teilsatz wiederholt wurde. In Tabelle 5 sind die verschiedenen Satzbedingungen aufgeführt, die aus der Kombination der drei Wortstellungsfaktoren entstehen.



	<i>1.Satz</i>	<i>2.Satz</i>	<i>Position</i>
<i>(1) Vielleicht hat der Mann den Clown gesehen, und dieser Mann hat den Anwalt geschlagen.</i>	<i>SO</i>	<i>SO</i>	<i>Position1</i>
<i>(2) Vielleicht hat den Mann der Clown gesehen, und dieser Mann hat den Anwalt geschlagen.</i>	<i>OS</i>	<i>SO</i>	<i>Position1</i>
<i>(3) Vielleicht hat der Mann den Clown gesehen, und diesen Mann hat der Anwalt geschlagen.</i>	<i>SO</i>	<i>OS</i>	<i>Position1</i>
<i>(4) Vielleicht hat den Mann der Clown gesehen, und diesen Mann hat der Anwalt geschlagen.</i>	<i>OS</i>	<i>OS</i>	<i>Position1</i>
<i>(5) Vielleicht hat der Mann den Clown gesehen, und dieser Clown hat den Anwalt geschlagen.</i>	<i>SO</i>	<i>SO</i>	<i>Position2</i>
<i>(6) Vielleicht hat den Mann der Clown gesehen, und dieser Clown hat den Anwalt geschlagen.</i>	<i>OS</i>	<i>SO</i>	<i>Position2</i>
<i>(7) Vielleicht hat der Mann den Clown gesehen, und diesen Clown hat der Anwalt geschlagen.</i>	<i>SO</i>	<i>OS</i>	<i>Position2</i>
<i>(8) Vielleicht hat den Mann der Clown gesehen, und diesen Clown hat der Anwalt geschlagen.</i>	<i>OS</i>	<i>OS</i>	<i>Position2</i>

Tabelle 5: Die acht verschiedenen Arten von Sätzen, die in Experiment 3 präsentiert wurden.

Die Verständnisfragen konnten sich in diesem Experiment auf den ersten Teilsatz oder auf den zweiten Teilsatz beziehen. Sie wurden in der Hälfte der Fälle in aktiver in der anderen Hälfte in passiver Form gestellt. Dies diente vor allem dazu, Strategieeffekte zu verhindern, die wahrscheinlich gewesen wären, wenn man immer nach dem Subjekt oder immer nach dem Objekt gefragt hätte. Der Faktor Aktivfrage vs. Passivfrage wurde jedoch nicht ausgewertet.

	<i>Art der Frage</i>
<i>„Wer hat geschlagen?“ oder „Wer wurde geschlagen?“</i>	<i>Hauptsatz-Frage</i>
<i>„Wer hat gesehen?“ oder „Wer wurde gesehen?“</i>	<i>Relativsatz-Frage</i>

Tabelle 6: Die zwei verschiedenen Arten von Fragen, die in Experiment 3 präsentiert wurden.

## **Vorgehen**

Das Experiment wurde in einer Sitzung durchgeführt. Eine Sitzung dauerte ungefähr eine Stunde und begann mit einem Fragebogen zu biografischen Angaben und mit zwei kurzen Tests, dem Mehrfachwahlwortschatztest und dem Zahlen-Symboltest. Das eigentliche Satzverstehensexperiment wurde am Computer durchgeführt. Jeder Satz wurde Wort für Wort mit einer vorgegebenen Darbietungszeit von 750 ms pro Wort am Bildschirm gezeigt. Unmittelbar danach wurde eine Verständnisfrage zu dem Satz gestellt. Dabei wurden die drei Nomen des Satzes als Antwortalternativen vorgegeben.

Abhängige Variable war die Genauigkeit in der Auswahl des richtigen Nomens. In einer Sitzung wurden 160 Sätze dargeboten.

### 3.1.2. Ergebnisse

Es wurde eine ANOVA gerechnet, mit Alter (2 Gruppen) als between-subjects-Faktor und mit den syntaktischen Faktoren Wortstellung (zwei Stufen), Wortstellung im nicht gefragten Satz (2 Stufen), sich wiederholendes Nomen (2 Stufen) und Ziel der Frage (2 Stufen) als within-subjects-Faktoren.

Die allgemeine Antwortgenauigkeit lag bei 71,8%. In Abbildung 11 sind die Haupteffekte der syntaktischen Faktoren abgebildet.

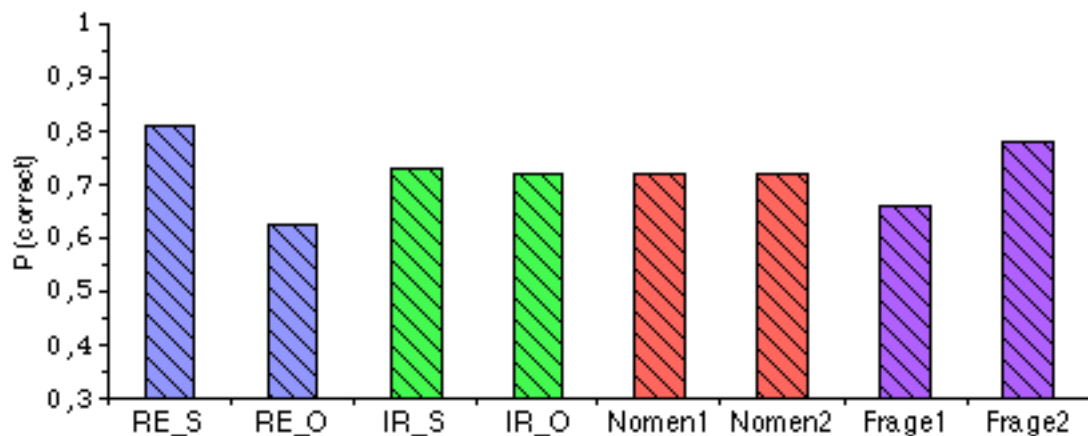


Abbildung 11: Syntaktische Effekte von Experiment 3.

#### Syntaktische Effekte

*Wortstellung im relevanten Satz (RE):* Der größte Effekt war, wie bei den Experimenten mit den eingebetteten Relativsätzen, mit der Wortstellung im gefragten Satz verbunden  $F(1,38)=54,43$ ;  $MSe=0,20$ ;  $p=0,00$ . Wenn der Satz, nach dem gefragt worden war, mit einem Subjekt begonnen hatte, waren die Studienteilnehmer um 18% besser als wenn er mit einem Objekt begonnen hatte. Dieses Ergebnis repliziert den Effekt aus Experiment 1 und Experiment 2.

*Wortstellung im irrelevanten Satz (IR):* Die Wortstellung im nicht gefragten Satz hatte, wie auch bereits in Experiment 1 und 2, keinen Effekt auf die Antwortgenauigkeit  $F(1,38)=1,71$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,12$ .

*Sich wiederholendes Nomen:* Es war egal, welches Wort aus dem ersten Teilsatz im zweiten Teilsatz wieder aufgegriffen wurde. Mit dieser Manipulation war keinerlei Effekt (0%) verbunden  $F(1,38) < 1$ .

*Frage:* Zum ersten mal hatte die Art der Frage einen signifikanten Effekt auf die Antwortgenauigkeit. Fragen nach dem zweiten Teilsatz wurden um 13% besser beantwortet als Fragen nach dem ersten Teilsatz  $F(1,38)=41,24$ ;  $MSe=0,14$ ;  $p=0,00$ .

*RE x Frage:* Der Effekt der Wortstellung war bei Fragen nach dem ersten Teilsatz stärker (22,5%) als bei Fragen nach dem zweiten Teilsatz (14,5%)  $F(1,38)=5,10$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,03$ .

*Wortstellung im irrelevanten Satz (IR) x Frage:* Es gab einen indirekten Effekt der Wortstellung, der aber auf den zweiten Hauptsatz beschränkt war. Wenn nach dem zweiten Hauptsatz gefragt wurde, finden wir, dass es einen kleinen Unterschied (3%) machte, ob der – nicht gefragte – erste Hauptsatz mit einem Subjekt oder mit einem Objekt begonnen hatte  $F(1,38)=4,27$ ,  $MSe=0,10$ ,  $p=0,05$ . Wurde nach dem ersten Hauptsatz gefragt, drehte sich die Richtung dieses Effekt um (-1%, wenn der zweite Teilsatz mit einem Subjekt begonnen hatte). Dieser nicht vorhergesagte Befund ist evtl. zufällig signifikant geworden.

### **Alterseffekte**

Junge Probanden waren insgesamt um 5,6% besser als ältere Probanden. Dieser Altershaupteffekt in der allgemeinen Antwortgenauigkeit war allerdings nicht signifikant  $F(1,38)=1,58$ ;  $MSe=0,64$ ;  $p=0,22$ .

*Alter x RE:* Junge und ältere Studienteilnehmer waren bei subjektinitialen Sätzen gleich gut (0% Altersunterschied), bei objektinitialen Strukturen waren alte Probanden jedoch deutlich (11%) schlechter als junge. Die Interaktion *Alter x RE* wurde signifikant  $F(1,38)=5,03$ ;  $MSe=0,20$ ;  $p=0,31$ .

*Alter x Frage:* Marginal signifikant wurde die Interaktion *Alter x Frage*  $F(1,38)=3,09$ ;  $MSe=0,14$ ;  $p=0,87$ . Der Altersunterschied war bei Fragen nach dem ersten Satz größer (10%) als bei Fragen nach dem zweiten Satz (2%).

Es gab keine weiteren, auch nicht marginal signifikanten, Interaktionen mit Alter.

### **3.1.3. Diskussion von Experiment 3**

Die Verringerung der syntaktischen Komplexität der Sätze hat in diesem Experiment wie erwartet zu insgesamt geringen Altersunterschieden geführt. Wahrscheinlich liegt

dies an den relativ geringen Anforderungen, die das Verstehen der koordinierten Sätze an das Arbeitsgedächtnis stellt. Der Altersunterschied war mit knapp 6% ziemlich klein (und nicht signifikant). Trotz der einfacheren syntaktischen Struktur der Sätze war es für beide Altersgruppen schwieriger, Sätze mit Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung zu verstehen. Die im Vergleich zu den zentraleingebetteten Relativsätzen weniger verflochtene syntaktische Struktur der Sätze hat zu Unterschieden in der Beantwortung der Verständnisfragen geführt, die davon abhängen, ob nach dem ersten oder nach dem zweiten Teilsatz gefragt wurde. Dieser zweitgrößte Effekt in diesem Experiment zeigt wahrscheinlich einen Recency-Vorteil an, also dass der Inhalt des zweiten Teilsatzes besser erinnert werden konnte als der des ersten Teilsatzes. In Abbildung 12 sind die zwei gerade beschriebenen syntaktischen Effekte im Altersvergleich abgebildet.

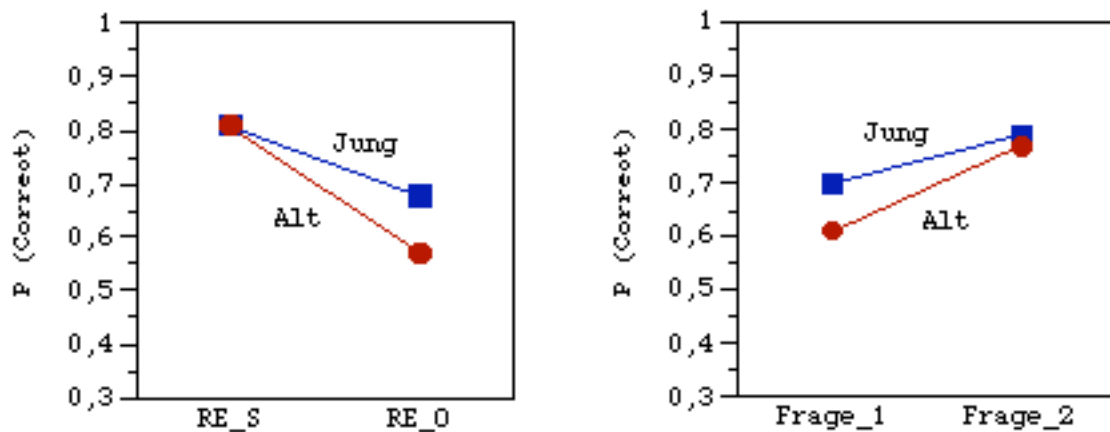


Abbildung 12: Experiment 3: Interaktion *Alter x Wortstellung* (linke Abbildung) und marginal signifikante Interaktion *Alter x Frage* (rechte Abbildung).

In der linken Abbildung von Abbildung 12 ist zu sehen, dass ältere Studienteilnehmer auch in einem Experiment mit koordinierten Sätzen besonders große Schwierigkeiten mit Sätzen haben, die mit einem Objekt beginnen. Die Interaktion von *Alter x Wortstellung* zeigt, dass die besonderen Schwierigkeiten älter Probanden mit Objekt-Erst-Sätzen nicht auf Sätze mit eingebetteten Relativsätzen beschränkt sind. Interessant ist diese Interaktion vor allem auch deswegen, weil bei subjektinitialen Sätzen junge und alte Studienteilnehmer gleich gut sind. Die Interaktion ist also nicht durch die bekannten Probleme belastet, die auftreten können, wenn sich zwei (Alters-) Gruppen in ihrem allgemeinen Leistungsniveau unterscheiden. Es sieht so aus, als ob der kleine, nicht-signifikante Altershaupteffect in der allgemeinen Antwortgenauigkeit hauptsächlich durch die objektinitialen Sätze verursacht wird.

In der rechten Abbildung von Abbildung 12 ist folgendes zu sehen: Während die Altersunterschiede sehr gering waren, wenn nach dem zweiten Hauptsatz gefragt worden war (2%), waren sie deutlich größer, wenn nach dem ersten Hauptsatz gefragt worden war (10%). Dieser nicht vorhergesagte Effekt erscheint post-hoc durchaus plausibel. Der zweite, zuletzt präsentierte Hauptsatz ist den Probanden offensichtlich besonders gut im Gedächtnis geblieben. Bezog sich die Frage auf den zuerst präsentierten Teilsatz, waren sowohl junge als auch alte Probanden schlechter beim Beantworten der Verständnisfrage. Jedoch war der Nachteil für ältere Probanden besonders groß. Dies könnte zum Beispiel an einer geringeren Kurzzeitgedächtniskapazität älterer Erwachsener liegen. Es ist aber auch möglich, dass die älteren Erwachsenen anfälliger für Retroaktive Interferenz waren, dass also bei älteren Erwachsenen die Informationen aus dem zweiten Hauptsatz in verstärktem Maße die bereits aufgebaute Repräsentation des ersten Hauptsatzes gestört haben.

### **3.2. Experiment 4: Koordinierte Sätze mit vier Nomen**

Ein weiteres Experiment mit koordinierten Sätzen wurde durchgeführt. Ziel war es, die Ergebnisse aus Experiment 3 zu replizieren. Außerdem wurde die Struktur der präsentierten Sätze dahingehend geändert, dass in jedem Satz vier verschiedene Nomen vorkamen. Dies sollte die Sätze noch weiter vereinfachen, da die zwei Teilsätze nun inhaltlich nicht mehr miteinander verbunden waren.

#### **3.2.1. Methode**

##### **Probanden**

An diesem Experiment beteiligten sich 20 junge Erwachsene im Alter zwischen 19 und 27 Jahren (4 Männer und 16 Frauen;  $M=22,5$  Jahre) und 20 ältere Erwachsene im Alter zwischen 66 und 79 Jahren (7 Männer und 13 Frauen;  $M=69,5$  Jahre).

Die Teilnehmer hatten noch nicht an ähnlichen Experimenten teilgenommen. Die jungen und alten Erwachsenen unterschieden sich weder im Zahlen nachsprechen vorwärts (junge Erwachsene:  $M=8$ ;  $SD=2,2$ ; alte Erwachsene:  $M=8,7$ ;  $SD=1,8$ ) noch im Zahlen nachsprechen rückwärts (junge Probanden:  $M=8,2$ ;  $SD=2,5$ ; alte Probanden:  $M=7,6$ ;  $SD=2,4$ ). Auch im Wortschatztest (MWT-A) gab es keine Unterschiede zwischen den Altersgruppen (junge Probanden:  $M=31,5$ ;  $SD=2,7$ ; alte Probanden:  $M=32,5$ ;  $SD=1,7$ ). Junge Probanden erzielten eine bessere Leistung im Zahlen-

Symboltest ( $M=64$ ;  $SD=7,6$ ) als die älteren Probanden ( $M=45,5$ ;  $SD=5,1$ ), sie hatten längere Zeit in der Ausbildung verbracht (junge Erwachsene:  $M=14,9$  Jahre;  $SD=1,9$ ; ältere Erwachsene:  $M=12$  Jahre;  $SD=3,9$ ) und sie schätzten ihre körperliche Gesundheit besser ein als die älteren Erwachsenen (junge Probanden:  $M=2$  („gut“);  $SD=0,6$ ; ältere Probanden:  $M=2,8$  („befriedigend“);  $SD=1$ ).

### **Design und Material**

Das experimentelle Design dieses Experiment reduzierte sich im Vergleich zu Experiment 3 um einen Faktor da kein Nomen aus dem ersten Teilsatz wiederholt wurde. Ein möglicher Satz für Experiment 4 ist folgender:

*Vielleicht hat der Mann den Clown gesehen, und der Lehrer hat den Anwalt geschlagen.*

In beiden Teilsätzen wurde wieder die Wortstellung (Subjekt-vor-Objekt oder Objekt-vor-Subjekt) unabhängig voneinander variiert. Wie in Experiment 3 konnten die Verständnisfragen den ersten oder den zweiten Hauptsatz abfragen. Das Experiment hatte also ein vierfaktorielles gemischtes Design mit drei orthogonalen within-subjekts-Faktoren und Alter als between-subjekts-Faktor. Um die Anzahl der Wiederholungen der einzelnen Wörter wie in den vorangegangenen Experimenten bei fünf Wiederholungen pro Sitzung zu halten wurden 32 neue Nomen in den Stimuluspool aufgenommen.

### **Vorgehen**

Das Experiment wurde in einer Sitzung durchgeführt. Eine Sitzung dauerte ungefähr eine Stunde und begann mit einem Fragebogen zu biografischen Angaben und mit kurzen Tests, dem Mehrfachwahlwortschatztest, dem Zahlen-Symboltest und mit „Zahlennachsprechen vorwärts“ und „Zahlennachsprechen rückwärts“. Das eigentliche Satzverstehensexperiment wurde am Computer durchgeführt. Jeder Satz wurde Wort für Wort mit einer vorgegebenen Darbietungszeit von 750 Millisekunden pro Wort am Bildschirm gezeigt. Unmittelbar nach jedem Satz wurde eine Verständnisfrage präsentiert. Dabei wurden die vier Nomen des Satzes als Antwortalternativen vorgegeben. Abhängige Variable war die Genauigkeit in der Auswahl des richtigen Nomens. In einer Sitzung wurden 160 Sätze dargeboten.

### 3.2.2. Ergebnisse

Es wurde eine ANOVA gerechnet, mit Alter (2 Gruppen) als between-subjects-Faktor und mit den syntaktischen Faktoren Wortstellung im gefragten Satz (zwei Stufen), Wortstellung im nicht gefragten Satz (2 Stufen) und Ziel der Frage (2 Stufen) als within-subjects-Faktoren. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% festgelegt.

Die allgemeine Antwortgenauigkeit lag bei 67%. In Abbildung 13 sind die Haupteffekte der syntaktischen Faktoren abgebildet.

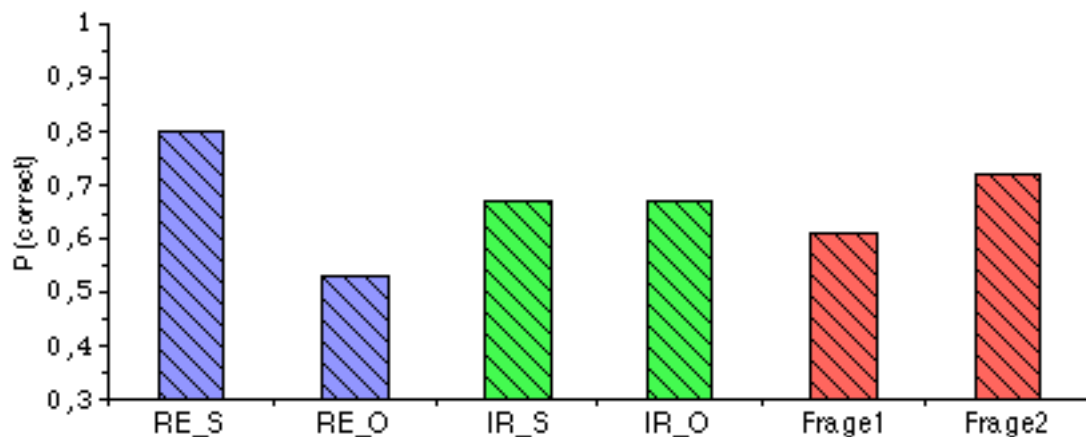


Abbildung 13: Syntaktische Effekte von Experiment 4.

#### Syntaktische Effekte

*Wortstellung im relevanten Satz (RE):* Der größte Effekt war, wie auch schon in allen anderen Experimenten, mit der Wortstellung im abgefragten Teilsatz verbunden. Sätze, die mit einem Subjekt begonnen hatten, wurden 27% besser beantwortet als Sätze, die mit einem Objekt begonnen hatten  $F(1,38)=79,06$ ;  $MSe=0,15$ ;  $p=0,00$ .

*Wortstellung im irrelevanten Satz (IR):* Die Wortstellung im nicht abgefragten Satz hatte erneut keinerlei Auswirkung auf die Leistung. Sowohl wenn der irrelevante Satz subjekt-, als auch wenn er objektinitial war, lag die Leistung bei 67% korrekten Antworten  $F(1,38)<1$ .

*Frage:* Der zweitgrößte Effekt war mit dem Ziel der Frage verbunden. Fragen nach dem zweiten Teilsatz wurden 11% besser beantwortet als Fragen nach dem ersten Teilsatz  $F(1,38)=28,14$ ;  $MSe=0,07$ ;  $p=0,00$ . Dieser Effekt war bereits in Experiment 3 signifikant geworden.

*RE x Frage:* Die beiden signifikanten Haupteffekte interagierten miteinander  $F(1,38)=9,83$ ;  $MSe=0,06$ ;  $p=0,03$ . Der Wortstellungseffekt war bei Fragen nach dem

zweiten Hauptsatz größer (34%) als bei Fragen nach dem ersten Hauptsatz (21%). Man kann diese Interaktion auch noch anders beschreiben: Von dem Vorteil, dass nach dem zweiten Teilsatz gefragt wurde, (also vom „Recency-Effekt“) konnten die Studienteilnehmer hauptsächlich profitieren, wenn der Satz auch mit einem Subjekt begonnen hatte. Dann waren sie um 18% besser als wenn nach dem ersten Teilsatz gefragt worden wäre. Hatte der zweite Teilsatz aber mit einem Objekt begonnen, so gab es einen Recency-Effekt von nur 5%.

#### **Altersunterschiede:**

Es gab einen signifikanten Altershaupteffekt von 11%  $F(1,38)=6,22$ ;  $MSe=0,27$ ;  $p=0,02$ . Junge Probanden haben 72% der Verständnisfragen richtig beantwortet, ältere Probanden hingegen nur 61%.

*Alter x RE:* Replizieren ließ sich der Befund, dass die Altersunterschiede bei subjektinitialen Sätzen viel geringer sind (4%) als bei objektinitialen Sätzen (16%). Die *Interaktion Alter x Wortstellung* im gefragten Satz ist knapp signifikant geworden  $F(1,38)=3,77$ ;  $MSe=0,15$ ;  $p=0,06$ .

#### **Was nicht signifikant wurde:**

*Alter x Frage:* Nicht signifikant wurde die Interaktion *Alter x Frage*  $F(1,38)<1$ . Für alle Studienteilnehmer war der Satz schwieriger zu verstehen, wenn sich die Frage auf den zuerst präsentierten Teilsatz bezog. Die Altersunterschiede waren unter dieser schwierigeren Bedingung nicht größer als in den Fällen, in denen sich die Frage auf den zweiten Teilsatz bezog.

### **3.2.3. Diskussion von Experiment 4**

In Experiment 4 konnten die syntaktischen Effekte aus Experiment 3 zum großen Teil repliziert werden. Die Wortstellung im abgefragten Satz hatte wiederum einen großen Effekt auf die Leistung in der Satzverstehensaufgabe. Die Sätze waren erneut schwieriger zu verstehen, wenn sie mit einem Objekt begonnen hatten. Wie in Experiment 3 war es auch in diesem Experiment leichter für die Probanden, wenn sich die Verständnisfrage auf den zuletzt präsentierten zweiten Hauptsatz bezogen hatte. Dies war bei Sätzen, die mit einem Subjekt begonnen hatten, besonders ausgeprägt.

Es ist jedoch nicht wirklich gelungen, die Ergebnisse und Schlüsse aus Experiment 3 eindeutig zu replizieren. Das größte Problem bei der Interpretation der Daten von



Experiment 4 in Bezug auf die postulierten Interaktionen mit Alter besteht darin, dass sich alte und junge Probanden in ihrem allgemeinen Leistungsniveau unterscheiden.

Trotz des allgemeinen Altersunterschieds denke ich jedoch, dass man auch im Hinblick auf die Daten von Experiment 4 sagen kann, dass alte Probanden besondere Schwierigkeiten mit Objekt-Erst-Sätzen haben. Dies trifft also auch für zwei durch „und“ verbundene Hauptsätzen zu, bei denen beide Sätze unabhängig voneinander verstanden werden können.

Nicht replizieren ließ sich die in Experiment 3 gefundene Interaktion von *Alter x Frage*. Für ältere Erwachsene war es nicht überproportional schwieriger als für junge Erwachsene, wenn sich die Frage auf den zuerst präsentierten Teilsatz bezog. Die post-hoc Erklärungen aus Experiment 3 (geringere Kurzzeitgedächtniskapazität älterer Erwachsener oder größere Anfälligkeit für Retroaktive Interferenz) können durch die Ergebnisse von Experiment 4 nicht gestützt werden.

Die Effekte von Alter, Wortstellung und Frage sind in Abbildung 14 abgebildet.

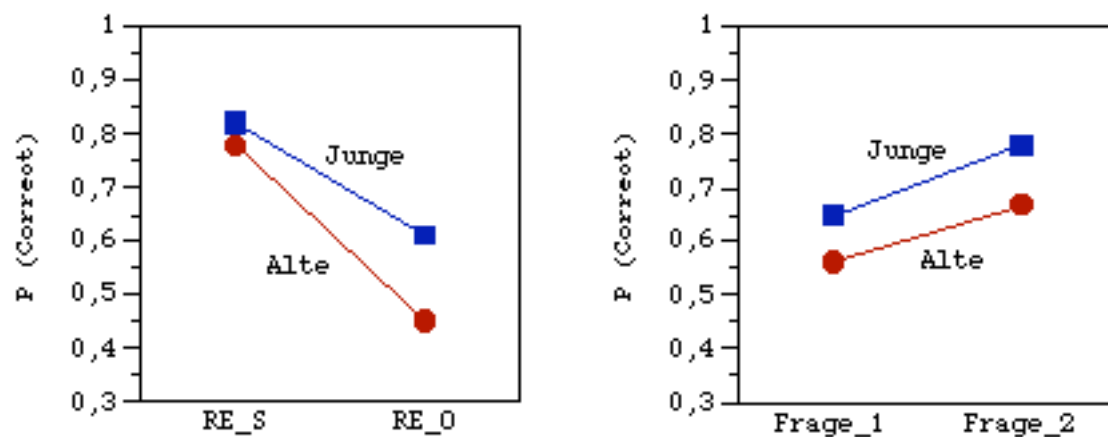


Abbildung 14: Experiment 4: Interaktion *Alter x Wortstellung* (linke Abbildung) und die nicht signifikante Interaktion *Alter x Frage* (rechte Abbildung).

Wie man im linken Teil von Abbildung 14 sehen kann, sind die Altersunterschiede bei Objekt-Erst-Sätzen größer als bei Subjekt-Erst-Sätzen. Jedoch gibt es auch in der einfacheren Bedingung einen Unterschied zwischen den Altersgruppen.

Die Interaktion von *Alter x Wortstellung* kann übrigens nicht durch einen einzigen Faktor verursacht werden, der die Altersunterschiede auch in den einfachen Bedingungen erklärt. Dies sieht man, wenn man die Daten im rechten Teil aus Abbildung 14 betrachtet. Die Altersunterschiede sind hier in der schwierigen Bedingung

(Frage nach dem ersten Hauptsatz) ähnlich groß, beziehungsweise sogar eher noch etwas kleiner als in der einfacheren Bedingung.

Bei den objektinitialen eingebetteten Relativsätzen gab es wohl mindestens zwei Faktoren, die diese Sätze schwierig gemacht haben: Zum einen die allgemeine syntaktische Struktur dieser Sätze. Der Hauptsatz wird durch einen Relativsatz unterbrochen, der erste Teil des Hauptsatzes muss im Gedächtnis behalten werden während der Relativsatz verarbeitet wird, damit er mit dem zweiten Teil des Hauptsatzes verbunden werden kann. Die Hoffnung war gewesen, durch eine Vereinfachung der syntaktischen Struktur der Sätze genauere Aufschlüsse über die Schwierigkeiten älterer Studienteilnehmer mit der Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung zu bekommen. Es zeigte sich, dass die Altersunterschiede geringer waren, und bei subjektinitialen Sätzen sehr klein, beziehungsweise nicht mehr vorhanden waren (Experiment 3 und Experiment 4). Es zeigte sich weiterhin, dass ältere Probanden auch bei Sätzen mit einfacher Syntax besondere Schwierigkeiten mit der Objekt-vor-Subjekt-Reihenfolge haben. Bei Sätzen mit zentraleingebettetem Relativsatz könnte es zumindest zum Teil der Fall sein, dass allgemeine kognitive Ressourcen unsere Sprachfähigkeiten begrenzen. Da die Sätze von Experiment 1 bis 4 sich nicht in der Menge der in ihnen enthaltenen Informationen unterscheiden, scheint allein die unterschiedliche syntaktische Präsentation dieser Information zu unterschiedlich großen Altersunterschieden zu führen. Nicht so gut in diese Erklärung passt, dass in Experiment 4 bei syntaktisch einfachen Sätzen sich wiederum ein Alters-Haupteffekt gezeigt hat. Andererseits scheinen die Altersunterschiede in Experiment 4 hauptsächlich durch die Objekt-Erst-Sätze verursacht zu werden. Dort war der Altersunterschied mit 16% sehr viel größer als bei Subjekt-Erst-Sätzen (4%).

In einem weiteren Experiment soll die Hypothese untersucht werden, die besonderen Schwierigkeiten älterer Probanden mit objektinitialen Sätzen würden nicht durch Arbeitsgedächtnisdefizite, sondern durch Unterschiede im Bereich des Langzeitgedächtnisses verursacht, die dadurch zustande kommen, dass Objekt-Erst-Sätze im Deutschen seltener vorkommen als Subjekt-Erst-Sätze.

Was passiert, wenn man die Objekt-vor-Subjekt-Reihenfolge übt, wird im folgenden letzten Experiment dieser Arbeit untersucht.

## 4. Training der Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung

Sprachen können in verschiedenen Klassen eingeteilt werden, je nachdem in welcher Reihenfolge Subjekt, Objekt und Verb normalerweise angeordnet sind. Als die Normalreihenfolge der Wörter im Deutschen gilt Subjekt-Objekt-Verb (SOV), im Englischen zum Beispiel ist es Subjekt-Verb-Objekt (SVO). In beiden Sprachen, wie auch bei den allermeisten anderen Sprachen, steht das Subjekt also normalerweise vor dem Objekt. Eine Objekt-vor-Subjekt-Reihenfolge ist laut Borsley (1997) sehr selten, er führt als exotische Ausnahmen zwei Sprachen aus dem Amazonasbecken und eine auf Madagaskar an.

### Präferenz für das Subjekt

Diese Standard-Wortstellung spiegelt sich auch in der Häufigkeit wieder, mit der Sätze mit dieser Reihenfolge in einer Sprache vorkommen: Wenn ein Satz mit einer Nominalphrase beginnt, so ist dies im Deutschen ungefähr in 90 % der Fälle ein Subjekt (Schlesewsky, Fanselow, Kliegl & Krems 2000). Die Subjekt-vor-Objekt-Wortstellung wird auch von Probanden in psycholinguistischen Experimenten bevorzugt. In einer Studie, in der Deutsch, Italienisch und Englisch sprechende Probanden verglichen wurden, untersuchten MacWhinney, Bates & Kliegl (1984) wie ambige Sätze verstanden wurden. Es wurden feminine Nomen verwendet, und deswegen waren sowohl Subjekt-vor-Objekt- als auch Objekt-vor-Subjekt-Interpretationen grammatikalisch möglich. MacWhinney, Bates & Kliegl (1984) fanden, dass es bei ambigen Sätzen eine starke Tendenz gibt, das erste Nomen des Satzes als Subjekt zu interpretieren. Die Autoren interpretieren dies dahingehend, dass es im Deutschen eine gute Strategie zu sein scheint, das erste Nomen eines Satzes als Subjekt zu interpretieren. Englisch sprechende Probanden verfolgten eine Strategie, bei der das Verb des Satzes eine zentrale Rolle spielte: Das Nomen unmittelbar vor einem Verb wurde als Subjekt und das Nomen unmittelbar nach einem Verb als Objekt interpretiert. Auch hier zeigte sich also eine Subjekt-vor-Objekt-Präferenz.

Weitere Belege für die Präferenz, die erste Phrase eines Satzes als Subjekt zu interpretieren gibt Hemforth (1993). Sie präsentierte Sätze, die entweder eindeutig mit einem Subjekt, eindeutig mit einem Akkusativobjekt oder mit einer ambigen Nominalphrase begannen. Die Ambiguitäten können deswegen auftreten, weil im

Deutschen feminine und neutrale Nominalphrasen (die Frau, das Kind) und männliche Nominalphrasen, die im Plural stehen, sich im Akkusativ und im Nominativ nicht unterscheiden.

(1) *Nominativ: Der kluge Onkel besuchte den kleinen Jungen*

(2) *Akkusativ: Den klugen Onkel besuchte der kleine Junge*

(3) *Ambig: Die kluge Tante besuchte der kleine Junge / den kleinen Jungen*

Nach jedem präsentierten Wort sollten die Studienteilnehmer entscheiden, ob der Satz bis zu diesem Zeitpunkt grammatikalisch noch korrekt war. Die Entscheidungszeiten, und auch allgemeine Lesezeiten für die Sätze waren bei Sätzen mit Objekt-vor-Subjekt-Reihenfolge länger als bei Sätzen mit Subjekt-vor-Objekt-Reihenfolge. Außerdem wurden Sätze mit Objekt-vor-Subjekt Reihenfolge häufiger zu unrecht als ungrammatikalisch beurteilt.

Auch Schlesewsky, Fanselow, Kliegl & Krems (2000) fanden in einer Fragebogenstudie eine Subjekt-Präferenz für die Interpretation ambiger WH-Phrasen am Satzanfang. Sie präsentierten Sätze, bei denen ein kritischer Artikel fehlte.

*Welche Frau glaubst Du liebt \_\_\_\_\_ Mann?*

Die Probanden vervollständigten die Sätze so, dass in zirka 75 % der Fälle die ambige Nominalphrase am Satzanfang zum Subjekt wurde.

Auch in einem weiteren Experiment mit ambigen Nominalphrasen am Satzanfang fanden Schlesewsky, Fanselow et al. (2000) Hinweise darauf, dass die Nominalphrasen als Subjekt interpretiert werden. Wenn die disambiguierende Information eine Objekt-Lesart der ersten Nominalphrase erzwungen hat, traten Kosten, das heißt längere Lesezeiten, auf. Schlesewsky, Fanselow et al. (2000) erklären die Subjekt-Präferenz im Deutschen damit, dass man beim Parsen objektinitialer Sätze eine größere Gedächtnisbelastung hätte, weil man mehr syntaktische Struktur im Kurzzeitgedächtnis halten müsste. Sie erklären dies damit, dass man ein Subjekt direkt verarbeiten und in ein (virtuelles) Baumdiagramm einbauen kann, und ein Objekt erst dann, wenn sein Kopf, das heißt der Kopf der Verbalphrase (das ist das Verb) verarbeitet worden ist.

Die Präferenz für die Interpretation des ersten Nomens eines Satzes als Subjekts zeigt sich auch daran, dass subjektinitiale Sätze im Deutschen schneller gelesen werden als objektinitiale (Rösler, Pechmann, Streg, Röder & Henninghausen 1998).

Eine weitere mögliche Alternativerklärung für die Subjekt-Präferenz im Deutschen, die auch auf Häufigkeit beruht, ist die Tuning-Hypothese von Cuetos & Mitchell (1988).

Sie besagt, dass Konstruktionen dann schwieriger zu verstehen sind, wenn sie in einer Sprache selten vorkommen. Der Grund für das seltene Vorkommen ist dabei nicht wichtig. Dies ist ein interessanter Gedanke, weil man, falls man der Tuning-Hypothese zustimmt, das Konstrukt „Syntaktische Komplexität“ überhaupt nicht braucht. Objekt-Erst-Sätze wären also deswegen schwieriger zu verstehen, weil sie seltener sind. Ein Einwand, den man gegen die Tuning-Hypothese machen muss, ist, dass sie zwar den Haupteffekt von syntaktischer Schwierigkeit erklären kann, aber nicht so leicht, wieso alte Menschen besondere Schwierigkeiten mit Objekt-Erst-Sätzen haben.

### **Der Einfluß von Erfahrung und Übung**

MacDonald & Christiansen (2002) präsentieren ihre Alternative zur Idee des Arbeitsgedächtnisses für Sprache. Sie schlagen ein konnektionistisches Modell vor, bei dem nicht unterschieden wird zwischen im Langzeitgedächtnis repräsentiertem linguistischen Wissen und einem Arbeitsgedächtnis für Sprache, in dem die Sprachverarbeitungs-Prozesse ablaufen. Wissen ist in einem konnektionistischen Modell einerseits durch die Architektur des Modells, aber auch durch die unterschiedliche Gewichtung der die Aktivierung weitergebenden Verbindungen repräsentiert. Diese Gewichtung wird vom Modell gelernt. Damit ist für das Verhalten eines konnektionistischen Modells ausschlaggebend, mit welcher Art von Material es wie lange trainiert worden ist. MacDonald & Christiansen (2002) sind der Meinung, dass interindividuelle Unterschiede im Sprachverstehen, wie man sie etwa zwischen Menschen mit hoher und niedriger Lesespanne findet, dadurch zustande kommen, dass beide Gruppen verschieden viel Erfahrung und Übung mit Sprache haben. Wie wichtig Erfahrung in konnektionistischen Modellen ist, zeigten MacDonald & Christiansen (2002) anhand einer Simulation mit Sätzen, die der englischen Sprache nachempfunden waren. Ein nur kurze Zeit trainiertes konnektionistisches Modell hat sich ähnlich wie Menschen mit geringer Lesespannen-Kapazität verhalten, während das länger trainierte Modell vergleichbare Daten wie Menschen mit größerer Lesespannen-Kapazität lieferte. Empirische Belege dafür, dass viel Erfahrung mit Sprache tatsächlich zu einer größeren verbalen Arbeitsgedächtniskapazität bei Menschen führt, haben sie jedoch nicht (siehe auch Caplan & Waters 2002).

Ericsson & Delaney (1999) sind der Meinung, dass es Fähigkeits- und Strategieunterschiede sind, die obwohl sie eher im Langzeitgedächtnis zu lokalisieren sind, einen

beträchtlichen Teil der interindividuellen Unterschiede erklären können, die man in Arbeitsgedächtnis-Aufgaben findet.

#### **4.1. Experiment 5: Training von objektinitialen Sätzen**

Eine mögliche Erklärung dafür, dass alte Menschen besonders große Schwierigkeiten mit der Objekt-vor-Subjekt Reihenfolge haben, könnte sein, dass alte Menschen mehr Erfahrung mit der Tatsache haben, dass die meisten deutschen Sätze mit einem Subjekt beginnen. Dies ist eine echte Alternativerklärung zu der Hypothese der reduzierten Arbeitsgedächtniskapazität. Nicht weil Objekt-Erst-Sätze syntaktisch komplexer sind oder aus einem anderen Grund stärker das Arbeitsgedächtnis belasten, werden sie von älteren Studienteilnehmern besonders schlecht verstanden, sondern weil sie im Deutschen selten vorkommen. Die Trainingsstudie wurde durchgeführt, um diese Hypothese zu testen.

Für die Trainingsstudie gibt es folgender Erwartungen:

*Sitzung:* Alle Probanden sollten im Posttest besser sein als im Prätest.

*RE x Training x Sitzung:* Wenn das Training für beide Altersgruppen einen Effekt hat, dann sollte der Wortstellungseffekt in der Trainingsgruppe kleiner sein als in der Kontrollgruppe. (Dies sollte nur im Posttest, also nach dem Training, der Fall sein.)

*RE x Training x Alter x Sitzung:* Bei älteren Probanden sollte sich der Wortstellungseffekt durch das Training objektinitialer Sätze deutlicher verändern (verringern) als bei jungen Probanden. Diese Hypothese ist die zentrale Hypothese für Experiment 5. (Dies sollte ebenfalls nur im Posttest, also nach dem Training, der Fall sein.)

Beim Effekt der Position des Relativsatzes sollte das Training keine Rolle spielen.

##### **4.1.1. Methode**

###### **Probanden**

40 junge Erwachsene im Alter zwischen 17 und 25 Jahren ( $M=19$  Jahre) und 40 ältere Erwachsene im Alter zwischen 64 und 77 Jahren ( $M=70$  Jahre) nahmen an Experiment 5 teil. Sie hatten an keinem der vorherigen Experimente teilgenommen. In der Gruppe der älteren Versuchsteilnehmer waren 13 Männer und 27 Frauen vertreten, in der Gruppe der jungen Teilnehmer 15 Männer und 25 Frauen.

In einer Reihe von kleineren Tests aus den Bereichen der fluiden und kristallinen Intelligenz und bei einigen biografischen Fragen zeigten die Stichproben der alten und

der jungen Teilnehmer typische Ergebnisse: Die Ausbildungsdauer der jungen Teilnehmer lag durchschnittlich bei 12 Jahren,  $SD=1,7$ ; (sie gingen zum Teil noch zur Schule), die der älteren Teilnehmer bei 13,6 Jahren;  $SD=3,7$ . Dieser Unterschied in der Ausbildungsdauer war signifikant ( $p < 0,05$ ).

Die Altersgruppen unterschieden sich nicht in der subjektiven Einschätzung ihrer Gesundheit. Beide beurteilten ihre Gesundheit als „gut“ (junge Probanden:  $M=2,1$ ;  $SD=0,9$ ; ältere Probanden:  $M=2,4$ ;  $SD=0,7$ ;  $p>0,05$ ).

Im MWT-A, einem Test, bei dem es um Wortschatzkenntnisse geht, waren die jungen Studienteilnehmer schlechter ( $M=32,3$ ;  $SD=2,7$ ) als die älteren ( $M=30,9$ ;  $SD=1,8$ )  $p<0,05$ .

Beim Digit-Symbol-Test, einem Test, bei dem es hauptsächlich auf Geschwindigkeit ankommt, erreichten die jungen Teilnehmer eine höhere Punktzahl ( $M=58,9$ ;  $SD=7,8$ ) als die alten ( $M=46,4$ ;  $SD=8,2$ )  $p<0,05$ .

Junge und ältere Studienteilnehmer waren beim Forward-Digit-Span-Test gleich gut ( $M=8,8$ ;  $SD=1,6$ ) wie die älteren Probanden ( $M=7,8$ ;  $SD=2,0$ ;  $p>0,05$ ).

Beim Backward-Digit-Span-Test erreichten die jungen Probanden eine höhere Punktzahl ( $M=8,3$ ;  $SD=2,2$ ) als die älteren Probanden ( $M=7,1$ ;  $SD=2,2$ ;  $p<0,05$ ).

Bei einem weiteren Test aus dem Bereich der fluiden Intelligenz, dem X-Durchstreich-Test errichten die jungen Probanden mit  $M=58,8$  ( $SD=9,3$ ) eine höhere Punktzahl als die älteren Probanden ( $M=42,2$ ;  $SD=7,5$ ;  $p<0,05$ ).

Im Reading-Span-Test erreichten die jungen Probanden eine höhere Punktzahl ( $M=57,7$ ;  $SD=9,1$ ) als die älteren Probanden ( $M=41,1$ ;  $SD=14,4$ ).

Die Stichproben der alten und jungen Probanden sind nach diesen Ergebnissen – deutliche Altersunterschiede in Aufgaben aus dem Bereich der fluiden Intelligenz, geringe oder keine Unterschiede in Bereichen der kristallinen Intelligenz – vergleichbar mit denen, die üblicherweise in der Literatur berichtet werden.

## **Design**

In Experiment 5 wurde ein experimentelles Kontrollgruppen-Design mit Messwiederholung verwendet. Das Experiment fand innerhalb von drei Sitzungen statt (Prätest, Trainingssitzung beziehungsweise Alternativaufgabensitzung und Posttest). Als between-subjects-Faktoren gibt es zum einen das Treatment (Training von objektinitia- len Sätzen). Ein weiterer between-subjects-Faktor war Alter. Die präsentierten Sätze

wurden anhand von vier orthogonalen Faktoren syntaktischer Komplexität variiert. Daraus ergibt sich folgendes Design: Training(2)<sub>B</sub> x Alter(2)<sub>B</sub> x Sitzung(2)<sub>W</sub> Syntax(4)<sub>W</sub>

<i>Prätest (1.Sitzung)</i>	<i>Training (2.Sitzung)</i>	<i>Posttest (3.Sitzung)</i>
<i>Sätze mit zentraleingebettetem Relativsatz (N=80)</i>	<i>Objekt-Erst-Sätze (N=40) oder Kontrollaufgabe (N=40)</i>	<i>Sätze mit zentraleingebettetem Relativsatz (N=80)</i>

Tabelle 7: Design der Trainingsstudie.

### **Material: Prätest und Posttest**

Für die erste und die dritte Sitzung bei Experiment 5 wurden die bereits in Experiment 1 und Experiment 2 beschriebenen Sätze mit eingebettetem Relativsatz verwendet. In Tabelle 8 ist nochmals ein möglicher Satz abgebildet. (Die Frage und die Antwortalternativen waren erst dann am Bildschirm zu sehen, nachdem der Satz Wort für Wort präsentiert worden war.)

<i>Vielleicht hat der Mann, der den Clown gesehen hat, den Anwalt geschlagen.</i>
<i>Wer wurde geschlagen?</i>
<i>Clown Mann Anwalt</i>

Tabelle 8: Satz aus Prä- oder Posttest mit einer möglicher Frage und den drei möglichen Antwortalternativen.

### **Material: Trainingssitzung**

Den 40 Probanden, die am Training der objektinitialen Sätze teilnahmen, wurden Sätze präsentiert, bei denen die Wortstellung immer Objekt vor Subjekt war. Als Aufgabematerial wurden zwei durch „und“ miteinander verbundene Hauptsätzen verwendet. Erster und zweiter Hauptsatz begannen immer mit einem Akkusativ-Objekt.

Die Wortstellung war also festgelegt. Damit die Satzverstehensaufgabe trotzdem nicht zu leicht war, wurde die Art der Frage zu den gezeigten Sätzen variiert. Die Fragen waren je zur Hälfte aktiv beziehungsweise passiv formuliert und bezogen sich je zur Hälfte auf den ersten beziehungsweise auf den zweiten Satz.

Der Satz wurde Wort für Wort mit einer festgelegten Präsentationszeit von 500 ms pro Wort am Bildschirm präsentiert. Danach wurde eine Frage über den Satz und gleichzeitig die vier möglichen Antwortalternativen gezeigt, aus denen die Studienteilnehmer eine auswählen sollten. In der Trainings-Sitzung wurden 160 Sätze gezeigt.



Es wurden dieselben 32 Adverbien für den Satzanfang und dieselben 64 Verben wie bei den anderen Experimenten verwendet. Weiterhin wurden 132 männliche Nomen verwendet. Durch diese Zusammenstellung des Stimulusmaterials wurde jedes Wort während einer Sitzung fünf mal wiederholt. Adverbien, Verben und Nomen wurden per Zufall den vier (Frage-) Bedingungen der Trainingssitzung zugewiesen.

In Tabelle 9 ist ein möglicher Satz aus der Trainingssitzung abgebildet. (Die Frage und die Antwortalternativen waren erst dann am Bildschirm zu sehen, nachdem der Satz Wort für Wort präsentiert worden war.)

---

*Immer hat den Posten der Japaner geknebelt und den Diener der Chauffeur beraubt.*

*Wer hat geknebelt?*

*Posten Japaner Diener Chauffeur*

---

Tabelle 9: Satz der Trainingssitzung mit einer möglicher Frage und den vier dargestellten Antwortalternativen

## **Vorgehen**

Experiment 5 wurde in drei Sitzungen durchgeführt. Sowohl in der ersten Sitzung als auch in der dritten Sitzung bearbeiteten alle Studienteilnehmer Satzverstehens-Aufgaben mit eingebetteten Relativsätzen, wie sie bereits in Experiment 1 und Experiment 2 weiter oben beschrieben wurden.

In der zweiten Sitzung, der sogenannten Trainingssitzung, bearbeiteten die Hälfte der Probanden eine Satzverstehensaufgabe mit Objekt-Erst-Sätzen. Die andere Hälfte der Probanden nahm als Kontrollgruppe an einem Experiment aus dem Bereich des Stroop-Paradigmas teil.

Jeder Studienteilnehmer wurde individuell am Computer getestet. Junge Studienteilnehmer erhielten 10 Mark, alte Probanden erhielten 15 Mark Aufwandsentschädigung pro Sitzung. Um sicherzustellen, dass alle Studienteilnehmer die Aufgabe verstanden hatten, wurde am Anfang der ersten Sitzung, also vor Beginn des eigentlichen Experiments, ein von der jeweiligen Versuchsleiterin begleiteter Probedurchgang mit acht Beispielsätzen durchgeführt.

### **4.1.2. Ergebnisse und Diskussion**

Um die Auswirkung des Trainings mit Objekt-Erst-Sätzen zu bestimmen, wurde eine Varianzanalyse (Training(2)<sub>B</sub> x Alter(2)<sub>B</sub> x Sitzung(2)<sub>W</sub> Syntax(4)<sub>W</sub>) gerechnet. Between-subjects-Faktoren waren Training (2 Gruppen) und Alter (2 Gruppen). Within-

subjects-Faktoren waren Sitzung (Prätest und Posttest, also 2 Stufen) und die syntaktischen Faktoren Wortstellung (2 Stufen), Wortstellung im nicht gefragten Satz (2 Stufen), Position des Relativsatzes (2 Stufen) und Ziel der Frage (2 Stufen).

Es wurden sowohl die Daten des Prätests als auch die Daten des Posttests in die Auswertung mit einbezogen. Dadurch ergibt sich im Vergleich zu den weiter oben berichteten Experimenten 1 und 2 der zusätzliche Messwiederholungsfaktor *Sitzung*. Es wäre auch denkbar, nur die Ergebnisse des Posttests auszuwerten, da bei der zentralen Fragestellung, den Trainingseffekten, der Prätest, der ja zeitlich vor dem Training (beziehungsweise der Alternativaufgabe) stattgefunden hat, keine Rolle spielen kann. Trotzdem habe ich die Daten des Prätests auch mit in die Auswertung einbezogen. Dadurch ergibt sich meiner Meinung nach ein vollständigeres Bild der Daten. Eventuelle Trainingseffekte können mit Übungseffekten (durch den Faktor *Sitzung*) verglichen werden. Auch werden mögliche Unterschiede sichtbar, die zwischen Experimentalgruppe und Kontrollgruppe bereits im Prätest bestanden haben mögen. Die Trainingseffekte werden durch diese Art der Auswertung nicht als Haupteffekte sichtbar, sondern wahrscheinlich in einer Interaktion mit dem Faktor *Sitzung*.

Abhängige Variable war der Prozentsatz korrekter Antworten. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% festgesetzt.

Die durchschnittliche Antwortgenauigkeit lag bei 57%.

### **Nicht-syntaktische Effekte (Alter, Training, Sitzung)**

*Alter*: Es gab einen signifikanten Effekt des Alters auf die Antwortgenauigkeit  $F(1,76)=32,46$ ;  $MSe=0,42$ ;  $p=0,00$ . Junge Probanden gaben durchschnittlich 65% korrekte Antworten im Vergleich zu 50% korrekten Antworten der älteren Probanden.

*Training*: Es zeigten sich – leider – so gut wie keine Trainingseffekte. Das Training objektinitialer Sätze hatte keinen signifikanten Effekt auf die durchschnittliche Leistung der Teilnehmer  $F(1,76)=1,64$ ;  $MSe=0,42$ ;  $p=0,2$ . Man hätte auch nicht unbedingt angenommen, dass ein Effekt des Trainings sich als Haupteffekt gezeigt hätte, immerhin gehen auch die Daten der ersten Sitzung in die Auswertung ein, und da hat das Training noch keine Auswirkung haben können. Aber auch die Ergebnisse weiter unten zeigen nur sehr wenige Trainingseffekte.

*Sitzung*: Im Gegensatz zum Faktor *Training* wurde der Faktor *Sitzung* als Haupteffekt mit  $F(1,76)=72,26$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,00$  signifikant. Im Posttest war die Leistung aller Teilnehmer durchschnittlich 6% besser als im Prätest. Dies wurde auch so erwartet.

*Sitzung x Alter:* Der Sitzungseffekt war in beiden Altersgruppen nicht gleich groß. Während junge Probanden im Posttest 8% besser waren als im Prätest, waren die älteren Probanden im Posttest nur 4% besser  $F(1,76)=9,77$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,00$ .

### **Ergebnisse der Hypothesen zu den Trainingseffekten**

*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Training x Sitzung:* Das Training hatte keinen Einfluß auf die Größe des Wortstellungseffektes. Es gab keine signifikante Interaktion zwischen Wortstellung, Training und Sitzung  $F(1,76) < 1$ .

*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Training x Alter x Sitzung:* Die älteren Teilnehmer haben nicht bezüglich des Wortstellungseffektes in besonderer Weise vom Training profitiert. Es gab keine signifikante Interaktion zwischen Wortstellung, Training, Alter und Sitzung  $F(1,76) < 1$ . Da dies die zentrale Vorhersage für Experiment 5 gewesen ist, wurde diese nicht signifikant gewordene Vierfachinteraktion in Abbildung 15 dargestellt. Die zwei oberen Abbildungen zeigen die Daten aus dem Prätest, die zwei unteren Abbildungen zeigen die Daten aus dem Posttest.

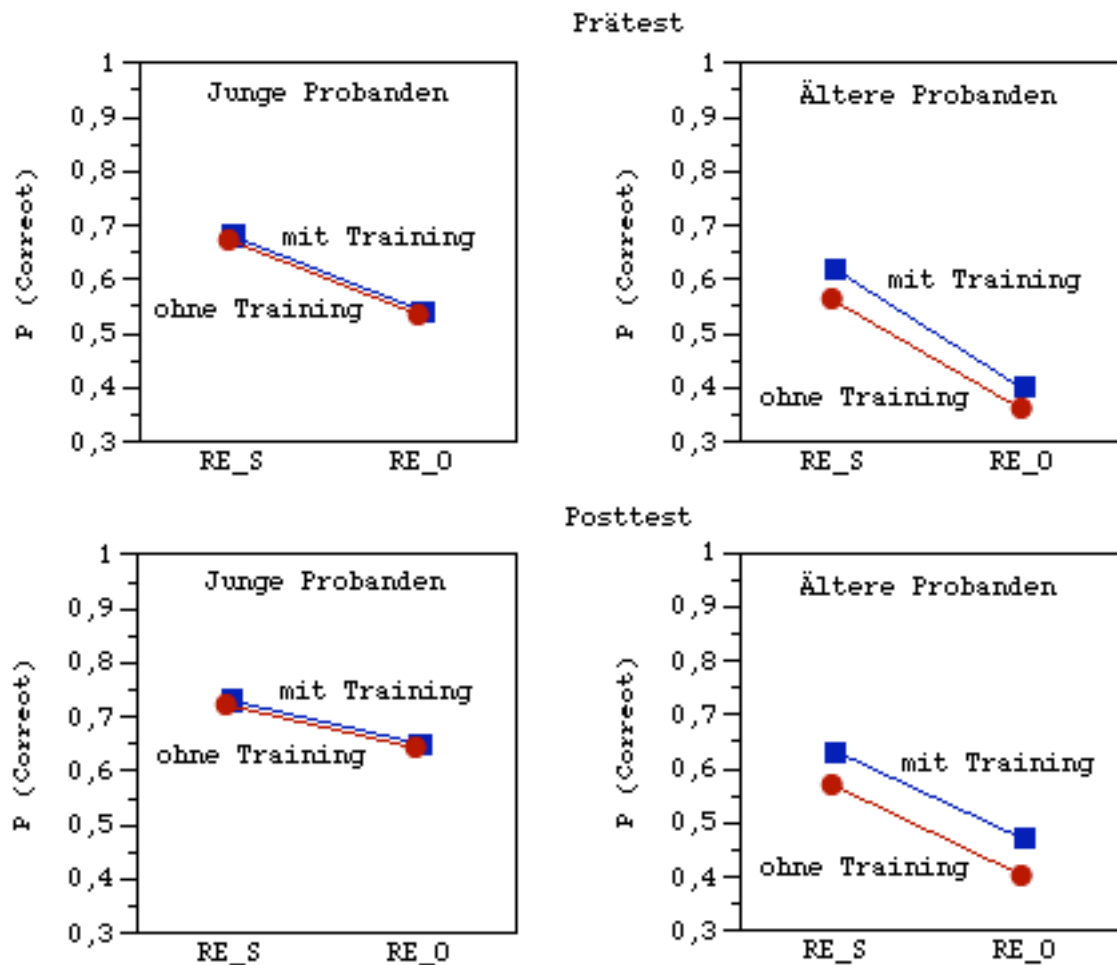


Abbildung 15: Experiment 5: Nicht-signifikante Interaktion *Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Training x Alter x Sitzung*

Es zeigte sich leider nicht, dass die Teilnehmer an Experiment 5 vom Training mit den objektinitialen Sätzen profitiert hätten. Der Wortstellungseffekt ist gleich groß, egal ob die Objekt-Erst-Wortstellung trainiert worden war oder nicht. Insbesondere konnten auch die älteren Probanden nicht in besonderer Weise vom Training profitieren (rechte Abbildungen) Dieses Ergebnis widerspricht ganz klar den Erwartungen, die einen stärkeren Trainingseffekt bei den älteren Probanden vorhergesagt haben. Die Erfahrung mit der Häufigkeit der Wortstellung im Deutschen hätte ja zumindest einen Teil der Altersunterschiede erklären sollen, zusätzlich zu Arbeitsgedächtnisfaktoren. Die hier in Experiment 5 erhobenen Daten können diese Hypothese jedoch nicht stützen.

Wenn man sich nur die Daten des Posttests der älteren Probanden ansieht (Abbildung rechts unten), sieht es so aus, als hätte das Training einen kleinen Effekt auf die durchschnittliche Antwortgenauigkeit gehabt (6%). Betrachtet man jedoch die Daten

des Prätests (Abbildung rechts oben), so zeigt sich, dass ein gewisser Unterschied (5%) zwischen Trainingsgruppe und Kontrollgruppe bei den älteren Studienteilnehmern bereits im Prätest bestanden hat.

Die einzigen signifikanten Effekte des Trainings finden sich in zwei Interaktionen, einer Dreifachinteraktion und einer Fünffachinteraktion. Beteiligt an diesen Interaktionen ist nicht der Wortstellungseffekt, wie man erwartet hätte, wenn das Training der objektinitialen Sätze in der beabsichtigten Weise gewirkt hätte, sondern der Effekt der Position des Relativsatzes:

*Position x Alter x Training*:  $F(1,76)=9,32$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,00$ . Die Größe des Effekts der Position des Relativsatzes ist abhängig von Altersgruppe und Training.

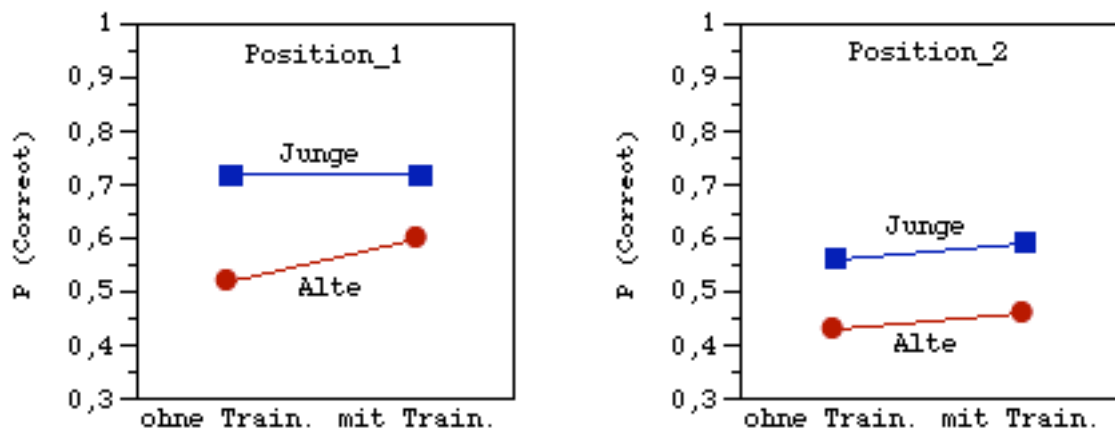


Abbildung 16: Experiment 5: Interaktion *Position x Alter x Training*:

Die älteren Studienteilnehmer profitierten vom Training, jedoch nur bei Sätzen bei denen der Relativsatz am ersten Nomen stand.

*Position x Alter x Training x Frage x Sitzung*: Wegen der vielen beteiligten Faktoren ist diese Interaktion nicht leicht zu interpretieren  $F(1,76)=4,84$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,03$ .

In Tabelle 10 sind alle Mittelwerte aufgeführt. In den Klammern befindet sich die Größe des Effekts der Position des Relativsatzes, der sich aus den zwei jeweils darüberliegenden Werten ergibt. Vergleicht man die obere und die untere Hälfte der Tabelle, so wird deutlich, dass es bei Fragen nach dem Relativsatz sehr viel weniger wichtig ist, ob der Relativsatz nach dem ersten oder nach dem zweiten Nomen stand, als bei Fragen nach dem Hauptsatz. Der Relativsatz scheint also recht unabhängig von dem ihm umgebenden Hauptsatz verstanden werden zu können.

Zusätzlich kann man auch den Effekt aus der im vorherigen Absatz geschilderten Dreifachinteraktion wiederfinden. Nur ältere Studienteilnehmer haben von Training

insofern profitiert, als dass sie bei Sätzen, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen stand, im Posttest deutlich besser geworden sind (von 57% korrekter Antworten auf 69% korrekter Antworten). Dies trifft aber nur auf die Bedingungen zu, bei denen nach dem Hauptsatz gefragt wurde.

Frage	Training	Alter	Position	Prätest	Posttest
Hauptsatz	ja	jung	1	0,72	0,81
Hauptsatz	ja	jung	2	0,49	0,61
				(0,23)	(0,20)
Hauptsatz	ja	alt	1	0,57	0,69
Hauptsatz	ja	alt	2	0,41	0,44
				(0,16)	(0,25)
Hauptsatz	nein	jung	1	0,73	0,83
Hauptsatz	nein	jung	2	0,48	0,58
				(0,25)	(0,25)
Hauptsatz	nein	alt	1	0,51	0,54
Hauptsatz	nein	alt	2	0,41	0,43
				(0,10)	(0,11)
Relativsatz	ja	jung	1	0,63	0,70
Relativsatz	ja	jung	2	0,59	0,65
				(0,04)	(0,05)
Relativsatz	ja	alt	1	0,56	0,57
Relativsatz	ja	alt	2	0,50	0,50
				(0,06)	(0,07)
Relativsatz	nein	jung	1	0,66	0,67
Relativsatz	nein	jung	2	0,54	0,65
				(0,12)	(0,02)
Relativsatz	nein	alt	1	0,49	0,52
Relativsatz	nein	alt	2	0,41	0,47
				(0,08)	(0,05)

Tabelle 10: Experiment 5: Fünfach-Interaktion *Position x Alter x Training x Frage x Sitzung*:

## Syntaktische Effekte

Die weiteren Ergebnisse replizieren im großen und ganzen die bereits in Experiment 1 und 2 gefunden Befunde. Einen Überblick über die Haupteffekte der syntaktischen Faktoren gibt Abbildung 17.

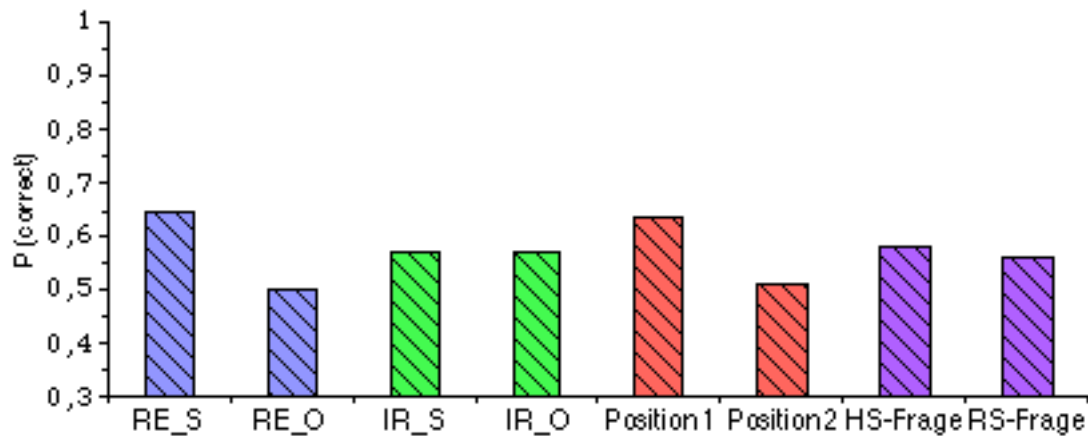


Abbildung 17: Syntaktische Effekte von Experiment 5.

*Wortstellung im relevanten Satz (RE):* Der größte Effekt der syntaktischen Faktoren war mit der Wortstellung im gefragten Satz verbunden: Wenn nach einem subjektinitialen Satz gefragt wurde, waren die Probanden 15% besser als wenn nach einem objektinitialen Satz gefragt wurde  $F(1,76)=117,93$ ;  $MSe=0,12$ ;  $p=0,00$ .

*Wortstellung im irrelevanten Satz (IR):* Die Wortstellung im nicht gefragten Satz hatte keinen Effekt auf die Antwortgenauigkeit  $F(1,76) < 1$ .

*Position des Relativsatzes (Position):* Der zweitgrößte syntaktische Effekt war mit der Position des Relativsatzes verbunden: Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen stand, wurden im Durchschnitt 13% besser beantwortet als Sätze, bei denen der Relativsatz sich auf das zweite Nomen bezog  $F(1,76)=362,56$ ,  $MSe=0,03$ ,  $p=0,00$ .

*Frage:* Fragen nach einem Hauptsatz wurden nicht signifikant anders beantwortet als Fragen nach einem Relativsatz  $F(1,76)=1,20$ ;  $Mse=0,05$ ;  $p=0,28$ .

Diese syntaktischen Effekte replizieren die Ergebnisse der oben beschriebenen Experimente 1 und 2 (mit identischem Stimulusmaterial).

### Interaktionen mit dem Faktor Wortstellung:

*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Alter:* In Experiment 5 wurde die Interaktion der Faktoren Alter und Wortstellung, die wir bereits aus den Experimenten 1, 2, 3 und 4 kennen, repliziert ( $F(1,76)=8,36$ ;  $MSe=0,12$ ;  $p=0,01$ ). Die Altersunterschiede beim

Verstehen der präsentierten Sätze waren besonders groß (18%), wenn der gefragte Satz mit einem Objekt begonnen hatte. Bei subjektinitialen Sätzen betrug der Altersunterschied lediglich 10%.

*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Sitzung:*  $F(1,76)=11,06$ ;  $MSe=0,04$ ;  $p=0,00$ . Der Wortstellungseffekt war im Prätest 13% groß, im Posttest waren es 18%. Den Prätest kann man auch bereits als eine leichte Form des Trainings der Objekt-vor-Subjekt-Reihenfolge auffassen. Immerhin sind die verwendeten Aufgabensätze zur Hälfte objektinitial. Dies ist bereits häufiger als objektinitiale Sätze sonst in der deutschen Sprache vorkommen. Obwohl also die Probanden eine gewisse Übung (durch den Prätest) in der verwendeten Aufgabe hatten, und sie zur Hälfte sogar ein Training mit Objekt-erst-Sätzen gemacht hatten, war der Wortstellungseffekt im Posttest größer als im Prätest. Dies widerspricht ganz deutlich den Erwartungen für Experiment 5.

*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Position:* Befindet sich der Relativsatz am ersten Nomen, so ist der Wortstellungseffekt 18% groß, befindet sich der Relativsatz am zweiten Nomen, so ist der Wortstellungseffekt 12% groß.  $F(1,76)=20,15$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,00$ . Auch in Experiment 1 und 2 war es bereits der Fall gewesen, dass der Wortstellungseffekt größer war, wenn der Relativsatz nach dem ersten Nomen gestanden war. Zu dieser Interaktion gab es noch weitere Interaktionen mit den Faktoren Alter und Frage.

*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Position x Alter:*  $F(1,76)=15,49$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,00$ . Das im vorherigen Absatz geschilderte Phänomen war bei den älteren Studienteilnehmern sehr viel stärker ausgeprägt als bei den jungen. Bei jungen Probanden: Befindet sich der Relativsatz am ersten Nomen, so ist der Wortstellungseffekt 12% groß, im Vergleich zu 11%, wenn sich der Relativsatz am zweiten Nomen befindet. Bei den älteren Probanden war der Wortstellungseffekt 25% groß wenn sich der Relativsatz am ersten Nomen befand und 13% groß, wenn er sich am zweiten Nomen befand.

*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Position x Frage:*  $F(1,76)= 5,03$ ;  $MSe=0,04$ ;  $p=0,03$ . Der Wortstellungseffekt ist größer, wenn sich der Relativsatz am ersten Nomen befindet, jedoch ist dies bei Fragen nach dem Hauptsatz ausgeprägter (dort ist der Wortstellungseffekt um 10% größer) als bei Fragen nach dem Relativsatz (dort ist er nur um 3% größer).



*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Position x Frage x Alter:*  $F(1,76)=33,06$ ;  $MSe=0,04$ ;  $p=0,00$ . Diese Vierfach-Interaktion ist nicht leicht zu interpretieren. Schaut man sich die Mittelwerte an, so fällt auf, dass bei jungen Studienteilnehmern der Wortstellungseffekt größer war, wenn der Relativsatz nach dem zweiten Nomen stand, jedoch nur bei Fragen nach dem Hauptsatz. Bei den älteren Studienteilnehmern war es bei Fragen nach dem Hauptsatz so, dass der Wortstellungseffekt um 25% größer war, wenn der Relativsatz nach dem ersten Nomen stand als wenn er nach dem zweiten Nomen stand. Tatsächlich scheint die Interpretation der Interaktion *RE x Position* hauptsächlich durch die Daten der alten Erwachsenen bei Hauptsatzfragen beeinflusst zu sein.

*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Frage:* Der Wortstellungseffekt war bei Fragen nach dem Hauptsatz 22% groß und bei Fragen nach dem Relativsatz nur 8% groß  $F(1,76)=39,58$ ;  $MSe=0,07$ ;  $p=0,00$ . Dies haben wir auch in den anderen Experimenten mit eingebettetem Relativsatz (Experiment 1 und 2) so gesehen. Die Schwierigkeit mit den objektinitialen Sätzen ist besonders deutlich ausgeprägt, wenn das Objekt ganz am Anfang des Satzes steht.

*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Frage x Sitzung:*  $F(1,76)=5,71$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,02$ . Das im vorigen Absatz geschilderte Phänomen war im Prätest und Posttest unterschiedlich deutlich ausgeprägt: Im Prätest war der Wortstellungseffekt bei Fragen nach dem Hauptsatz 18% groß, bei Fragen nach dem Relativsatz 7%. Im Posttest war der Wortstellungseffekt bei Fragen nach dem Hauptsatz mit 26% nochmals größer, bei Fragen nach dem Relativsatz betrug er 9%.

*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Wortstellung im irrelevanten Satz (IR):* Der Wortstellungseffekt war bei subjektinitialem irrelevanten Satz 17% groß, bei objektinitialem irrelevanten Satz 14% groß  $F(1,76)=5,99$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,02$ . Diese Interaktion läßt sich auch noch anders beschreiben: Wenn relevanter und irrelevanter Satz dieselbe Wortstellung hatten, so waren die Studienteilnehmer ein wenig besser (58% korrekte Antworten) als bei inkongruenter Wortstellung (57% korrekte Antworten). Zu dieser Interaktion gab es noch eine weitere Interaktion mit dem Faktor *Frage*.

*Wortstellung im relevanten Satz (RE) x Wortstellung im irrelevanten Satz (IR) x Frage:*  $F(1,76)=9,19$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,00$ . Der Vorteil der kongruenten Wortstellung wenn relevanter und irrelevanter Satz dieselbe Wortstellung hatten, war auf Fragen nach dem

Relativsatz beschränkt (4%). Bei Fragen nach dem Hauptsatz zeigte sich kein Kongruenz-Effekt (0%).

### **Interaktionen mit dem Faktor Position**

*Position x Alter*:  $F(1,76)=6,10$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,02$ . Die Größe des Effekts der Position des Relativsatzes hängt von der Altersgruppe ab. Junge Probanden sind 15% besser, wenn der Relativsatz sich nach dem ersten Nomen befindet, bei den älteren Probanden beträgt dieser Vorteil nur 11%. Diese Interaktion interagiert nochmals mit dem Faktor *Training* (wie bereits weiter oben beschrieben), und auch mit dem Faktor *Sitzung*.

*Position x Alter x Sitzung*:  $F(1,76)=4,29$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,04$ . Im Prätest beträgt der Vorteil der Position am ersten Relativsatz bei den jungen Probanden 16%, im Posttest sind es 13%. Im Prätest beträgt der Vorteil der Position am ersten Relativsatz bei den alten Probanden 10%, im Posttest sind es 12%.

*Position x Frage*: Der Effekt der Position des Relativsatzes war bei Fragen nach dem Hauptsatz 20% groß, bei Fragen nach dem Relativsatz 6% groß  $F(1,76)=68,30$ ;  $MSe=0,04$ ,  $p=0,00$ . Zu dieser in den vorangegangenen Experimenten nicht signifikant gewordenen Interaktion gab es noch weitere Interaktionen mit den Faktoren *Alter* und *Sitzung*.

*Position x Frage x Alter*:  $F(1,76)=6,92$ ;  $MSe=0,04$ ;  $p=0,01$ . Der Effekt der Position des Relativsatzes hängt sowohl von der gestellten Frage als auch von der Altersgruppe ab.

Bei jungen Teilnehmern war der Effekt bei Fragen nach dem Hauptsatz 23% groß, bei Fragen nach dem Relativsatz 5%. Bei älteren Teilnehmern war der Effekt bei Fragen nach dem Hauptsatz 16% groß, bei Fragen nach dem Relativsatz 7%. Hierzu gibt es nochmals eine Interaktion mit den Faktoren *Training* und *Sitzung* (wie in der Tabelle weiter oben beschrieben).

*Position x Frage x Sitzung*:  $F(1,76)=5,37$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,02$ . Im Prätest war der Effekt der Position des Relativsatzes bei Fragen nach dem Hauptsatz 18% groß, bei Fragen nach dem Relativsatz 7%. Im Posttest war er bei Fragen nach dem Hauptsatz 21% groß, bei Fragen nach dem Relativsatz 5%.

### **Sonstige Interaktionen**

Der Vollständigkeit halber werden noch zwei weitere Interaktionen erwähnt, die aber weder erwartet worden waren, noch post-hoc gut erklärt werden können.

*Wortstellung im irrelevanten Satz (IR) x Frage:* Der Wortstellungseffekt im irrelevanten Satz war bei Fragen nach dem Hauptsatz  $-2\%$  groß, bei Fragen nach dem Relativsatz  $+2\%$  groß.  $F(1,76)=13,72$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,00$ .

*Frage x Sitzung:*  $F(1,76)=6,27$ ;  $MSe=0,03$ ;  $p=0,01$ . Im Prätest waren die Probanden  $1\%$  schlechter, wenn nach dem Hauptsatz gefragt wurde, im Posttest waren sie  $3\%$  besser.

#### **4.1.3. Ergebnisse und Diskussion der Trainingssitzung**

Es wurde eine ANOVA gerechnet mit dem between-subjects-Faktor Alter (2 Gruppen) und den within-subjects-Faktoren Ziel der Frage (2 Stufen) und Art der Frage (2 Stufen). Das Signifikanzniveau wurde auf  $5\%$  festgelegt. Insgesamt lag die Antwortgenauigkeit bei  $68\%$ .

##### **Alterseffekte:**

Junge Probanden haben in der Trainingssitzung im Durchschnitt  $80\%$  der Fragen richtig beantwortet, die älteren Probanden  $56\%$ . Der Haupteffekt von Alter war signifikant  $F(1,38)=18,65$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,00$ .

##### **Syntaktische Effekte:**

*Ziel der Frage:* Es zeigte sich ein Recency-Effekt: Wenn sich die Frage auf den zweiten Hauptsatz bezog, wurden mit  $75\%$  richtigen Antworten deutlich mehr Fragen korrekt beantwortet als wenn sich die Frage auf den ersten Hauptsatz bezog. (Dann waren es  $61\%$  richtige Antworten;  $F(1,38)=45,63$ ;  $MSe=0,02$ ;  $p=0,00$ .) Dieser Effekt interagierte nicht mit dem Faktor Alter (siehe Abbildung 18). Dies ist deswegen interessant, weil in Experiment 3 die Interaktion signifikant geworden war, in Experiment 4 jedoch nicht.

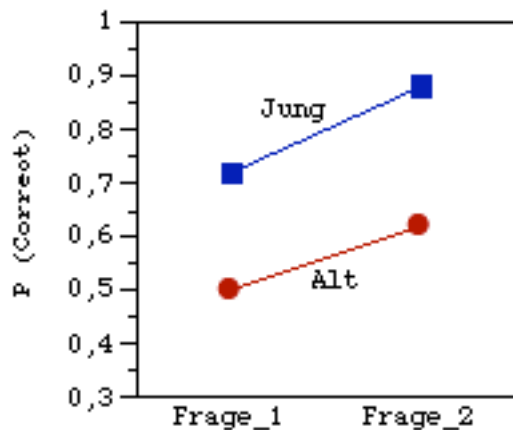


Abbildung 18: Experiment 5 (Trainingssitzung): Nicht signifikante Interaktion *Alter x Frage*: Fragen nach dem zweiten Hauptsatz wurden – in beiden Altersgruppen ähnlich – häufiger korrekt beantwortet als Fragen nach dem ersten Hauptsatz.

Der Vollständigkeit halber sollen noch zwei weitere kleine aber signifikante Ergebnisse erwähnt werden:

*Art der Frage*: Ob die Frage passiv oder aktiv formuliert war, hatte einen kleinen Effekt  $F(1,38)=5,35$ ;  $MSe=0,00$ ;  $p=0,03$ . War die Frage aktiv formuliert, so waren die Studienteilnehmer 2% besser als wenn die Frage passiv formuliert war.

*Art der Frage x Alter*: Der Faktor *Art der Frage* interagiert mit dem Faktor *Alter*  $F(1,38)=5,69$ ;  $MSe=0,00$ ;  $p=0,02$ . Bei den älteren Probanden zeigte sich ein Unterschied in der Antwortgenauigkeit von 5% zugunsten einer aktiven Formulierung im Vergleich zu 0% Unterschied bei den jüngerer Probanden.

Zusammengefaßt zeigten sich in der Trainingssitzung keine überraschenden Effekte. Der Altershaupteffect war mit 24% Unterschied in der Antwortgenauigkeit jedoch ziemlich groß. Dabei ist aber durchaus erwähnenswert, dass wir in der Trainingssitzung ja syntaktisch einfaches Stimulusmaterial verwendet haben. In Experiment drei und vier waren bei syntaktisch einfachen Sätzen geringere Altersunterschiede gefunden worden. Andererseits war die Präsentationszeit bei der Trainingssitzung mit 500 Millisekunden pro Wort kürzer als in den anderen Experimenten (750 Millisekunden).

Außerdem hat sich der Befund replizieren lassen, dass Fragen nach dem zweiten Hauptsatz besser beantwortet wurden als Fragen nach dem ersten Hauptsatz. Dieser Recency-Effekt ist bereits bei ähnlichem Stimulusmaterial in Experiment 3 und 4 aufgetreten.

Die Ergebnisse der Trainingssitzung zeigen aber durchaus auch, dass das Training der Objekt-Erst-Wortstellung in dem Sinne erfolgreich war, dass die Studienteilnehmer die

ihnen gestellte Aufgabe tatsächlich bearbeitet und sich während des Trainings mit 160 objektinitialen Sätzen auseinandergesetzt haben.

#### **4.1.4. Diskussion von Experiment 5**

Das Training der Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung hatte nicht den vorhergesagten Effekt. Durch das Training wurde der Wortstellungseffekt nicht verringert. Ältere Erwachsene haben nicht stärker vom Training der Objekt-Erst-Reihenfolge profitiert als junge Erwachsene. Experiment 5 liefert keinerlei Argumente für die Hypothese der Erfahrungsabhängigkeit des Wortstellungseffektes. Die einzigen Effekte des Trainings betrafen nicht den Wortstellungseffekt, der ja eigentlich durch das Training verändert werden sollte, sondern den Effekt der Position des Relativsatzes. Die älteren Studienteilnehmer, die am Training der Objekt-Erst-Sätze teilgenommen hatten, haben sich im Posttest bei den Sätzen verbessert, bei denen der Relativsatz am ersten Nomen stand. Dies bleibt erstaunlich und bedarf wohl auch einer Replikation bevor man erfolgreich über Gründe spekulieren könnte.

Trotzdem wird die Hypothese der Erfahrungsabhängigkeit des Wortstellungseffektes durch Experiment 5 nicht widerlegt. Es kann viele Gründe geben, wieso das Treatment nicht optimal gewirkt hat: Es könnte sein, dass das Training nicht intensiv genug war. Es hat ja nur eine Sitzung lang gedauert. Was würde passieren, falls das Training über einen längeren Zeitraum erfolgt? Wenn man mehrere Sitzungen veranschlagen würde, über einen längeren Zeitraum verteilt, wenn man noch zusätzlich andere Trainingssätze verwenden würde? Dies ist mit Sicherheit ein Bereich, in dem man noch weitere interessante Experimente machen könnte.

Andererseits kann man mit diesem Ergebnis durchaus argumentieren, dass wahrscheinlich doch nicht nur die Häufigkeit einer syntaktischen Struktur bestimmt, wie gut sie zu verstehen ist. Die Daten der Trainingssitzung haben gezeigt, dass die Studienteilnehmer sich tatsächlich eine Stunde lang 160 Sätzen gelesen haben, die alle die seltenere Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung hatten. Trotzdem hatte die Erfahrung mit diesen Sätzen keinen Effekt auf andere Sätze mit Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung. Die Ergebnisse von Experiment 5 sprechen daher nicht für den konnektionistischen Ansatz von MacDonald & Christiansen (2002) oder die Tuning-Hypothese von Cuetos & Mitchell (1988).

Es wäre wirklich sehr überraschend gewesen, wenn sich tatsächlich, zusätzlich zu einem allgemeinen Effekt des Trainings, außerdem noch hätte zeigen lassen, dass ältere Erwachsene sich durch Übung mehr verbessern würden als junge Erwachsene. Kliegl, Smith & Baltes (1989) berichten sogar einen gegenteiligen Effekt: Obwohl beide Altersgruppen vom Training einer speziellen Gedächtnistechnik profitiert haben, waren die Altersunterschiede nach dem Training größer als zuvor.

## 5. Generelle Diskussion

### 5.1. Grammatik

#### 5.1.1. Syntax und Phrasenstruktur

Menschen beherrschen normalerweise die Grammatik ihrer Muttersprache, das heißt sie können im Prinzip unendlich viele Sätze bilden und sie wissen, ob ein Satz grammatikalisch richtig oder falsch ist. Außerdem können sie Urteile über die Konstituentenstruktur von Sätzen geben, also darüber, welche Wörter zu Phrasen zusammengehören. Dies sind laut Pinker (1996) die wichtigsten Argumente dafür, dass man annehmen muss, dass Menschen über eine mentale Repräsentation von Grammatik verfügen. Eine psycholinguistische Grammatik ist ein Modell dieser Sprachkompetenz. Sie besteht aus Regeln, die so oder so ähnlich auch von Menschen benutzt werden könnten.

Eine einfache Phrasenstrukturgrammatik (siehe z.B. Grewendorf 1988; Borsley 1997) könnte aus vier Komponenten bestehen: Aus dem Startsymbol *S* (das ist das Zeichen für den Satz), aus syntaktischen Kategorien, aus Regeln und aus einem Lexikon. Ersetzungsregeln bestimmen, welche Teile zu einer Phrase zusammengefaßt werden können und legen damit auch fest, wie die hierarchische Struktur des Satzes aussieht. Ersetzungsregeln einer Spielzeuggrammatik sind in Tabelle 11 abgebildet.

---

<i>S</i>	-->	<i>NP VP</i>
<i>NP</i>	-->	<i>Art NP</i>
<i>VP</i>	-->	<i>NP V</i>
<i>V</i>	-->	{ <i>sieht, erblickt</i> }
<i>N</i>	-->	{ <i>Schuster, Anwalt, Dekan, Witwer</i> }
<i>Det</i>	-->	{ <i>der, den</i> }

---

Tabelle 11: Spielzeuggrammatik, mit der zum Beispiel der Satz „Der Dekan sieht den Anwalt“ erzeugt werden kann.

Die Symbole auf der linken Seite einer Regel bilden in einem Strukturbaum nicht-terminale Knoten. Sie können expandiert, das heißt durch die Einträge auf der rechten Seite der Regel ersetzt werden. Die lexikalischen Einträge, also die Wörter, werden terminale Knoten genannt. In unserem Beispiel kann das Startsymbol *S* durch *NP* und *VP* ersetzt werden. *NP* wiederum kann durch *Art* und *N* ersetzt werden, *Art* kann durch

„der“ ersetzt werden, N durch „Dekan“, usw. Durch das Anwenden der Ersetzungsregeln können im Prinzip unendlich viele Sätze erzeugt werden. Die mentalen Regeln der Grammatik sind nicht bewußt. Menschen haben aber implizites, prozedurales Wissen über die Regeln der Grammatik ihrer Erstsprache. In der Linguistik besteht zu Zeit kein Konsens darüber wie die unbewußten grammatikalischen Regeln genau lauten. So ist es auch noch nicht gelungen, einem Computer eine natürliche Sprache beizubringen, auch deswegen, weil es keine vollständige linguistische Beschreibung der Grammatik einer Sprache gibt.

Die Phrasenstrukturinformation eines Satzes läßt sich auch als Baumdiagramm darstellen. Ein Baumdiagramm des Satzes „Der Dekan sieht den Anwalt.“ hat folgende Struktur:

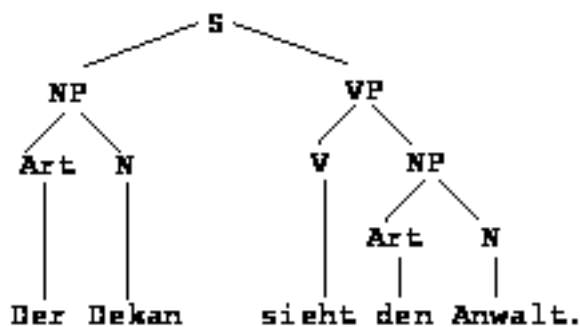


Abbildung 19: Baumdiagramm des Satzes „Der Dekan sieht den Anwalt.“

Die Nominalphrase (NP), die das Subjekt bildet, also der Dekan, kann im Deutschen direkt an das Startsymbol (S) angebunden werden. Im Gegensatz dazu muss die NP, die das Objekt bildet, zuerst Teil der Verbalphrase (VP) sein. Dadurch steht die NP „der Anwalt“ in der Hierarchie des Baumes eine Ebene tiefer. Diese zwei verschiedenen Positionen der Nominalphrasen für Subjekte und Objekte spielen in dieser Arbeit eine größere Rolle. In der deutschen Sprache ist es gut möglich, Sätze zu bilden, die sich nur in Reihenfolge der Nominalphrasen unterscheiden. Der Satz mit der Subjekt-Vor-Objekt-Wortstellung „Der Dekan sieht den Anwalt“ läßt sich auch als Satz mit Objekt-Vor-Subjekt-Wortstellung „Den Anwalt sieht der Dekan“ ausdrücken, die Bedeutung (und auch die Darstellung des Phrasenstrukturbaums) bleibt jedoch dieselbe.



### 5.1.2. Syntaktische Komplexität

In der Linguistik werden traditionellerweise keine Aussagen über die Schwierigkeit von Sätzen gemacht. Bei einer formalen linguistischen Beschreibung ist wichtig, ob ein Satz wohlgeformt ist, das heißt aus den Regeln einer Grammatik abgeleitet werden kann oder nicht. Dies ist eine Frage, auf die man nur mit ja oder nein antworten kann und läßt keine Aussage darüber zu, ob der Satz leicht oder schwer zu verstehen ist. Bei nicht wohlgeformten Sätzen kann man unterscheiden, je nach dem ob grammatikalische Regeln mehr oder wenig schwer verletzt worden sind. Aber nicht alle wohlgeformten Sätze sind gleich schwer oder in gleicher Weise akzeptabel.

*(1) Der Mann, der den Vogel sieht, geht nach Hause.*

*(2) Der Mann, der den Vogel, der auf dem Baum sitzt, sieht, geht nach Hause.*

*(3) Der Mann, der den Vogel, der auf dem Baum, der mit Schnee bedeckt ist, sitzt, sieht, geht nach Hause.*

Dies sind alles Sätze mit eingebetteten Relativsätzen. Während man Satz (1) mit einem einfach eingebetteten Relativsatz noch gut verstehen kann, ist Satz (2) mit Zweifacheinbettung deutlich schwerer zu verstehen. Dreifacheinbettungen (wie bei Satz 3) sind für einen Leser bereits völlig unverständlich.

#### Wie kann man syntaktische Komplexität messen?

Es ist nicht so ohne weiteres möglich, die syntaktische Komplexität von Sätzen zu messen, da es kein allgemein anerkanntes Maß für syntaktische Komplexität gibt. Im Folgenden werden kurz einige Ansätze vorgestellt, wie man syntaktische Komplexität messen könnte. Alle gehen dabei von der Annahme aus, dass syntaktische Komplexität etwas mit der Menge an Struktur in einem Baumdiagramm zu tun hat.

Die Idee von Miller & Chomsky (1963, S.480) besteht darin, die Anzahl der Knoten in einem Strukturbaum durch die Anzahl der Wörter zu teilen. Strukturell komplex ist ein Satz dann, wenn diese Zahl groß ist, wenn er also viele und verzweigte Strukturknoten hat – und gleichzeitig wenig Wörter.

Hawkins (1994) Metrik für Komplexität berechnet für jedes Wort die zu ihm gehörende strukturelle Domäne, die aus Schwesterknoten, Mutterknoten und Tantenknoten besteht. Je mehr Knoten zu der strukturellen Domäne eines Wortes gehören, desto komplexer ist sie.

Frazier (1985) schlug vor, Komplexität lokal zu berechnen und immer drei nebeneinander liegende Wörter zu betrachten, und sich zu überlegen, zu wieviel Strukturknoten sie maximal gehören. Die größte Komplexität einer Drei-Wort-Gruppe bestimmt dann die syntaktische Komplexität des gesamten Satzes.

Frazier & Fodor (1978) entwarfen ein Parsingmodell, das aus zwei Schritten besteht. Sie nannten es „Würstchen-Maschine“ (sausage machine), weil es sprachlichen Input in mehrere Häppchen aufteilt. In einem ersten Schritt der Verarbeitung können maximal sechs Wörter auf einmal in Betracht gezogen werden. Ist die aktuell zu verarbeitende Phrase länger, sollte dies schwierig oder sogar unmöglich sein.

Nicht die absolute Menge an Struktur, sondern grammatikalisch ähnliches Material ist nach Lewis (1996) wegen der durch Ähnlichkeit ausgelösten Interferenz der Grund dafür, dass Sätze schwierig werden. Interferenzeffekte können auftreten, wenn mehrere Konstituenten dieselbe grammatikalische Funktion, etwa denselben Kasus, haben.

Diese Ansätze geben nur eine grobe Einschätzung der syntaktischen Schwierigkeit von Sätzen wieder. Sie sind aber nicht genau genug, um zum Beispiel die in den Experimenten 1, 2 und 5 verwendeten Sätze mit zentraleingebetteten Relativsätzen im Hinblick auf ihre syntaktische Komplexität einzustufen. Das liegt vor allem daran, dass man davon ausgeht, dass sich die syntaktischen Baumdiagramme von Subjekt-Erst-Sätzen und Objekt-Erst-Sätzen nicht unterscheiden. Die Reihenfolge von Subjekt und Objekt ist aber, neben der Manipulation der Position des Relativsatzes, die wichtigste syntaktische Manipulation in den hier vorgestellten Experimenten.

Unstrittig ist jedoch, dass die in Experiment 3 und 4 präsentierten koordinierten Sätze, die aus zwei durch „und“ miteinander verbundenen Hauptsätze bestehen, syntaktisch weniger komplex sind als die Sätze mit den Relativsätzen. Das liegt daran, dass man die zwei Hauptsätze der Reihe nach verarbeiten kann.

### **5.1.3. Syntaktische Komplexität und die Position des eingebetteten Relativsatzes**

Eingebettete Relativsätze, wie sie in dieser Arbeit verwendet wurden, sind ein Lieblingsuntersuchungsgegenstand der psycholinguistischen Forschung, weil sie ein intuitives Beispiel für syntaktisch komplexe Sätze sind.

*(1) Vielleicht hat der Mann, der den Clown gesehen hat, den Anwalt geschlagen.*

*(2) Vielleicht hat der Mann den Anwalt, der den Clown gesehen hat, geschlagen.*

Wie bei allen eingebetteten Relativsätzen kann man die Beispielsätze nur dann verstehen, wenn man sich den ersten Teil des Hauptsatzes merkt, während man den Relativsatz verarbeitet. In Satz (1) bezieht sich der Relativsatz auf das erste Nomen des Hauptsatzes, in Satz (2) bezieht sich der Relativsatz auf das zweite Nomen des Hauptsatzes.

In allen in dieser Arbeit vorgestellten Experimenten mit Relativsätzen – also in Experiment 1, 2 und 3 – waren die Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem zweiten Nomen steht, schwieriger zu verstehen, als die Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen steht.

Eine Erklärung dafür gibt MacWhinney (1987). Seiner Meinung nach ist ein Satz dann schwierig zu verstehen, wenn Nomen vor dem Verb stehen. Diese Nomen sollen dann als ungebundene Elemente im Arbeitsgedächtnis gehalten werden müssen. Das Verb des Hauptsatzes steht bei beiden Beispielsätzen ganz am Schluß. Bei Sätzen, bei denen der Relativsatz nach dem zweiten Nomen des Hauptsatzes steht, befinden sich zeitweise alle drei Nomen vor den Verben. Solche Sätze sollten also noch schwieriger zu verstehen sein als die Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen steht. Dort sind es maximal zwei Nomen, die vor einem Verb kommen.

#### **5.1.4. Syntaktische Komplexität und Wortstellung**

In dieser Arbeit spielt die Variation der Reihenfolge von Subjekt und Objekt eine zentrale Rolle. Obwohl viele Metriken zu Messung von syntaktischer Komplexität nicht vorhersagen können, welche Wortstellung einfacher ist, gibt es doch ein paar Ansätze, die vorhersagen, dass Sätze mit Subjekt-vor-Objekt-Wortstellung leichter zu verstehen sind als Sätze mit Objekt-vor-Subjekt-Reihenfolge.

##### **Metriken für syntaktische Komplexität**

Weil im Deutschen eine Verbalphrase oft viel komplexer ist als eine Nominalphrase (sie kann außer dem Verb noch ein direktes Objekt, ein indirektes Objekt, Adverbialphrasen usw. enthalten), sagt Hawkins (1994) voraus, dass nach seiner Metrik die Subjekt-vor-Objekt-Reihenfolge einfacher sei. Dies ist auch seine Erklärung dafür, dass diese Reihenfolge im Deutschen häufiger vorkommt als die Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung.

Gibson (1998) benutzt ein Maß für syntaktische Komplexität, bei dem es eine Rolle spielt, wie viele syntaktische Kategorien an einer bestimmten Stelle im Satz noch nötig

sind, um den Satz korrekt zu beenden. Wenn ein Satz mit einem Subjekt beginnt, sollte dies laut Gibson (1998) geringere Kosten verursachen, als wenn er mit einem Objekt beginnt. Dies liegt daran, dass Sätze auch ohne Objekt korrekt sein können, ohne Subjekt aber nicht.

### **Perspektive**

Eine weitere Erklärung, wieso die Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung schwieriger sein könnte, sehen MacWhinney & Pléh (1988) in einem Wechsel der Perspektive. Schauen wir uns dazu folgende Beispielsätze an:

*(1) Vielleicht hat der Mann, der den Clown gesehen hat, den Anwalt geschlagen..*

*(2) Vielleicht hat der Mann, den der Clown gesehen hat, den Anwalt geschlagen.*

Wenn man die Sätze Wort für Wort durchgeht, so ist der Mann in beiden Beispielen der Agent des Hauptsatzes. Bei einem Subjekt-Relativsatz (1) ist der Mann auch Agent des Relativsatzes. Im Gegensatz dazu ist bei einem Objekt-Relativsatz (2) der Mann Agent des Hauptsatzes aber Rezipient des Relativsatzes. MacWhinney & Pléh (1988) sehen im Wechsel dieser Perspektive einen Grund dafür, wieso Objekt-Relativsätze schwieriger zu verstehen sind als Subjekt-Relativsätze.

### **Kanonische Reihenfolge**

Auch Gorrell (2000) ist der Meinung, dass die Subjekt-vor-Objekt-Reihenfolge die syntaktisch einfachere Struktur ist. Das menschliche Satzverarbeitungssystem sei so eingerichtet, dass unser Parser immer am liebsten die einfachste Struktur aufbaut, auch ohne an die Gedächtnisbelastung der Menschen zu denken. Die einfachste Struktur sei die, die sich an die allgemeine Konstituentenreihenfolge (im Deutschen: Subjekt-Objekt-Verb) halte.

### **Fehlender Diskursrahmen bei Objekt-Erst-Sätzen?**

Obwohl die meisten Fachleute der Meinung sind, dass Objekt-Erst-Sätze syntaktisch komplexer sind als Subjekt-Erst-Sätze, gibt es auch Alternativerklärungen dafür, wieso Sätze mit Objekt-vor-Subjekt-Reihenfolge besonders schwierig sein könnten. Sätze stehen gewöhnlich in einem größeren diskursiven Kontext. Ein Objekt steht normalerweise nur dann am Beginn eines Satzes, wenn es bereits bekannt ist. Frazier (1999) ist der Meinung, dass man in psycholinguistischen Experimenten möglicherweise einen fiktiven Diskursrahmen aufbauen muss, wenn ein Satz mit einem neuen,

unbekanntes Objekt beginnt. Dies könnte Verarbeitungskosten verursachen und dadurch die längeren Lesezeiten dieser Sätze erklären oder wieso sie schlechter verstanden werden. Im Grunde ist der Einwand von Frazier (1999) ein methodischer, da sie die externe Validität der experimentellen Situation anzweifelt. Die Schwierigkeiten mit der Objekt-Erst-Wortstellung würden also nur in psycholinguistischen Experimenten auftreten und in der „richtigen Welt“ keine Rolle spielen. Doch auch wenn der Einwand für die Wortstellungseffekte am Satzanfang möglicherweise relevant sein könnte, kann dadurch nicht erklärt werden, wieso Subjekt-Relativsätze leichter zu verstehen sind als Objekt-Relativsätze. Eine weitere offene Frage wäre, wieso die älteren Studienteilnehmer mit der Erzeugung des fiktiven Diskursrahmens größere Schwierigkeiten haben sollten als die jungen.

## **5.2. Alterssimulation durch reduzierte Arbeitsgedächtniskapazität**

Die Daten liefern keine eindeutige Antwort auf die Frage, ob eine reduzierte verbale Arbeitsgedächtniskapazität bei älteren Erwachsenen dazu führt, dass sie syntaktisch komplexe Sätze schlechter verstehen können als junge Erwachsene. In Experiment 1 und Experiment 2 wurde versucht, die Abnahme von Arbeitsgedächtniskapazität im Alter an jungen Erwachsenen durch eine zusätzliche Gedächtnisbelastung zu simulieren. Durch die Alterssimulation konnte der allgemeine Altersunterschied beim Verstehen von Sätzen mit komplexer syntaktischer Struktur verringert (Experiment 1) beziehungsweise ganz zum Verschwinden gebracht werden (Experiment 2). Auch der Effekt, der von der Position des Relativsatzes abhängt, hat sich recht gut simulieren lassen. Sätze, bei denen der Relativsatz am zweiten Nomen steht, waren in allen drei Experimenten mit zentraleingebetteten Relativsätzen schwerer zu verstehen als Sätze, bei denen der Relativsatz nach dem ersten Nomen steht. Das Antwortverhalten der älteren Erwachsenen in Bezug auf den Effekt der Position des Relativsatzes waren durch die Alterssimulation erfolgreich simulierbar.

Die Ergebnisse der Alterssimulationen von Experiment 1 und Experiment 2 lassen sich mit der Annahme vereinbaren, dass zumindest die allgemeinen Altersunterschiede und der Effekt der Position des Relativsatzes bei syntaktisch komplexen zentraleingebetteten Relativsätzen durch eine reduzierte Arbeitsgedächtniskapazität der älteren Erwachsenen verursacht werden.

Andererseits fanden wir wiederholt, dass ältere Erwachsene besondere Schwierigkeiten mit solchen Sätzen haben, bei denen das Objekt vor dem Subjekt steht. Diese besonderen Schwierigkeiten zeigten die jungen Studienteilnehmer mit zusätzlicher Gedächtnisbelastung nicht. Die Antwortverhalten der älteren Erwachsenen in Bezug auf den Effekt der Wortstellung konnte durch reduzierte Arbeitsgedächtniskapazität junger Erwachsener nicht simuliert werden. Reduzierte Arbeitsgedächtniskapazität reicht deswegen als Erklärung für die Altersunterschiede bei Sätzen mit Objekt-vor-Subjekt-Reihenfolge wohl nicht aus.

Es sieht es so aus, als wären unabhängig von ihrer allgemeinen syntaktischen Struktur, Sätze mit Objekt-vor-Subjekt-Reihenfolge besonders schwierig für die älteren Erwachsenen. Dafür kann es verschiedene Gründe geben.

### **Nochmals Arbeitsgedächtnis**

Es könnte sein, dass die objektinitialen Sätze unabhängig von der Art der syntaktischen Struktur des Satzes (also ob es ein eingebetteter Satz oder ein koordinierter Satz ist) das Arbeitsgedächtnis beanspruchen. Vielleicht werden beim Verstehen von Objekt-Erst-Sätzen Fähigkeiten benötigt, die in einem separaten syntaktischen Arbeitsgedächtnis lokalisiert sind. Dagegen läßt sich jedoch einwenden, dass die – nicht so richtig plausible – Zusatzannahme gemacht werden muss, dass dieses syntaktische Arbeitsgedächtnis (das sich außerdem in der Leistungsfähigkeit zwischen jungen und älteren Erwachsenen unterscheiden muss) nur bei der Wortstellung benötigt wird, und nicht genauso beim Verarbeiten der syntaktisch komplexen eingebetteten Relativsätzen an sich, beziehungsweise bei den schwierigen Sätzen, bei denen der Relativsatz nach dem zweiten Nomen steht.

### **Geschwindigkeit**

Junge und alte Erwachsene unterscheiden sich in ihrer Verarbeitungsgeschwindigkeit grundlegender kognitiver Prozesse. Kliegl, Fanselow, Junker, Schlesewsky & Oberauer (unveröffentlichtes Manuskript) zeigten, dass eine Alterssimulation durch reduzierte Darbietungszeit für junge Probanden sowohl die allgemeine Antwortgenauigkeit als auch die Schwierigkeiten älterer Erwachsener mit der Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung erfolgreich simulieren kann.

Geschwindigkeit scheint beim Verstehen von syntaktisch komplexen Sätzen eine bedeutende Rolle zu spielen. Die Schwierigkeiten mit objektinitialen Sätzen könnten

also sehr wohl durch ein Geschwindigkeits-Defizit älterer Probanden mit verursacht werden. Die Geschwindigkeit, mit der Informationen verarbeitet werden, könnte ein wichtiger Bestandteil von Satzverarbeitungs-Modellen sein.

### **5.3. Häufigkeit und Übung**

Vielleicht belasten Sätze mit Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung das Arbeitsgedächtnis doch nicht stärker als andere Sätze. Als Alternativerklärung wurde in Betracht gezogen, dass Sätze mit Subjekt-vor-Objekt-Wortstellung allein deswegen schwieriger zu verstehen sein könnten, weil sie in der deutschen Sprache selten vorkommen.

Gewohnheit im Umgang mit der selteneren Wortstellung scheint jedoch für die Erklärung des Wortstellungseffekts keine Rolle zu spielen, zumindest was die Daten von Experiment 5 betrifft. Obwohl ein Teil der Studienteilnehmer während einer Trainingssitzung mit objektinitialen Sätzen konfrontiert worden war, war für sie im Posttest der Wortstellungseffekt nicht geringer geworden. Auch die älteren Erwachsenen hatten weiterhin besondere Schwierigkeiten, wenn ein Satz mit einem Objekt begonnen hat, egal ob sie die Objekt-Erst-Wortstellung zuvor geübt hatten oder nicht.

Es gibt auch noch weitere Befunde, die gegen eine Häufigkeits-Erklärung sprechen: Wie häufig eine bestimmte syntaktische Struktur in einer Sprache vorkommt, muss sich nicht unbedingt darauf auswirken, wie schwierig Sätze mit dieser Struktur sind. So untersuchten Gibson, Schütze & Salomon (1996) Sätze, bei denen Nominalphrasen an verschiedene Stellen im Satz (hoch, mittel, oder niedrig) angebunden waren. Sie fanden keine Korrelationen zwischen der von den Studienteilnehmern eingeschätzten Schwierigkeit der Sätzen und der Häufigkeit, wie oft die Sätze mit der jeweiligen Struktur im geschriebenen Englisch vorkamen.

Menschen bevorzugen bei der Interpretation eines ambigen Satzes nicht immer die häufigste Struktur (Gibson & Schütze 1999). Obwohl sich im Spanischen häufiger Nebensätze auf die zweite Nominalphrase in einer Präposition beziehen, konnten die Studienteilnehmer die präsentierten Sätze schneller lesen, wenn der Nebensatz sich auf die erste Nominalphrase bezog.

## 5.4. Ein eigenes Arbeitsgedächtnis für Syntax?

### **Die Position von Just & Carpenter: Ein verbales Arbeitsgedächtnis**

Just & Carpenter (1992) entwickelten ein Modell des Sprachverstehens, das sie „CC-Reader“ (Capacity Constrained Reader) nannten. Es ist mit einer begrenzten Ressource (Aktivierung) ausgestattet, die auf alle nötigen Schritte des Sprachverstehens-Prozesses aufgeteilt werden muss. Sowohl das Speichern von Informationen als auch die Verarbeitungsprozesse werden aus diesem einen Pool von Aktivierung gespeist. Unterschiede zwischen Menschen in der zur Verfügung stehenden „Aktivierungsenergie“ führen zu Unterschieden in ihrer Arbeitsgedächtniskapazität. Wie gut jemand Sprache verstehen kann, hängt ebenfalls von der verfügbaren Arbeitsgedächtniskapazität ab. In diesem Sinne begrenzt die Arbeitsgedächtniskapazität einer Person ihre Sprachfähigkeiten. Just & Carpenter (1992) bestreiten nicht, dass es grundsätzlich mehrere Arbeitsgedächtnis-Module geben könnte, wie etwa im Modell von Baddeley (1986), bei dem es verschiedene Subsysteme für visuell-räumliche Informationen und für verbale Informationen gibt, aber für den Bereich Sprache postulieren sie ein einziges verbales Arbeitsgedächtnis „am Stück“.

### **Die Position von Caplan & Waters: Ein separates Arbeitsgedächtnis für Syntax**

Im Gegensatz zu dieser Position haben Waters & Caplan (1996a) die Hypothese entwickelt, dass das verbale Arbeitsgedächtnis aus zwei Teilen besteht. Für absolut notwendige „interpretative“ Satzanalyseschritte, etwa die Bestimmung der syntaktischen Beziehungen eines Satzes und die Zuordnung der thematischen Rollen (also wer wem was getan hat), sei ein bestimmter Teil des verbalen Arbeitsgedächtnisses zuständig, für darüber hinaus gehende „postinterpretative“ Verarbeitungsschritte sei ein davon unabhängiger zweiter Teil des verbalen Arbeitsgedächtnisses mit eigenen Ressourcen zuständig. Zum postinterpretativen Bereich gehören Aufgaben, bei denen bewußte, nicht-automatische Schritte gemacht werden, etwa die Suche nach einer bestimmten Information im semantischen Gedächtnis. Ein Beispiel für einen Satz mit vielen Propositionen, der auf postinterpretativer Ebene schwierig ist, geben Caplan & Waters (1999):

*Please pick up four tomatoes, a pound of abricots, prune juice, shallots, six apples, and a bag of carrots on the way home.*



Der Satz ist auf der interpretativen Ebene leicht zu verstehen. Er hat keine schwierige syntaktische Struktur. Will man jedoch wirklich tun, was er aussagt, so muss man sich alle zu kaufenden Gegenstände merken.

### **Die Argumente von Just & Carpenter**

Daneman & Carpenter (1980) entwickelten einen Test zur Messung der verbalen Arbeitsgedächtniskapazität, den Lesespannen-Test. Bei diesem Test muss man Sätze lesen und sich das letzte Wort jedes Satzes merken. Personen mit hoher verbaler Arbeitsgedächtniskapazität sollten mehr Kapazität für das Merken der Wörter übrig haben. So ist die Anzahl der gemerkten Wörter ein Indikator für die verbale Arbeitsgedächtniskapazität. Anhand dieses Tests werden Studienteilnehmer klassischerweise in Gruppen mit hoher und niedriger verbaler Arbeitsgedächtniskapazität eingeteilt.

Menschen mit geringer Lesespannen-Kapazität lesen oft langsamer oder machen mehr Fehler beim Verstehen von Sätzen als Menschen mit hoher Lesespannen-Kapazität. Manchmal sind diese Unterschiede in schwierigen Bedingungen größer als in leichteren. Interagieren die Faktoren Schwierigkeit und Lesespannen-Kapazität, so wird dies von den Vertretern der Theorie des verbalen Arbeitsgedächtnisses gerne als Argument dafür angeführt, dass es sich bei der in der Aufgabe beanspruchten Ressource um eine einzige handelt. Im Folgenden werden eine Reihe solcher Befunde beschrieben.

Just & Carpenter (1992) führten ein Experiment durch, bei dem sie Sätze mit einem zentraleingebetteten Relativsatz präsentierten. Die Relativsätze konnten Subjekt-Relativsätze (leichte Bedingung) oder Objekt-Relativsätze (schwierige Bedingung) sein. Bei Objekt-Relativsätzen waren die Unterschiede in den Wort-für-Wort-Lesezeiten zwischen Probanden mit großer und kleiner Lesespannen-Kapazität besonders hoch.

Just & Carpenter (1992) berichten von einem Experiment, bei dem die Studienteilnehmer Textpassagen lesen mussten, in denen Pronomen vorkamen. Wenn das dazugehörige Nomen bereits einige Sätze zuvor eingeführt worden war, konnten Studienteilnehmer mit hoher Lesespanne besser als Studienteilnehmer mit niedriger Lesespanne verstehen, worauf sich das Pronomen bezog. Auch hier waren die Unterschiede zwischen den zwei Gruppen größer, wenn die Bedingung schwieriger war (mehr Sätze zwischen Nomen und Pronomen).

Just & Carpenter (1992) berichten, dass nur Studienteilnehmer mit hoher Lesespannen-Kapazität bei einem Experiment mit zeitweise ambigen Sätzen die Information nutzen

konnten, ob ein Nomen belebt oder unbelebt war. Auch hier gibt es wieder eine Interaktion der Faktoren Kapazität und Schwierigkeit, auch wenn die Gruppenunterschiede diesmal in der leichteren Bedingung größer sind.

MacDonald, Just & Carpenter (1992) führten ein Lesezeit-Experiment mit zeitweise ambigen Sätzen durch. Die Sätze waren keine echten Holzwegsätze, da sich die häufigere Konstruktion (das Verb war Verb des Hauptsatzes, kein Partizip) als richtig herausstellte. MacDonald et al (1992) interpretierten die längeren Lesezeiten der Probanden mit großer Gedächtnisspanne so, dass nur diese die zweite Interpretationsmöglichkeit des Satzes mit beachtet hätten. Probanden mit kleiner Gedächtnisspanne hätten die mögliche Ambiguität nicht bemerkt, und deswegen hätten sie nur eine Interpretationsstrategie verfolgt, und wären deswegen schneller gewesen als die Probanden mit hoher Gedächtnisspanne.

Friederici (1998) behauptet interessanterweise genau das Gegenteil: In einer Studie, bei der die Gehirnaktivität („event related potentials, ERP) von Probanden beim Lesen von Holzwegsätzen gemessen wurde, fand sie bei Probanden mit großer Lesespanne eine „early Positivity“, ein Zeichen für einen Reanalyse-Prozess. Reanalyse ist dann notwendig, wenn bei der Verarbeitung des Satzes zuerst einmal nur ein Modell aufgebaut wird, sich dieses Modell weiter hinten im Satz dann aber als falsch herausstellt. Probanden mit niedriger Gedächtnisspanne zeigten diese Positivität nicht. Die Autorin erklärt dies damit, dass Probanden mit hoher Lesespanne eine effektive Parsingstrategie verfolgen, die dazu führt, dass sie bei einer ambigen Stelle nur eine Interpretation des Satzes verfolgen. Bei Holzwegsätzen führt diese Strategie aber dazu, dass man auf den Holzweg geführt wird.

Obwohl die Studien von MacDonald, Just et al (1992) und Friederici (1998) sich in der Interpretation ihrer Befunden eher widersprechen, – eine hohe Gedächtnisspanne soll den Aufbau mehrerer Satzrepräsentationen fördern oder aber behindern – so wird doch in beiden Studien ein Zusammenhang zwischen der Arbeitsgedächtniskapazität der jungen Studienteilnehmer und dem Prozess der Satzverarbeitung gesehen.

King & Just (1991) präsentierten jungen Erwachsenen mit hoher oder niedriger Gedächtnisspanne Sätze mit Subjekt-Relativsätzen und Objekt-Relativsätzen. Während die Studienteilnehmer die Sätze lasen, mussten sie sich zusätzlich noch Wörter merken. Es zeigte sich, dass die Studienteilnehmer mit großer Lesespannen-Kapazität mehr Sätze richtig verstanden haben als die Studienteilnehmer mit geringer Lesespannen-

Kapazität. Zusätzliche Gedächtnisbelastung führte zu einer Reduzierung der Antwortgenauigkeit, außer für Studienteilnehmer mit hoher Lesespannen-Kapazität bei Subjekt-Relativsätzen. Die Autoren schließen aus den Ergebnissen, dass die Gedächtnisbelastung und das Verstehen der Sätze miteinander interferierten. Dies werten sie als einen Hinweis darauf, dass das Merken von Wörtern und das Lesen von Sätzen sich dieselbe Ressource, das verbale Arbeitsgedächtnis, teilen.

Auch Gordon, Hendrick & Levine (2002) stützen die Position des einen Arbeitsgedächtnisses für Sprache. In einer Studie mit Subjekt- und Objekt-Relativsätzen und zusätzlicher Gedächtnisbelastung fanden sie, dass die Probanden mehr Fehler beim Beantworten einer Verständnisfrage machten, wenn der präsentierte Satz ein Objekt-Relativsatz gewesen war. Waren die zu merkenden Wörter für die Gedächtnisbelastung ähnlich wie in den Stimulussätzen, so war die Verstehensleistung schlechter. Zusätzlich war dann der Unterschied zwischen Subjekt-Relativsätzen und Objekt-Relativsätzen besonders groß. Diese Komplexitäts-mal-Ähnlichkeits-Interaktion interpretieren Gordon, Hendrick et al. (2002) als Zeichen dafür, dass beim Verarbeiten des Satzes und beim Merken der Zahlen auf dieselben Ressourcen zugegriffen wird. Dies wäre nicht der Fall, falls es ein eigenes Arbeitsgedächtnis für Syntax gäbe.

Trotz dieser Reihe von Studien, die alle zu ähnlichen Schlüssen kommen, ist diese Vorgehensweise der Suche nach Interaktionen oder nach dem Fehlen der Interaktionen durchaus problematisch. Es ist fraglich, ob man durch das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Interaktionen tatsächlich etwas über die dabei beteiligten Ressourcenpools sagen kann. Ressourcentheorien sind praktisch nicht zu falsifizieren, wenn es keine Theorie gibt, wie sich die reduzierte Kapazität auf die vielen Prozesse auswirkt, die von dieser Ressource gespeist werden (siehe auch Christiansen & MacDonald 1999). Außerdem sind Interaktionen schwierig zu interpretieren, wenn auch schon in den einfacheren Bedingungen Unterschiede zwischen Gruppen auftreten.

### **Die Argumente von Waters & Caplan**

Waters & Caplan (1996a) kritisieren die gesamte Vorgehensweise und Argumentation von Just & Carpenter (1992). Sie finden meistens keine Unterschiede zwischen Studienteilnehmern mit hoher und niedriger Lesespannen-Kapazität. Wenn sie doch Unterschiede finden, führen sie diese auf Aufgabeninhalte zurück, die „post-interpretativ“ verarbeitet werden. Waters & Caplan (1996a; Caplan & Waters 1999) haben, zumeist ohne Erfolg, versucht, die von Just & Carpenter (1992) beschriebenen

Kapazität-mal-Schwierigkeits-Interaktionen zu replizieren. Welche Auswirkungen hohe oder niedrige Gedächtnisspanne der Teilnehmer eines Experiments, die syntaktische Komplexität von Sätzen oder eine Zusatzaufgabe auf die Leistung in einer Satzverstehensaufgabe haben, kommt laut Waters & Caplan (1996a) darauf an, welcher der von ihnen postulierten zwei Teile des verbalen Arbeitsgedächtnisses bei der Bestimmung der Gedächtnisspanne gemessen wird, ob die Manipulation der syntaktischen Komplexität interpretative Prozesse oder auch postinterpretative Prozesse involvierte, oder welchen der von ihnen unterschiedenen zwei Bereichen des verbalen Arbeitsgedächtnisses die Zusatzaufgabe belastet. Dazu siehe aber auch die Antwort von Just & Carpenter (1996), die diese Kritik nicht akzeptieren und nun ihrerseits Waters & Caplan (1996a) eine falsche Interpretation der Daten vorwerfen.

Waters, Caplan & Rochon (1995) berichten von Versuchen mit Patienten, die in einem frühen Stadium an der Alzheimer-Krankheit litten. Eine zusätzliche Gedächtnisbelastung durch das Merken von Zahlen führte bei den Patienten nicht dazu, dass ihre Leistung bei syntaktisch komplizierten Sätzen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe und syntaktisch einfacheren Sätzen besonders schlecht wurde. Aus der Abwesenheit der Interaktion von Belastung, Komplexität und Gruppe schließen sie, dass die allgemeine verbale Arbeitsgedächtniskapazität und die Verarbeitung von syntaktischer Information durch verschiedene Ressourcen gespeist werden.

Caplan & Waters (1996) berichten, dass es für Patienten, die an einer Aphasie litten, keinen Unterschied machte, ob sie die Aufgabe, die darin bestand einen Satz und ein Bild zu paaren, mit zusätzlicher Gedächtnisbelastung ausführten oder nicht. Die gefundenen syntaktischen Komplexitätseffekte wurden durch die Gedächtnisbelastung nicht größer. Daraus schließen die Autoren, dass die Gedächtnisbelastung nicht in dem Arbeitsgedächtnissystem verarbeitet wird, das man für syntaktische Aufgaben braucht.

Caplan & Waters (1999) kritisieren insbesondere den Lesespannen-Test. Er sei ein schlechtes Maß für verbale Arbeitsgedächtniskapazität. So fanden sie bei einer Gruppe älterer Studienteilnehmer nur mäßige bis geringe Korrelationen zwischen dem Lesespannen-Test und anderen Arbeitsgedächtnisaufgaben. Außerdem fanden sie nicht, dass die Studienteilnehmer mit niedriger Gedächtnisspanne an schwierigen Stellen mehr Zeit zum Verarbeiten der Informationen gebraucht hätten als Studienteilnehmer mit hoher Gedächtnisspanne. Caplan & Waters (1999) sind der Meinung, dass Arbeitsgedächtnisunterschiede, wie man sie im Lesespannen-Test findet, keine Bedeutung bei der

syntaktischen Verarbeitung haben, weil es ein eigenes, vom allgemeinen Arbeitsgedächtnis unabhängiges, syntaktisches Arbeitsgedächtnis gibt.

Allerdings hat auch die Argumentation von Caplan & Waters ihre schwachen Punkte: Es ist grundsätzlich problematisch, das Fehlen eines Effektes (wie der Kapazitäts-mal-Schwierigkeits-Interaktion) als Beleg für eine Hypothese zu werten. Vor allem, wenn man bedenkt, dass die häufig verwendete Methode des Aufteilens der Studienteilnehmer in Gruppen mit hoher und niedriger Lesespannen-Kapazität zu einer geringen statistischen Power geführt hat (Miyake, Emerson & Friedman 1999). Außerdem: Falls der Lesespannen-Test wirklich ein schlechtes und unreliales Maß für verbale Arbeitsgedächtniskapazität ist, kann man natürlich auch nicht erwarten, dass sich Unterschiede in der Lesespannen-Kapazität auf Aufgaben auswirken, bei denen man verbale Arbeitsgedächtniskapazität braucht. So entkräftet das eine Argument „Der Lesespannen-Test ist nicht reliabel“ ein Stück weit das andere („Kapazitäts-mal-Schwierigkeits-Interaktionen wurden nicht gefunden“).

### **Was sagen die Daten dieser Arbeit dazu?**

Die Ergebnisse der beiden Experimente zur Alterssimulation durch zusätzliche Gedächtnisbelastung sind nur zum Teil mit einem Modell von generellen Altersunterschieden, wie dem von Just und Carpenter (1992) vereinbar. Während die Alterssimulation durch künstlich reduzierte Arbeitsgedächtniskapazität beim Effekt der Position des Relativsatzes gut funktioniert hat, lassen sich die besonderen Probleme älterer Erwachsener mit der Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung wohl nicht allein durch ihre geringere Arbeitsgedächtniskapazität erklären. Jedenfalls nicht, wenn man von einem Modell des verbalen Arbeitsgedächtnisses mit einer einzigen begrenzten Ressource, wie dem von Just & Carpenter (Just & Carpenter 1992; Just, Carpenter et al. 1996) ausgeht.

Auch nicht einfach ist es, die Daten zur Alterssimulation mit der Theorie von Caplan & Waters (1999) zu vereinbaren. Die Autoren wären wohl der Meinung, dass die Arbeitsgedächtnisbelastung durch die Zahlen-Merkaufgabe nicht denjenigen Teil des verbalen Arbeitsgedächtnisses belastet hat, der für die interpretative Verarbeitung von Syntax gebraucht wird. Die Zusatzaufgabe sollte post-interpretative Prozesse stören. Wegen der Arbeitsgedächtnisbelastung würden die jungen Probanden in allen syntaktischen Bedingungen in gleicher Weise beeinträchtigt. Eine Alterssimulation würde nicht erfolgreich sein. In Bezug auf den syntaktischen Faktor „Position des Relativsatzes“ hat die Alterssimulation aber gut funktioniert.

## **5.5. Offen bleibende Fragen**

In den hier vorgestellten Experimenten wurde ein Offline Maß (Satzverständnis) verwendet. Vielleicht wären bei Online Maßen (z.B. Lesezeiten) andere Ergebnisse herausgekommen? Was würde in einem self-paced-reading Experiment passieren, also wenn die Studienteilnehmer selbst bestimmen können, wie schnell die Wörter präsentiert werden? Wenn alte und junge Probanden im jeweils angenehmen Tempo lesen, sollten dann die Altersunterschiede beim Beantworten der Verständnisfragen verschwinden?

Ein weiteres interessantes Ergebnis in der hier vorliegenden Arbeit ist, dass die Wortstellung im nicht abgefragten Satz in keinem der Experimente Auswirkungen auf die Antwortgenauigkeit hatte. Beim Lesen wissen die Studienteilnehmer jedoch noch nicht, wie die Frage lauten wird. Es ist also nicht so, dass es grundsätzlich schwieriger ist, objektinitiale Sätze zu verarbeiten. Dies spricht dafür, dass bei unseren Aufgaben doch post-interpretatives Verarbeiten nach Caplan & Waters nötig war.

### **5.5.1. Kohorteneffekte?**

Bei den hier vorgestellten Experimenten wurden Gruppen von jungen und älteren Erwachsenen verglichen. Dadurch können keine wirklichen Altersveränderungen, sondern nur Altersunterschiede getestet werden. Junge und alte Erwachsene unterscheiden sich aber noch in mehr Bereichen als nur in ihrer Arbeitsgedächtnis-Kapazität. Deswegen muss man überlegen, ob die Altersunterschiede nicht auch dadurch verursacht worden sein könnten, dass die älteren Studienteilnehmer, die alle vor Beginn des zweiten Weltkrieges geboren wurden, unter anderen historischen und sozialen Bedingungen aufgewachsen sind als die jüngeren Probanden. Einen Kohorteneffekt kann man bei Studien mit Querschnittsdesign nie mit endgültiger Sicherheit ausschließen. Andererseits kann man sich schwer Aufgaben vorstellen, bei denen die soziale oder geschichtliche Sozialisation der Teilnehmer eine noch geringere Rolle spielen würde als bei den in dieser Arbeit präsentierten Experimenten.

### **5.5.2. Ein anderes Training?**

Es wäre sehr interessant, in einer weiteren Studie zu versuchen, doch einen Trainingseffekt der Objekt-vor-Subjekt-Reihenfolge zu bekommen. Dann wäre es natürlich spannend zu sehen, wie stabil dieser ist, das heißt, wie lange er anhält. Danach könnte

man die eigentliche Frage der Trainingsstudie wieder aufnehmen: Profitieren junge und alte Menschen in unterschiedlicher Weise vom Training? Sind die besonderen Schwierigkeiten alter Menschen mit der Objekt-vor-Subjekt-Reihenfolge doch zum Teil durch ihre größere Erfahrung mit der deutschen Sprache erklärbar?

### **5.5.3. Eine andere Zusatzaufgabe?**

Das Merken einer Reihe von Zahlen ist eine in der Literatur häufig verwendete Zusatzaufgabe. Sie wurde zum Beispiel auch von Baddeley (1986) benutzt, der fand, dass das Merken und Nachsprechen einer Reihe von Zahlen erstaunlich wenig negative Auswirkung auf die Leistung von Probanden bei Lern- und Gedächtnisaufgaben hatte. Dies lieferte eines seiner wichtigsten Argumente für sein Arbeitsgedächtnismodell mit mehreren Subsystemen, beziehungsweise für die Existenz der artikulatorischen Schleife. Beim Verstehen von Sprache werden, zumindest bei schwierigen und seltenen Sätzen, die in der artikulatorischen Schleife für kurze Zeit gespeicherten phonologischen Repräsentationen genutzt (Gathercole & Baddeley 1993). Für das eigentliche Verarbeiten der syntaktischen Struktur von Sätzen sollte aber nach dem Baddeleyschen Modell die Zentrale Exekutive zuständig sein, also ein zentraler Teil des Arbeitsgedächtnisses und kein Untersystem.

Die Experimente zur Alterssimulation haben ein Problem, Baltes & Goulet (1971) nennen es die Frage der „Isomorphie“ zwischen simulierten und tatsächlichen Veränderungen. Hat die Zusatzaufgabe tatsächlich die Arbeitsgedächtniskapazität der jungen Studienteilnehmer reduziert? Hätte man mit einer anderen Zusatzaufgabe vielleicht dieselben guten oder schlechten Simulationsergebnisse erreichen können? Da man Altersunterschiede hauptsächlich mit den exekutiven Funktionen in Verbindung bringt, ist es bei der Alterssimulation ein zentraler Punkt, dass auch diese mit einer Zusatzaufgabe belasten werden. Das Merken einer Reihe von Zahlen kann jedoch in der artikulatorischen Schleife geschehen, die durch ihren Rehearsal-Mechanismus die Zahlen aktiv hält. Diesen Standpunkt vertreten z.B. auch Miyake, Emerson, & Friedman (1999). Ihrer Meinung nach ist das Merken von Zahlen keine geeignete Zusatzaufgabe, um die Kapazität der zentralen Exekutive zu belasten. Bei den hier verwendeten Aufgaben wurden die Zahlen jedoch wahrscheinlich nicht dadurch gemerkt, dass sie ununterbrochen vor sich hergesagt worden wären. Dies wäre eine schlechte Strategie auf Kosten der Primäraufgabe, also des Satzverstehens, gewesen. Es ist bekannt, dass

Rehearsal durch einfache Formen der artikulatorischen Unterdrückung verhindert werden kann, zum Beispiel, indem man ständig ein Wort wiederholt (z.B. Baddeley 1986). Das Lesen und Verstehen der schwierigen Sätze ist jedoch eine weit anspruchsvollere Aufgabe und sollte den Einsatz des Rehearsal-Mechanismus beim Merken der Zahlen verhindert haben.

Obwohl der genaue Mechanismus nicht bekannt ist, wie die Arbeitsgedächtnisbelastung gewirkt hat, so hat die Zusatzaufgabe wohl eher einen Speicherteil als einen Verarbeitungsteil des Arbeitsgedächtnisses belastet. Deswegen wäre eine andere Art der Alterssimulation interessant, bei der eine Zusatzaufgabe nicht den Speicherteil sondern den Verarbeitungsteil des Arbeitsgedächtnisses von jungen Probanden belasten würde. Ebenso wäre eine Zusatzaufgabe aus dem nicht sprachlichen Bereich interessant, also eine Aufgabe, bei der die phonologische Schleife nicht beteiligt ist, die aber trotzdem das Arbeitsgedächtnis belastet.

#### **5.5.4. Funktioniert Parsing seriell oder parallel?**

Es gibt eine Diskussion darüber, ob der menschliche Satzverarbeitungsmechanismus (Parser) eher seriell oder parallel vorgeht. Egal wie der Parser arbeitet, es müssen Informationen gleichzeitig gespeichert und verarbeitet werden. Nimmt man an, dass dabei das Arbeitsgedächtnis beteiligt ist, so lassen sich je nach Arbeitsgedächtniskapazität der Studienteilnehmer unterschiedliche Vorhersagen machen.

Frazier (1987) beschreibt ein serielles Modell der Satzverarbeitung, bei dem in einem ersten Versuch nur an einer Interpretationsmöglichkeit des Satzes gearbeitet wird. Jedes Wort würde sofort in ein hypothetisches Syntaxbäumchen eingebaut, und wenn ein Hinweis käme, dass das postulierte Bäumchen so nicht richtig ist, müßte der Parser die kritische Stelle identifizieren und einen neuen Versuch starten. Dies ist aber nur dann möglich, wenn die ursprünglichen Wörter noch im Gedächtnis präsent sind.

Eine alternative Position vertritt z.B. Gibson (1998). Er postuliert, dass die Satzverarbeitungsprozesse parallel erfolgen, so dass während der Satz Wort für Wort gehört oder gelesen wird, ständig mehrere Interpretationsmöglichkeiten verfolgt werden. Wenn sich das favorisierte Bäumchen als falsch herausstellte, stünde ein alternatives Bäumchen bereit, das einspringen könnte. Wenn der Parser parallel vorgehen würde, könnte er mehrere mögliche Syntaxbäumchen aufbauen. Diese müssten allerdings irgendwo gespeichert und laufend aktualisiert werden.



Um zwischen den Ansätzen, ob Parsing seriell oder parallel stattfindet, zu unterscheiden, werden Lesezeiten oder andere Online Maße erhoben. Man untersucht lokal ambige Sätze. Die Idee ist, dass bei einem seriellen Parser an der ambiguerenden Stelle keine erhöhten Lesezeiten auftreten sollten, weil nur ein einziges Modell aufgebaut wird.

Andererseits sollte ein parallel vorgehender Satzverarbeitungsmechanismus weniger stark auf den Holzweg geführt werden als ein seriell arbeitender. An der disambiguerenden Stelle sollten geringe Reanalyse-Kosten, also keine stark verlängerten Lesezeiten auftreten.

In den in dieser Arbeit vorgestellten Experimenten wurde mit Satzverständnis ein Offline Maß erhoben, es wurde auch keine ambigen Sätze verwendet. Deswegen läßt sich zur Debatte, ob das Verarbeiten der syntaktischen Information eines Satzes seriell oder parallel funktioniert, in dieser Arbeit auch nichts beitragen. Aber wenn man der Meinung ist, dass man das Arbeitsgedächtnis zum Verarbeiten von Syntax braucht, dann ergeben sich je nach Arbeitsgedächtniskapazität der Studienteilnehmer verschiedene Vorhersagen. Betrachten wir einmal die Hypothese des parallelen Parsens: Menschen mit hoher Arbeitsgedächtniskapazität könnten möglicherweise mehrere Repräsentationen der syntaktischen Struktur eines Satzes parallel aufbauen. Dadurch sollten Reanalyse-Effekte geringer sein als bei Menschen mit niedriger Arbeitsgedächtniskapazität. Gleichzeitig sollten an der ambiguerenden Stelle im Gegenzug höhere Lesezeiten beobachtet werden. Experimente mit jungen und alten Erwachsenen sollten ähnliche Daten wie Experimente mit Studienteilnehmer mit hoher und niedriger Arbeitsgedächtniskapazität ergeben.

## **5.6. Fazit**

### **5.6.1. Gehört Sprachverstehen eher zum Bereich fluider oder kristalliner Intelligenz?**

Eine Möglichkeit, kognitive Prozesse zu erforschen, besteht darin, dass man nach Bedingungen sucht, in denen Altersunterschiede verschieden groß sind. Lassen sich Bereiche identifizieren, die in unterschiedlichem Ausmaß durch das Altern beeinträchtigt werden, kann dies dazu führen, dass man zur funktionellen Unterscheidung verschiedener Prozesse kommt. So gab es zum Beispiel von Horn & Cattell (1967) den

Vorschlag, Intelligenz in die zwei Bereiche kristalline und fluide Intelligenz zu unterscheiden. Der Befund, dass diese zwei Inhaltsbereiche unterschiedliche Altersverläufe haben, ist ein weiteres Argument dafür, dass man diese beiden Aspekte der Intelligenz tatsächlich unterscheiden kann (Baltes 1993). Fluide Intelligenz bezieht sich auf grundlegende Informationsverarbeitungsprozesse und wird mit einfachen Aufgaben gemessen, bei denen es hauptsächlich auf Geschwindigkeit ankommt. Die Leistung in diesem Bereich, der auch Mechanik der Intelligenz genannt wird, nimmt ab dem frühen Erwachsenenalter, ab 25 Jahren, kontinuierlich ab. In den zweiten Bereich, den der kristallinen Intelligenz beziehungsweise der Pragmatik der Intelligenz fallen allgemeines kulturelles Wissen und Expertise. Diese Fähigkeiten nehmen über das ganze Leben hinweg (langsam) zu. Gesetzt den Fall, man weiß über Altersverläufe gut Bescheid, wie etwa bei den zwei Bereichen der Intelligenz, so kann man die Größe von Altersunterschieden in einer Aufgabe als Indikator dafür nehmen, ob sie aus dem fluiden oder kristallinen Bereich stammt und dadurch auf die Art der involvierten Prozesse schließen.

Die hier vorliegenden Ergebnisse mit den deutlichen Altersunterschieden bei Sätzen mit komplexer syntaktischer Struktur zeigen meiner Meinung nach, dass beim Verstehen dieser Sätze auch Prozesse aus dem fluiden Intelligenzbereich beteiligt sind. Dies gilt für die syntaktisch komplexen zentraleingebetteten Relativsätze, insbesondere aber für Sätze mit Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung.

### **5.6.2. Generelle und spezifische Altersunterschiede**

Es wird aus den in dieser Arbeit vorgestellten Experimenten nicht deutlich, ob die Altersunterschiede beim Verstehen von syntaktisch komplexen Sätzen durch Unterschiede in einer generellen kognitiven Ressource wie z.B. Arbeitsgedächtniskapazität verursacht werden, oder ob es spezifische Defizite älterer Menschen im Bereich Sprache gibt. Die Ergebnisse der Experimente zur Alterssimulation legen nahe, dass man zwischen syntaktischer Komplexität wie sie einerseits durch die Variation der Position des Relativsatzes und andererseits durch die Variation der Wortstellung verursacht wird, unterscheiden sollte.

Reduziert man künstlich die Arbeitsgedächtniskapazität junger Erwachsener, so zeigen diese beim Verstehen von zentraleingebetteten Relativsätzen ähnliche Ergebnisse wie ältere Erwachsene, zumindest was das Muster von leichten und schwierigen Sätzen in

Bezug auf die Position des Relativsatzes betrifft. Nach diesen Ergebnissen könnte man also durchaus von einem generellen Altersunterschied ausgehen.

Jedoch haben sich trotz reduzierter Arbeitsgedächtniskapazität die jungen Erwachsenen bei Sätzen, die mit einem Objekt beginnen, nicht wie ältere Erwachsene verhalten. Bei Sätzen mit Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung waren die jungen Erwachsenen trotz der zusätzlichen Gedächtnisbelastung besser als die Vergleichsgruppe älterer Erwachsener. Die spezifischen Defizite der älteren Erwachsenen in Bezug auf den Wortstellungseffekt haben sich als sehr stabil erwiesen. Auch bei syntaktisch einfachen Sätzen hatten die älteren Erwachsenen besondere Schwierigkeiten mit der Objekt-Erst-Wortstellung, obwohl die Altersunterschiede sonst sehr gering waren.

Ältere Erwachsene unterscheiden sich, außer durch eine reduzierte allgemeine Arbeitsgedächtniskapazität, noch in mindestens einem weiteren wichtigen Punkt von den jungen Erwachsenen, wenn es um das Verstehen von Sätzen mit Objekt-vor-Subjekt-Wortstellung geht. Es scheint nicht die längere Erfahrung der älteren Erwachsenen mit der im Deutschen verbreiteten Wortstellung zu sein. Zumindest geben die Daten aus dem Training von Objekt-Erst-Sätzen keinen Hinweis darauf, dass Übung mit solchen Sätzen am Wortstellungseffekt etwas ändern könnte.

Wahrscheinlicher scheint da die Annahme, dass ältere Erwachsene beim Verstehen von Objekt-Erst-Sätzen durch eine Abnahme ihrer allgemeinen Informations-Verarbeitungsgeschwindigkeit benachteiligt sind.

## Literatur

- Baddeley, A. (1986). Working memory. Oxford, England, Clarendon Press.
- Baltes, M. M., Horn, S., Barton, E., Orzech, M., & Lago, D. (1973). On the social ecology of dependence and independence in elderly nursing home residents. The Journal of Gerontology **38**: 556-564.
- Baltes, M. M., Neumann, E. M., & Zank, S. (1994). Maintenance and rehabilitation of independence in old age: An intervention program for staff. Psychology and Aging **9**: 179-188.
- Baltes, P. B. (1993). The aging mind: Potential and limits. Gerontologist **33**: 580-594.
- Baltes, P. B., & Goulet, L. R. (1971). Exploration of developmental variables by manipulation and simulation of age differences in behavior. Human Development **14**: 149-170.
- Birren, J. E. (1970). Toward an experimental psychology of aging. American Psychologist **25**: 124-135.
- Borsley, R. D. (1997). Syntax- Theorie. Ein zusammengefaßter Zugang. Tübingen, Max Niemeyer.
- Caplan, D., & Walters, G. S. (1996). Syntactic processing in sentence comprehension under dual-task conditions in aphasic patients. Language and Cognitive Processes **11**(5): 525-551.
- Caplan, D., & Waters, G. (1995). Aphasic disorders of syntactic comprehension and working memory capacity. cognitive neuropsychology **12**(6): 637-649.
- Caplan, D., & Waters, G. (2002). Working memory and connectionist models of parsing: A reply to MacDonald and Christiansen (2002). Psychological Review **109**(1): 66-74.
- Caplan, D., & Waters, G. S. (1990). Short-term memory and language comprehension: A critical review of the neuropsychological literature. Neuropsychological impairments of short-term memory. G. Vallar & T. Shallice. Cambridge, University Press.
- Caplan, D., & Waters, G. S. (1999). Verbal working memory and sentence comprehension. Behavioral and Brain Sciences **22**: 77-126.
- Cerella, J. (1990). Aging and information processing rate. Handbook of the psychology of aging. J. E. Birren & K. W. Schaie. San Diego, CA, Academic Press: 201-221.
- Christiansen, M. H., & MacDonald, M. C. (1999). Fractionated working memory: Even in pebbles, it's still a soup stone. Commentary to Caplan & Waters. Behaviour and Brain Sciences **22**(1): 97-89.
- Cohen, J. D., MacWhinney, B., Flatt, M., & Provost, J. (1993). PsyScope: A new graphic interactive environment for designing psychology experiments. Behavioral Research Methods & Computers **25**: 257-271.
- Cuetos, F., & Mitchell, D. C. (1988). Cross-linguistic differences in parsing: restrictions on the use of the late closure strategy in Spanish. Cognition **30**: 73-105.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior **19**: 450-466.

- Davis, G. A., & Ball, H. E. (1989). Effects of age on comprehension of complex sentences in adulthood. Journal of Speech and Hearing Research **32**: 143-150.
- Ericsson, K. A., & Delaney, P. F. (1999). Long-Term working memory as an alternative to capacity models of working memory in everyday skilled performance. Models of working memory. A. Myake & P. Shah. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Feier, C. D., & Gerstmann, L. J. (1980). Sentence comprehension abilities throughout the adult life span. Journal of Gerontology **35**: 722-728.
- Frazier, L. (1985). Syntactic complexity. Natural language parsing. D. Dowty, L. Karttunen & H. Zwicky. Cambridge, Cambridge University Press.
- Frazier, L. (1987). Sentence processing: A tutorial review. Attention and performance XII: The psychology of reading. M. Coltheart. Hove, UK, Lawrence Erlbaum Associates Ltd.: 559-586.
- Frazier, L. (1999). Parsing and memory. Constraints on language: aging, memory, and grammar. R. Kliegl & S. Kemper. Boston/Dordrecht/London, Kluwer Academic Publishers: 203-224.
- Frazier, L., & Fodor, J. D. (1978). The sausage machine: A new two-stage parsing model. Cognition **6**: 291-325.
- Friederici, A. D. (1998).
- Friederici, A. D. (1999). The Neurobiology of Language Comprehension. Language Comprehension: A Biological Perspective. A. D. Friederici. Berlin, Springer: 265-304.
- Friederici, A. D., Hahne, A., & Mecklinger, A. (1996). Temporal structure of syntactic parsing: Early and late event-related brain potential effect. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition **22**: 1219-1248.
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1993). Working memory and language. Hove, Lawrence Erlbaum Associates.
- Gibson, E. (1998). Linguistic complexity: locality of syntactic dependencies. Cognition(68): 1-76.
- Gibson, E., & Schütze, C. T. (1999). Disambiguation preferences in noun phrase conjunction do not mirror corpus frequency. Journal of Memory and Language **40**: 263-279.
- Gibson, E., Schütze, C. T., & Salomon, A. (1996). The relationship between the frequency and the processing complexity of linguistic structure. Journal of Psycholinguistic Research **25**(1): 59-92.
- Gick, M. L., Craik, F. I. M., & Morris, R. G. (1988). Task complexity and age differences in working memory. Memory & Cognition **16**(4): 353-361.
- Gordon, P. C., Hendrick, R., & Levine, W. H. (2002). Memory-load interference in syntactic processing. Psychological Science **13**(5).
- Gorrell, P. (2000). The subject-before-object preference in German clauses. German Sentence Processing. B. H. L. Konieszny. Dordrecht, Kluwer: 25-63.
- Grewendorf, G. (1988). Aspekte der deutschen Syntax: Eine Rektions-Bindungs-Analyse. Tübingen, Narr.
- Hale, S., & Myerson, J. (1996). Experimental evidence for differential slowing in the lexical and nonlexical domains. Aging, Neuropsychology, and Cognition **3**: 154-165.
- Hasher, L., Stoltzfus, E. R., Zacks, R. T., & Rympa, B. (1991). Age and inhibition. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition **17**: 163-169.

- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. The psychology of learning and motivation. G. Bower. San Diego, CA, Academic Press. **22**: 193-225.
- Hawkins, J. A. (1994). A performance theory of order and constituency. Cambridge, University Press.
- Hemforth, B. (1993). Kognitives Parsing: Repräsentation und Verarbeitung sprachlichen Wissens. Sankt Augustin, Infix.
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1967). Age differences in fluid and crystallized intelligence. Acta Psychologica **26**: 107-129.
- Jenkins, L., Myerson, J., Joerding, J. A., & Hale, S. (2000). Converging evidence that visuospatial cognition is more age-sensitive than verbal cognition. Psychology and Aging **15**(1): 157-175.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. Psychological Review **99**(1): 122-149.
- Just, M. A., Carpenter, P. A., & Keller, T. A. (1996). The capacity theory of comprehension: New frontiers of evidence and arguments. Psychological Review **103**(4): 773-780.
- Kemper, S. (1986). Imitation of complex syntactic constructions by elderly adults. Applied Psycholinguistics **7**: 277-288.
- Kemper, S. (1987). Life-span changes in syntactic complexity. Journal of Gerontology **42**: 323-328.
- Kemper, S. (1992). Language and aging. The handbook of cognitive aging. F. I. M. Craik & T. A. Salthouse. Hillsdale, NJ, Erlbaum: 213-270.
- Kemper, S., & Kemtes, K. (1999). Limitations on syntactic processing. Constraints on language: Aging, grammar, and memory. S. Kemper & R. Kliegl. Boston, Kluwer: 79-106.
- Kemper, S., Kynette, D., Rash, S., Spratt, R., & O'Brian, K. (1989). Life-span changes to adults' language: Effects of memory and genre. Applied Psycholinguistics **10**: 49-66.
- Kemtes, K. A., & Kemper, S. (1997). Younger and older adults' on-line processing of syntactic ambiguities. Psychology and Aging **12**: 362-371.
- King, J., & Just, M. A. (1991). Individual differences in syntactic processing: The role of working memory. Journal of Memory and Language **30**: 580-602.
- Kintsch, W., & Van Dijk, T. A. (1978). Toward a Model of Text Comprehension and Production. Psychological Review **85**(5): 363-394.
- Kliegl, R., Fanselow, G., Junker, M., Schlesewsky, M., & Oberauer, K. (unveröffentlichtes Manuskript). Age simulation of syntactic complexity effects by control of reading time.
- Kliegl, R., Mayr, U., Junker, M., & Fanselow, G. (1999). Testing age invariance in language processes. Constraints on language: aging, grammar, and memory. S. Kemper & R. Kliegl. Boston/Dordrecht/London, Kluwer Academic Publishers: 137-168.
- Kliegl, R., Smith, J., & Baltes, P. B. (1989). Testing-the limits and the study of adult differences in cognitive plasticity of a mnemonic skill. Developmental Psychology **25**: 247-256.
- Kruse, A., Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1993). Logitudinal research on human aging: The power of combining real-time, microgenetic, and simulation approaches. Logitudinal research on individual development. D. M. P. Casaer. New York, Cambridge University Press: 153-193.

- Lewis, R. L. (1996). Interference in short-term memory: The magical number two (or three) in sentence processing. Journal of Psycholinguistic Research **25**(1): 93-115.
- Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1995). Testing-the-limits and experimental simulation: Two methods to explicate the role of learning in development. Human Development **38**: 349-360.
- Lindenberger, U., Scherer, H., & Baltes, P. B. (2001). The strong connection between sensory and cognitive performance in old age: Not due to sensory acuity reductions operating during cognitive assessment. Psychology and Aging **16**(2): 196-205.
- Loftus, G. R., Truax, P. E., & Nelson, W. W. (1986). Age-related differences in visual information processing: qualitative or quantitative? Cognitive functioning and social structure over the life course. C. Schooler & W. Schaie. Norwood, NJ, Ablex: 59-77.
- MacDonald, M. C., & Christiansen, M. H. (2002). Reassessing working memory: Comment on Just and Carpenter (1992) and Waters and Caplan (1996). Psychological Review **109**(1): 35-54.
- MacDonald, M. C., Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). Working memory constraints on the processing of syntactic ambiguity. Cognitive Psychology **24**: 56-98.
- MacWhinney, B. (1987). The Competition Model. Mechanisms of language acquisition. B. MacWhinney. Hillsdale, N.J., Lawrence Erlbaum.
- MacWhinney, B., Bates, E., & Kliegl, R. (1984). Cue validity and sentence interpretation in English, German, and Italian. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior **23**: 127-150.
- MacWhinney, B., & Pléh, C. (1988). The processing of restrictive relative clauses in Hungarian. Cognition **29**: 95-141.
- Marcus, M. (1980). A theory of syntactic recognition. Cambridge, Mass, MIT-Press.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. Psychological Review **63**: 81-97.
- Miller, G. A., & Chomsky, N. (1963). Finitary Models of Language Users. Handbook of Mathematical Psychology. D. R. Luce, R. R. Bush & E. Galanter. New York, Wiley. **2**: 419-491.
- Miyake, A., Emerson, M. J., & Friedman, N. P. (1999). Good interactions are hard to find. Commentary to Caplan & Waters. Behavioral and Brain Sciences **22**: 108-109.
- Morris, R. G., Gick, M. L., & Craik, F. I. M. (1988). Processing resources and age differences in working memory. Memory & Cognition **16**(4): 362-366.
- Oberauer, K., & Kliegl, R. (2001). Beyond resources- Formal models of complexity effects in age differences in working memory. European Journal of Cognitive Psychology **13**: 187-215.
- Oberauer, K., Schulze, H.M., Wilhelm, O., Wittmann, W.W. (2000). Working memory capacity - facets of a cognitive ability construct. Personality and Individual Differences **29**: 1017-1045.
- Pinker, S. (1996). Der Sprachinstinkt. München, Kindler Verlag GmbH.
- Rösler, F., Pechmann, T., Streg, J., Röder, B., & Henninghausen, E. (1998). Parsing of sentences in a language with varying word order: Word-by-word variations of processing demands are revealed by event-related brain potentials. Journal of Memory and Language **38**: 150-176.

- Salthouse, T. A. (1990). Working memory as a processing resource in cognitive aging. Developmental Review **10**: 101-124.
- Salthouse, T. A. (1991a). Mediation of adult age differences in cognition by reductions in working memory and speed of processing. Psychological Science **2**(3): 179-183.
- Salthouse, T. A. (1991b). Theoretical perspectives on cognitive aging. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates.
- Salthouse, T. A. (1992). Why do adult age differences increase with task complexity? Developmental Psychology **28**(5): 905-918.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. Psychological Review **103**(3): 403-428.
- Schlesewsky, M., Fanselow, G., Kliegl, R., & Krams, J. (2000). The subject preference in the processing of locally ambiguous wh-questions in German. German Sentence Processing. B. H. L. Konieczny. Dordrecht, Kluwer: 65-93.
- Walters, G. S., Caplan, D., & Rochon, E. (1995). Processing capacity and sentence comprehension in patients with Alzheimer's disease. Cognitive Neuropsychology **12**(1): 1-30.
- Waters, G. S., & Caplan, D. (1996a). The capacity theory of sentence comprehension: Critique of Just and Carpenter (1992). Psychological Review **103**(4): 761-772.
- Waters, G. S., & Caplan, D. (1996b). Processing resource capacity and the comprehension of garden path sentences. Memory & Cognition **24**(3): 342-355.
- Waters, G. S., Caplan, D., & Hildebrandt, N. (1987). Working memory and written sentence comprehension. Attention and Performance XII. M. Coltheart. London, Erlbaum: 531-555.
- Wechsler, D. (1981). WAIS-R manual. New York, Psychological Corp.
- Wingfield, A., & Lindfield, K. C. (1995). Multiple memory systems in the processing of speech: Evidence from aging. Experimental Aging Research **21**: 101-121.
- Wingfield, A., & Tun, P. A. (1999). Working memory and spoken language comprehension: The case for age stability in conceptual short term memory. Constraints on language: Aging, grammar and memory. S. Kemper & R. Kliegl. Boston, Kluwer: 29-52.