

Wie viel passt in eine Aufmerksamkeitsepisode?

Auswirkungen des Präsentationstempos im
Attentional Blink-Paradigma

Dissertation

zur Erlangung des
Doktorgrades der Philosophie (Dr. phil.)

vorgelegt

der Philosophischen Fakultät
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Fachbereich Geschichte, Philosophie und Sozialwissenschaften

von Frau Sandra Fritsche

geb. am 09.05.1977 in Halle (Saale)

urn:nbn:de:gbv:3-000013167

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000013167>]

Prüfungskommission:

Prof. Josef Lukas

PD Dr. habil Sven Blankenberger

Prof. Schnepel

Tag der mündlichen Verteidigung: 21.11.2006

Schreiben ist eine Frage der Organisation, man hat also Entscheidungen zu treffen, und eine dieser Entscheidungen ist die, was in ein Buch hineinkommt und was draußen bleibt, und wann es beendet ist.

Cees Nooteboom,
In den niederländischen Bergen

Danksagung

Auf dem Weg bis zur Fertigstellung dieses Werkes haben mich verschiedene Personen entscheidend unterstützt, denen ich an dieser Stelle ausdrücklich danken möchte:

Mein erster und besonderer Dank gilt Josef Lukas. Das mir vermittelte Vertrauen und sein stets wertschätzender Rat schufen eine väterliche Atmosphäre, in der ich mich immer frei und gleichzeitig nie allein gefühlt habe.

Nicht minder großen Anteil an der Fertigstellung dieser Arbeit hat mein Kollege und Freund Sven Blankenberger. Mit unübertroffener Zuverlässigkeit hat er mir zugehört und mir Termine gesetzt, mich aber auch an Dinge wie Mittagessen, Cappuccino und Sonnenschein erinnert. Danke.

Darüber hinaus danke ich beiden für die wissenschaftlichen Inhalte, Methoden und Werte, die ich während meiner Studien- und Promotionszeit von ihnen lernen durfte. Auch deshalb war jede meiner Entscheidungen für das hallesche Psychologieinstitut eine gute Wahl.

Bei meinen Kolleginnen und Kollegen, insbesondere bei Nadine, Gisela, Wilfried und Sebastian, bedanke ich mich herzlich für ihren Rat, ihre Kritik und nicht zuletzt für ihre Gesellschaft.

Allen meinen Freunden und meiner Familie danke ich dafür, eine gewisse Einschränkung meiner Welt innerhalb der letzten Monate in den glücklichsten Fällen durchbrochen und ebenso häufig ertragen zu haben.

Ganz besonderer Dank gilt dabei Katja, die verlässlichen moralischen Beistand lieferte und sogar den Verlockungen des Skilanglaufs in der Seenlandschaft Havelbergs widerstand, um eine fachfremde Arbeit zu lesen.

Ich danke Barbara. Für alles. Vor allem für verordnete Pausen, überzeugenden Applaus und Augenzwinkern in den richtigen Momenten.

Mein Dank gebührt allen Versuchspersonen, die für mich im Laufe der Jahre X gesucht und mitunter sogar gefunden haben.

Sandra Fritsche
Halle (Saale), Mai 2006

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Einleitung	2
3	Theorie	3
3.1	Visuelle Aufmerksamkeit: Begriffe, Metaphern und Kontroversen	3
3.2	Schnelle serielle visuelle Präsentation	7
3.2.1	Ein zu berichtender Zielreiz	8
3.2.2	ART-Paradigma	9
3.2.3	Attention Gating-Modell (AGM)	14
3.3	Attentional Blink-Effekt	16
3.4	Modelle zum Attentional Blink-Effekt	20
3.4.1	Hemmungs-Modell und Interferenz-Modell	20
3.4.2	Zwei-Stufen-Modell	22
3.4.3	Gegenüberstellung beider Modelle	24
3.4.4	Weitere Modelle	25
3.5	Besonderheiten des Attentional Blink-Effektes	28
3.5.1	Skelett- und Hybrid-Paradigma	28
3.5.2	Beschränkung auf die visuelle Modalität	30
3.5.3	T1-Fehler, Inversionen und Intrusionen	31
3.5.4	Verarbeitung von T2: Verhaltensdaten und Neurophysiologie	34
3.5.5	Einfluss von Schwierigkeit bzw. Ähnlichkeit	38
3.5.6	Maskeneffekte	42
3.6	U-Form vs. Monotonie des Attentional Blink-Verlaufs	46
3.6.1	Erklärungsansätze	47
3.6.2	Neurophysiologische Messungen	51
3.6.3	Einfluss eines Ortswechsels und anderer Variablen	52
3.6.4	Attentional Blink-Verlauf ohne Ortswechsel	54
4	Fragestellung	56
5	Experiment 1	59
5.1	Hypothesen	59
5.2	Methode	61
5.2.1	Aufgabe der Versuchsperson	61
5.2.2	Stichprobe	61
5.2.3	Versuchsdesign und Operationalisierung	62
5.2.4	Durchführung	63
5.2.4.1	Apparatur	63
5.2.4.2	Reize	64

5.2.4.3	<i>Instruktion</i>	64
5.2.4.4	<i>Versuchsablauf</i>	64
5.3	Ergebnisse	68
5.3.1	Einflüsse auf die T1-Leistungen	70
5.3.2	Einflüsse auf die T2-Hits (gegeben T1)	73
5.3.3	Verteilung von T1-Intrusionen	79
5.4	Diskussion	81
6	Experiment 2	86
6.1	Methode	86
6.1.1	Aufgabe der Versuchsperson	86
6.1.2	Stichprobe	86
6.1.3	Versuchsdesign und Operationalisierung	87
6.1.4	Durchführung	88
6.2	Ergebnisse	90
6.2.1	Einflüsse auf die T1-Leistungen	90
6.2.2	Einflüsse auf die T2-Hits (gegeben T1)	93
6.2.3	Verteilung von T1-Intrusionen	95
6.2.4	Vergleich der Experimente 1 und 2	97
6.3	Diskussion	99
7	Experiment 3	103
7.1	Hypothesen	104
7.2	Methode	105
7.2.1	Aufgabe der Versuchsperson	105
7.2.2	Stichprobe	106
7.2.3	Versuchsdesign und Operationalisierung	106
7.2.4	Durchführung	107
7.2.4.1	<i>Apparatur, Reize und Instruktion</i>	107
7.2.4.2	<i>Versuchsablauf</i>	108
7.3	Ergebnisse	110
7.3.1	Einflüsse auf die T1-Leistungen	111
7.3.2	Einflüsse auf die T2-Hits (gegeben T1)	114
7.3.3	Verteilung von T1-Intrusionen	119
7.4	Diskussion	121
8	Experiment 4	126
8.1	Methode	126
8.1.1	Aufgabe der Versuchsperson	126
8.1.2	Stichprobe	126
8.1.3	Versuchsdesign und Operationalisierung	127
8.1.4	Durchführung	127
8.2	Ergebnisse	129
8.2.1	Einflüsse auf die T1-Leistungen	129

8.2.2	Einflüsse auf die T2-Hits (gegeben T1)	131
8.2.3	Verteilung von T1-Intrusionen	135
8.2.4	Vergleich der Experimente 3 und 4	138
8.3	Diskussion	140
9	Abschließende Diskussion	144
9.1	Untersuchte Fragestellungen	144
9.2	Hauptergebnisse	146
9.2.1	Zeit- oder Lag-Abhängigkeit	146
9.2.2	Einfluss des Tempos	152
9.2.3	Einfluss der Vorhersagbarkeit des Tempos	153
9.3	Ein zeitbasiertes Aufmerksamkeitstor	154
9.4	Fazit und Ausblick	160
10	Literaturverzeichnis	163
	Anhang A: Experiment 1	178
	Anhang B: Experiment 2	186
	Anhang C: Experiment 3	192
	Anhang D: Experiment 4	205

1 Zusammenfassung

Der *Attentional Blink* (AB) stellt ein kognitionspsychologisches Phänomen im Schnittfeld von Aufmerksamkeits- und Gedächtnisprozessen dar. In Untersuchungen zum AB-Effekt sollen Probanden zwei in einen Buchstabenstrom eingebettete Zielreize berichten. Die Leistung für den zweiten der Zielreize (*T2*) ist beeinträchtigt, wenn er bis zu ca. 500 ms bzw. fünf Buchstaben nach dem ersten Zielreiz (*T1*) dargeboten wird. Folgen beide Reize im Strom sehr nah aufeinander, ist die *T2*-Leistung allerdings häufig relativ gut. Verschiedene existierende Modelle zum Phänomen können post hoc eine solche U-Form des Leistungsverlaufs erklären. Offen bleibt dabei, ob die kurze zeitliche Folge beider Reize oder die Abwesenheit dazwischen dargebotener Distraktoren die Verarbeitung in einer gemeinsamen Episode ermöglicht. Zur Untersuchung dieser bislang unbeachteten Fragestellung wurden in vier Experimenten das Tempo des Buchstabenstroms und die Vorhersagbarkeit der Tempobedingung variiert. So konnte gezeigt werden, dass die zeitliche Nähe der Zielreize zueinander die *T2*-Leistungen bestimmt: Bei Tempo-Stufen, für die ein AB-Effekt nachweisbar war, fanden sich die geringsten Leistungen für *T2* bei einem Zielreizabstand von ca. 220 ms, unabhängig davon, wie viele Distraktoren zwischen beiden Zielreizen dargeboten wurden. Das Tempo des Buchstabenstroms beeinflusste die *T2*-Leistungen dabei ausschließlich im Niveau. Die Vorhersagbarkeit des Tempos veränderte dieses Befundmuster nicht. Neben den Leistungen für *T2* wurden auch die für den ersten Zielreiz betrachtet. Die in verschiedenen Modellen zum Attentional Blink-Effekt postulierte Vorhersage von *T1*-Leistungsverschlechterungen bei kurzer Folge beider Zielreize konnte jedoch nur durch zwei der vier Experimente gestützt werden. In Experiment 3 fanden sich entgegen der Erwartung bessere *T1*-Leistungen bei direkter Folge beider Zielreize. Vorgeschlagene Erklärungsansätze hierzu basieren auf Übungs- und differentiellen Maskierungseffekten. Es wurden zudem Vorhersagen geprüft, welche Reize vermehrt als Falschantworten für den ersten Zielreiz auftreten (*T1-Intrusionen*). Die Experimente zeigten gehäufte Intrusionen aus einem bestimmten Zeitbereich nach der *T1*-Darbietung. Auch vor dem ersten Zielreiz dargebotene Buchstaben ergaben häufige Intrusionen. Das vorliegende Datenmuster der *T1*-Fehler, *T1*-Intrusionen und der *T2*-Fehler ist beschreibbar durch ein Zwei-Stufen-Modell verbunden mit einem zeitbasierten Aufmerksamkeitstor. Dieses Modell postuliert zusätzlich, dass Repräsentationen noch unverbundener Reizmerkmale aus einem visuellen Ultrakurzzeitspeicher in Stufe 2 der Zielreizverarbeitung gelangen.

2 Einleitung

Verschiedene Situationen beinhalten die Anforderung, möglichst schnell Informationen zu verarbeiten und darauf angemessene Reaktionen auszuführen. Dazu zählt das Steuern eines Autos auf den Straßen einer Großstadt im Berufsverkehr ebenso wie das Auffinden eines gesuchten Bekannten in einer überfüllten Flughafenhalle unter Zeitnot oder der Umgang hoch geübter Spieler mit schnellen Computerspielen. Visuelle Informationsverarbeitung kann dabei angesehen werden als „the *process* of discovering from images what is present in the world, and where it is“ (Marr, 1982, S. 3). Für das erfolgreiche Agieren in solchen Extremsituationen sind Auswahl- bzw. Selektionsprozesse vonnöten. Zur Reduktion von Informationen bei Konfrontation mit einer Menge an Reizmaterial wird dem Phänomen Aufmerksamkeit eine besondere Rolle zugeschrieben: „an object once attended to will remain in the memory, whilst one inattentively allowed to pass will leave no traces behind“ (James, 1890/1950, S. 427).

Bei genauer Betrachtung werden Selektionsprozesse auch in weniger spektakulären Situationen benötigt, z. B. immer dann, wenn mehr als ein Reiz oder Reizmerkmal zu verarbeiten ist, damit ein erfolgreicher Gedächtnisabruf oder eine ausgewählte Reaktion erfolgen kann. So wie Vorverarbeitungen der Reize im visuellen System, die vermutlich der Informationsreduktion dienen, am auffälligsten bei optischen Täuschungen sind, fallen Selektionsprozesse im Alltag zumeist erst auf, wenn sie zu Fehlern führen. Eine häufig verwendete Methode zum Erkenntnisgewinn in der Kognitionspsychologie stellt die Ableitung zugrunde liegender Prozesse der Informationsverarbeitung aus solchen Täuschungen oder Fehlern dar.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist der Attentional Blink-Effekt. Es handelt sich um ein Phänomen bei der Verarbeitung zweier in kurzer Folge dargebotener Reize, bei dem der zweite Reiz nicht korrekt berichtet werden kann. Das Dissertationsprojekt ist damit im Schnittpunkt von Aufmerksamkeit, Wahrnehmung und Gedächtnis angesiedelt.

3 Theorie

In diesem Abschnitt wird nach einer einführenden Gegenstandsbestimmung des Forschungsbereiches visueller Aufmerksamkeit (Kapitel 3.1) die Methode schneller serieller visueller Präsentation vorgestellt (Kapitel 3.2). Im Anschluss wird ausführlich auf Befunde und Theorien zum Attentional Blink-Effekt eingegangen, aus denen die Fragestellung der vorliegenden Arbeit erwachsen ist (Kapitel 3.3 bis 3.6).

3.1 Visuelle Aufmerksamkeit: Begriffe, Metaphern und Kontroversen

Im Zusammenhang mit der Metapher der Informationsverarbeitung, die auch als Weg vom Reiz zum Gedächtnis oder zur Reaktion bezeichnet wird, steht die weit geteilte Annahme, dieser Verarbeitungsprozess sei in Teilschritte, Module, Stufen oder Ebenen zerlegbar (z. B. Broadbent, 1957). Dabei korrespondieren Stufen bzw. Module nicht notwendigerweise mit bestimmten Hirnregionen. Vielmehr dienen sie funktional der Ausführung eines bestimmten Prozesses und benötigen Zeit (Johnson & Proctor, 2004). Ein einfaches Modell der Informationsverarbeitung nimmt dazu drei Schritte oder Ebenen zwischen Reiz und Reaktion an: Wahrnehmungsprozesse, Antwortauswahl und Antwortprozesse. Die Stufenabfolge ist seriell, wobei das Ergebnis einer Ebene den Input für die nächste Ebene darstellt. Aus dieser Vorstellung erwachsen wichtige Methoden, z. B. die Subtraktionsmethode von Donders (1969) zur Messung der Zeit einzelner Prozesse und die Methode additiver Faktoren von Sternberg (1969) zur Bestimmung, auf welcher Ebene die zur Lösung einer bestimmten Aufgabe beteiligten Prozesse angesiedelt sind (siehe auch Van Duren & Sanders, 1988). Trotz vieler inhaltlicher Kontroversen, die solche Annahmen ausgelöst haben, z. B. dazu, ob der Übergang zwischen einzelnen Stufen diskret oder kontinuierlich ist (Sanders, 1990), beeinflusst diese Vorstellung bis heute Methoden und Theoriebildung der Kognitionspsychologie. Solche Modelle der Informationsverarbeitung sind gut erweiterbar durch Aufmerksamkeits- und Gedächtnissysteme oder auch durch motivationale Aspekte (Johnson & Proctor; Sanders, 1983) erweiterbar. Weichselgartner (1985) konstatierte:

„Der Aufmerksamkeit kommt beim Informationsverarbeitungs-Ansatz die Rolle der Organisation und Koordination von Prozessen zu“ (S. 666). Auch unabhängig von der Metapher der Informationsverarbeitung wird der Aufmerksamkeit eine ähnliche Rolle zugeschrieben: „The study of attention is concerned with how people are able to coordinate perception and action to achieve goals...“ (Johnson & Proctor, S. 1).

Dabei gilt es, wie bei jedem anderen Forschungsgegenstand auch, zunächst zu klären, was unter dem Begriff Aufmerksamkeit verstanden werden soll. Die wohl meist zitierte Definition stammt von William James:

Everyone knows what attention is. It is the taking possession by the mind, in clear and vivid form, of one of what seem several simultaneously possible objects or trains of thought. Focalization, concentration of consciousness are of its essence. It implies withdrawal from some things in order to deal effectively with others... (James, 1890/1950, S. 403-404)

Betrachtet man die verschiedenen Theorien und experimentellen Methoden im Bereich der Aufmerksamkeitsforschung, so ergibt sich jedoch ein recht inhomogenes Bild des Forschungsgegenstandes. Dies lässt vermuten, dass verschiedene Aspekte oder Arten von Aufmerksamkeit je nach verwendetem experimentellem Paradigma betrachtet werden, wobei unklar bleibt, ob diese miteinander vergleichbar sind. Zusätzlich unterscheiden sich die Sichtweisen darin, ob Aufmerksamkeit als ein Agens ähnlich einem Homunculus oder als ein Produkt anderer Prozesse betrachtet wird (James, 1890/1950; Johnston & Dark, 1986; Styles, 1997). Daher äußert Styles resignierend: „Despite William James’ (1890) oft-quoted remark ... it would be closer to the truth to say that ‘Nobody knows what attention is’ or at least not all psychologists agree“ (S. 1).

Eine Möglichkeit zur Umgehung des Definitionsproblems stellt eine Spezifizierung des betrachteten Forschungsgegenstandes dar, wie z. B. die Fokussierung auf zeitliche Aspekte der Aufmerksamkeit bei Shapiro (2001): „By ‘timecourse of attention’, I refer to the *temporal* availability of whatever property (or properties) of the brain is or are responsible for enhancing perception“ (S. 1).

Eine weitere Art, mit der unklaren Definitionsfrage umzugehen, besteht in der Darstellung verschiedener so genannter *Funktionen* der Aufmerksamkeit. Von diesen sollen nun diejenigen dargestellt werden, die für das Verständnis der vorliegenden Arbeit relevant sind. Eine solche Betrachtung dient gleichzeitig der Einführung zentraler Metaphern, Grundannahmen, experimenteller Methoden und Kontroversen der Aufmerksamkeitsforschung.

Eine im Zusammenhang zur Idee der Informationsverarbeitung stehende Funktion der Aufmerksamkeit ist die Selektions- oder Filterfunktion. Sie umfasst den Prozess der Auswahl, welche Reize bzw. Reaktionen Zugang zu limitierten Verarbeitungsressourcen erhalten (Broadbent, 1957; Luck & Vecera, 2002). Diese Funktion dient der Einschränkung der Informationsflut bei der Verarbeitung sowie der Verringerung des so

genannten *Binding-Problems*, das bei der Verschmelzung verschiedener Merkmale (Form, Farbe, Ort, Bewegung usw.) zu einem gemeinsamen Objekt entsteht (Treisman & Gelade, 1980). Das durch Selektion gewählte bzw. mit Aufmerksamkeit versehene Signal wird verstärkt und die restlichen Signale werden evtl. zusätzlich abgeschwächt (Duncan, 2001; Moran & Desimone, 1985; Vandenberghe et al., 1997).

Dabei stehen sich Ansichten früher und später Selektion gegenüber. Anhänger der Idee einer frühen Selektion verankern die Selektionsfunktion der Aufmerksamkeit auf der Stufe der Wahrnehmung (Broadbent, 1957; Treisman, 1960; Wolford, 1975). Vertreter der späten Selektion postulieren den Filter erst nach der semantischen Verarbeitung der Reize auf der Stufe der Überführung der Repräsentationen in eine dauerhaftere Form (Deutsch & Deutsch, 1963; Eriksen & Eriksen, 1974; Norman, 1968). Das Studium der Aufmerksamkeitsliteratur ergibt empirische Evidenz für frühe Selektion (z. B. Pashler, 1984a) und für späte Selektion (Shiffrin, Diller, & Cohen, 1996). Einen wichtigen Einflussfaktor stellt dabei die Anforderung der Selektionsaufgabe dar (Handy & Mangun, 2000; Lavie, 1995; Lavie & Tsai, 1994; Treisman, 1969, 1993). Die Diskussion um frühe vs. späte Selektion findet ihre Fortführung in Flaschenhals- bzw. bottleneck-Modellen, die einen *Verarbeitungseingpass* postulieren, der bei bestimmten Aufgaben früher bzw. später anzusiedeln ist als bei anderen Aufgaben (Duncan, 1980; Johnston & Heinz, 1979).

Neben der Frage, wann im Verarbeitungsprozess eine Selektion durch Aufmerksamkeit vollzogen wird, steht die Frage, auf welche Art sie geschieht. Im Bereich der visuellen Aufmerksamkeit wurde dazu die sehr einflussreiche *Scheinwerfer-* oder *Spotlight-Metapher* der Aufmerksamkeit geprägt (Eriksen & Hoffman, 1973; Posner, 1980). Sie beschreibt die Vorstellung, Aufmerksamkeit „beleuchte“ die ausgewählte Information wie ein Scheinwerfer und lasse die Umgebung „im Dunkel“. Der Scheinwerfer, dessen Position nicht mit dem Fixationsort der Augen zusammenfallen muss, kann dabei im Raum bewegt werden, im Sinne einer Aufmerksamkeitsverlagerung. Darüber hinaus ist eine räumliche Einengung des Scheinwerfers möglich, was auch als Fokussierung der Aufmerksamkeit bezeichnet wird (Eriksen & Yeh, 1985; LaBerge, 1983). Mitunter wird eine *Zoomlinsen-Metapher* bevorzugt, die besagt, dass die „Konzentration“ an Aufmerksamkeit bei einem kleinen Fokus höher ist als bei großem Fokus (Castiello & Umiltà, 1990; Eriksen & Murphy, 1987; Eriksen & St. James, 1986). Eine weiterentwickelte Form dieser Idee stellt der *Aufmerksamkeitsgradient* dar, der nicht nur den aktuellen Aufmerksamkeitsfokus, sondern auch vergangene Aufmerksamkeitszuweisungen zu anderen Orten berücksichtigt und somit räumliche und zeitliche Aspekte der Selektion verbindet (LaBerge & Brown, 1989; LaBerge, Carlson, Williams & Bunney, 1997).

Im Zusammenhang mit der räumlichen Ausrichtung des Aufmerksamkeitsfokus wird unterschieden zwischen offenen Aufmerksamkeitsverlagerungen mit Blickbewegung zum Ziel und verdeckten ohne Blickbewegung sowie zwischen endogener (vom Beobachter kontrollierter) vs. exogener Auslenkung der Aufmerksamkeit (reflexiv auf

einen Reiz, nicht ignorierbar). Exogene und endogene Hinweisreize können den Fokus der Aufmerksamkeit auf einen anderen Ort ausrichten (Klein & Shore, 2000; Posner, 1980), invalide exogene Hinweisreize können im Gegensatz zu invaliden endogenen jedoch nicht von der Versuchsperson ignoriert werden (Briand & Klein, 1987).

Eine interessante Kontroverse bezüglich der Selektionsfunktion der Aufmerksamkeit betrifft die Einheiten, die ausgewählt werden: Handelt es sich um einen bestimmten Bereich im Raum, egal ob darin Objekte enthalten sind oder nicht (Treisman & Gelade, 1980), oder werden Objekte ausgewählt, die auf einer präattentiven Verarbeitungsstufe gebildet worden sind (Duncan, 1984; Duncan & Humphreys, 1989)? Experimentelle Untersuchungen zu dieser Frage arbeiten mit Aufgaben, bei denen verschiedene visuelle Reize im Raum verteilt sind (z. B. im Paradigma der visuellen Suche). Zu Auswahlprozessen bei in der Zeit verteilten visuellen Reizen lässt sich eine analoge Frage stellen: Wird eine zeitliche Episode oder ein Objekt per Aufmerksamkeit ausgewählt? Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Experimente resultieren unter anderem aus dieser Frage (vgl. Kapitel 3.6 und 4).

Zwei weitere wichtige Funktionen der Aufmerksamkeit betreffen Reaktionsauswahl bzw. Handlungssteuerung (Allport, 1987; Neumann, 1987) sowie die Vermittlung der bewussten Verarbeitung von Reizen, so dass sie expliziten Formen des Gedächtnisabrufs zugänglich sind. So sind Aufmerksamkeitsprozesse in verschiedenen Gedächtnistheorien implementiert, z. B. im Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley (1996, 1999), im Modell zum Kurzzeitgedächtnis von Cowan (1988, 1995) und im Mehrspeichermodell von Atkinson und Shiffrin (1968). Zur Erforschung dieser beiden Aufmerksamkeitsfunktionen oder -aspekte werden häufig Doppelaufgabenparadigmen eingesetzt. Die Grundannahme dabei ist, dass Aufmerksamkeit eine kapazitätslimitierte Ressource darstellt bzw. multiple limitierte Aufmerksamkeitsressourcen existieren (Navon & Gopher, 1979; Wickens, 1980). Zwei Aufgaben, die (dieselbe Art) Aufmerksamkeit erfordern, können interferieren. *Interferenz* bedeutet, dass eine Aufgabe A weniger gut und/oder langsamer ausführbar ist, wenn zeitnah Aufgabe B bearbeitet wird. Solche Aufgaben können mit Gedächtnisprozessen und/oder motorischen Reaktionen verbunden sein. Das Messen der Einbußen für eine Zweitaufgabe je nach zeitlichem Abstand zu einem ersten aufgabenrelevanten Reiz wird als nützlich angesehen, um die spezifischen Anforderungen an die Aufmerksamkeit bei der Verarbeitung dieses ersten Reizes zu erforschen (Pashler, 1994a). Einen Überblick über die Idee der Interferenz bei Doppelaufgaben bieten Arnell und Duncan (2002). Eine modifizierte Sichtweise bietet der *selection for action-Ansatz*: Ursache der Interferenz ist nicht eine strukturelle Kapazitätslimitierung; die Limitierung entsteht vielmehr infolge von Selektions- bzw. Hemmungsprozessen zur Aktionskoordinierung (Allport, 1987; Meyer & Kieras, 1997a, 1997b; Neumann, 1987, 1992).

Ein Befund bei der Reaktionsauswahl im Doppelaufgabenparadigma ist der erstmals von Telford (1931) berichtete Effekt der *Psychologischen Refraktärzeit* (psychological refractory period, *PRP*). Dabei werden zwei Reize, die jeweils eine sofortige

Reaktion erfordern, dargeboten, wobei die Zeit zwischen dem Darbietungsbeginn beider Reize (*stimulus onset asynchrony, SOA*) von Durchgang zu Durchgang wechselt. Die Reize werden häufig in verschiedenen Modalitäten dargeboten (auditiv, visuell) und sind zumeist unmaskiert. Die Reaktionszeit auf den zweiten Reiz erwies sich als umso länger, je kürzer das SOA zwischen beiden Reizen war (z. B. Pashler, 1984b). Eine weit verbreitete Erklärung dieses Effektes nimmt einen Verarbeitungsengpass als Ursache der Reaktionszeitverlängerung an (Davis, 1957; Welford, 1952). Die Verarbeitung des ersten Reizes muss auf der Verarbeitungsstufe dieses Engpasses erst abgeschlossen sein, bevor sie für den zweiten Reiz beginnen kann, wodurch sich die Gesamtverarbeitungszeit dieses zweiten Reizes verlängert. Methoden, mittels derer festgestellt werden soll, an welcher Stelle im Verarbeitungsprozess ein solcher Engpass angesiedelt ist, stellen dabei die *locus of slack*- und die *effect propagation*-Methode dar (Miller & Reynolds, 2003; Pashler & Johnston, 1989). Als Alternative zu Modellen, die einen zentralen Verarbeitungsengpass annehmen, stehen Modelle zentraler Kapazitätsaufteilung (Navon & Miller, 2002; Tombu & Jolicoeur, 2002, 2003). Eine andere Kontroverse bei der Erklärung des PRP-Effektes betrifft die Frage, ob der Engpass auf rein strukturellen Ursachen basiert (Pashler, 1994b) oder eher kognitive Strategien zur Aufgabenoptimierung widerspiegelt (Logan & Gordon, 2001; Meyer & Kieras, 1997b).

Der im Fokus der vorliegenden Arbeit stehende Attentional Blink-Effekt (AB-Effekt) wird mittels eines experimentellen Paradigmas erzeugt, welches ebenfalls als eine Form einer Doppelaufgabe interpretiert werden kann. Im Vergleich zum PRP-Paradigma steht dabei die Rolle der Aufmerksamkeit bei der Gedächtniskonsolidierung im Zentrum: Die Reaktionen auf die Zielreize erfolgen nicht sofort nach ihrer Präsentation, sondern zeitlich verzögert.

Das Attentional Blink-Paradigma zielt primär auf Auswahlmechanismen bei der Verarbeitung einer Flut sensorischer Informationen in Bezug auf die Zeit, wohingegen das Paradigma der visuellen Suche bzw. das PRP-Paradigma die Auswahlmechanismen bezogen auf den Raum bzw. auf Handlungen fokussieren.

3.2 Schnelle serielle visuelle Präsentation

Der Hauptteil der Studien zum Attentional Blink-Phänomen verwendet die Methode der schnellen seriellen Reizpräsentation, die nun vorgestellt werden soll. Es werden zunächst die Befunde aus Untersuchungen dargestellt, in denen ein Zielreiz berichtet werden soll, da sie zum Verständnis bestimmter Aspekte und Theorien des AB-Effektes hilfreich sind. Im Anschluss wird ein dem Attentional Blink verwandtes Phänomen (ART) beschrieben und ein zugehöriges Modell (AGM) erläutert, welches sich als einflussreich für spätere Attentional Blink-Modelle erwies.

3.2.1 Ein zu berichtender Zielreiz

Bei der Methode der schnellen seriellen visuellen Präsentation (rapid serial visual presentation, *RSVP*) werden etwa 20 Reize nacheinander, zeitlich nicht überlappend, am selben Ort visuell präsentiert. Üblicherweise sind alle in einem Strom präsentierten Reize voneinander verschieden. Einer dieser Reize wird als Zielreiz bezeichnet und ist von der Versuchsperson ohne Zeitdruck zu identifizieren bzw. zu entdecken. Die anderen dargebotenen Reize werden Distraktoren genannt. Mit Zielreizentdeckung wird die Entscheidung über An- bzw. Abwesenheit eines bestimmten Reizes oder Reizmerkmals im zuvor präsentierten Strom bezeichnet. Unter Zielreizidentifikation werden sowohl Zweifach-Wahlaufgaben (z. B. „War der rote Reiz ein *S* oder ein *T*?“), als auch Aufgaben mit deutlich mehr Antwortalternativen verstanden (z. B. „Welcher Buchstabe des Alphabets wurde grün dargeboten?“). Übliche Präsentationsgeschwindigkeiten solcher RSVP-Ströme liegen zwischen 6 und 30 Reizen pro Sekunde. Nahezu gleich häufig werden Interstimulusintervalle¹ von 0 ms oder größer verwendet (Shapiro & Raymond, 1994).

Die Identifikationsleistung eines auf diese Weise präsentierten Buchstabens ist im Vergleich zur kurzzeitigen Darbietung des Buchstabens ohne RSVP-Strom deutlich vermindert (Lawrence, 1971). Die Leistungseinbußen können nicht durch Maskierungseffekte erklärt werden, da bei Verwendung der in RSVP-Studien üblichen Darbietungszeiten im Maskierungsparadigma kaum Leistungseinbußen auftreten (Taylor & Chabot, 1978). Darüber hinaus sind in RSVP-Untersuchungen im Gegensatz zu Maskierungsstudien systematische *Intrusionen* bei der Zielreizidentifikation beobachtbar. Dabei handelt es sich um im Strom als Distraktoren dargebotene Reize, die von der Versuchsperson fälschlicherweise als Zielreiz genannt worden sind. Betrachtet man den Abstand dieser Distraktoren vom Zielreiz im RSVP-Strom, so finden sich überzufällig häufig Intrusionen von Reizen mit seriellen Positionen nahe dem Zielreiz. Intraub (1985) berichtet ein Übergewicht von $-n$ -Intrusionen (vor dem Zielreiz präsentierte Distraktoren). In anderen Studien (Botella & Eriksen, 1992; Lawrence, 1971; Raymond, Shapiro & Arnell, 1992) finden sich vermehrt $+n$ -Intrusionen (nach dem Zielreiz dargebotene Reize). Wieder andere Untersuchungen ergeben ein symmetrisches Muster beider Fehlerarten (Botella & Eriksen, 1991; Gathercole & Broadbent, 1984). Gehäufte Intrusionen von Distraktoren, die in einem zeitlichen Abstand von mehr als 100 ms zum Zielreiz präsentiert worden sind, treten nur selten auf (Shapiro & Raymond, 1994). Ob bzw. welche Art der Asymmetrie im Intrusionsmuster beobachtbar ist, scheint abhängig von der Art der verwendeten Reize, dem Tempo des RSVP-Stroms (SOA zwischen jeweils aufeinander folgenden Reizen), dem Interstimulusintervall und den den Zielreiz definierenden Eigenschaften (vgl. Shapiro & Raymond).

¹ Das Interstimulusintervall (ISI) bezeichnet die Zeit zwischen dem Ende der Darbietung eines Reizes und dem Beginn der Präsentation des nächsten.

Die Schlussfolgerungen aus RSVP-Studien, in denen ein einzelner Zielreiz zu entdecken bzw. zu identifizieren ist, lassen sich wie folgt zusammenfassen (vgl. Shapiro, 2001): Zur Identifikation eines Zielreizes ist ein Prozess vonnöten, bei dem das den Zielreiz definierende Merkmal (z. B. die rote Farbe) mit den Zielreizeigenschaften verknüpft wird, die eine Beantwortung der Frage nach dem Zielreiz erlauben (z. B. S-Form). Dieser Prozess benötigt Aufmerksamkeitsressourcen und dauert etwa 100 ms.

Eine interessante Frage, die sich spätestens dann stellt, wenn man selbst an einem derartigen Versuch teilnimmt, ist die, ob die Versuchsperson während der Darbietung eines einzelnen RSVP-Stroms mit wachsender Zahl bereits präsentierter Reize Erwartungen darüber bildet, ob dieser Durchgang den Zielreiz enthalten wird oder nicht und ob sich diese Erwartungen gegebenenfalls in beobachtbarem Verhalten niederschlagen. Miller und Schröter (2002) präsentierten fünf Konsonanten in einem RSVP-Strom (Tempo 300 ms). Ein zuvor als Zielreiz festgelegter Konsonant wurde in der Hälfte der Durchgänge an einer der fünf Positionen präsentiert. Die Aufgabe der Versuchsperson war es, mit dem linken bzw. rechten Zeigefinger per Tastendruck möglichst schnell (nach dem Erscheinen des Zielreizes bzw. nach dem letzten Distraktor) anzugeben, ob der Zielbuchstabe enthalten war oder nicht. Es sollte geprüft werden, ob Versuchspersonen im Verlauf eines Durchgangs bei jedem erscheinenden Distraktor zunehmend die Nein-Antwort vorbereiten. Als Maß für eine solche Antwortvorbereitung wurde das mittels Elektroenzephalogramm (EEG) gemessene lateralisierte Bereitschaftspotential (LRP) verwendet, das eine handspezifische Antwortaktivierung erfasst (Eimer, 1998). Die Messungen ergaben einen Anstieg des lateralisierten Bereitschaftspotentials auf der Seite der Nein-Antwort zum Ende der RSVP-Sequenz hin. Folglich sollten Strategien und Erwartungen der Versuchspersonen beim RSVP-Paradigma nicht außer Acht gelassen werden.

3.2.2 ART-Paradigma

In einer interessanten Abwandlung wurde die RSVP-Methode verwendet, um die so genannte *Reaktionszeit der Aufmerksamkeit* (attention reaction time, *ART*) zu untersuchen (Sperling, Reeves, Blaser, Lu, & Weichselgartner, 2001). Ursprüngliches Ziel war die Bestimmung der Zeit, die eine verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung benötigt (Sperling & Reeves, 1980). Mitunter wird das Paradigma auch als *Attention Gating-Paradigma* (Sperling & Weichselgartner, 1995) oder als *Attention Shift-Prozedur* (Reeves & Sperling, 1986) bezeichnet. Hierbei werden zwei RSVP-Ströme an festen, aber voneinander verschiedenen Bildschirmpositionen dargeboten (siehe Abbildung 1).

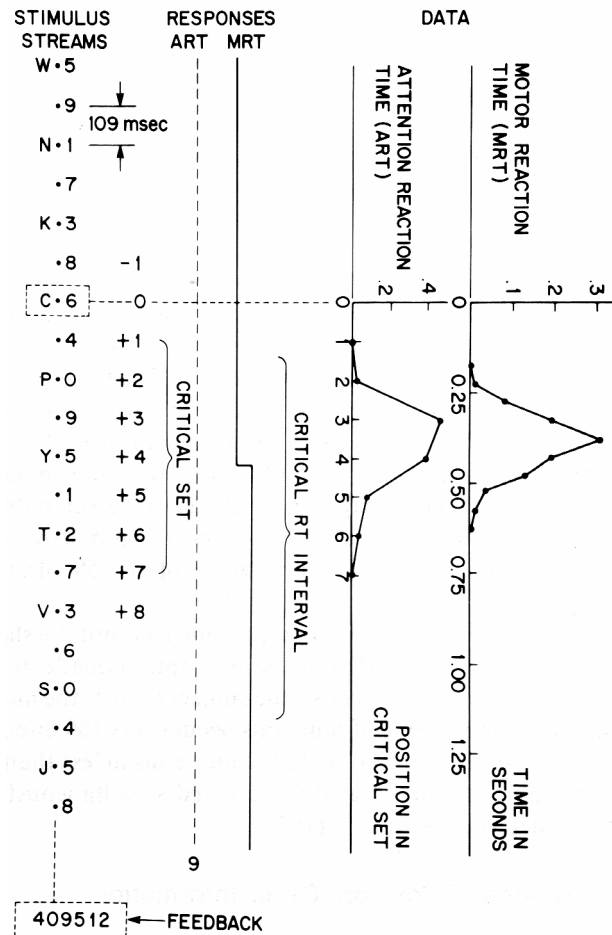


Abbildung 1. Methode und typisches Ergebnis einer ART-Studie. Links: Beispiele für die RSVP-Ströme mit dazwischen dargebotenem Fixationspunkt; Rechts: Verteilungen der ART und MRT für eine Versuchsperson (Abbildung aus Sperling & Reeves, 1980, S. 351).

Aufgabe der Versuchsperson ist es, eine der Zeichenfolgen bis zum Erscheinen eines zuvor definierten Hinweisreizes zu überwachen und am Ende des Durchgangs möglichst das mit diesem Reiz gleichzeitig dargebotene Zeichen aus dem anderen Strom zu berichten. Auf das Erscheinen des Hinweisreizes hin soll die Versuchsperson zusätzlich eine sofortige motorische Reaktion ausführen. Während der gesamten Aufgabe fixiert der Proband eine zwischen den Zeichenfolgen präsentierte Markierung. Die ART ergibt sich als Zeit zwischen dem Beginn des Hinweisreizes und der Darbietung des vom Probanden genannten Zeichens aus dem zweiten Strom. Sie wird verglichen mit der Zeit zwischen dem Beginn des Hinweisreizes und der motorischen Reaktion (*MRT*). Sperling und Reeves (1980) fanden, dass hauptsächlich Zeichen aus dem zweiten Strom berichtet werden, die nicht gleichzeitig mit dem Hinweisreiz präsentiert wurden, sondern drei bis vier RSVP-Positionen später bzw. 327 bis 436 ms später. Der zweite Strom hatte hierbei eine Geschwindigkeit von 9.2 Reizen pro Sekunde. Die mittlere MRT lag mit 436 ms in einem vergleichbaren Bereich. Auch die Verteilungen beider Reaktionszeittypen besitzen eine starke Ähnlichkeit (siehe erneut Abbildung 1).

Bei der Verwendung verschieden schwer zu entdeckender Hinweisreize ergab sich, dass ein im ersten Strom schwerer zu entdeckender Hinweisreiz im Vergleich zu einem leichteren die mittlere ART in stärkerem Ausmaß als die mittlere MRT verlängert. Variationen des Tempos des zweiten RSVP-Stromes erbrachten verlängerte Aufmerksamkeitsreaktionszeiten bei schnelleren Tempi.

In einer leichten Veränderung des ART-Paradigmas soll die Versuchsperson nicht nur das zeitgleich mit dem Hinweisreiz präsentierte Zeichen im Zweitstrom nennen, sondern vier aufeinander folgende Reize ab dem Erscheinen des Hinweisreizes (Reeves & Sperling, 1986). Abbildung 2 enthält die Ergebnisse einer Versuchsperson bei einem Tempo des zweiten RSVP-Stromes von 9.2 Reizen pro Sekunde. Als Hinweisreiz diente der Buchstabe C.

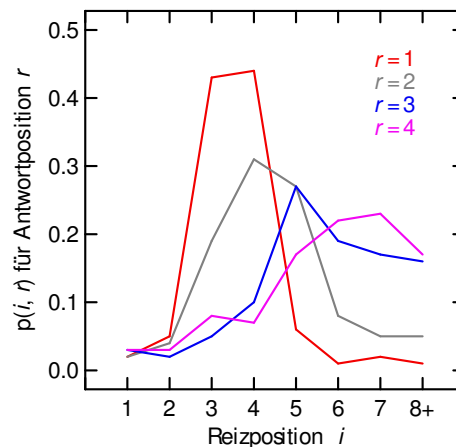


Abbildung 2. Relative Nennungshäufigkeiten einer Ziffer von RSVP-Position i (relativ zum Hinweisreiz) an Position r in der Versuchspersonenantwort (Daten aus Reeves & Sperling, 1986).

Sperling und Weichselgartner (1995, Exp. 1) verglichen Durchgänge mit der wie bislang dargestellten Kombination von motorischer Aufgabe und ART-Aufgabe mit den Leistungen bei alleiniger Ausführung der beiden Aufgaben. Für die relativ ungeübte Versuchsperson (weniger als 10 Sitzungen bzw. 1280 Durchgänge) ergab sich eine Verlangsamung beider Reaktionszeiten in der Doppel- im Vergleich zur jeweiligen Einzelaufgabe. Mit zunehmender Anzahl absolvierter Sitzungen (mehr als 10 Sitzungen bzw. 1280 Durchgänge) konnte die motorische Reaktion unbeeinflusst von einer gleichzeitig zu absolvierenden ART-Aufgabe abgegeben werden. Für die ART blieb der Einzel- vs. Doppelaufgabeneffekt jedoch erhalten. Abgesehen von der Dissoziation durch den Übungseffekt zeigt dieses Experiment, dass das Ausführen der motorischen Reaktion nicht notwendig ist, um Aufmerksamkeitsreaktionszeiten deutlich größer als 0 ms zu finden: Auch bei alleiniger Ausführung der ART-Aufgabe und hoher Übung (Sitzung 19) war die Versuchsperson bei Sperling und Weichselgartner nicht in der

Lage, das Zeichen zu benennen, das gleichzeitig mit dem Hinweisreiz präsentiert wurde, vielmehr betrug die ART im Mittel noch immer etwa 250 ms.

In einem zweiten Experiment konnten Sperling und Weichselgartner (1995) zeigen, dass die Differenz zwischen ART und MRT sowohl unabhängig von der räumlichen Distanz beider RSVP-Ströme (2, 4 und 9 Grad Sehwinkel Distanz) ist, als auch unabhängig von der Anwesenheit eines Stromes aus aufgabenirrelevanten Symbolen zwischen beiden Strömen.

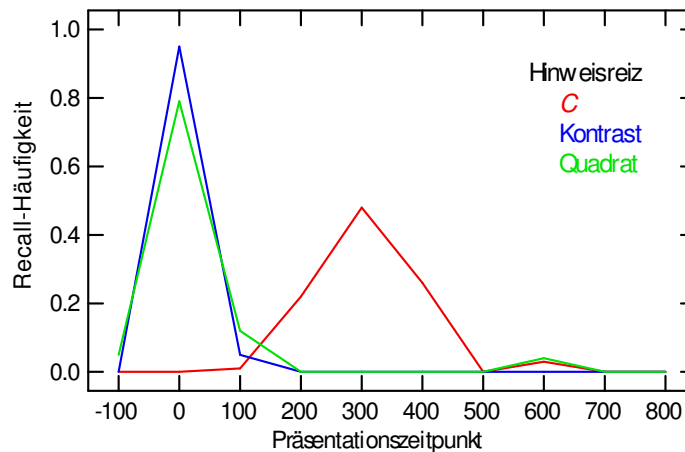


Abbildung 3. Relative Häufigkeiten, mit denen eine Versuchsperson eine Ziffer genannt hat, in Abhängigkeit vom Präsentationszeitpunkt der Ziffer relativ zur Darbietung des Hinweisreizes für drei verschiedene Hinweisreize (Daten aus Weichselgartner, 1985).

Weichselgartner (1985) wollte mittels einer im Vergleich zu Sperling und Reeves (1980) abgewandelten Methode automatische von kontrollierter Aufmerksamkeitszuweisung unterscheiden. Dazu bot er einen einzelnen RSVP-Strom aus Ziffern in zufälliger Reihenfolge im Abstand von 100 ms dar. Eine dieser Ziffern wurde gemeinsam mit einem visuellen Hinweisreiz präsentiert und sollte nach dem Ende des Durchgangs benannt werden. Zusätzlich wurde die MRT auf den Hinweisreiz erfasst. Bei der Verwendung eines quadratischen Rahmens sowie einer Kontrasterhöhung der aktuellen Ziffer als Hinweisreiz ergaben sich mittlere Aufmerksamkeitsreaktionszeiten von 13 bzw. 14 ms: Es wurden entweder die tatsächlich gleichzeitig mit dem Hinweissignal dargebotene Ziffer genannt oder Ziffern, die eine Position zuvor oder danach im RSVP-Strom dargeboten wurden. Die mittleren ART für Markierungen durch einen akustischen Klick, einen kreisförmigen Rahmen, eine unterbrochene vertikale Linie sowie einen quadratischen Rahmen neben der aktuellen Ziffer betragen zwischen 28 und 77 ms. Bei all diesen Hinweisreizen tritt laut Weichselgartner eine automatische Aufmerksamkeitszuweisung auf, die nur gelegentlich zusammenbricht. Im Kontrast dazu ergab sich für den Buchstaben C als Hinweisreiz eine deutlich längere mittlere ART von 296 ms (siehe Abbildung 3). Für den quadratischen Rahmen um die Ziffer wurde zudem für

zwei Versuchspersonen das Tempo des RSVP-Stroms variiert. Die Ergebnisse zeigen eine abnehmende ART mit zunehmend langsamerem Tempo (Tabelle 1).

Tabelle 1
Mittlere MRT und ART in ms (in Klammern Standardabweichungen) und Zahl absolvierter Durchgänge (n) für zwei Versuchspersonen und verschiedene Tempi des zweiten RSVP-Stromes. Daten aus Weichselgartner (1985).

SOA	n	MRT	ART
<i>Vp EW</i>			
50	100	208 (23)	53 (107)
100	300	223 (33)	23 (85)
150	100	233 (30)	0 (0)
<i>Vp IA</i>			
80	50	306 (55)	67 (123)
100	50	302 (41)	55 (106)
120	50	273 (38)	14 (39)
150	50	321 (34)	11 (72)

Weichselgartner und Sperling (1987) verglichen die Leistungen beim ART-Paradigma mit räumlicher Trennung von Hinweisreiz und zu berichtenden Zeichen (zwei RSVP-Ströme) mit den Leistungen in der Variation, in der Hinweisreiz und zu berichtende Zeichen im selben RSVP-Strom dargeboten werden. Analog zu Weichselgartner (1985) enthielt der RSVP-Strom einzelne Ziffern in zufälliger Reihenfolge mit einem SOA von 100 ms sowie einen quadratischen Rahmen um eine der Ziffern als Hinweisreiz. Die Versuchspersonen sollten die markierte und die drei Folgeziffern am Ende des Durchgangs benennen. Analog zu den Befunden bei der Präsentation von zwei RSVP-Strömen fand sich eine häufige Nennung von Ziffern, die 400 bzw. 500 ms nach dem Hinweisreiz dargeboten wurden und analog zu Weichselgartner (1985) konnten auch Ziffern gleichzeitig und direkt nach dem Hinweisreiz (SOA 100 ms) häufig berichtet werden. Allerdings war die Verteilung bei der Verwendung eines gemeinsamen RSVP-Stromes bimodal: Ziffern in einem zeitlichen Abstand von 200 bis 300 ms zum Hinweisreiz wurden nur selten berichtet (siehe Abbildung 4). Zusätzlich sollten die Versuchspersonen noch angeben, welche der berichteten Ziffern ihrer Meinung nach eher gleichzeitig mit dem Hinweisreiz und welche erst danach dargeboten worden waren, wobei sich zwei trennbare und als *first* bzw. *second glimpse* bezeichnete Verläufe zeigten. Die Ergebnisse wurden als Ausdruck automatischer vs. kontrollierter Aufmerksamkeitszuweisung interpretiert.

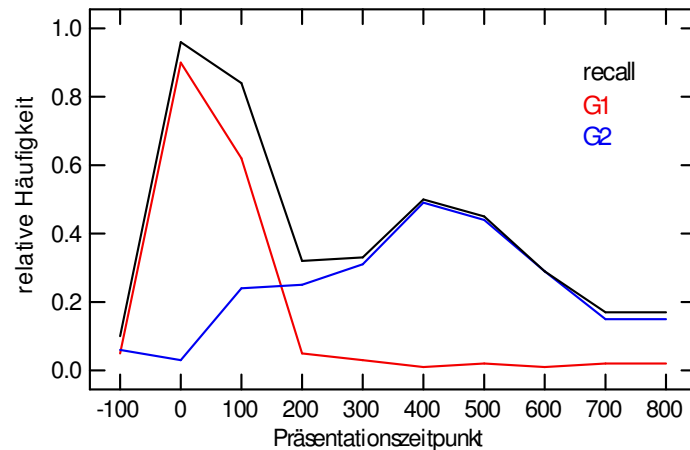


Abbildung 4. Einfluss des Präsentationszeitpunktes einer Ziffer relativ zur Darbietung des Hinweisreizes auf die Häufigkeit, diese Ziffer an irgendeiner Stelle in der Antwort zu berichten (*recall*). Die rote bzw. blaue Linie gibt an, wie häufig eine zu einem bestimmten Zeitpunkt dargebotene Ziffer als gleichzeitig mit (*G1*) bzw. zeitlich nach dem Hinweisreiz (*G2*) eingeschätzt wurde. Die Daten beruhen auf den Leistungen einer Versuchsperson (Daten aus Weichselgartner & Sperling, 1987).

3.2.3 Attention Gating-Modell (AGM)

Die berichteten Daten zu Nennungshäufigkeiten einzelner oder mehrerer Zeichen, die Reihenfolgefehler und die Einflüsse der Präsentationsgeschwindigkeit lassen sich sehr gut durch ein computationales *Modell der Aufmerksamkeitssteuerung* (attention-gating model, AGM) von Reeves und Sperling (1986) beschreiben. Es wird ein *Aufmerksamkeitsfenster* (attention window) postuliert, welches den Informationsfluss ins Kurzzeitgedächtnis moderiert. Abbildung 5 bietet eine Übersicht über das Modell.

Nach dem Erscheinen des Hinweisreizes benötigt der Prozess, diesen Reiz zu entdecken, die Zeit τ . Danach wird ein Aufmerksamkeitsfenster $a(t - \tau)$ mit der Form einer Gammafunktion zweiter Ordnung generiert. Eine zweite wichtige Funktion ist $b_i(t)$, die visuelle Verfügbarkeit des Zeichens an RSVP-Position i zum Zeitpunkt t . Ein Zeichen ist vom Beginn seiner Präsentation bis zur Darbietung eines anderen Zeichens am selben Ort visuell verfügbar. Ein *Aufmerksamkeitstor* (attention gate) multipliziert nun beide Funktionen zu jedem Zeitpunkt t , woraus sich die momentane Verfügbarkeit des i -ten Zeichens $c_A(t)$ ergibt. Das Integral

$$v_i = \int c_A(t) dt$$

beschreibt die Stärke der Repräsentation eines Zeichens im Kurzzeitgedächtnis. Dazu wird durchgangsspezifisch (T) noch Rauschen mit Varianz σ^2 addiert, wodurch sich $S_{i,T}$ ergibt, die Nettogedächtnisstärke des Zeichens. Zeichen werden in der Reihen-

folge dieser Nettostärke berichtet. Es handelt sich somit um ein Modell mit drei Parametern: τ , α und σ .

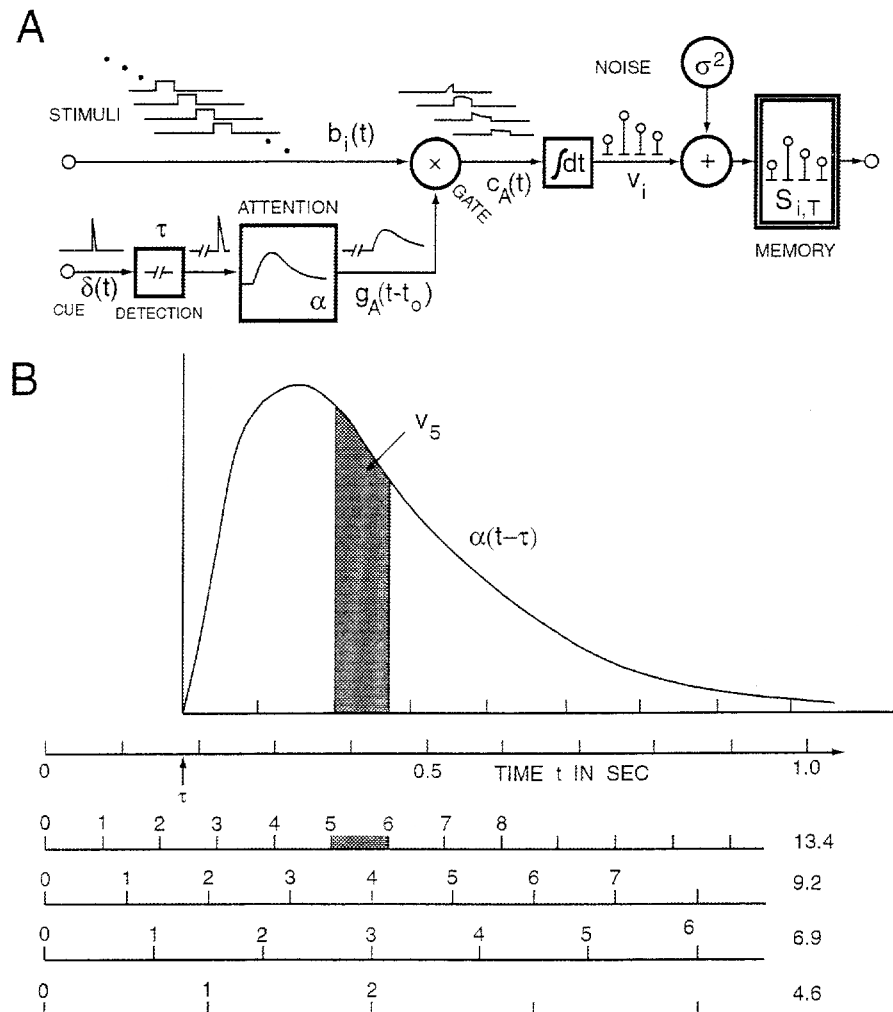


Abbildung 5. Modell der Aufmerksamkeitssteuerung (AGM). Im oberen Teil der Abbildung (A) ist das Modell durch ein Blockdiagramm dargestellt. Mit CUE ist der RSVP-Strom, der den Hinweisreiz enthält, bezeichnet. Der zweite RSVP-Strom (STIMULI) enthält die zu berichtenden Zeichen. Teil B der Abbildung verdeutlicht Aufmerksamkeitsfenster und momentane Verfügbarkeit des fünften Zeichens nach dem Hinweisreiz für einen RSVP-Strom mit der Geschwindigkeit von 13.4 Zeichen pro Sekunde. Langsamere Tempi führen laut Modell zu einer größeren Verfügbarkeit (Abbildung aus Sperling et al., 2001, S. 187).

Zur Integration der Daten, wie sie bei der Präsentation von Hinweisreiz und zu berichtenden Zeichen in einem gemeinsamen RSVP-Strom gefunden worden sind (siehe erneut Abbildung 4), nahmen Weichselgartner und Sperling (1987) an, dass zwei aufeinander folgende und sich teilweise überlappende Aufmerksamkeitsprozesse existieren: ein schneller automatischer Prozess für die Zielreizentdeckung und ein zweiter, langsamerer, kontrollierter Prozess. Im Gegensatz zum ersten sei dieser z. B. beeinflussbar durch Übung und Reizeigenschaften. Der automatische Prozess lasse den Be-

richt von Zeichen zu, wenn der Hinweisreiz hinreichend distinkt ist und wenn die Aufgabenstellung nach dem Entdecken des Hinweisreizes keine Verlagerung der Aufmerksamkeit an einen anderen Ort verlange.

Um zu erklären, wieso dabei durchaus auch Zeichen vor der Präsentation des Hinweisreizes berichtet werden, muss angenommen werden, dass bereits vor dem Erscheinen bzw. Entdecken des Hinweisreizes ein Aufmerksamkeitsfenster bzw. ein Aufmerksamkeitsprozess initiiert worden ist. Dabei stellt sich die Frage, wodurch dieses bzw. dieser ausgelöst werden sollte. Sperling und Weichselgartner (1995) sprechen von *Aufmerksamkeitsepisoden* anstelle von Aufmerksamkeitsfenstern und postulieren, dass die Episode, die der Entdeckung des Hinweisreizes dient, zu Beginn eines Durchgangs initiiert wird. Allerdings gehen sie in ihrem Modell nur auf ART-Paradigmen mit getrennten RSVP-Strömen ein. Eine andere Möglichkeit besteht in einer Repräsentation der Zeichen in einem Ultrakurzzeitspeicher zu einem Zeitpunkt, da auf dem Bildschirm bereits ein anderes Zeichen (z. B. mit Hinweisreiz) präsentiert ist. Diese Möglichkeit erwähnen Sperling und Mitarbeiter (2001) kurz, führen sie jedoch nicht näher aus. Prinzipiell ließe sich das AGM dadurch derart abwandeln, dass das Aufmerksamkeitsfenster, initiiert durch die abgeschlossene Entdeckung des Hinweisreizes, mit der Verfügbarkeit der Zeichen in diesem Ultrakurzzeitgedächtnis anstelle mit der Verfügbarkeit auf dem Bildschirm multipliziert wird. Bei ausreichend kurzer Entdeckungszeit und hinreichend langer Speicherdauer im Ultrakurzzeitgedächtnis würden so auch Zeichen eine hohe Nettogedächtnisstärke erhalten, die auf dem Bildschirm vor dem Hinweisreiz präsentiert worden sind. Sperling und Mitarbeiter (2001) sahen von dieser Modifikation ab, wohl weil sie unimodale Daten modellieren wollten, die aus Experimenten mit geteilten RSVP-Strömen stammen. Shih und Sperling (2002) erweiterten das AGM um eine Komponente des ikonischen Gedächtnisses, modellieren aber ebenfalls unimodale Daten aus ihren Experimenten zur räumlichen Aufmerksamkeitsverlagerung.

3.3 Attentional Blink-Effekt

Ausgehend vom Befund, dass ein einzelner Zielreiz bei RSVP-Geschwindigkeiten um 100 ms relativ gut zu entdecken ist (Intraub, 1985; Potter, 1975; Sperling, Budiansky, Spivak, & Johnson, 1971), stellt sich die Frage, ob dies vergleichbar gut gelingt, wenn zwei Zielreize im RSVP-Strom dargeboten werden. Diese experimentelle Idee hat zur Entdeckung eines Phänomens geführt, das Attentional Blink („Aufmerksamkeitsblinzeln“, AB) genannt wird.

Beim AB-Paradigma werden zwei zuvor teilweise oder vollständig definierte Zielreize unter Distraktoren mittels der RSVP-Methode präsentiert. Die Versuchsperson soll ohne Zeitnot nach dem Durchgang das Vorhandensein oder die Identität beider Zielreize angeben. Typischerweise wird dabei der Abstand zwischen beiden Zielreizen

im RSVP-Strom variiert. Diese Variable wird mit *Lag* bezeichnet und ist üblicherweise operationalisiert über die Zahl der zwischen den Zielreizen dargebotenen Zeichen plus 1. Lag 1 bedeutet, dass beide Zielreize direkt nacheinander präsentiert werden, in der Bedingung Lag 2 wird ein weiteres Zeichen, welches kein Zielreiz ist (Distraktor), zeitlich zwischen beiden Zielreizen dargeboten und analog für weitere Lag-Stufen. Im überwiegenden Teil der Studien werden beide Zielreize in einem gemeinsamen RSVP-Strom präsentiert. Im Zentrum des Interesses steht also im Vergleich zum ART-Paradigma nicht die Zeit, die eine verdeckte räumliche Aufmerksamkeitsverlagerung benötigt. Vielmehr stehen Auswahlmechanismen im Mittelpunkt, die es ermöglichen, aus einer Flut visueller Reize Informationen zu extrahieren und ins Kurzzeitgedächtnis zu transferieren.

Studien, die mit dem ersten Zielreiz eine *n*-fach-Wahlaufgabe (Identifikation) verbinden und mit dem zweiten eine Entdeckungsaufgabe, bezeichnen überwiegend den ersten Zielreiz als *Target* und den zweiten als *Probe* (z. B. Raymond et al., 1992). In Untersuchungen, bei denen auf beide Reize eine *n*-fach-Wahlaufgabe auszuführen ist, werden die Begriffe erster bzw. zweiter Zielreiz (Target 1 oder T1 bzw. Target 2 oder T2) verwendet. In der vorliegenden Arbeit werden die Zielreize im AB-Paradigma zur Vereinfachung durchgehend als erster (T1) bzw. zweiter Zielreiz (T2) bezeichnet.

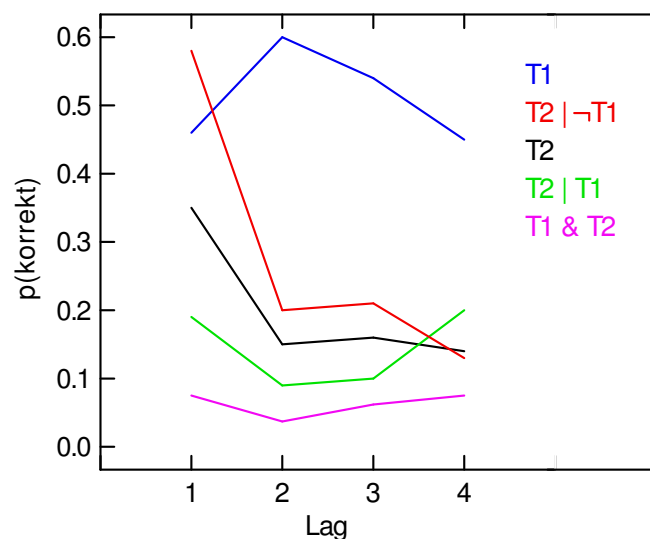


Abbildung 6. Einfluss des Faktors Lag auf relative Häufigkeiten korrekter Identifikationen des ersten Zielreizes (T1), des zweiten Zielreizes (T2) und beider Zielreize (T1 & T2). Bei den Maßen $T2|T1$ bzw. $T2|-T1$ sind die Anzahlen korrekter T2-Identifikation relativiert an der Zahl von Durchgängen mit korrekter bzw. inkorrektur Identifikation des ersten Zielreizes (Daten aus Broadbent & Broadbent, 1987).

Erstmals untersuchten Broadbent und Broadbent (1987, Exp. 1) mittels RSVP die Identifikationsleistung für einen zweiten Zielreiz in Abhängigkeit von seiner Position

relativ zu einem ersten Zielreiz, der ebenfalls zu berichten war. In einem Durchgang wurden an einem Ort auf dem Bildschirm nacheinander zwölf fünfbuchstabile Wörter dargeboten, wobei das SOA zwischen zwei Wörtern 80 ms betrug. Genau zwei der Wörter wurden in Großbuchstaben präsentiert und stellten die zu identifizierenden Zielreize dar, die restlichen Wörter (Distraktoren) bestanden aus Kleinbuchstaben. Abbildung 6 zeigt den Verlauf verschiedener berechneter Leistungsmaße in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag. Eine in Untersuchungen zum Attentional Blink häufig verwendete abhängige Variable ist die der T2-Leistungen bei gegebenen korrekten T1-Leistungen. Dazu werden nur die Durchgänge betrachtet, in denen der erste Zielreiz korrekt identifiziert worden ist und dann der Anteil korrekter T2-Antworten an diesen Durchgängen berechnet. In der Abbildung der Ergebnisse von Broadbent und Broadbent ist dieses Maß mit $T2|T1$ bezeichnet und zeigt einen Abfall bei den Lag-Bedingungen 2 und 3 und einen Anstieg bei Lag 4. In Nachfolgestudien zum Attentional Blink wird für dieses Maß der Begriff *T2-Leistung* verwendet, was auch in dieser Arbeit geschehen soll. Auf in Einzelfällen notwendige Abweichungen davon wird gesondert hingewiesen.

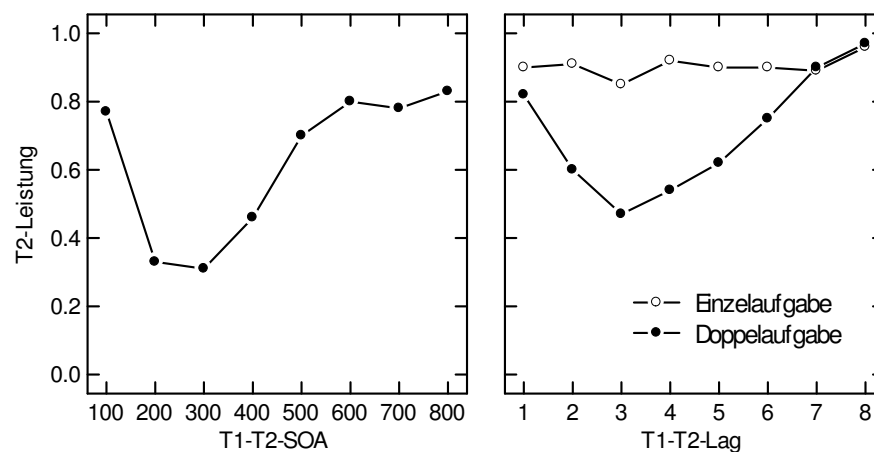


Abbildung 7. Zwei Beispiele für das als Attentional Blink bezeichnete Datenmuster. Links: Daten einer Untersuchung von Chun und Potter (1995, Exp. 1) mit T2-Identifikation. Rechts: Die Ergebnisse der Studie von Raymond und Kollegen (1992, Exp. 2) mit T2-Detektion und Kontrollbedingung Einzelaufgabe. In beiden Studien entspricht Lag 1 einem T1-T2-SOA von 100 ms.

Chun und Potter (1995, Exp. 1) ließen die Versuchspersonen zwei schwarze Buchstaben unter schwarzen Ziffern in einem RSVP-Strom mit Tempo 100 ms identifizieren und variierten dabei den Faktor Lag von 1 bis 8. Raymond et al. (1992, Exp. 2) boten als ersten Zielreiz einen weißen unter schwarzen Buchstaben dar. Mit dem zweiten Zielreiz war eine Entdeckungsaufgabe verbunden: Ein X war in der Hälfte der Durchgänge im Buchstabenstrom (Tempo 100 ms) enthalten. Dies ließ zusätzlich die Lag-Stufe 0 zu, bei der das X als weißer Buchstabe präsentiert wurde. Darüber hinaus wurde eine Kontrollbedingung *Einzelaufgabe* eingeführt, bei der die Versuchsperson nur über die Anwesenheit des zweiten Zielreizes entscheiden sollte. Der erste Zielreiz

war auch in der Kontrollbedingung im Buchstabenstrom enthalten, für die korrekte Aufgabenbearbeitung jedoch unwichtig. Die in Abbildung 7 dargestellten Ergebnisse dieser beiden Experimente lassen für beide Arten von T2-Aufgaben (Identifikation vs. Entdeckung) den U-förmigen Verlauf der T2-Leistungen erkennen. In der Bedingung Einzelaufgabe ergaben sich keine Leistungseinbußen in Abhängigkeit vom Faktor Lag, der Effekt beruht also nicht allein auf Maskierungsphänomenen.

Dieser Effekt des Abstands zweier zu berichtender Zielreize auf die Leistungen des zweiten Zielreizes wurde von Raymond und Kollegen (1992) erstmals als Attentional Blink bezeichnet und hat sich seither unter diesem Begriff etabliert. Eine Definition für das Vorliegen eines AB-Effektes geben z. B. Seiffert und Di Lollo (1997):

A pattern of results can be said to exhibit an AB deficit if it possesses two characteristics. First, given correct identification of T1, level of performance on the T2 task must show a decrement below that obtained with a control task in which participants are not required to identify T1. Second, the performance decrement must vary as a function of the SOA between T1 and T2 (S. 1063)

Diese Definition ist in mindestens zweierlei Hinsicht interessant: Zum einen wird nicht explizit ein U-förmiger Verlauf der T2-Leistungen verlangt. Tatsächlich lässt sich nicht selten ein monotoner Anstieg dieses Maßes mit größer werdendem T1-T2-Abstand finden. Zweitens wird hier dem SOA zwischen beiden Zielreizen die den Effekt determinierende Rolle gegeben, nicht der Zahl der Distraktoren zwischen ihnen (Lag). Chun und Potter (1995) beschrifteten die Abszisse in ihrer Ergebnisdarstellung mit SOA, Raymond und Mitarbeiter (1992) hingegen mit Lag (siehe erneut Abbildung 7), wie es auch in der überwiegenden Anzahl der Studien zum Attentional Blink gehandhabt wird. Die Unterscheidung von SOA- und Lag-Einflüssen auf den Effekt wird ein zentraler Bestandteil dieser Arbeit sein.

In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass sich der Attentional Blink-Effekt nicht auf die Verwendung von Wörtern oder Buchstaben als Zielreize bzw. Distraktoren beschränkt, sondern auch bei der Darbietung von Ziffern (Akyürek & Hommel, 2005; Kawahara, 2003a), Symbolen (Maki, Bussard, Lopez, & Digby, 2003), Punktmustern (Shapiro, Raymond, & Arnell, 1994), abstrakten Figuren (Raymond, 2003), Gesichtern (Awh, Serences, Laurey, Dhaliwal, van der Jagt, & Dassonville, 2004) oder Bildern realer Gegenstände (Boucart, de Visme, & Wagemans, 2000) auftritt. Kapitel 3.5.2 liefert eine Übersicht zu Studien, in denen Material außerhalb der visuellen Modalität verwendet wurde.

Wie bereits erwähnt, besteht die Aufgabe für die Versuchsperson in den meisten Studien zum Attentional Blink-Phänomen entweder in der Identifikation zweier Zielreize oder in der Identifikation eines ersten und der Detektion eines zweiten Zielreizes. Doch auch für die beiden restlichen Kombinationen aus Entdeckungs- und Identifikationsaufgabe konnte ein AB-Effekt gefunden werden: Shapiro und Mitarbeiter (1994,

Exp. 2, 3A und 3B) verlangten eine Entdeckung beider Zielreize und Isaak, Shapiro und Martin (1999) kombinierten eine Entdeckungsaufgabe für T1 mit einer Identifikationsaufgabe für T2.

Das von Broadbent und Broadbent (1987) bzw. Raymond und Kollegen (1992) beschriebene Attentional Blink-Phänomen hat seither zu einer Vielzahl von Untersuchungen angeregt. So listet PsycINFO 209 Veröffentlichungen zum Stichwort „attentional blink“, wovon allein 118 auf die Jahre 2002 bis 2006 entfallen. In dieser Arbeit können nicht alle Fragestellungen zum AB-Effekt referiert werden, jedoch gibt Kapitel 3.5 einen Überblick über ausgewählte Befunde und Hauptfragestellungen im Zusammenhang mit dem AB-Phänomen. Im Rahmen dieser Arbeit ist es von besonderem Interesse, unter welchen Umständen die T2-Leistungen einen monotonen bzw. U-förmigen Verlauf in Abhängigkeit von T1-T2-SOA bzw. Lag zeigen. Darauf wird in Kapitel 3.6 ausführlich eingegangen. Von nicht minder großem Interesse ist die Frage nach den angenommenen Prozessen, die den Attentional Blink-Effekt und seine Besonderheiten verursachen. Dazu wurde im Laufe der Erforschung des Phänomens eine Vielzahl von Modellen postuliert, deren Hauptvertreter ausführlich in Kapitel 3.4 vorgestellt werden.

3.4 Modelle zum Attentional Blink-Effekt

In den folgenden Abschnitten sollen zwei einflussreiche Modelle vorgestellt werden, die zur Erklärung des generellen Effektes der T2-Leistungseinbußen beim Attentional Blink-Paradigma entwickelt worden sind: Das *Interferenz-Modell* und das *Zwei-Stufen-Modell*. Nach einer vergleichenden Würdigung beider Modelle werden weitere Ansätze kurz vorgestellt, die entweder andere Gesichtspunkte einbringen oder versuchen, die existierenden Modelle zu vereinen.

3.4.1 Hemmungs-Modell und Interferenz-Modell

Grundlage für das Interferenz-Modell bildet das von Raymond und Mitarbeitern (1992) postulierte *Hemmungs-Modell*, das später zugunsten des Interferenz-Modells verworfen wurde.

Das Hemmungs-Modell kombiniert Aspekte aus dem Attention Gating-Modell mit einem durch Verwechslungsgefahr ausgelösten Hemmungsmechanismus: Während der Darbietung eines RSVP-Stroms wird das den ersten Zielreiz definierende Merkmal (z. B. die weiße Farbe) präattentiv verarbeitet und stößt einen nachfolgenden kontrollierten Verarbeitungsprozess an. Ein Aufmerksamkeitsfenster wird generiert bzw. eine

Aufmerksamkeitsepisode wird initiiert. Diese Episode dient der Weiterverarbeitung von T1 bis zur Stufe der Berichtbarkeit. Wenn noch vor Beendigung dieser Episode ein weiterer Reiz präsentiert wird, werden Merkmale beider Reize weiterverarbeitet, wobei die Gefahr von Verschmelzungs- und Verwechslungsfehlern entsteht. Diese Gefahr führt zur Auslösung eines suppressiven Prozesses, der weitere sensorische Konfusion verhindern soll. Ohne Konfusion von Merkmalen des ersten Zielreizes und des Folge-reizes (z. B. bei Präsentation einer Lücke im RSVP-Strom direkt nach T1) wird dieser Hemmungsmechanismus nicht gestartet, das Aufmerksamkeitsfenster schließt gemäß seiner Form und eine nachfolgende Aufmerksamkeitsepisode kann durch das Erschei-nen von T2 ausgelöst werden. Der Hemmungsmechanismus hingegen führt zu einem Verriegeln des Aufmerksamkeitsfensters (*shut-and-lock procedure*): Die Initiierung einer weiteren Aufmerksamkeitsepisode (eines nachfolgenden Fensters) benötigt mehr Zeit als ohne Verriegelung. Die Stärke der Konfusionsgefahr (Interferenz) ist abhängig von zeitlichem Abstand und Ähnlichkeit von T1 und dem Nachfolgereiz ($T1+1$) sowie von der Ähnlichkeit zwischen $T1+1$ und den restlichen Distraktoren. Das Hemmungs-Modell erklärt das Auftreten von T2-Leistungseinbußen beim Attentional Blink-Paradigma sowie das Ausbleiben dieser Einbußen in der Kontrollbedingung ohne T1-Identifikationsaufgabe (Raymond et al., 1992, Exp. 2). Ebenso postuliert es die zur Kontrollbedingung vergleichbaren T2-Leistungen bei Präsentation einer Lücke im RSVP-Strom direkt nach T1 (Raymond et al., Exp. 3) und das Auftreten eines Attentional Blink-Effektes, wenn der $T1+1$ -Reiz vorhanden ist und eine Lücke an Position $T1+2$ dargeboten wird (Raymond et al., Exp. 4). Shapiro und Kollegen (1994, Exp. 2, 3A und 3B) fanden allerdings auch AB-Effekte, wenn die Aufgabe für den ersten Zielreiz in bloßer Entdeckung bestand, was unvereinbar mit dem Hemmungs-Modell ist, woraufhin es von den Autoren zum Interferenz-Modell abgewandelt wurde.

Das Interferenz-Modell basiert auf einem Modell zur visuellen Suche von Duncan und Humphreys (1989), in dem die Ähnlichkeit zwischen Zielreiz und Distraktor(en) eine entscheidende Funktion hat. Gemäß dem Interferenz-Modell werden für die beiden Zielreize *Schablonen* (templates) aus zielreizdefinierenden Merkmalen gebildet. Reprä-sentationen von Reizen, die zu diesen Schablonen passen (T1, T2), gelangen mit hoher Wahrscheinlichkeit ins visuelle Kurzzeitgedächtnis (visual short term memory, *VSTM*). Auch die Reize, die jeweils direkt nach den Zielreizen präsentiert worden sind, können im VSTM repräsentiert sein, aufgrund ihrer zeitlichen Nähe zu den Zielreizen in Kom-bination mit einem langsam schließenden Aufmerksamkeitsfilter, der den Eingang von Repräsentationen ins visuelle Kurzzeitgedächtnis vermittelt (Shapiro & Raymond, 1994). Die Repräsentationen konkurrieren anschließend um den Abruf aus dem VSTM. Diese Konkurrenz ist umso stärker, je ähnlicher die Reize einander sind. Zum erfolgrei-chen Bericht eines Zielreizes muss dessen Repräsentation (a) ins VSTM gelangen und (b) daraus abgerufen werden, unabhängig davon, ob für diesen Zielreiz eine Entde-ckungs- oder eine Identifikationsleistung gefordert ist. Mitunter wird die Konkurrenz um den Abruf auch so beschrieben, dass die Repräsentationen der Reize im VSTM Gewichte erhalten, die umso höher sind, je größer die Ähnlichkeit der Reize zu den

Zielreizschablonen ist und je früher der Zeitpunkt ihres VSTM-Eintritts ist (Shapiro et al., 1994). Die beiden Reize, deren Repräsentationen im VSTM die höchsten Gewichte haben, können abgerufen werden. Raymond, Shapiro und Arnell (1995) postulieren weitergehend, dass die Summe aller Gewichte begrenzt ist und die Stärke der Gewichte mit zunehmender Zeit abnimmt. Daraus folgt, dass ein kurz nach dem ersten Zielreiz dargebotener zweiter Zielreiz ein weniger großes Gewicht erhalten kann, da die Repräsentation des ersten (noch) ein hohes Gewicht besitzt. Bei genügend großem zeitlichen Abstand beider Zielreize entsteht keine Konkurrenzsituation, da dann die Antwortauswahl für den ersten bereits abgeschlossen ist (Isaak et al., 1999), eine Annahme, die eine interessante Parallelität zum im nächsten Abschnitt beschriebenen Zwei-Stufen-Modell darstellt. Diese Ausführungen machen deutlich, dass das Interferenz-Modell in verschiedenen Arbeiten durchaus leicht unterschiedlich dargestellt wird, vor allem was die Dynamik der Gewichte der VSTM-Repräsentationen angeht, ohne dass an den entsprechenden Stellen deutlich wird, ob es sich um eine inhaltliche Modifikation des Modells im Laufe der Jahre handelt. Aufgrund einer fehlenden Präzisierung, z. B. in Form eines komputationalen Modells, bleibt dies offen.

Der entscheidende Unterschied zwischen Hemmungs-Modell und Interferenz-Modell, wird jedoch deutlich: Während ein nicht berichteter zweiter Zielreiz laut Hemmungs-Modell gar nicht erst bis zu einer Repräsentation im VSTM verarbeitet wird (frühe Selektion), gelangt er laut Interferenz-Modell zwar in das visuelle Kurzzeitgedächtnis, kann aber aufgrund dort erlittener Interferenz daraus nicht abgerufen werden (späte Selektion). Das Hemmungs-Modell wurde schließlich aufgegeben, da sein Ansatz der frühen Selektion unvereinbar ist mit einer Reihe von Hinweisen, dass nicht berichtete Zielreize bis zur semantischen Ebene hin verarbeitet worden sind: So fanden sich semantische Priming-Effekte für die T2-Leistungen, wenn der erste Zielreiz nicht berichtet werden konnte (Broadbent & Broadbent, 1987; Maki, Frigen, & Paulson, 1997), ein semantischer Priming-Effekt unidentifizierbarer T2-Wörter auf die Identifikationsleistungen für einen dritten Zielreiz (T3) (Shapiro, Driver, Ward, & Sorensen, 1997) und kein Attentional Blink-Effekt, wenn als zweiter Zielreiz der eigene Name zu entdecken war (Shapiro, Caldwell, & Sorensen, 1997). Weitere Belege für Theorien, die auf später Selektion basieren, wurden durch elektrophysiologische Messungen erbracht (Luck, Vogel, & Shapiro, 1996; Rolke, Heil, Streb, & Hennighausen, 2001; Vogel, Luck, & Shapiro, 1998), auf die in Kapitel 3.5.4 gesondert eingegangen wird.

3.4.2 Zwei-Stufen-Modell

Parallel zum Interferenz-Modell und ebenfalls als Antwort auf entdeckte Unzulänglichkeiten des Hemmungs-Modells entwickelten Chun und Potter (1995) das Zwei-Stufen-Modell, das auf vorangehenden Ideen von Broadbent und Broadbent (1987) sowie Duncan (1980) beruht. Hierbei werden zwei Prozesse bzw. Stufen der Zielreiz-

verarbeitung postuliert. In einer ersten präattentiven Stufe werden zielreizspezifische Eigenschaften der Reize analysiert (Farbe, Form, Kategoriezugehörigkeit) und dadurch bereits Zielreizkandidaten festgelegt. Laut Chun (1997a) sind die Reize nach der Verarbeitung in Stufe 1 in einem postkategorialen Kurzzeitspeicher repräsentiert, analog zum konzeptuellen Kurzzeitgedächtnis nach Potter (1993). Diese Repräsentationen gehen jedoch aufgrund einer Überschreibung durch Nachfolgereize im RSVP-Strom verloren, wenn sie nicht eine zusätzliche zweite Phase bzw. Stufe der Konsolidierung durchlaufen. Stufe 2 wird durch die Auswahl eines Zielreizkandidaten in Stufe 1 ausgelöst und dient dessen weiterer Verarbeitung und der Überführung der Repräsentationen der Zielreizkandidaten ins visuelle Kurzzeitgedächtnis. Diese Stufe ist seriell und kapazitätsbegrenzt und benötigt mehr Zeit als ein Reiz im AB-Paradigma üblicherweise dargeboten wird. Zeitverlauf und Auflösung des Übergangs von der ersten zur zweiten Stufe sind dabei so gestaltet, dass der erste Zielreiz sehr wahrscheinlich gemeinsam mit seinem Folgereiz ($T1+1$) verarbeitet wird. Solange die Verarbeitung eines Zielreizkandidaten (und seines Folgereizes) in Stufe 2 noch nicht abgeschlossen ist, kann keine weitere Repräsentation in Stufe 2 eintreten. In diesem Fall gehen die bis zum Ende von Stufe 1 gebildeten Repräsentationen weiterer möglicher Zielreizkandidaten durch Überschreibung durch Folgereize verloren. Nur Reize, die nach der Passage der zweiten Stufe im visuellen Kurzzeitgedächtnis repräsentiert sind, können berichtet werden. Die Zeit, die für die Verarbeitung in Stufe 2 benötigt wird, ist abhängig von der Verarbeitungsschwierigkeit des ersten Zielreizes, worunter die visuelle lokale Diskriminierbarkeit von $T1$ und $T1+1$ verstanden wird (Chun & Potter, 1995). Die visuelle Diskriminierbarkeit der Zielreize von den restlichen Distraktoren hat einen eher globalen Einfluss darauf, wie hoch das generelle Zielreiz-Entdeckungskriterium von der Versuchsperson gesetzt wird, ab dessen Überschreitung die zweite Stufe ausgelöst wird.

Basierend auf dem Zwei-Stufen-Modell entwickelten Bowman und Barnard (2001) ein komputationales Modell und konnten damit einen U-förmigen Verlauf der T2-Leistungen simulieren. Sie modifizierten das Modell allerdings dahingehend, dass sie begrenzte Aufmerksamkeitsressourcen annehmen, wodurch die Initiierung der zweiten Verarbeitungsstufe eine Limitierung der für die erste Stufe zur Verfügung stehenden Ressourcen nach sich zieht. Chun und Potter (1995) hingegen postulierten ursprünglich eine von der Initiierung einer zweiten Stufe unabhängige Verarbeitung in Stufe 1 und verankerten die kapazitätslimitierte Verarbeitung innerhalb der zweiten Stufe.

Weitere empirische Stützung erfährt das Zwei-Stufen-Modell durch eine Arbeit von Zuvic, Visser und Di Lollo (2000), in der zentrale Annahmen des Modells unabhängig vom Attentional Blink-Paradigma untersucht worden sind.

Potter, Staub und O'Connor (2002) ließen Versuchspersonen im AB-Paradigma zwei Wörter unter Symbolzeichenketten identifizieren. Die Besonderheit bestand in einer deutlich schnelleren Darbietungsgeschwindigkeit des RSVP-Stromes als bis dahin üblich von 53 ms SOA zwischen aufeinander folgenden Reizen. Um noch kürzere T1-T2-Zeitabstände zu realisieren, wurden die Wörter in zwei räumlich getrennten asyn-

chronen RSVP-Strömen, deren Tempo jeweils 53 ms betrug, dargeboten. Für ein T1-T2-SOA von 53 ms oder kürzer zeigten sich bessere T2- als T1-Leistungen. Dieses Muster wurde von den Autoren als umgekehrter AB-Effekt bezeichnet. In dieser Studie wurden die T2-Leistungen nicht an der Zahl korrekter T1-Antworten relativiert, sondern wie die T1-Leistungen als relative Häufigkeit korrekter Antworten in den Durchgängen der jeweiligen Bedingungskombination operationalisiert. Zur Erklärung dieser Daten erweiterten Potter und Mitarbeiter das Zwei-Stufen-Modell um eine Wettlaufkomponente innerhalb der ersten Stufe: Reize, die zielreizdefinierende Merkmale besitzen, konkurrieren in Stufe 1 um begrenzte Verarbeitungsressourcen für die Zielreizidentifikation, die notwendig für den Eintritt in Stufe 2 ist. Ist das SOA zwischen beiden Zielreizen sehr kurz und werden dem zweiten Zielreiz besonders viele Ressourcen zugewiesen, gewinnt er den Wettlauf um den Eintritt in Stufe 2, wohingegen der erste Zielreiz weiter in Stufe 1 verbleibt, bis die zweite Verarbeitungsstufe wieder frei ist. Während dieser Zeit kann die Repräsentation des ersten Zielreizes verblassen oder überschrieben werden. Potter, Dell'Acqua, Pesciarelli, Job, Peressotti und O'Connor (2005) replizierten den umgekehrten AB-Effekt bei einem SOA von 53 ms und konnten zudem einen semantischen Priming-Effekt von T2 auf die T1-Leistung in dieser SOA-Bedingung zeigen, welchen sie ebenfalls im Sinne des Zwei-Stufen-Wettlauf-Modells interpretierten. Einen ähnlichen Kompatibilitätseffekt zweier Zielreize konnte Hommel (1998) im PRP-Paradigma zeigen.

3.4.3 Gegenüberstellung beider Modelle

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass das Hemmungs-Modell als Vertreter früher Selektion verworfen und von zwei Modellen später Selektion abgelöst worden ist: dem Interferenz-Modell und dem Zwei-Stufen-Modell. Das Zwei-Stufen-Modell nimmt auf kategorialer Ebene eine serielle Verarbeitung der Reize an, wohingegen das Interferenz-Modell eine parallele Verarbeitung postuliert. Ähnlich klassifiziert Wong (2002) das Zwei-Stufen-Modell als *on-line* Modell und das Interferenz-Modell als *off-line* Erklärungsansatz des Attentional Blink-Phänomens.

Während einige Arbeiten versuchen, zwischen beiden Modellen zu differenzieren (z. B. Grandison, Ghirardelli, & Egeth, 1997; Isaak et al., 1999; Peterson & Juola, 2000; Shapiro & Terry, 1998), lassen sich die Erklärungsansätze zum Attentional Blink in anderen Berichten teilweise nicht mehr klar zu einem der beiden Modelle zuordnen. Dies ist insbesondere der Fall, wenn (a) innerhalb des Interferenz-Modells angenommen wird, dass bei großem T1-T2-Abstand die Antwortauswahl für den ersten Zielreiz bereits erfolgt, bevor Interferenz entstehen kann, was auch als sequentielle Stufen interpretierbar ist, oder wenn (b) in das Zwei-Stufen-Modell als Analogie zur parallelen Verarbeitung des Interferenz-Modells eine Wettlaufkomponente in Stufe 1 integriert wird. In diesem Fall unterscheiden sich die Modelle lediglich darin, wann ein Wettlauf

bzw. Interferenz stattfindet: vor bzw. nach dem Eintritt der Repräsentationen in den visuellen Kurzzeitspeicher.

Hält man sich jedoch an die Originaldarstellungen der Modelle aus den frühen 90er Jahren (Chun & Potter, 1995; Raymond et al., 1995; Shapiro et al., 1994), ergibt sich eine differenzierbare Vorhersage: Während laut Interferenz-Modell die Ähnlichkeit beider Zielreize bzw. zwischen Distraktoren und Zielreizen von zentraler Bedeutung für das Ausmaß der Interferenz und damit des Attentional Blink-Effektes ist, betonen Vertreter des Zwei-Stufen-Modells den Einfluss der Schwierigkeit der T1-Aufgabe (Shapiro & Terry, 1998). Kapitel 3.5.5 referiert den Stand dieser Diskussion. In engem Zusammenhang damit stehen Ideen zu Maskeneffekten beim Attentional Blink, wobei die Distraktoren an den Positionen T1+1 bzw. T2+1 als Masken für die beiden Zielreize betrachtet werden (für eine ausführlichere Darstellung siehe Kapitel 3.5.6).

3.4.4 Weitere Modelle

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass es außer dem Zwei-Stufen- und dem Interferenz-Modell noch weitere Modelle gibt, die innerhalb der Literatur mehr oder weniger häufig zur Erklärung des Attentional Blink-Effektes oder einzelner Teilbefunde herangezogen worden sind. Einige dieser Modelle wurden ursprünglich im Zusammenhang mit anderen Phänomenen der visuellen Aufmerksamkeit entwickelt und später auch auf ihren Beitrag zur Erklärung des AB-Effektes hin diskutiert (Modell eines zentralen Engpasses, Modell der Aufmerksamkeitsverweildauer, Type-Token-Ansatz). Nach einer zusammenfassenden Klassifikation dieser Modelle werden Ansätze vorgestellt, die Gemeinsamkeiten verschiedener Modelle integrieren.

Eine der Vorstellungen, die auf das AB-Phänomen angewendet worden sind, ist die Annahme eines zentralen Verarbeitungseingpasses oder Flaschenhalses, wie sie zur Erklärung des PRP-Phänomens entwickelt worden ist (vergleiche Kapitel 3.1). Das Modell eines zentralen Engpasses kann man als Erweiterung bzw. Modifikation des Zwei-Stufen-Modells auffassen, wobei der Engpass nicht nur auf der Stufe der Konsolidierung existiert (wie im Zwei-Stufen-Modell postuliert), sondern als zentraler Engpass auch die Stufe der Antwortauswahl umfasst (Jolicoeur, 1998; Jolicoeur, Dell'Acqua, & Crebolder, 2001).

Das Modell der Aufmerksamkeitsverweildauer (dwell time) ähnelt ebenfalls in einigen Aspekten dem Zwei-Stufen-Modell, entstand jedoch aus einer anderen Forschungsrichtung heraus. Es wurde ursprünglich im Zusammenhang mit Experimenten zur visuellen Suche entwickelt, bei denen die Merkmalsidentifikation verschiedener, an unterschiedlichen Positionen dargebotener Objekte untersucht wurde (Duncan, 1980, 1984, 1993). Im Rahmen des Modells der Aufmerksamkeitsverweildauer wird angenommen, dass verschiedene Merkmale eines Objektes parallel verarbeitet werden,

Merkmale verschiedener Objekte hingegen seriell (Brehaut, Enns, & Di Lollo, 1999; Ward, Duncan, & Shapiro, 1996). Die Verweildauer der Aufmerksamkeit bezeichnet die Zeit, die für die parallele Merkmalsverarbeitung für ein Objekt benötigt wird. Während der Verweildauer der Aufmerksamkeit werden die verschiedenen Objektmerkmale zu einer einheitlichen Objektrepräsentation vereinigt (Shapiro, Arnell, & Raymond, 1997). Duncan, Ward und Shapiro (1994) wendeten die Theorie auf ein Paradigma an, bei dem zwei maskierte Objekte an verschiedenen Positionen mit unterschiedlichem zeitlichen Abstand präsentiert werden. Dieses so genannte *Skelett-Paradigma* führt wie das RSVP-Paradigma zum Attentional Blink (siehe auch Kapitel 3.5.1). Wird der erste Zielreiz entdeckt, wird seiner Verarbeitung Aufmerksamkeit zugewiesen und die Verweildauer beginnt. Wenn der zweite Zielreiz vor Ende dieser Verweildauer erscheint, leidet dessen Verarbeitung. Der AB-Effekt entsteht nicht durch einen Engpass, der zu serieller Verarbeitung führt, sondern dadurch, dass T2 bei zeitlicher Nähe beider Zielreize weniger Ressourcen zugewiesen werden als dem ersten Zielreiz (Wong, 2002).

Eine weitere kognitionspsychologische Idee, die Eingang in die Modellvorstellungen zum Attentional Blink gefunden hat, stellt der so genannte Type-Token-Ansatz dar. Er wurde in Studien zur *Wiederholungsblindheit* generiert (Kanwisher, 1987, 1991) und diente später zur Erweiterung des Zwei-Stufen-Modells beim Attentional Blink. Ähnlich wie beim Attentional Blink-Paradigma werden zur Demonstration der Wiederholungsblindheit zwei Zielreize in einer RSVP-Folge dargeboten. Gleichen sich beide Zielreize, berichten Versuchspersonen nur eine einmalige Präsentation, selbst wenn zwischen beiden Reizen mehrere Distraktoren dargeboten worden sind. Der Effekt nimmt mit zunehmendem Abstand der Zielreize im RSVP-Strom ab. Zur bewussten Wahrnehmung beider Zielreize als getrennte Ereignisse werden zwei Prozesse postuliert: die Aktivierung einer Objektrepräsentation aus dem Langzeitgedächtnis bei der Präsentation jedes Reizes (*Type-Entdeckung*) und ein zusätzlicher Prozess, der einen episodischen Anker für jedes Objekt generiert (*Token-Individuation*). Der Anker vermittelt die bewusste Verarbeitung des Objektes. Zur Entscheidung, dass ein Objekt mehrmals präsentiert worden ist, müssen mehrere Anker angelegt worden sein. Unter *Type* wird eine abstrakte Kategorie verstanden, unter *Token* eine spezifische Instanz dieser Kategorie (Shapiro, Driver, et al., 1997). Eine episodische Repräsentation, bei der die Type-Information mit der räumlich-zeitlichen Token-Information verbunden ist, wird mitunter auch als *Object File* (Kahneman, Treisman, & Gibbs, 1992) oder als *Object Token* (Kanwisher & Driver, 1992) bezeichnet. Der Effekt der Wiederholungsblindheit wird dabei als Unvermögen verstanden, bei wiederholter Präsentation desselben Objektes zwei Token zum selben Type anzulegen. Chun (1997b) wendet den Type-Token-Ansatz auf das Attentional Blink-Phänomen an und erklärt den Effekt als die generelle Schwierigkeit der Token-Individuation bei Reizdarbietungen mittels RSVP. Dazu verankert er die Type-Aktivierung in Stufe 1 des Zwei-Stufen-Modells und die Token-Erzeugung als kapazitätslimitierten Prozess in der zweiten Stufe. Für direkt nacheinander dargebotene Zielreize (Lag 1-Bedingung) würde gleichzeitig ein Token generiert, wodurch ihre Separierung als zwei Objekte geschehe. Dabei gehe allerdings

die zeitliche Reihenfolgeinformation verloren. Auch Schneider (1999) entwickelte ein zweistufiges Modell der visuell-räumlichen Verarbeitung, welches ebenfalls einen kapazitätslimitierten Prozess in Stufe 2 annimmt, der der Anlage von Object Files dient.

Nachdem der Leser nun einen Überblick über die im Zusammenhang mit dem Attentional Blink-Phänomen postulierten Modelle gewonnen hat, sollen diese Modelle hinsichtlich ihrer konzeptionellen Hauptunterschiede kategorisiert werden. Maki, Frigen, et al. (1997) und Wong (2002) unterscheiden on-line Modelle, die annehmen, der AB-Effekt entstehe während der Präsentation der Reize, von off-line Modellen, in denen der den Effekt verursachende Prozess nach der Reizpräsentation angesiedelt ist. Weiterhin lassen sich die Modelle danach differenzieren, ob sie Einbußen vor der semantischen Verarbeitung der Reize postulieren (frühe Selektion) oder erst danach (späte Selektion). Analog dazu stellt das Hemmungs-Modell einen Vertreter für ein on-line Modell mit früher Selektion dar und das Interferenz-Modell einen für ein off-line Modell mit später Selektion. Mehrere Modelle fallen in die Kategorie on-line Modell mit später Selektion: das Zwei-Stufen-Modell, das Modell eines zentralen Engpasses, das Modell der Aufmerksamkeitsverweildauer und der Type-Token-Ansatz.

Während Interferenz-Modell und Zwei-Stufen-Modell in den 90er Jahren stark konkurrierten und ihre Vertreter die Modellunterschiede betonten, wurde in jüngster Zeit stärker auf die Gemeinsamkeiten fokussiert. Eine Vereinigung der Annahmen verschiedener Modelle zu einem gemeinsamen Modell zum Attentional Blink-Effekt wird nicht nur als möglich, sondern darüber hinaus auch als sehr wünschenswert angesehen (z. B. Shapiro, 2001). So ist ein Hybrid-Modell entstanden, welches die Gemeinsamkeiten von Interferenz- und Zwei-Stufen-Modell beinhaltet: eine frühe semantische Verarbeitung der Zielreize, die Suche nach zielreizdefinierenden Merkmalen sowie Ressourcenbegrenzungen als Ursache des gescheiterten Zielreizberichtes (Maki, Couture, Frigen, & Lien, 1997; Maki, Frigen, et al., 1997). Andere Hybrid-Modelle kombinieren Eigenschaften beider Modelle, die nicht alle in beiden Modellen enthalten sind, in neuer Abfolge oder Beziehung zueinander (Martens, Wolters, & van Raamsdonk, 2002; Vogel et al., 1998). Dehaene, Sergent und Changeux (2003) entwickelten auf der Grundlage der neurophysiologischen Befunde zum Attentional Blink (vgl. Kapitel 3.5.4 und 3.6.2) ein neuronales Netzwerkmodell, welches sowohl kompatibel zum Interferenz-Modell, als auch zum Zwei-Stufen-Modell ist. Ein anderes neuronales Netzwerkmodell, welches den AB-Effekt ebenfalls gut simuliert, enthält Parallelen zum Zwei-Stufen-Modell, zum zentralen Engpass- und zum Hemmungs-Modell (Chartier, Cousineau, & Charbonneau, 2004).

Shapiro, Arnell, et al. (1997) haben ein vereinigtes Modell vorgeschlagen, das nahezu alle zum AB-Phänomen existierenden Erklärungsansätze hinsichtlich ihrer Gemeinsamkeiten integriert: Interferenz-Modell, Zwei-Stufen-Modell, das Modell der Aufmerksamkeitsverweildauer, das Modell eines zentralen Engpasses und Vorstellungen zur Rolle der Maskierung beim AB-Phänomen. Shapiro, Arnell und Kollegen sehen

als gemeinsame Basis der Modelle folgende Bestandteile: Durch die Maskierung von T1 werden Aufmerksamkeitsressourcen benötigt, um eine abrufbare Repräsentation dieses Zielreizes zu generieren und zu konsolidieren. Je mehr Ressourcen die T1-Verarbeitung erfordert, desto weniger stehen zur Verarbeitung des zweiten Zielreizes zur Verfügung, dessen Repräsentation dann Einflüssen von Interferenz, Konkurrenz, Verblässen oder Überschreibung ausgesetzt ist. Bei weiteren Antwortanforderungen, z. B. einer T1-Antwort unter Zeitdruck, wirken Faktoren der Antwortauswahl zusätzlich negativ auf die T2-Leistungen.

3.5 Besonderheiten des Attentional Blink-Effektes

Es sollen nun verschiedene Besonderheiten des Attentional Blink-Phänomens dargestellt werden, aus denen dem Leser zum einen mehr Wissen zum Effekt und den zugrunde liegenden Mechanismen erwachsen soll und die zum anderen zeigen, dass es sich um einen hochinteressanten Effekt handelt. An gegebener Stelle wird jeweils Bezug zum Interferenz-Modell bzw. zum Zwei-Stufen-Modell genommen. Für die eigene Fragestellung sind vor allem die Befunde zum Einfluss von Schwierigkeit bzw. Ähnlichkeit, zu Maskierungseffekten und zu Analysen der T1-Fehler zentral.

Die vorgestellten experimentellen Variationen können das Effektmuster dabei auf verschiedene Arten verändern. Ein verändertes *Ausmaß* des Attentional Blink-Effektes soll dabei eine Verschiebung der T2-Leistungen parallel zur y-Achse bezeichnen. Selten wird eine *Verlagerung* des Effektes berichtet, die eine Verschiebung der T2-Leistungskurve in x-Richtung bezeichnen soll. Von besonderer Bedeutung für die vorliegende Arbeit sind *Veränderungen der Form* des Effektes, insbesondere das Auftreten eines U-förmigen vs. eines monotonen AB-Verlaufs, weshalb Veränderungen dieser Art gesondert in Kapitel 3.6 erläutert werden.

3.5.1 Skelett- und Hybrid-Paradigma

Einige Autoren verwenden anstelle des RSVP-Paradigmas ein so genanntes Skelett-Paradigma, um den Attentional Blink zu erzeugen (McLaughlin, Shore, & Klein, 2001; Ward et al., 1996). Dabei werden nur die beiden Zielreize und jeweils eine nachfolgende Mustermaske ohne weitere Distraktoren dargeboten. Zusätzlich werden die Zielreize und ihre zugehörigen Masken nicht immer an derselben Bildschirmposition dargeboten (Ortswechsel zwischen T1 und T2). Analog zum Faktor Lag wird bei diesem Paradigma das T1-T2-SOA variiert. Zwar kann bei skelettiertem Vorgehen z. B. auch der typische U-förmige AB-Verlauf gezeigt werden (z. B. Brehaut et al., 1999; Ward et al., 1996), es finden sich jedoch auch Belege gegen die vollständige Vergleich-

barkeit beider Paradigmen (siehe Kapitel 3.5.5, 3.5.6 und 3.6.3). Kawahara (2003a) untersuchte die Rolle des Distraktorstroms und fand spezifische Besonderheiten beim Vorgehen mittels RSVP- vs. Skelett-Paradigma. Ward, Duncan und Shapiro (1997) berichteten das Phänomen der Wiederholungsblindheit nur beim RSVP-Paradigma, nicht hingegen bei skelettierter Darbietungsweise.

Während im AB-Paradigma ohne Zeitdruck auf zwei mittels RSVP oder Rückwärtsmaskierung dargebotene zumeist visuelle Zielreize zu reagieren ist, werden bei Untersuchungen zur Psychologischen Refraktärzeit (PRP) zwei zumeist unmaskierte Reize häufig verschiedener Modalität präsentiert, die unter Zeitdruck zu bearbeiten sind. Um zu untersuchen, ob beide Phänomene vollständig, zum Teil oder gar nicht auf denselben Verarbeitungsprozessen bzw. -engpässen beruhen, wurden so genannte Hybrid-Paradigmen, auch als *Speeded AB Task* bezeichnet, verwendet. Dabei existieren zwei Mischformen von AB- und PRP-Paradigma: (a) auf den ersten Zielreiz soll schnellstmöglich reagiert werden, wobei der Einfluss auf die T2-Genauigkeit untersucht wird oder (b) die Aufgabe für den zweiten Zielreiz ist mit Zeitdruck verbunden und die Reaktionszeit auf T2 wird anstelle der oder zusätzlich zur Genauigkeit als Maß für den Attentional Blink-Effekt erhoben. Bei beiden Varianten werden die Zielreize nicht in allen Studien maskiert und auch nicht immer ohne Modalitätswechsel dargeboten.

Zeitdruck bei der T1-Verarbeitung führt zu einem Attentional Blink in den Fehleraten für den zweiten Zielreiz (Arnell & Duncan, 2002; Crebolder, Jolicoeur, & McIlwaine, 2002; Jolicoeur, 1998, 1999). Für T1-Reaktionen unter Zeitdruck findet sich im Vergleich zur Bedingung ohne Zeitdruck eine Verschiebung der T1-Leistungen in y-Richtung hin zu schlechteren Leistungen (Jolicoeur, 1998, 1999; Ruthruff & Pashler, 2001). Ebenso treten mehr T2-Fehler bei schwierigeren unter Zeitdruck zu bearbeitenden T1-Aufgaben auf (Jolicoeur, 1999; Jolicoeur, Dell'Acqua, & Crebolder, 2000). Crebolder et al. und Jolicoeur (1998, 1999) berichten für Durchgänge mit langen gegenüber solchen mit kurzen T1-Reaktionszeiten ebenfalls eine Verschiebung der T2-Genauigkeit in y-Richtung: Lange T1-Reaktionszeiten sind gekoppelt mit einer geringeren T2-Genauigkeit.

Die Kombination von T1-Aufgabe ohne und T2-Aufgabe mit Zeitdruck führt zu einem monotonen Ansteigen der Reaktionszeit auf den zweiten Zielreiz mit kürzer werdendem T1-T2-Lag (Ruthruff & Pashler, 2001). Wong (2002) ließ die Versuchsteilnehmer zwei unter Ziffern präsentierte Buchstaben ohne Zeitdruck identifizieren und zusätzlich so schnell wie möglich eine Taste betätigen, sobald ein zweiter Buchstabe präsentiert worden war. Dabei zeigten sich sowohl monotone als auch quadratische Trends für den Verlauf der T2-Genauigkeit, aber stets monotone Reaktionszeitverläufe für den zweiten Zielreiz.

Attentional Blink und PRP-Phänomen sind charakterisiert durch eine gemeinsame Ressourcenlimitierung, aber wohl zusätzlich noch durch voneinander verschiedene Engpässe (Arnell & Duncan, 2002; Jolicoeur et al., 2001). Diese Unterschiede manifes-

tieren sich im Einfluss von Modalitätswechseln und Maskierung der Reize auf die Effekte. Pashler (1989) und Wong (2002) nehmen an, dass Reaktionszeiten ein sensibleres Maß für einen zentralen Engpass darstellen und Genauigkeitsdaten für Verarbeitungsgrenzen auf der Ebene der Wahrnehmung.

3.5.2 Beschränkung auf die visuelle Modalität

Interferenz-Modell und Zwei-Stufen-Modell beschreiben den Attentional Blink als ein rein visuelles Phänomen (Chun & Potter, 2001; Shapiro, Arnell, et al., 1997). Das Modell eines zentralen Verarbeitungseinganges von Jolicoeur (1998, 1999) nimmt hingegen an, dass die T1-Verarbeitung über einen zentralen Prozess der Konsolidierung des Kurzzeitgedächtnisses verläuft. Es sagt daher auch unimodale AB-Effekte außerhalb der visuellen Modalität sowie einen Attentional Blink bei Modalitätswechseln zwischen beiden Zielreizen vorher.

Untersuchungen zu dieser Frage ergeben ein komplexes Muster: Während Potter, Chun, Banks und Muckenhoupt (1998) ausschließlich innerhalb der visuellen Modalität einen AB-Effekt fanden, berichtete Mondor (1998) einen Attentional Blink für zwei auditive Zielreize. Es finden sich Hinweise für einen AB-Effekt nur innerhalb einer Modalität (visuell, auditiv), aber nicht bei einem Modalitätswechsel (Duncan, Martens, & Ward, 1997; Soto-Faraco & Spence, 2002). Arnell und Jolicoeur (1999) wiederum berichten Evidenz für einen gemeinsamen amodalen AB-Mechanismus und konnten den Effekt rein visuell, rein auditiv und bei Modalitätswechseln in beide Richtungen zeigen. Soto-Faraco, Spence, Fairbank, Kingstone, Hillstrom und Shapiro (2002) fanden einen Attentional Blink für Modalitätswechsel zwischen visuellen und taktilen Zielreizen. Mitunter findet sich eine Asymmetrie des Attentional Blink-Effektes bei Modalitätswechsel: So wird er häufiger berichtet, wenn T1 auditiv und T2 visuell dargeboten wird als umgekehrt (Arnell, 2001).

Die Ursachen dieser Ergebnisvielfalt können in Unterschieden im experimentellen Vorgehen der Untersuchungen begründet sein. Zur Erzeugung eines rein auditiven Attentional Blink-Effektes wurden ein auditiver Strom (rapid auditory presentation, *RAP*) und ein visueller Strom (*RSVP*) gleichzeitig dargeboten (Soto-Faraco & Spence, 2002). Aber auch zwei asynchrone auditive Ströme (Duncan et al., 1997) oder ein gemeinsamer *RAP*-Strom, der beide Zielreize enthielt (Mondor, 1998; Potter et al., 1998), fanden Verwendung. Auch Modalitätswechsel wurden experimentell verschieden umgesetzt: Potter et al. (Exp. 3) realisierten bis einschließlich T1+1 die eine Modalität und danach den Wechsel in die andere. Andere Untersuchungen arbeiteten mit zwei synchronen Strömen verschiedener Modalität (Arnell & Jolicoeur, 1999; Potter et al., Exp. 4, 5). Soto-Faraco und Spence boten beide Modalitäten vom selben Ort im Raum aus dar, um einen zum Modalitätswechsel zusätzlichen Ortswechsel zwischen beiden Zielreizen zu vermeiden. Die Modalitäts-Bedingungen wurden randomisiert (Soto-Faraco &

Spence), geblockt (Duncan et al.; Potter et al.) oder sogar getrennt für verschiedene Personen dargeboten (Arnell & Jolicoeur). Der Befund eines AB-Effektes bei Modalitätswechsel ist evtl. auch moderiert durch die Präsentationsrate der RSVP- bzw. RAP-Ströme (Arnell & Jolicoeur; Shapiro, Arnell, et al., 1997) oder auch durch einen zusätzlichen Aufgabenwechsel von T1 zu T2 (Arnell, 2001; Arnell & Jolicoeur; Potter et al.).

Ein Aufgabenwechsel als notwendige kognitive Funktion zur Bearbeitung beider Zielreize wird angenommen, wenn die Zielreize durch verschiedene Reizeigenschaften definiert oder mit verschiedenen Reiz-Reaktions-Zuordnungen belegt sind (Chun & Potter, 2001; Kawahara, 2003a; Rogers & Monsell, 1995). Shapiro und Raymond (1994) unterscheiden in Anlehnung an Treisman, Kahneman und Burkell (1983) zwischen einer *Aufgabe mit Kategorieentscheidung*, z. B. einen Buchstaben unter Zifferndistraktoren zu finden, und einer *Filteraufgabe*, bei der der Zielreiz durch eine einfache sensorische Eigenschaft (z. B. abweichende Farbe) definiert ist.

Auch innerhalb der visuellen Modalität gibt es eine interessante Abwandlung des AB-Paradigmas, die an dieser Stelle vorgestellt werden soll. Um zu prüfen, ob es für einen AB-Effekt nötig ist, dass der erste Zielreiz ein Objekt mit Musterinformation darstellt, ließen Shapiro und Kollegen (1994) als T1-Aufgabe entscheiden, ob eine zeitliche Lücke im Buchstabenstrom enthalten war (Exp. 5A) bzw. ob es sich um eine kurze oder lange Lücke handelte (Exp. 5B). Bei der T2-Aufgabe der X-Entdeckung zeigten sich in beiden Fällen keine signifikanten T2-Genauigkeitseinbußen, obwohl beide T1-Aufgaben sehr schwer waren. Sheppard, Duncan, Shapiro und Hillstrom (2002) fanden ebenfalls keinen AB-Effekt für die T1-Aufgabe einer Beurteilung der zeitlichen Dauer einer Lücke, aber auch nicht für die Dauerbeurteilung des T1-Buchstabens. Allerdings ergab sich ein AB-Effekt auf die T2-Leistungen, wenn der länger dargebotene T1-Buchstabe identifiziert werden sollte. Ein AB trat auch auf, wenn als T1-Aufgabe sehr lange zeitliche Lücken im RSVP-Strom beurteilt werden sollten, die den Eindruck zweier getrennter Ströme entstehen ließen. Sheppard und Kollegen interpretierten dies im Sinne einer *Event-Hypothese*: Ein Attentional Blink entsteht, wenn die Aufmerksamkeit auf ein neues visuelles Ereignis (z. B. einen neuen RSVP-Strom) gerichtet wird, oder wenn zur Aufgabenlösung ein Wechsel von der Ebene des Buchstabenstroms (Länge der Reize und Lücken) zur Buchstabenebene erfolgen muss.

3.5.3 T1-Fehler, Inversionen und Intrusionen

Die abhängige Variable im Zentrum des Attentional Blink-Effektes stellt die der T2-Leistungen dar. Der erste Zielreiz kann in der Regel sehr gut berichtet werden (ca. 90% korrekt), die Mehrheit der AB-Studien berichtet keinen Einfluss des Faktors T1-T2-Lag auf die T1-Leistungen. Dennoch zeigte sich mitunter, dass die T1-Leistungen mit zunehmendem Lag ansteigen (z. B. Broadbent & Broadbent, 1987; Juola, Duruvu,

& Peterson, 2000, Exp. 3; Potter et al., 2005). Chun (1997a) realisierte auch für den ersten Zielreiz eine Kontrollbedingung, in der nur die T1-Aufgabe zu absolvieren war und fand in der Doppelaufgabe generell schlechtere T1-Leistungen als in der Einzelaufgabe sowie einen Lag-Effekt auf die T1-Leistungen. Speziell zeigte sich dieser Einfluss zumeist durch schlechtere T1-Leistungen in der Lag 1-Bedingung im Vergleich zu den anderen Lag-Stufen (siehe auch Chun & Potter, 1995).

Diese Befunde sind sowohl mit dem Interferenz-Modell als auch mit dem Zwei-Stufen-Modell bzw. Zwei-Stufen-Wettlauf-Modell vereinbar (Juola et al., 2000; Potter et al., 2002): Laut Interferenz-Modell hängt das Gewicht der Repräsentationen im VSTM vom Zeitpunkt ihres Eintretens in diesen Speicher und von ihrer Ähnlichkeit zu den Zielreizschablonen ab. Ein an Position T1+1 dargebotener zweiter Zielreiz erhält somit ein höheres Gewicht als ein an dieser Stelle dargebotener Distraktor und zusätzlich ein hohes Gewicht aufgrund des zeitigen Eintritts in den VSTM (verglichen mit späteren Lag-Stufen). Daher stellt er in der Bedingung Lag 1 für T1 einen starken Konkurrenten um den Abruf aus dem VSTM dar. Ein Zwei-Stufen-Modell, welches erlaubt, dass beide Zielreize (bei zeitlicher Nähe oder kleinem Lag) gemeinsam in Stufe 2 verarbeitet werden, kann die schlechten T1-Leistungen über eine Kapazitätsaufteilung in der zweiten Verarbeitungsstufe erklären. Laut Zwei-Stufen-Wettlauf-Modell kann die Repräsentation des zweiten Zielreizes bei kurzem T1-T2-SOA vor der des ersten in Stufe 2 eintreten und dort (allein) verarbeitet werden, während die T1-Repräsentation leidet.

Reihenfolgeverwechslungen beider Zielreize (*Inversionen*) sind Fälle, in denen die Probanden angeben, der erste Zielreiz sei als zweiter präsentiert worden und umgekehrt. Sie bilden den Hauptteil der T1-Fehler bei Lag 1 (Hommel & Akyürek, 2005) und der T2-Fehler bei Lag 1 und 2 (Chun, 1997a). Kessler, Schmitz, Gross, Hommel, Shapiro und Schnitzler (2005a) berichteten mehr Reihenfolgefehler in der Bedingung Lag 1 als bei Lag 2, weitere Lag-Bedingungen wurden nicht realisiert. Diese Inversionen sind im Grunde nur dann sinnvoll zu untersuchen, wenn T1 und T2 eine Identifikation erfordern. In Studien, in denen Reihenfolgefehler analysiert wurden, waren die Zielreize auch überwiegend durch dieselben kategorialen Eigenschaften von den Distraktoren unterscheidbar, z. B. indem zwei Buchstaben unter Zifferndistraktoren identifiziert werden sollten. In der Mehrzahl der Untersuchungen zum Attentional Blink wurden Reihenfolgefehler allerdings nicht als Fehler gewertet bzw. die Probanden wurden bereits so instruiert, dass die Reihenfolge der Zielreize bei der Antworteingabe nicht beachtet werden sollte (z. B. Chun & Potter, 1995, Exp. 1). Shih (2000) fand überzufällig häufige Reihenfolgeverwechslungen bei Lag 1 in einem Paradigma mit zwei RSVP-Strömen, wobei beide Zielreize in einem aber auch in verschiedenen Strömen enthalten sein konnten. Die relativ schwierige Aufgabe, zwei Buchstaben unter Ziffern zu identifizieren, führte im Vergleich zur einfacheren Aufgabe, die zwischen Symboldistraktoren dargebotenen Buchstaben zu berichten, zu mehr Reihenfolgeverwechslungen in der Lag 1-Bedingung sowie zu gehäuften Inversionen in der Bedingung

Lag 2 (Chun & Potter, 1995, Exp. 5). Hommel und Akyürek erklärten die gehäuften Reihenfolgeverwechslungen und ihren Zusammenhang zum U-förmigen Verlauf der T2-Leistungen im Rahmen des Zwei-Stufen-Wettlauf-Modells.

Eine weitere häufige Fehlerart für beide Zielreize stellen *Intrusionen* dar. Es handelt sich um Nennungen der im RSVP-Strom enthaltenen Distraktoren. Sie werden hauptsächlich in Experimenten untersucht, in denen der entsprechende Zielreiz zu identifizieren ist und sich z. B. durch eine abweichende Farbe von den Distraktoren unterscheiden lässt (Filteraufgabe). Hierbei kann man Prä-Target-Intrusionen (T1– n bzw. T2– n) und Post-Target-Intrusionen (T1+ n bzw. T2+ n) getrennt für beide Zielreize betrachten. Eine T1+2-Intrusion bezeichnet z. B. den Fall, dass als erster Zielreiz ein Reiz berichtet wird, der in der RSVP-Folge zwei Positionen nach T1 dargeboten worden ist. Handelt es sich in diesem Fall um einen Durchgang der Bedingung Lag 2, ist der zweite Zielreiz anstelle des ersten genannt worden, ansonsten einer der Distraktoren. Chun (1997a) berichtet, dass T1- und T2-Intrusionen häufiger in der Bedingung Doppelaufgabe auftreten als bei jeweiliger alleiniger T1- bzw. T2-Aufgabe. Bezüglich der T1-Intrusionen fanden sowohl Chun als auch Boucart und Kollegen (2000) mehr T1–1-Intrusionen als T1+1-Intrusionen. Raymond und Kollegen (1992) hingegen berichten kaum T1–1-Intrusionen, jedoch häufige T1+1-Intrusionen, vor allem in der Bedingung Lag 1. Da Raymond und Mitarbeiter mit einer Kombination aus T1-Identifikation (weißer Buchstabe unter schwarzen Distraktoren) und T2-Entdeckung (schwarzes X) arbeiteten, bedeutet ein T1+1-Intrusionen bei Lag 1, dass die Probanden fälschlicherweise berichteten, der weiße Buchstabe sei das X gewesen. Boucart und Mitarbeiter verwendeten ebenfalls eine Entdeckungsaufgabe für den zweiten und eine Identifikationsaufgabe für den ersten Zielreiz, allerdings wurden Bilder als Reizmaterial verwendet, bei Chun sollten beide Zielreize identifiziert werden. Was genau das unterschiedliche Muster an T1-Intrusionen moderiert, ist aufgrund der bisher geringen Datenbasis ungewiss. Zusätzlich stellt das Intrusionsmuster eine Herausforderung für existierende AB-Modelle dar. Im vorliegenden Dissertationsprojekt wird das Muster der T1-Intrusionen daher zusätzlich zu den T1- und T2-Leistungen betrachtet.

T2-Intrusionen ergeben in den Bedingungen Lag 1 und 2 ein symmetrisches Muster von Prä- und Post-Target-Intrusionen bzw. einen leichten Überhang der T2– n -Intrusionen, wohingegen für Lag-Stufen 3 bis 7 ein deutlicher Überhang der T2+ n -Intrusionen zu beobachten ist (Chun, 1997a). Dabei beruhen die T2– n -Intrusionen der kleinen Lag-Bedingungen auf häufigen Reihenfolgeverwechslungen der Zielreize. Maki, Couture, et al. (1997) ließen die Probanden zwei farbige Wörter unter grau dargebotenen Distraktorwörtern bzw. Zeichenketten identifizieren. Wenn T2-Fehler auftraten, so handelte es sich häufig um T2+1-Intrusionen. Dabei wurden auch interessante Integrationen von Reizen entdeckt: als zweiter Zielreiz wurden mitunter Wörter berichtet, die nicht im RSVP-Strom dargeboten wurden und die Buchstaben des zweiten Zielreizes und des danach dargebotenen Distraktors enthielten. Isaak und Kollegen (1999) verglichen die Häufigkeit von Intrusionen im Skelett- und RSVP-Paradigma. Bei

skelettiertem Vorgehen wurden als T2-Intrusionen bei T1-T2-SOA-Stufen bis 540 ms in der Doppelaufgabe überzufällig und gleich häufig der erste Zielreiz, dessen Folgemaske und die T2-Maske genannt. In der Kontrollbedingung, in der nur der zweite Zielreiz zu identifizieren war, lag die Nennungshäufigkeit von T1 bzw. der T1-Maske anstelle von T2 nicht über Zufallsniveau. Bei Präsentation der Reize im RSVP-Strom wurde anstelle des zweiten Zielreizes häufiger der Reiz an Position T2+1 genannt als der erste Zielreiz oder sein Folgereiz. Die beiden zuletzt genannten Intrusionen wurden darüber hinaus mit größerem T1-T2-Lag zunehmend seltener. Isaak und Mitarbeiter interpretierten ihre Befunde im Rahmen des Interferenz-Modells. Dabei ist kritisch anzumerken, dass nicht alle Intrusionen einzeln auf Überzufälligkeit geprüft wurden, sondern die Buchstaben auf Positionen außerhalb von T1, T1+1, T2 und T2+1 zu einer Kategorie zusammengefasst wurden.

3.5.4 Verarbeitung von T2: Verhaltensdaten und Neurophysiologie

In Hinblick auf die weit verbreitete kognitionspsychologische Annahme hierarchisch geordneter sequentieller Ebenen bei der Reiz- bzw. Informationsverarbeitung wird häufig die Frage untersucht, wie weit ein nicht berichteter zweiter Zielreiz verarbeitet worden ist und ob seine Verarbeitung bis zur Ebene der Identifikation durch assoziatives oder semantisches Priming² beeinflusst werden kann. Die Befundlage zu Priming-Effekten auf die T2-Verarbeitung innerhalb des Attentional Blink-Phänomens ist dabei komplex: So berichteten bereits Broadbent und Broadbent (1987, Exp. 2) bessere T2-Leistungen, wenn beide Zielwörter stark assoziiert waren, aber nur für die Durchgänge mit fehlerhafter T1-Antwort. Demgegenüber stehen Befunde erhöhter T2-Leistungen bei semantischer bzw. assoziativer Verbindung beider Zielreize, die unabhängig von der Korrektheit der T1-Antwort auftraten, sowohl für die Darbietung eines einzelnen RSVP-Stromes (Maki, Frigen, et al., 1997, Exp. 1), als auch die zweier Ströme (Juola et al., 2000, Exp. 3; Potter et al., 2005). Maki, Frigen, et al. berichteten auch einen assoziativen Priming-Effekt eines kurz vor T2 dargebotenen Distraktors auf die T2-Leistungen. Ob die korrekte Identifizierung des ersten Zielreizes die Priming-Effekte eines mit dem zweiten Zielreiz verbundenen Distraktors oder ersten Zielreizes auf die T2-Leistungen moderiert, ist unsicher, in einigen Experimenten fanden sich die Priming-Effekte aber nur für Durchgänge mit fehlerhafter T1-Antwort.

Priming-Effekte auf die T1-Leistungen wurden ebenfalls berichtet. Maki, Frigen, et al. (1997) fanden größere Priming-Effekte mit größerem T1-T2-Lag, Juola und Kollegen (2000) hingegen berichten stärkere Effekte für kleine Lag-Stufen. Potter et al. (2005) untersuchten ebenfalls die zeitliche Abhängigkeit der Priming-Effekte auf T1

² Weiterführend zu semantischem bzw. assoziativem Priming in der Psycholinguistik siehe Neely (1991) sowie Perea und Rosa (2002).

und T2, indem sie zwei Wörter in zwei RSVP-Strömen identifizieren ließen. Bessere Leistungen für mit T1 semantisch verbundene zweite Zielreize ergaben sich für T1-T2-SOA-Stufen größer als 50 ms. Für SOA-Bedingungen von 50 ms und kürzer zeigten die Daten einen semantischen Priming-Effekt von T2 auf T1. Potter und Kollegen interpretierten die Befunde im Sinne des Zwei-Stufen-Wettlauf-Modells: Der erste Zielreiz generiert in Stufe 1 der Verarbeitung einen semantischen Kontext, der die Verarbeitung von T2 in dieser Stufe moduliert. Bei T1-T2-SOA-Stufen kleiner als 100 ms gewinnt der zweite Zielreiz häufig den Wettlauf in Stufe 1, wodurch sich die Priming-Effekte für SOA-Stufen kleiner 100 ms auf den ersten Zielreiz zeigen und für längere SOA-Stufen auf den zweiten.

In einer Untersuchung von Shapiro, Caldwell, et al. (1997) führte die Aufgabe, den eigenen Namen als zweiten Zielreiz zu entdecken, im Gegensatz zur Verwendung eines Fremdnamens als T2 nicht zu einem Attentional Blink-Effekt. Die Autoren zeigten somit mittels AB-Paradigma eine Parallele zum Cocktailparty-Effekt (Cherry, 1953; Moray, 1959; Wood & Cowan, 1995), die für eine Verarbeitung der Zielreize auf einer mindestens semantischen Ebene spricht.

Eine ähnliche Möglichkeit, das Schicksal der zweiten Zielreize beim Attentional Blink näher zu verfolgen, besteht in der Untersuchung von (Priming-)Wirkungen nicht berichteter T2 auf nachfolgend präsentierte Reize. Martens und Mitarbeiter (2002) ließen die Probanden nach jedem AB-Durchgang als impliziten Gedächtnistest ein für 39 ms präsentiertes rückwärts maskiertes Wort benennen, welches mit einem der beiden Zielreize identisch, semantisch verbunden oder von beiden Zielworten unabhängig war. Dabei zeigte sich kein Wiederholungs-Priming für in der AB-Aufgabe nicht identifizierte erste oder zweite Zielreize. Es traten jedoch bessere Identifizierungsleistungen für mit einem verpassten Zielreiz semantisch verknüpfte rückwärts maskierte Wörter auf. Die in der AB-Aufgabe korrekt identifizierten Zielreize bewirkten sowohl Wiederholungs- als auch semantisches Priming.

Rolke und Kollegen (2001) ließen drei Wörter im RSVP identifizieren und berichteten semantisches Priming von T2 auf den dritten Zielreiz (T3), allerdings nur für korrekt identifizierte T2-Wörter. Bei Durchgängen mit fehlerhafter T2-Beantwortung ergab sich sogar ein umgekehrter Priming-Effekt schlechterer T3-Leistungen bei semantischer Verbindung zu T2. Shapiro, Driver, et al. (1997) hingegen fanden den semantischen Priming-Effekt von T2 auf T3 unabhängig davon, ob der zweite Zielreiz korrekt identifiziert worden war oder nicht. Ein solcher Priming-Effekt eines nicht berichteten Zielreizes ist durch das Zwei-Stufen-Modell nur schwer erklärbar, weshalb Giesbrecht und Di Lollo (1998) das Modell um einen Ultrakurzzeit-Speicher (*holding buffer*) nach Stufe 1 erweiterten, der zusätzlich die Abhängigkeit des AB-Effektes von der Art der Maskierung erklärt (vergleiche Kapitel 3.5.6).

Auch mittels der Methode der Elektroenzephalographie (EEG) gewonnene Daten sprechen für eine Verursachung des AB-Effektes innerhalb einer späten Verarbeitungs-

stufe. Bei dieser Methode werden bei der Reizpräsentation und/oder -verarbeitung auftretende Änderungen der Hirnstromaktivität als so genannte *ereigniskorrelierte Potentiale (EKP)* mit charakteristischen Komponenten erfasst. Dabei werden eine zeitlich früh im EEG-Verlauf auftretende Positivierung (*P1-Komponente*) und Negativierung (*N1-Komponente*) des elektrophysiologischen Signals mit der sensorischen Reizverarbeitung assoziiert (Rugg, 1995). Die *P3-* bzw. *P300-Komponente* bezeichnet eine Positivierung des Signals etwa 300 ms nach Reizbeginn und wird als Korrelat einer Veränderung des Arbeitsgedächtnisinhaltes interpretiert (Donchin & Coles, 1988). Die *N400-Komponente*, eine Negativierung 400 ms nach Reizbeginn, wird assoziiert mit semantischer Reizverarbeitung: Es findet sich eine Abschwächung der N400-Komponente bei Präsentation eines Wortes, wenn zuvor ein semantisch ähnlicher Kontext oder ein semantisch verbundenes Wort dargeboten worden ist (Bentin, McCarthy, & Wood, 1985; Kutas & Hillyard, 1980).

Durch Betrachtung dieser Komponenten bezogen auf berichtete vs. nicht berichtete zweite Zielreize im Attentional Blink-Paradigma können weitere Daten zur Art der T2-Verarbeitung gesammelt werden. So berichteten Luck und Mitarbeiter (1996) sowie Vogel und Kollegen (1998) keine Veränderungen der P1- und N1-Komponenten für berichtete vs. verpasste zweite Zielreize, aber ein Fehlen der P300-Komponente für nicht berichtete T2. Die Ausprägung der P300-Komponente und das Ausmaß des AB-Effektes sind eng verbunden (McArthur, Budd, & Michie, 1999), die Auslösung einer P300 für den zweiten Zielreiz könnte den mit dem AB-Effekt verbundenen neuronalen Engpass darstellen (Dehaene et al., 2003; Fell, Klaver, Elger, & Fernández, 2002; Vogel & Luck, 2002). Im Gegensatz dazu tritt die P300-Komponente beim Phänomen der Psychologischen Refraktärperiode nur leicht verringert und zeitlich verzögert auf, der PRP-Effekt spiegelt folglich weniger Einbußen im Arbeitsgedächtnis wider sondern entsteht vielmehr auf späteren, mit der Reaktion verbundenen, Verarbeitungsstufen (Luck, 1998; Luck & Vogel, 2001).

Zur Betrachtung der N400-Komponente boten Luck und Kollegen (1996) sowie Vogel und Mitarbeiter (1998) vor dem Beginn der RSVP-Sequenz ein Kontextwort dar. Die T2-Aufgabe bestand in der Entscheidung, ob das farbig dargebotene T2-Wort zu diesem Kontext passte oder nicht. Dabei zeigte sich interessanterweise eine N400-Komponente, wenn ein nicht zum Kontext passendes T2-Wort dargeboten wurde, unabhängig davon, ob die Probanden die T2-Aufgabe für dieses Wort auch korrekt lösen konnten. Rolke und Mitarbeiter (2001) bestätigten den N400-Effekt mit leicht anderem Paradigma: Sie boten drei Zielwörter im RSVP dar und variierten die semantische Nähe von T2 und T3. Ein N400-Effekt nach dem dritten Zielreiz trat auch für Durchgänge mit nicht berichteten T2-Wörtern auf, die ihrerseits erneut keine P300 auslösten.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Attentional Blink-Studien sind bei Experimenten zu Aufmerksamkeitsausrichtungen im Raum die P1-, N1- und N400-Komponenten für Reize an nicht zu beachtenden Orten stark verringert im Vergleich

mit Reizen an Positionen, die laut Instruktion beachtet werden sollen (McCarthy & Nobre, 1993).

Die EEG-Daten sprechen für eine sensorische und semantische Verarbeitung der beim Attentional Blink verpassten zweiten Zielreize und für eine Verursachung des T2-Defizits auf der Ebene des Arbeitsgedächtnisses. Dies steht in Einklang mit dem Zwei-Stufen-Modell. Die Verhaltensdaten sind hingegen nicht so eindeutig zu interpretieren, was zum Teil methodische Ursachen haben mag wie z. B. die Verwendung nur weniger Wörter in vielen Wiederholungen innerhalb eines Experimentes (Martens et al., 2002). Insgesamt sprechen die Befunde gegen ein Alles-oder-Nichts-Modell bei der Zielreizverarbeitung im AB-Paradigma: Dass Zielreize nicht berichtet werden können bedeutet keinesfalls, dass sie nicht über die sensorische Ebene hinaus verarbeitet worden sind.

Auch bildgebende Verfahren wie funktionale Magnetresonanztomographie (fMRT) oder Magnetoenzephalographie (MEG) zeigen, dass nicht berichtbare zweite Zielreize beim AB-Paradigma mit Aktivierungen in einer Reihe kortikaler Areale einhergehen. Auch mit diesen Methoden wurde versucht zu ergründen, was die Verarbeitung eines nicht berichteten zweiten Zielreizes von der eines berichteten T2 oder T1 oder auch eines nicht zu beachtenden Distraktors unterscheidet. Aktivierungen im okzipitalen Kortex werden von Zielreizen und Distraktoren erzeugt, solche im temporalen Kortex hingegen überwiegend nur von Zielreizen (Kessler, Schmitz, Gross, Hommel, Shapiro, & Schnitzler, 2005b). Nur berichtete Zielreize führen zu Aktivierungen im frontalen Kortex (Marois, Yi, & Chun, 2004). Die Ergebnisse einer fMRT-Studie zum Attentional Blink-Phänomen von Marois, Chun und Gore (2000) ergaben eine Beteiligung des rechten intraparietalen Sulcus, lateral-frontaler Kortexareale und des vorderen Teils des Gyrus Cinguli. Größere Interferenz im RSVP-Strom oder größere Schwierigkeit der AB-Aufgabe führt zu erhöhter Aktivität in parietalen Arealen, insbesondere im rechten intraparietalen Sulcus (Marcantoni, Lepage, Beaudoin, Bourgouin, & Richer, 2003; Marois et al., 2000). Dazu passend beschrieben Shapiro, Hillstrom und Husain (2002), dass Patienten mit Läsionen zwischen superiorem und inferiorem Parietallappen im Vergleich zu Patienten mit Läsionen allein im superioren Parietallappen einen stärkeren AB-Effekt zeigen. Einen weiteren Hinweis für die Bedeutung parietaler Areale beim Entstehen eines T2-Defizits bietet der Befund, dass transkranielle Magnetstimulation (TMS) über dem posterioren parietalen Kortex den AB-Effekt verringert (Cooper, Humphreys, Hulleman, Praamstra, & Georgeson, 2004). Patienten mit unilateralem visuellen Neglekt nach rechtshemisphärischer Hirnschädigung zeigen im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen und Patienten mit rechtshemisphärischer Schädigung ohne Neglekt stärkere T2-Leistungseinbußen, die sich zudem über einen weiteren Lag-Bereich erstrecken (Husain, Shapiro, Martin, & Kennard, 1997). Hommel et al. (in press) integrierten diese Befunde zu einem neurokognitiven Modell des AB-Effekts und postulieren dabei ein Aufmerksamkeitsnetzwerk aus temporalem, rechts-parietalem und Frontalkortex, dessen Komponenten durch Synchronisation und reizgetriebene Desynchronisation im Betafrequenzbereich interagieren (siehe auch Gross et al., 2004).

3.5.5 Einfluss von Schwierigkeit bzw. Ähnlichkeit

Mit möglichen Effekten der Schwierigkeit der T1-Aufgabe bzw. der Ähnlichkeit der Reize im RSVP-Strom hat sich eine Vielzahl der Studien zum Attentional Blink beschäftigt. Ein Grund dafür mag darin bestehen, dass die beiden bereits dargestellten und am meisten verbreiteten Modelle zum Effekt dazu verschiedene Vorhersagen machen. Bereits hier sei darauf hingewiesen, dass es sich bei Schwierigkeit und Ähnlichkeit um nicht immer klar abgegrenzte Konzepte handelt. Es wird zunächst dargestellt, was unter Schwierigkeit bzw. Ähnlichkeit verstanden wird, danach werden die Vorhersagen der AB-Modelle erklärt, die vorliegenden Befunde dargestellt und ein Fazit gezogen.

Unter *Schwierigkeit* wird in diesem Zusammenhang stets die Schwierigkeit der mit dem ersten Zielreiz verbundenen Aufgabe verstanden. Darunter fallen alle Manipulationen, die die T1-Leistungen beeinflussen, was entweder über Vergleiche der T1-Fehlerraten oder Maße der Signalentdeckungstheorie, zumeist d' , operationalisiert wird (Swets, 1998; Wickens, 2002). Bei der zweiten an dieser Stelle interessanten Variablen handelt es sich um die sensorische oder kategoriale *Ähnlichkeit* der Zielreize und ihrer Folge-reize. Ähnlichkeit ist schlechter objektivierbar als Schwierigkeit, zumeist wird implizit angenommen, dass z. B. zwei Buchstaben eine große sensorische und kategoriale Nähe aufweisen, ein Buchstabe und eine Ziffer kategorial weniger ähnlich, aber sensorisch ähnlich sind und Punktmuster und Buchstaben kategorial und sensorisch unähnlich sind. Versuche, Ähnlichkeit objektiv zu bestimmen sind sehr selten (siehe Maki et al., 2003). Mitunter sind Schwierigkeit und Ähnlichkeit konfundiert: so verschlechtert ein dem ersten Zielreiz sensorisch ähnlicher Folge-reiz (T1+1) die T1-Leistungen und erhöht somit die T1-Schwierigkeit (Raymond et al., 1995). Allerdings prüfen nicht alle Arbeiten mit Ähnlichkeitsmanipulationen, ob diese auch die T1-Schwierigkeit verändern. Schwierigkeit ist weiter gefasst als Ähnlichkeit, da erstere mitunter auch über andere Parameter variiert wird als über die Form von T1+1, z. B. über den zeitlichen und/oder räumlichen Abstand von T1+1 zu T1 (z. B. Seiffert & Di Lollo, 1997) oder über die mit dem ersten Zielreiz verbundene Aufgabenstellung für die Versuchsperson (Ward et al., 1997).

Aus dem Interferenz-Modell folgt, dass die Ähnlichkeit des ersten Zielreizes zum restlichen RSVP-Strom (v. a. zu T1+1, T2 und T2+1) das Ausmaß des Attentional Blink-Effektes beeinflusst, wobei die Schwierigkeit der T1-Aufgabe unabhängig von dieser Ähnlichkeitsmanipulation ohne Einfluss ist. Je größer die sensorische Ähnlichkeit zwischen Zielreizen und Distraktoren ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass auch Distraktoren (v. a. T1+1 und T2+1) mit einem hohen Gewicht im VSTM repräsentiert sind. In diesem Fall verstärkt sich die Interferenz der Repräsentationen im VSTM und der korrekte Abruf von T2 wird erschwert.

Im Sinne des Zwei-Stufen-Modells führt eine erhöhte T1-Schwierigkeit zu einer Verlängerung der Verarbeitungszeit für T1 in der zweiten Stufe, weshalb der zweite

Zielreiz länger auf den Eintritt in Stufe 2 warten muss und die T2-Leistungen daher stärker beeinträchtigt sind. Das Zwei-Stufen-Modell sagt auch Ähnlichkeitseffekte vorher, allerdings wird Ähnlichkeit dabei so verstanden, dass sie auch die Schwierigkeit beeinflusst: Sind Zielreize und Distraktoren voneinander sensorisch sehr verschieden, genügen weniger Informationen, um einen Zielreiz als solchen zu identifizieren, weshalb Versuchspersonen in Bedingungen geringer Zielreiz-Distraktor-Ähnlichkeit ein schwächeres Zielreiz-Entdeckungskriterium anwenden könnten (Chun & Potter, 1995). Dies sollte dann sowohl die T1- als auch die T2-Leistungen verbessern.

Es werden nun verschiedene Arbeiten vorgestellt, die Belege für oder gegen den Einfluss von Schwierigkeit oder Ähnlichkeit auf den AB-Effekt zeigen. Shapiro und Mitarbeiter (1994, Exp. 1-4) verwendeten schwarze Buchstaben als Distraktoren und eine X-Entdeckungsaufgabe zum Messen der T2-Leistungen. Als Schwierigkeitsmanipulation wurden verschiedene T1-Aufgaben untersucht: Identifikation eines weißen Buchstabens mit 25 vs. drei Antwortalternativen vs. Entdeckung eines weißen *S* vs. eines schwarzen *S* vs. Entdeckung eines Punktmusters. Dabei fanden die Autoren keine signifikante Korrelation zwischen der T1-Leistung (operationalisiert über d') und dem Ausmaß des AB-Effektes (gemessen als über die Lag-Bedingungen summierte Differenzen der T2-Leistungen zu 100%).

Raymond und Kollegen (1995, Exp. 2) veränderten den Distraktor an Position T1+1, um dessen kategoriale Ähnlichkeit zum ersten Zielreiz zu variieren. Als erster Zielreiz diente ein zu identifizierender weißer Buchstabe, als T2 ein schwarzes X (Entdeckungsaufgabe). Distraktoren außerhalb der T1+1-Position waren schwarze Buchstaben. Bei der Verwendung eines schwarzen *S* bzw. einer schwarzen Ziffer an Position T1+1 ergaben sich schlechtere T2-Leistungen als bei einem Punktmuster. Die T1-Leistungen waren allerdings parallel dazu ebenfalls beeinträchtigt, was die Interpretation der Befunde auch im Sinne eines Schwierigkeitseinflusses ermöglicht. Die Autoren argumentierten gegen einen Einfluss der Schwierigkeit: Das Punktmuster habe zu ähnlichen T1-Leistungen geführt wie eine zeitliche Lücke im RSVP-Strom in einer früheren Untersuchung (Raymond et al., 1992), bei der im Gegensatz zum Punktmuster jedoch kein AB-Effekt gefunden werden konnte. Darüber hinaus erwies sich die Korrelation von T1-Fehlerrate und AB-Ausmaß über die Versuchsteilnehmer als nicht signifikant.

Chun und Potter (1995, Exp. 4, 5, 7) untersuchten Schwierigkeitseinflüsse, wobei die Aufgabe für die Versuchsperson für beide Zielreize in der Identifikation eines schwarzen Buchstabens bestand. Wurde als Distraktor an der Position T1+1 ein Symbol dargeboten, so ergaben sich im Vergleich zur Darbietung einer Ziffer bessere T1- und T2-Leistungen. Die restlichen Distraktoren konnten eine Abfolge von Symbolen und Ziffern (Exp. 4) oder auch ausschließlich Symbole (Exp. 7) sein. Diese Variation bezeichneten die Autoren als lokale Diskriminierbarkeit des ersten Zielreizes. Experiment 5 variierte die globale Diskriminierbarkeit, indem alle Distraktoren entweder Ziffern oder Symbole darstellten. Auch hierbei fanden sich schlechtere T1- und T2-Leistungen für die Zifferndistraktoren. Chun und Potter interpretierten die Befunde im Sinne einer

Schwierigkeitsmanipulation vor dem Hintergrund des Zwei-Stufen-Modells. Nimmt man hingegen an, dass Ziffern und Buchstaben sensorisch oder kategorial ähnlicher sind als Ziffern und Symbole, dann kann man die Befunde auch im Sinne der Ähnlichkeits-Hypothese und damit des Interferenz-Modells interpretieren (Grandison et al., 1997; Shapiro & Terry, 1998).

Grandison und Mitarbeiter (1997) verwendeten daher Reize an Position T1+1, die unähnlich zu den restlichen RSVP-Reizen sind und dennoch die T1-Aufgabenschwierigkeit beeinflussen. Als erster Zielreiz war ein grüner Buchstabe unter schwarzen Distraktorbuchstaben zu identifizieren und als T2-Aufgabe über das Vorhandensein des Buchstabens X zu entscheiden. Als T1+1-Reize wurden ein weißes gefülltes oder ungefülltes Viereck, eine weiße oder grüne Bildschirmseite oder eine zeitliche Lücke im RSVP-Strom (grauer Bildschirm bis zum Erscheinen von T1+2) verwendet. Dabei wurde ein negativer Zusammenhang zwischen T1-Leistung und AB-Ausmaß gefunden ($r = -.48$, $p < .01$). Dieser Beleg für einen Einfluss der Schwierigkeit auf die Stärke des Attentional Blink-Effektes überzeugt, da Schwierigkeit hier unabhängig von der Ähnlichkeitsdimension manipuliert wurde.

Parallel dazu variierten Seiffert und Di Lollo (1997) die T1-Schwierigkeit über die Art der Maskierung des ersten Zielreizes: Maskierung durch gleichzeitige Überlagerung des ersten Zielreizes mit einem Distraktor (und zeitlicher Lücke bis T1+2) sowie Metakontrastmaskierung von T1 bewirkten jeweils mehr T1-Fehler und einen stärkeren AB-Effekt als die Vergleichsbedingung Rückwärtsmaskierung (T1+1 wie im Standard-RSVP). Darüber hinaus korrelierten die Autoren die T1-Leistungen und das AB-Ausmaß aus ihren Daten und denen aus vorangegangenen Studien (Chun & Potter, 1995; Raymond et al., 1992, 1995; Shapiro et al., 1994) und fanden ebenfalls einen negativen Zusammenhang ($r = -0.73$, $p < .001$). Der Unterschied zur Analyse bei Raymond und Kollegen (1995) liegt vermutlich in der größeren Datenmenge und Streuung auf beiden Variablen begründet.

Würde man die Befundlage an dieser Stelle zusammenfassen, so könnte man schlussfolgern, dass Schwierigkeitseffekte unabhängig von der Ähnlichkeit existieren. Jedoch finden sich auch Belege für T1-Schwierigkeitsmanipulationen, die allein die T1-Leistungen und nicht die T2-Leistungen beeinflussen. McLaughlin und Kollegen (2001) verwendeten anstelle des RSVP-Paradigmas das Skelett-Paradigma und operationalisierten die T1-Schwierigkeit über die Darbietungszeiten von T1 und dessen Maske. Dies veränderte die T1-Leistungen (unabhängig vom T1-T2-SOA), die T2-Leistungen jedoch nicht. Nur der Faktor T1-T2-SOA beeinflusste die Leistungen für den zweiten Zielreiz.

Ward und Mitarbeiter (1996, Exp. 2) verwendeten ebenfalls ein Skelett-Paradigma, jedoch wurden die beiden Zielreize zusätzlich an verschiedenen Bildschirmpositionen dargeboten (Ortswechsel). Eine Größendiskriminierungsaufgabe für den ersten Zielreiz führte im Vergleich zu einer Identifikationsaufgabe zu besseren T1-

Leistungen, aber zu einem gleichen Verlauf der T2-Leistungen in Abhängigkeit vom T1-T2-SOA.

Inwieweit das Skelett-Paradigma mit oder ohne Ortswechsel und das RSVP-Paradigma generell vergleichbar sind, ist allerdings fraglich. Ward und Kollegen (1997) erweiterten den Befund jedoch auch auf das RSVP-Paradigma: Auch auf diese Art fanden die Autoren schlechtere T1-Leistungen für die Identifikationsaufgabe im Vergleich zur Größendiskrimination und keinen Einfluss auf die T2-Leistungen.

Eine weitere Untersuchung, die die Komplexität von Schwierigkeits- bzw. Ähnlichkeitseffekten illustriert, stammt von Maki und Mitarbeitern (2003, Exp. 3-5). Analog zu Chun und Potter (1995) fanden die Autoren einen stärkeren Attentional Blink, wenn zwei Buchstaben unter Zifferndistraktoren vs. unter Symboldistraktoren zu identifizieren waren. Dienten jedoch zwei Ziffern bzw. zwei Symbole als Zielreize und Buchstaben als Distraktoren, so ergab sich jeweils ein AB-Effekt vergleichbarer Größe zur Suche von Buchstaben in Ziffern. Dieser asymmetrische Effekt der Zielreiz-Distraktor-Ähnlichkeit wurde von den Autoren als Folge der geringeren Pixeldichte der Symbole im Vergleich zu Buchstaben und Ziffern und daher einer schlechteren Maskierung durch Symboldistraktoren im Vergleich zur Maskierung durch Ziffern oder Buchstaben interpretiert. Interessant ist, dass die T1-Leistungen (Buchstabenidentifikation) bei Symboldistraktoren zwar deskriptiv bei allen Lag-Stufen höher als bei Zifferndistraktoren waren, sich dies jedoch inferenzstatistisch nicht absichern ließ und daher die Interpretation der Effekte als Manipulation der T1-Schwierigkeit erschwert ist.

Als Zusammenfassung dieser heterogenen Befundlage lässt sich festhalten, dass Effekte der T1-Schwierigkeit auf die T2-Leistungen nicht gefunden werden konnten, wenn Korrelationen über Leistungen von Probanden innerhalb eines Experimentes oder Korrelationen mit evtl. eingeschränkter Varianz betrachtet wurden. Als Belege für Schwierigkeitseffekte gelten Korrelationen auf breiterer Datenbasis sowie signifikante Effekte der Schwierigkeit auf die T1-Leistungen und auf T2-Leistungen, auch wenn die Unterschiede zwischen den T1-Leistungen mitunter absolut gesehen recht gering erscheinen. So fanden z. B. Grandison und Mitarbeiter (1997) eine mittlere T1-Leistung für eine grüne Bildschirmseite an T1+1 von 94% und für eine weiße Seite von 97% ($p < .05$). Hingegen sprechen Raymond und Kollegen (1995) bei T1-Leistungen für Punktmuster als T1+1 von 94.2% vs. zeitlicher Lücke an T1+1 mit 96% von ähnlichen T1-Leistungen ohne eine inferenzstatistische Analyse zu berichten. Die Interpretation einer Variation als (erfolgreiche) Schwierigkeitsmanipulation ist folglich mitunter recht subjektiv. Bezüglich der Variable Ähnlichkeit fallen die häufige Konfundierung mit der T1-Schwierigkeit und die ungenügend objektive Operationalisierung auf. Bei als Ähnlichkeitsmanipulationen angelegten Variablen wurde nicht immer (mit denselben Maßen) geprüft, ob ein Einfluss auf die T1-Leistungen bestand. Bei Manipulationen der Schwierigkeit kann eine Konfundierung mit der Variable Ähnlichkeit nicht restlos ausgeschlossen werden, solange Ähnlichkeit nicht klar definiert ist.

Die Befundlage wird mitunter auch so zusammengefasst, dass ein Schwierigkeitseinfluss auf die T2-Leistungen vorwiegend dann gefunden wird, wenn die T1-Schwierigkeit über die Maskierungseigenschaften der T1-Maske manipuliert wird (Shapiro & Terry, 1998; Ward et al., 1997). Ein weiterer Beleg dafür, dass die T1-Schwierigkeit in Abhängigkeit von der genauen Operationalisierung zu verschiedenen Ergebnissen führen kann, stammt aus einer Arbeit von Olson, Chun und Anderson (2001): Die Probanden sollten im RSVP-Paradigma farbige Pseudowörter bzw. Wörter unter schwarzen Pseudowörtern identifizieren. Die phonologische Wortlänge des ersten Zielreizes (bei konstanter visueller Wortlänge) beeinflusste die T1- und T2-Leistungen im Sinne eines Schwierigkeitseffektes. Die visuelle Wortlänge des ersten Zielreizes (bei konstanter phonologischer Wortlänge) hingegen erschwerte zwar die T1-Identifikation, beeinträchtigte die T2-Leistungen jedoch nicht.

Als abschließendes Fazit lässt sich sagen, dass trotz aller methodischen Kontroversen mehr Evidenz für einen Schwierigkeitseinfluss auf die T2-Leistungen ohne Ähnlichkeitsmanipulation gefunden werden konnte als umgekehrt. Dies lässt sich besser durch das Zwei-Stufen-Modell erklären als durch das Interferenz-Modell in ihren jeweiligen ursprünglichen Formulierungen.

3.5.6 Maskeneffekte

Maskierung auf rein sensorischer Ebene allein ist nicht hinreichend zur Auslösung des Attentional Blink-Effektes. Dies wird sehr überzeugend dadurch belegt, dass in einer Kontrollbedingung, in der dieselbe Reizabfolge dargeboten wird, aber nur auf den zweiten Zielreiz zu reagieren ist, die T2-Fehlerraten unabhängig von der Nähe zu T1 sehr gering sind (z. B. Raymond et al., 1992). In diesem Abschnitt soll die Notwendigkeit der Maskierung bzw. bestimmter Maskierungsarten für den AB-Effekt dargestellt werden. Interessante Fragen sind dabei: Müssen die Zielreize zwingend in Distraktoren eingebettet sein? Kann man bestimmte Distraktoren aus dem RSVP-Strom entfernen, ohne den AB-Effekt zu verändern? Gibt es andere Möglichkeiten, einen Attentional Blink auszulösen als z. B. Rückwärtsmaskierung durch einen Folgereiz? Unterscheiden sich diese Bedingungen für T1 und T2? Welche Vorhersagen bezüglich der Maskierung treffen bestehende Modelle? Dazu werden zunächst die Befunde getrennt für die beiden Zielreize dargestellt und im Anschluss die Integrierbarkeit in das Interferenz- bzw. Zwei-Stufen-Modell erläutert.

Bereits Raymond und Kollegen (1992) untersuchten die Notwendigkeit des Folge-reizes nach T1 für den AB-Effekt. Dazu entfernten sie einen bis drei Distraktoren aus dem Buchstabenstrom direkt nach dem ersten Zielreiz und boten bis zum Zeitpunkt der Darbietung des nächsten Distraktors (oder des zweiten Zielreizes) ein leeres graues Viereck dar. Dieses Vorgehen wird auch als Lücke im RSVP-Strom bzw. Weglassen

des T1+1-Reizes bezeichnet. Raymond und Kollegen fanden dabei unabhängig von der Aufgabe (Einzel- vs. Doppelaufgabe) und vom Faktor Lag gleiche und durchgehend gute T2-Leistungen, also keinen Attentional Blink. Bei einer Lücke nach dem T1+1-Reiz hingegen zeigten die T2-Leistungen einen AB-Effekt.

Bei genauer Betrachtung des Ergebnismusters von Raymond und Mitarbeitern (1992) kann man deskriptiv dennoch einen schwach ausgeprägten Attentional Blink erkennen, wenn ein Distraktor direkt nach dem ersten Zielreiz entfernt worden ist, der erste Distraktor also erst an Position T1+2 folgt. Dies nahmen Chun & Potter (1995, Exp. 3) zum Anlass für eine Replikation und fanden einen verminderten, aber vorhandenen Effekt bei Darbietung einer Lücke an der Stelle des T1+1 Reizes. Das T2-Defizit bei Weglassen des T1+2-Reizes war wie bei Raymond und Mitarbeitern nicht zu trennen vom AB-Effekt bei homogenem RSVP-Strom. Grandison und Kollegen (1997) wiederum konnten keinen Attentional Blink in der Bedingung einer Lücke anstelle von T1+1 zeigen. Die unterschiedlichen Befunde liegen möglicherweise darin begründet, dass die T2-Aufgabe bei Chun und Potter in einer Buchstabenidentifikation unter Ziffern bestand und bei Raymond und Kollegen sowie Grandison und Mitarbeitern der Buchstabe X als zweiter Zielreiz entdeckt werden sollte. Seiffert und Di Lollo (1997, Exp. 1) verwendeten allerdings auch die X-Entdeckungsaufgabe für den zweiten Zielreiz und fanden einen im Ausmaß reduzierten, aber vorhandenen AB-Effekt bei Darbietung einer Lücke an Position T1+1. Ob in den einzelnen Arbeiten geschlussfolgert wird, dass der Attentional Blink vollständig verschwindet oder nur abgeschwächt wird, ist eher eine Frage der Power und des jeweils gewählten inferenzstatistischen Verfahrens.

Auch unter Verwendung des Skelett-Paradigmas anstelle eines RSVP-Stromes finden sich beide Ergebnismuster. So berichten Moore, Egeth, Berglan und Luck (1996) bei skelettiertem Vorgehen mit Ortswechsel T2-Leistungseinbußen auch ohne T1-Maske bei kurzen T1-T2-SOA-Stufen, allerdings nicht so stark wie in der maskierten Bedingung. Es handelt sich also um eine Verringerung des AB-Effektes ohne T1-Maske. Kessler et al. (2005a) hingegen fanden mittels Skelett-Paradigma ohne Ortswechsel und ohne T1-Maske gleiche T2-Leistungen für die Einzel- und Doppelaufgabe, also keinen Attentional Blink.

Generell sind die Effekte des Weglassens des T1+1-Reizes als Schwierigkeitseffekte interpretierbar, da z. B. Seiffert und Di Lollo (1997, Exp. 1) auch bessere T1-Leistungen in der Lückenbedingung fanden.

Im Gegensatz zu diesen Effekten zur Bedeutung des Folge-Reizes des ersten Zielreizes (T1+1) zeigt sich bei Darbietung einer Lücke an der Stelle direkt vor T1 (T1-1) ein Verlauf der T2-Leistungen wie bei homogenem RSVP-Strom (Breitmeyer, Ehrenstein, Pritchard, Hiscock, & Crisan, 1999, Exp. 4).

Bereits im Kapitel 3.5.5 wurden Möglichkeiten der Maskierung des ersten Zielreizes berichtet, die ohne T1+1-Reiz zu einem vom Faktor Lag abhängigen T2-Defizit führen, so die Maskierung durch räumliche und zeitliche Überlagerung von T1 und

Maske sowie Metakontrastmaskierung (Seiffert & Di Lollo, 1997). Brehaut und Mitarbeiter (1999) unterschieden darüber hinaus zwischen einer *Integrationsmaske* (Maskierung eines Zielreizes durch räumliche und zeitliche Überlagerung) und der bislang üblichen *Interruptionsmaske* (Maskierung durch einen Folgereiz)³.

Zusammengefasst belegen die Arbeiten, dass eine Maskierung des ersten Zielreizes (auf welche Art auch immer) essentiell ist für den Attentional Blink. Für die Maskierung des zweiten Zielreizes zeigt sich ein anderes Bild. So berichteten Giesbrecht und Di Lollo (1998) ohne Darbietung des Folgereizes nach dem zweiten Zielreiz (T2+1) keinen Attentional Blink, sondern vom Lag unabhängig gute T2-Leistungen. Wurde der zweite Zielreiz ausschließlich durch eine Integrationsmaske maskiert, zeigten sich unabhängig vom Faktor Lag schlechte T2-Leistungen. Der zweite Zielreiz war in diesem Fall also sehr gut maskiert, ein Attentional Blink-Effekt lag aber nicht vor. Einzig die Maskierung des zweiten Zielreizes durch einen oder mehrere Folgereize bewirkte das typische AB-Muster der T2-Leistungen. Brehaut und Mitarbeiter (1999) replizierten diesen Befund für das Skelett-Paradigma mit Ortswechsel und zeigten, dass eine T2-Interruptionsmaske unabhängig von der Art der T1-Maskierung (Integration vs. Interruption) zu einem U-förmigen Verlauf der T2-Leistungen über das T1-T2-SOA führt. Eine Integrationsmaske für T2 bewirkte im Gegensatz dazu SOA-unabhängige schlechte T2-Leistungen (ebenfalls wieder unabhängig von der Art der T1-Maskierung).

Ein Attentional Blink tritt also nur auf, wenn T2 durch einen Folgereiz maskiert wird. Einige Arbeiten der letzten Jahre zeigen jedoch, dass das Bild auch für die Art der T2-Maskierung komplexer ist. So verwendeten Dell'Acqua, Pascali, Jolicoeur und Sessa (2003) eine *Vierpunktmaske* an der Position des T2+1-Reizes und fanden einen vergleichbaren AB-Effekt wie bei Interruptionsmaskierung. Bei der Vierpunktmaske werden um den zu maskierenden Reiz herum vier kleine Punkte dargeboten. Es handelt sich dabei nicht um Metakontrastmaskierung, sondern um eine Maskierung durch *Objektsubstitution* (Enns & Di Lollo, 1997). Die Vierpunktmaske wirkt besonders gut, wenn die Aufmerksamkeit zum Zeitpunkt der Darbietung von Reiz und Maske auf einen anderen Ort gerichtet ist (Enns & Di Lollo, 1997, 2000) und wenn ihre Darbietung mit dem zu maskierenden Reiz beginnt und länger anhält (Neill, Hutchison, & Graves, 2002). Giesbrecht, Bischof und Kingstone (2003) fanden keine Interaktion zwischen der Stärke der Maskierung des zweiten Zielreizes durch die vier Punkte und dem AB-Ausmaß.⁴

Kawahara, Di Lollo und Enns (2001) berichten sehr spezifische Effekte der T2-Maskierung in Abhängigkeit von der Art der T2-Aufgabe. Der erste Zielreiz war in einem Standard-RSVP-Strom enthalten, für den zweiten Zielreiz wurde eine ringförmige

³ Zur genaueren Betrachtung von Interruptions- und Integrationsmasken bei der Rückwärtsmaskierung siehe Breitmeyer (1984) und Scheerer (1973).

⁴ Weiterführend zur Vierpunktmaske außerhalb des Attentional Blink-Phänomens siehe Di Lollo, Enns und Rensink (2000, 2002), Francis und Hermens (2002), Jiang und Chun (2001) sowie Kahan und Mathis (2002).

ge Anordnung von Liniensegmenten dargeboten (vergleichbar mit dem Vorgehen bei Untersuchungen zur visuellen Suche). Sollte als T2-Aufgabe der Ort eines Orientierungs-Abweichlings (*singleton*) in diesem Areal angegeben werden, so zeigte sich ein AB-Effekt unabhängig davon, ob der Ring durch Folgemasken maskiert wurde oder nicht. Bestand die Aufgabe hingegen in der bloßen Entdeckung eines Abweichlings (ja vs. nein), so zeigten die T2-Leistungen ohne Maskierung kein Defizit. Dazu passende Befunde lieferten auch Kawahara (2003a) sowie Kawahara, Zuvic, Enns und Di Lollo (2003).

Generell lassen sich diese Befunde so zusammenfassen, dass verschiedene Maskierungen des ersten Zielreizes, aber nur eine Interruptionsmaske oder eine Objektsubstitutionsmaske für den zweiten Zielreiz zum Attentional Blink-Effekt führen. Andere Maskierungen des zweiten Zielreizes verändern die Leistungen für diesen nur unabhängig vom Faktor Lag. Möglicherweise sind dabei zusätzliche Effekte eines Aufgabenwechsels von Bedeutung. Es soll nun erläutert werden, inwieweit dieses Befundmuster in Einklang mit den dargestellten Erklärungsansätzen zum Attentional Blink, dem Interferenz- bzw. dem Zwei-Stufen-Modell, steht.

Laut Interferenz-Modell befinden sich ohne Darbietung von T1+1 oder T2+1 weniger Repräsentationen im VSTM, wodurch im Vergleich zum homogenen RSVP-Strom weniger Interferenz und als Folge ein kleinerer AB-Effekt auftreten sollte. Das Modell kann die Effekte zur T1-Maskierung nicht vollständig erklären, da es postuliert, dass für einen AB-Effekt T1 von einer Mustermaske gefolgt sein muss (Shapiro & Luck, 1999). Wieso nur eine T2-Interruptionsmaske zum Attentional Blink führt, wird von Shapiro und Luck wie folgt erklärt: Ohne T2-Maske und bei Verwendung der Integrationsmaske ist der T2+1-Reiz nicht separat im VSTM repräsentiert und somit gibt es einen Konkurrenten weniger um die Ressourcen. Diese Interpretation des Interferenz-Modells ist allerdings umstritten (siehe Brehaut et al., 1999; Giesbrecht & Di Lollo, 1998). Folgt man der Argumentation jedoch, müsste eine Integrationsmaskierung des ersten Zielreizes genauso wirken wie die des zweiten und einen AB-Effekt im selben Ausmaß verringern, was jedoch nicht der Befundlage entspricht. Das Interferenz-Modell ist also nicht ausreichend spezifiziert, um die Maskeneffekte beim Attentional Blink vollständig zu erklären.

Das Zwei-Stufen-Modell erklärt die Effekte der T1-Maskierung analog zu denen der T1-Schwierigkeit über die Verlängerung der zweiten Stufe für den ersten Zielreiz im Falle einer stärkeren Maskierung. Verbleibende abgeschwächte T2-Defizite bei einer Lücke an T1+1 sind Folge einer (schwächeren) Rückwärtsmaskierung durch T1+2. Eine Interruptionsmaske überschreibt die T2-Repräsentation, während diese auf Eingang in Stufe 2 wartet. Ohne eine T2-Maske hingegen findet nur graduelles Verblässen der T2-Repräsentation statt und keine Überschreibung. Giesbrecht und Di Lollo (1998) postulierten, dass dieser passive Verblässensprozess im Gegensatz zur Überschreibung nicht kritisch für den AB ist, da er sehr langsam vonstatten ginge. Bei einer Integrationsmas-

kierung des zweiten Zielreizes sei es generell schwieriger, Signal und Rauschen zu trennen, was zu insgesamt schlechten T2-Leistungen führe. Wird im Anschluss keine Interruptionsmaske dargeboten, wird die Repräsentation dieses verrauschten T2 nicht überschrieben und nach Freiwerden von Stufe 2 weiterverarbeitet. Dies erklärt, weshalb keine Lag-Abhängigkeit ohne T2-Interruptionsmaske gefunden wird. Das Zwei-Stufen-Modell ist also gut kompatibel mit den verschiedenen Effekten zur Maskierung beider Zielreize.

Im Zusammenhang mit den Maskierungsbefunden ist auch die Objektsubstitutions-Hypothese zum Attentional Blink zu erwähnen, welche die Rolle der T1- bzw. T2-Maske stärker als das Zwei-Stufen-Modell betont und versucht, die Befunde zu Vierpunktmasken zu integrieren (Brehaut et al., 1999, Giesbrecht et al., 2003).

3.6 U-Form vs. Monotonie des Attentional Blink-Verlaufs

Den existierenden Modellen zum Attentional Blink-Effekt ist die Annahme gemeinsam, dass von beiden Zielreizen benötigte Ressourcen für den zweiten nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung stehen, wenn der erste noch verarbeitet wird. Dies sollte zu einem monotonen Trend der Leistungen für den zweiten Zielreiz in Abhängigkeit von der zeitlichen Nähe beider Zielreize führen.

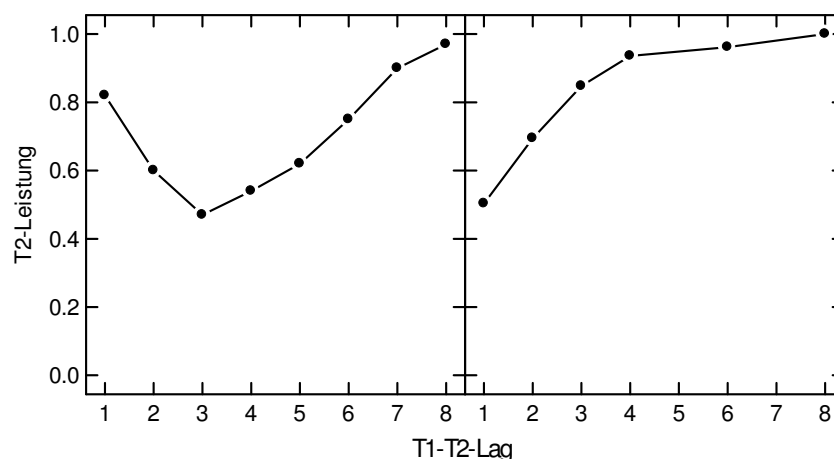


Abbildung 8. Beispiele für ein U-förmig und für ein monoton steigend verlaufendes Datenmuster der T2-Leistungen beim Attentional Blink. Links: Daten mit U-Form aus einer Studie von Raymond und Kollegen (1992, Exp. 2). Rechts: Ergebnisse mit monotonem Verlauf aus einer Untersuchung von Maki, Couture, et al. (1997, Exp. 2).

Zwar fand sich in etwa der Hälfte der AB-Studien ein monotoner Zuwachs der T2-Leistungen, die andere Hälfte jedoch berichtet einen U-förmigen Verlauf (Di Lollo, Kawahara, Ghorashi, & Enns, 2005; Visser, Bischof, & Di Lollo, 1999). Da sich dabei zumindest für die Darbietung des zweiten Zielreizes an Position T1+1 relativ gute Leistungen ergeben, wird der U-förmige Verlauf auch als AB-Effekt unter Verschönerung von Lag 1 bezeichnet bzw. als *Lag 1 Sparing-Effekt* (Potter et al., 1998). Abbildung 8 verdeutlicht den Unterschied der beiden Ergebnismuster anhand zweier Beispiele. Diese U-Form stellt eine Besonderheit des AB-Phänomens dar, tritt sie doch bei verwandten Phänomenen wie Wiederholungsblindheit oder bei der Psychologischen Refraktärperiode nicht auf (Chun, 1997b; Crebolder et al., 2002).

3.6.1 Erklärungsansätze

Im Folgenden soll geschildert werden, wie die bekannten Modelle zum Attentional Blink die Möglichkeit eines U-förmigen Verlaufs der T2-Leistungen implementieren und ob daraus Vorhersagen erwachsen, unter welchen Bedingungen ein monotoner vs. nicht-monotoner AB-Effekt entsteht.

Laut Interferenz-Modell erhält ein zweiter Zielreiz, der an der T1+1-Position dargeboten wird, aufgrund seiner zeitlichen Nähe zu T1 und seiner Passung zu einer Zielreizschablone ein hohes Gewicht im VSTM. Er kann daher besser abgerufen werden als z. B. ein zweiter Zielreiz an Position T1+2. Allerdings sollte T1 ein mindestens ebenso hohes Gewicht wie T2 aufweisen (Brehaut et al., 1999; Breitmeyer et al., 1999). In ähnlicher Weise erklären Chun und Potter (1995) im Zwei-Stufen-Modell einen U-förmigen T2-Verlauf damit, dass der Reiz an Position T1+1 gemeinsam mit dem ersten Zielreiz in Stufe 2 verarbeitet wird. Dies sei insbesondere dann der Fall, wenn die zweite Verarbeitungsstufe erst spät einsetzt. Zur Kontrolle des Eintritts von Repräsentationen in das visuelle Kurzzeitgedächtnis bzw. in die zweite Verarbeitungsstufe postulieren die Modelle ein Aufmerksamkeitstor, welches sich, ausgelöst durch den ersten Zielreiz, schnell öffnet und langsam schließt, so dass T2 in der Lag 1-Bedingung auch Verarbeitungsressourcen erhält, da beide Zielreize innerhalb einer gemeinsamen Aufmerksamkeitsepisode verarbeitet werden können (Chun & Potter; Giesbrecht & Di Lollo, 1998; Shapiro & Raymond, 1994). Dabei bleibt allerdings unklar, ob und wenn ja welche Kosten entstehen, wenn der zweite Zielreiz das Tor zusätzlich zum ersten passiert, ob das z. B. zu Lasten der Ressourcen für die T1-Verarbeitung geht oder ob z. B. die Reihenfolgeinformation verloren geht (Akyürek & Hommel, 2005). Als Kritikpunkt an der Aufmerksamkeitstoridee sehen Hommel und Akyürek (2005) die Tatsache, dass auch ein an Position T1+1 dargebotener Distraktor (z. B. ein schwarzes S) das Tor passieren müsste und mit T1 (z. B. einem weißen G) in einer Episode verarbeitet werden würde. Fraglich ist dann, wie entscheidbar ist, ob S oder G die Eigenschaft weiß hatte. In der Tat geht ein großer Teil der T1-Fehler auf die Nennung eines nachfolgen-

den Distraktors zurück (vgl. Kapitel 3.5.3). Dennoch ist es erstaunlich, dass die Probanden T1-Leistungen von in der Regel über 80% erbringen (Hommel & Akyürek). Unabhängig von dieser Frage ist es unbefriedigend, dass mittels des Aufmerksamkeitstores zwar ein U-förmiges Datenmuster post hoc erklärt werden kann, jedoch keine testbaren Vorhersagen erwachsen, unter welchen Bedingungen ein monotoner T2-Verlauf bzw. die U-Form zu erwarten sind.

Als Alternative zur Idee eines Aufmerksamkeitstores entwickelten Di Lollo und Mitarbeiter (2005) das *TLC-Modell* (temporary loss of control). Hierbei wird angenommen, das visuelle System sei zu Beginn eines RSVP-Durchgangs endogen so konfiguriert, dass eine optimale T1-Verarbeitung möglich ist, welche dann schnell und genau erfolgen kann. Die Konfigurierung des visuellen Systems entspricht einem Filter, der den ersten Zielreiz von den Distraktoren trennt. Ein zentraler Prozessor erhält den Filter endogen aufrecht, gleichzeitig ist das System immun gegen exogene Veränderungen der Konfiguration z. B. durch die Distraktoren. Die Funktionsweise des zentralen Prozessors ist dabei in Anlehnung an Ideen von Baddeley (1996), Shallice (1994) und Shiffrin und Schneider (1977) zu verstehen. Ist der erste Zielreiz dargeboten worden, beschäftigt sich der zentrale Prozessor mit der T1-Verarbeitung und Reaktionsplanung und kann daher die Filterkonfiguration nicht mehr kontrolliert aufrechterhalten. Dadurch ist das System anfällig für exogen ausgelöste Veränderungen der Konfiguration. Gehört der T1+1-Reiz derselben Kategorie an wie der erste Zielreiz, bleiben die Filtereinstellungen unverändert und T1+1 wird ebenfalls weiterverarbeitet. Stammt er jedoch aus einer anderen Kategorie (ist z. B. ein Distraktor), dann wird eine exogene Konfigurationsänderung des Filters ausgelöst, wodurch dieser dann nicht mehr optimal für die Zielreizverarbeitung eingestellt ist. Ein zweiter Zielreiz an Lag 2 würde dann nicht mehr optimal verarbeitet werden, selbst wenn er zur selben Kategorie gehört wie T1, sondern ist z. B. Maskierungseinflüssen ausgesetzt. An dieser Stelle enthält das Modell Elemente aus dem Zwei-Stufen-Modell. Für größere Lag-Stufen ist die T1-Verarbeitung durch den zentralen Prozessor abgeschlossen und eine endogene Kontrolle der Filterkonfiguration wieder möglich, was zur guten T2-Verarbeitung und damit zu ansteigenden T2-Leistungen für große Lag-Stufen führt. Das Modell sagt einen Lag 1 Spring-Effekt für Versuchsanordnungen voraus, bei denen der zweite Zielreiz zur Filterkonfiguration des ersten Zielreizes passt.

In diesem Zusammenhang ist es kritisch, dass das TLC-Modell den Begriff Kategorie nicht genau spezifiziert. Für Versuche mit der Aufgabe, zwei Buchstaben unter Ziffern zu identifizieren, auf die sich Di Lollo und Kollegen (2005) beziehen, ist die Kategoriezugehörigkeit immerhin intuitiv vorstellbar. Schwieriger zu fassen ist der Begriff bei der in AB-Studien nicht weniger verbreiteten Aufgabe, einen weißen Buchstaben unter schwarzen zu finden (T1) und zusätzlich ein schwarzes X zu entdecken (T2). Diese Aufgabe findet z. B. bei Raymond und Mitarbeitern (1992, Exp. 2) Verwendung und bewirkt dort ebenfalls einen U-förmigen T2-Verlauf. Für diese Aufgabe muss evtl. während des RSVP-Durchgangs eine Änderung des Filters von „weißer

Reiz“ auf „X-Form“ durchgeführt werden. Laut TLC-Modell sollte diese endogene Filteränderung nicht möglich sein, solange der zentrale Prozessor den ersten Zielreiz verarbeitet. Infolgedessen sollten die T2-Leistungen einen monotonen Verlauf zeigen. Die tatsächlich auch bei dieser Aufgabenart häufig auftretende U-Form ist nur in Einklang mit dem TLC-Modell zu bringen, wenn man einen Filter annimmt, der alle Zielreize von den Distraktoren trennen kann („weiße Farbe oder X-Form“). Ebenfalls schwer im Rahmen des Modells zu erklären sind Fälle, in denen monoton steigende T2-Leistungen gefunden wurden, obwohl beide Zielreize aus derselben von der der Distraktoren verschiedenen Kategorie stammen (z. B. Duncan et al., 1997, Exp. 2). Der dritte aus Sicht der Autorin der vorliegenden Arbeit kritische Punkt am TLC-Modell betrifft die U-Form selbst: Laut TLC-Modell sollte ein zum T1-Filter passender zweiter Zielreiz an Lag 1 gut verarbeitet werden können, wohingegen ein Distraktor zwischen beiden Zielreizen (T2 an Lag 2) zu einer exogenen Filteränderung und damit schlechten T2-Leistungen führt. Mitunter befindet sich der Punkt der schlechtesten T2-Leistung aber bei Lag-Stufe 3 (z. B. Raymond et al., 1992, Exp. 2). Es tritt dann nicht nur ein Lag 1 Sparing-, sondern auch ein *Lag 2 Sparing-Effekt* auf, der laut TLC-Modell nicht auftreten sollte. Dazu müsste z. B. zusätzlich angenommen werden, dass zwei Distraktoren eine stärkere Veränderung herbeiführen als einer. Auch eine probabilistische Formulierung des Modells könnte hilfreich dazu sein. Die Frage, wann eine U-Form des T2-Leistungsverlaufs entsteht und wann nicht, ist durch das TLC-Modell nicht vollständig beantwortet, sondern eher abgewandelt worden zur Frage, unter welchen Bedingungen eine exogene Filteränderung stattfindet und wann nicht. Für die Fragestellung dieser Arbeit ist als Aussage des TLC-Modells festzuhalten, dass der Verlauf der T2-Leistungen zu Beginn des Attentional Blink-Effektes (für kleine Lag-Stufen) abhängig ist vom Vorhandensein (und evtl. auch der Anzahl) der zwischen den Zielreizen präsentierten Distraktoren (T1-T2-Lag).

Als weiteren Erklärungsansatz zum Lag 1 Sparing-Effekt modifizierten Potter und Kollegen (2002) das Zwei-Stufen-Modell zum Zwei-Stufen-Wettlauf-Modell. Dabei wird angenommen, dass beide Zielreize miteinander darum konkurrieren, welcher von beiden Eingang in die zweite Verarbeitungsstufe findet, die tatsächlich nur einen Reiz aufnehmen kann. Gewinnt der zweite Zielreiz diesen Wettlauf in Stufe 1, so wird er in Stufe 2 weiterverarbeitet, während der erste Zielreiz warten muss. T1 ist in diesem Fall analog zum Zwei-Stufen-Modell Maskierungseinflüssen ausgesetzt und kann später evtl. nicht berichtet werden. Der Fall, dass T2 den Wettlauf gewinnt, ist wahrscheinlicher bei kurzem T1-T2-SOA (Potter et al.). Das würde die guten T2-Leistungen bei kurzem T1-T2-Lag erklären, wenn man die T2-Leistungen nicht wie üblich an den T1-Leistungen relativiert. Um einen U-förmigen Verlauf der T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) zu erklären, muss man wie beim Zwei-Stufen-Modell ohne Wettlaufkomponente annehmen, dass der Übergang in die zweite Stufe über ein langsam schließendes Aufmerksamkeitstor geschieht, welches bei kleinen Lag-Stufen bzw. kurzem T1-T2-SOA von beiden Zielreizen passiert werden kann. Hierbei stellt sich erneut die Frage nach den Bedingungen, unter denen dies möglich ist. Hommel und Akyürek (2005)

spezifizierten dies, indem sie das Zwei-Stufen-Wettlauf-Modell so erweiterten, dass bei gleicher Aufgabenschwierigkeit für beide Zielreize (operationalisiert über den Vergleich der Leistungen bei alleiniger Ausführung dieser Aufgaben) eine Integration beider Reize in einer gemeinsamen Aufmerksamkeitsepisode stattfindet, was zur Weiterverarbeitung beider Reize und dem Verlust der Reihenfolgeinformation führt. Für diesen Fall wird eine U-Form des T2-Verlaufs vorhergesagt. Sind beide Aufgaben von unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad, so findet anstelle der Integration ein Wettkampf beider Zielreizrepräsentationen um den (alleinigen) Eintritt in Stufe 2 statt. Ist die T2-Aufgabe leichter als die mit dem ersten Zielreiz verbundene, so gewinnt T2 diesen Wettkampf bei kurzem T1-T2-SOA und kann in Stufe 2 weiterverarbeitet werden, woraus gute T2-Leistungen (unabhängig von T1) resultieren. Da die T1-Verarbeitung allerdings in diesem Fall verschlechtert wird, folgt daraus nicht unbedingt auch eine U-Form der T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt). Für den umgekehrten Fall einer schwierigen T2- und einer leichten T1-Aufgabe sagt das Modell den ersten Zielreiz als Gewinner des Wettkampfes voraus, was einen U-förmigen Verlauf sehr unwahrscheinlich macht. Bisherige Studien erfassen nicht die Leistungen bei alleiniger Ausführung beider Zielreizaufgaben.

Hommel und Akyürek (2005) ließen zwei Ziffern unter Buchstaben identifizieren und konnten zeigen, dass Reihenfolgeverwechslungen der Zielreize vermehrt in der Bedingung Lag 1 auftreten. Wurden auch Antworten mit vertauschter Reihenfolge der Zielreize als korrekt gewertet, ergab sich ein U-förmiger Verlauf der T2-Leistungen. Kein Lag 1 Sparing-Effekt trat hingegen auf, wenn diese Verwechslungen als Falschantworten gewertet wurden. Außerdem variierten die Autoren die Schwierigkeiten der Zielreizaufgaben über den Helligkeitskontrast der Zielreize zum Bildschirmhintergrund und konnten so weitere Evidenz für das modifizierte Wettlauf-Modell finden: z. B. wurde der zweite Zielreiz in Durchgängen mit schwerem ersten Zielreiz häufiger korrekt identifiziert als bei einfacher T1-Aufgabe und das nur für die Lag-Bedingungen 1 und 2. Parallel dazu zeigten die T1-Leistungen eine Abhängigkeit von der T2-Schwierigkeit. Auch Kessler und Kollegen (2005a) berichteten mehr Reihenfolgeverwechslungen der beiden Zielreize bei Lag 1 als bei Lag 2, andere Lag-Bedingungen waren nicht realisiert. Ebenfalls parallel zu den Befunden von Hommel und Akyürek fanden bereits andere Arbeiten einen Lag 1 Sparing-Effekt für die T2-Leistungen bei einer Leistungsverschlechterung für den ersten Zielreiz, wenn T1 und T2 direkt aufeinander folgten (z. B. Broadbent & Broadbent, 1987; Shih, 2000). Broadbent und Broadbent interpretierten dies auf erstaunlich ähnliche Weise wie das 15 Jahre später veröffentlichte Zwei-Stufen-Wettlauf-Modell:

The most plausible way of explaining these results is that whichever of the two targets is encoded first gains an advantage over the other.... the second of the two adjacent stimuli may be encoded first, and thus exclude the other. This would explain the higher rate of success of the second target at the shortest interval, and also the fact that this success is contingent on failure of the first target. (S. 108)

Der im Rahmen dieser Arbeit entscheidende Unterschied zum TLC-Modell besteht darin, dass das Zwei-Stufen-Wettlauf-Modell, das Zwei-Stufen-Modell und das Interferenz-Modell, jeweils in Verbindung mit der Idee eines Aufmerksamkeitstores annehmen, dass die Zeit zwischen beiden Zielreizen (T1-T2-SOA) den Verlauf der T2-Leistungen beeinflusst und nicht Vorhandensein bzw. Anzahl der Distraktoren zwischen den Zielreizen.

3.6.2 Neurophysiologische Messungen

Neurophysiologische Methoden wie EEG (Elektroenzephalographie) oder MEG (Magnetoenzephalographie) stellen einen weiteren empirischen Zugang dar, um die Frage zu beantworten, auf welche Weise ein zweiter Zielreiz in Abhängigkeit von seiner zeitlichen Nähe zu einem ersten Zielreiz verarbeitet wird. Auf diese Art finden sich Hinweise darauf, dass T2 in der Bedingung Lag 1 anders verarbeitet wird als bei Lag 2.

Kranczioch, Debener und Engel (2003) erhoben mittels EEG ereigniskorrelierte Potentiale während einer Attentional Blink-Aufgabe. Insbesondere interessierten sie sich für die P300-Komponente für T2 in Abhängigkeit vom Lag und davon, ob die Zielreize korrekt berichtet werden konnten oder nicht. Kranczioch und Mitarbeiter fanden generell keine P300-Komponente für nicht entdeckte zweite Zielreize. In Durchgängen mit entdecktem T2 hingegen war eine P300-Komponente sichtbar, jedoch nur in den Lag-Bedingungen 2 und 7 und nicht bei Lag 1. Die Verhaltensdaten hingegen zeigten einen U-förmigen Verlauf der T2-Leistungen.

Kessler und Mitarbeiter (2005a, 2005b) untersuchten die *M300-Komponente* beim Attentional Blink. Die M300 ist äquivalent zur P300 bzw. P3 und bezeichnet eine Modulation eines magnetischen Feldes 300 ms nach Reizbeginn, gemessen mittels MEG. Sie wird ebenfalls als Zeichen für eine Veränderung des Arbeitsgedächtnisinhaltes interpretiert. Beide Arbeiten von Kessler und Kollegen beruhen auf demselben Datenmaterial und beschreiben ein links-temporo-parietales Netzwerk, welches assoziiert ist mit der Identifizierung der Zielreize und dem Abgleich der präsentierten Reize mit den Zielreizschablonen. Als davon trennbar und zeitlich leicht verzögert reagierend ließ sich ein rechts-temporo-parietales Netzwerk finden, welchem Kessler und Kollegen (2005a, 2005b) die Verknüpfung von Zielreizeigenschaften und zeitlichen Informationen zuschrieben. Die Zielreizidentifikation zeigt sich demnach also unabhängig und zeitlich vor der Zuweisung der zeitlichen Reihenfolge. Kessler und Mitarbeiter (2005a) fanden in der Bedingung Lag 1 trennbare M300-Komponenten für beide Zielreize in präfrontalen und rechts-temporo-parietalen Arealen und eine gemeinsame M300-Komponente für links-temporo-parietale Areale. In der Bedingung Lag 2 hingegen wurden zwei getrennte M300-Komponenten in allen drei Arealen gefunden (weitere Lag-Stufen waren nicht realisiert). Diese Befunde sind gut in Einklang zu bringen mit der Idee der

Verarbeitung beider Zielreize in einer gemeinsamen Aufmerksamkeitsepisode, bei der die Reihenfolgeinformation verloren geht (Hommel & Akyürek, 2005).

3.6.3 Einfluss eines Ortswechsels und anderer Variablen

Auf der Suche nach den Bedingungen, unter denen ein U-förmiger vs. ein monotoner Verlauf der T2-Leistungen beim Attentional Blink auftritt, erstellten Visser, Bischof, et al. (1999) einen zusammenfassenden Überblick zu den bis zu diesem Zeitpunkt veröffentlichten Attentional Blink-Studien. In die Zusammenfassung wurden ca. 100 experimentelle Bedingungen aus 22 Veröffentlichungen zum AB-Phänomen seit der Veröffentlichung von Raymond und Kollegen im Jahr 1992 aufgenommen, die folgende Kriterien erfüllten: Es zeigte sich ein Lag-Effekt auf die T2-Leistungen, die Bedingung Lag 1 wurde realisiert und das SOA zwischen beiden Zielreizen betrug bei Lag 1 nicht mehr als 100 ms. Ein Lag 1 Spring-Effekt wurde als vorhanden definiert, wenn die T2-Leistung in der Bedingung Lag 1 im Vergleich zum Punkt der schlechtesten T2-Leistung um mindestens 5% besser war.

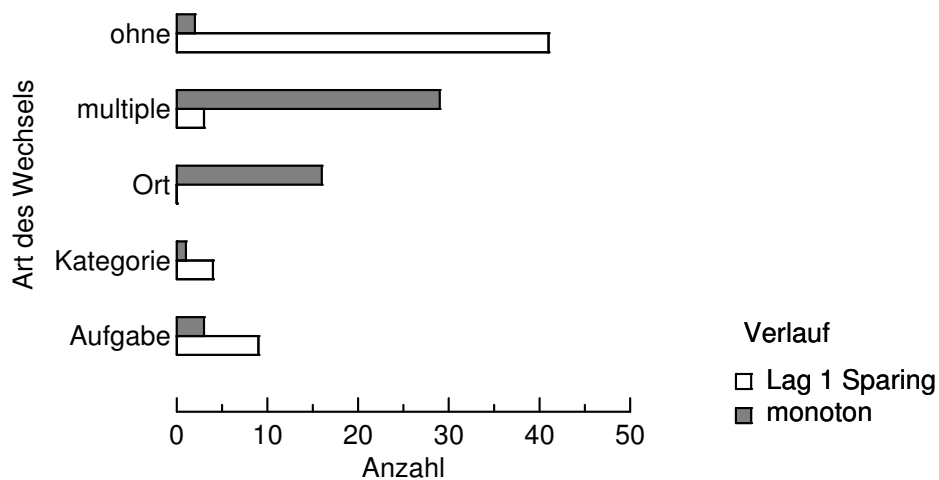


Abbildung 9. Veranschaulichung der Analyse von Visser, Bischof, et al. (1999) zum Auftreten des Lag 1 Spring-Effektes in Abhängigkeit von verschiedenen Arten von Wechseln zwischen beiden Zielreizen (Abbildung nach Enns, Visser, Kawahara, & Di Lollo, 2001, S. 72).

In keinem der analysierten Experimente trat ein Lag 1 Spring-Effekt auf, wenn beide Zielreize an verschiedenen Bildschirmpositionen dargeboten worden waren (Ortswechsel). Überwiegend wurde die U-Form gefunden bei einem Wechsel von entweder Aufgabe oder Kategorie zwischen beiden Zielreizen. Unter einem Aufgabenwechsel verstanden Visser, Bischof, et al. (1999) dabei z. B. einen Wechsel von einer Identifikationsaufgabe für T1 zu einer Entdeckungsaufgabe für T2. Ein Kategoriewech-

sel wurde z. B. kodiert, wenn einer der Zielreize eine Ziffer und der andere ein Buchstabe war. Ein monotoner T2-Verlauf wurde sehr selten ohne irgendeinen dieser Wechsel gefunden und sehr häufig, wenn mehrere solche Wechsel realisiert wurden (siehe Abbildung 9).

Visser, Bischof, et al. (1999) präzisierten die Idee des Aufmerksamkeitstores daraufhin dahin gehend, dass das Tor ortsgebunden sei. Außerdem wurde ein Filter postuliert, der einen zweiten Zielreiz nur dann passieren lässt, wenn die Zielreize (bzw. die mit ihnen verbundenen Aufgaben) einander so ähnlich sind, dass entweder keiner oder nur ein eindimensionaler Aufmerksamkeitswechsel nötig ist. Visser, Bischof, et al. konnten darüber hinaus zeigen, dass für Experimente mit U-förmigem Datenmuster die Differenz der besten und schlechtesten T2-Leistung (*AB-Spanne*) und die Differenz der schlechtesten T2-Leistung und der bei Lag 1 (*Ausmaß des Lag 1 Sparing-Effektes*) voneinander unabhängig sind. Sie schlussfolgern daraus, dass es sich um zwei verschiedene Effekte handelt, deren Ursachen in frühen Filtermechanismen (Lag 1 Sparing) vs. späteren Verarbeitungsdefiziten (T2-Defizit) liegen.

Die Ergebnisse von Visser, Bischof, et al. (1999) waren Ausgangspunkt für eine Reihe von Untersuchungen zum Einfluss des Ortswechsels auf die Form des Attentional Blink-Effektes. Obgleich der Leser bislang eventuell bereits eine Vorstellung vom experimentellen Vorgehen mit Ortswechsel entwickelt haben mag, kann diese Bedingung bei genauer Betrachtung der Literatur auf sehr verschiedene Art operationalisiert werden, wodurch sich durchaus verschiedene Befunde ergaben. Nicht in jeder der nachfolgend dazu berichteten Studien wurde die Form des gefundenen AB-Phänomens inferenzstatistisch überprüft. In solchen Fällen hat sich die Autorin dieser Arbeit am beschriebenen Kriterium für das Vorliegen eines Lag 1 Sparing-Effektes von Visser, Bischof, et al. orientiert.

Eine Möglichkeit, einen Ortswechsel im AB-Paradigma zu realisieren, besteht darin, einen einzelnen RSVP-Strom mit einem oder mehreren Positionswechseln darzubieten, wobei jedoch in der Regel nur ein Reiz zu einem Zeitpunkt auf dem Bildschirm dargeboten wird. Bei einem solchen Vorgehen wurde analog zur Schlussfolgerung aus der Überblicksarbeit von Visser, Bischof, et al. (1999) ein monotoner T2-Verlauf bei einem Ortswechsel von T1 zu T2 und ein U-förmiges Muster bei Darbietung beider Zielreize an derselben Position gefunden (Breitmeyer et al., 1999; Kawahara, 2003a, 2003b; Visser, Zuvic, Bischof, & Di Lollo, 1999).

Bietet man zwei oder mehr zeitlich synchronisierte RSVP-Ströme auf dem Bildschirm dar und realisiert einen Ortswechsel über die Präsentation der Zielreize innerhalb verschiedener Ströme, so scheint das Wissen der Versuchsperson über die T1- bzw. T2-Position einen Einfluss auf die Form des AB-Effektes zu haben. So berichteten Peterson und Juola (2000) ein monotoneres Ergebnismuster, wenn die T1- und T2-Position im aktuellen Durchgang bekannt war. Ohne das Wissen darüber, in welchem von zwei dargebotenen RSVP-Strömen sich der erste sowie der zweite Zielreiz befindet, führt

auch ein Ortswechsel von T1 zu T2 zu einem U-förmigen Verlauf der T2-Leistungen (Potter et al., 2002, Exp. 2; Potter et al., 2005; Shih, 2000). Diese Befunde sind dann vereinbar mit der Idee eines ortsgebundenen Aufmerksamkeitsstores, wenn man annimmt, dass der Proband bei Positionsunsicherheit den Fokus der Aufmerksamkeit endogen auf beide Ströme ausweitet und dann auch einen zweiten Zielreiz, der T1 an einem anderen Ort direkt folgt, mit diesem innerhalb einer Aufmerksamkeitsperiode verarbeiten kann. Bei fünf RSVP-Strömen und unbekanntem Zielreizpositionen zeigte sich hingegen erneut ein monotoner Verlauf der T2-Leistungen (Dell'Acqua et al., 2003), evtl. kann hier der Aufmerksamkeitsfokus nicht auf alle fünf Positionen ausgeweitet werden, oder er wird zur optimalen Reizverarbeitung kleiner gewählt.⁵

Duncan und Mitarbeiter (1997) verwendeten ein Paradigma mit vier möglichen Reizpositionen: 12, 3, 6 und 9 Uhr, an denen Reize mittels RSVP dargeboten wurden. Dabei waren die Reize an den Positionen 12 und 6 Uhr bzw. 9 und 3 Uhr so synchronisiert, dass sich ein horizontaler und ein vertikaler Strom ergaben, in dem dann T1 und/oder T2 enthalten waren. Die genaue T1- und T2-Position war dabei in jedem Durchgang unvorhersagbar. Dieses Vorgehen ergab einen monotonen Verlauf der T2-Leistungen bei einem Ortswechsel von T1 zu T2.

Auch im Skelett-Paradigma kann ein Ortswechsel erzeugt werden, indem der erste Zielreiz und seine Maske an einem anderen Ort präsentiert werden als der zweite Zielreiz und dessen Maske. Da bei diesem Paradigma keine Lag-Variation stattfindet, sondern der zeitliche Abstand beider Zielreize variiert wird, ist der Begriff der U-Form hier bezogen auf den Verlauf der T2-Leistungen in Abhängigkeit vom T1-T2-SOA. Dabei ergibt sich ein heterogenes Befundmuster von einerseits monotonem Verlauf (Awh et al., 2004, Exp. 4, 6, 8, 9; Moore et al., 1996) und andererseits vorhandener U-Form (Awh et al., Exp. 1; Brehaut et al., 1999; Duncan et al., 1994, Exp. 1; Ward et al., 1996). Bei allen diesen Arbeiten waren die Positionen beider Zielreize unvorhersagbar. Erneut stellt sich die Frage nach der Vergleichbarkeit von skelettiertem Vorgehen und RSVP-Paradigma.

Zumindest für die Untersuchungen mit RSVP-Paradigma kann zusammenfassend festgehalten werden, dass die räumliche Nähe der beiden Zielreize einen entscheidenden Einfluss auf die Form des Attentional Blink-Effektes hat.

3.6.4 Attentional Blink-Verlauf ohne Ortswechsel

Darüber hinaus bleibt die Frage bestehen, unter welchen Bedingungen es ohne einen Ortswechsel von T1 zu T2 zu einem monotonen vs. zu einem U-förmigen Verlauf der T2-Leistungen kommt. Ohne eine räumliche Positionsverlagerung der Zielreize

⁵ Für Ideen zur Wahl der Größe des Aufmerksamkeitsfokus im Paradigma der visuellen Suche siehe Müller-Plath (2000), sowie Müller-Plath und Pollmann (2003).

entstand in einem beachtlichen Teil der von Visser, Bischof, et al. (1999) analysierten Studien zum AB-Phänomen ebenfalls ein monotones Ergebnismuster (siehe Abbildung 10). Die von Visser, Bischof, et al. nahe gelegten weiteren Arten von Wechseln differenzieren im Vergleich zum Kriterium eines Ortswechsels hier wesentlich schwächer zwischen Experimenten mit monotonem vs. U-förmigem Datenverlauf (siehe z. B. Maki, Couture, et al., 1997, Exp. 2, 3).

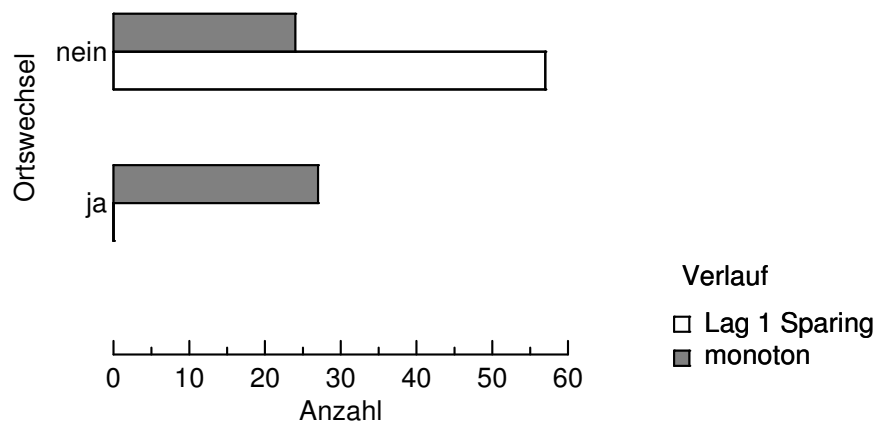


Abbildung 10. Anzahl der von Visser, Bischof, et al. (1999) analysierten experimentellen Bedingungen mit vs. ohne Ortswechsel von T1 zu T2, die einen monotonen Verlauf der T2-Leistungen bzw. ein Muster mit Lag 1 Sparing-Effekt berichten (Daten aus Visser, Bischof, et al.).

Dabei stellt sich die Frage nach der Art des Prozesses, der bei Ortsgleichheit bzw. -nähe beider Zielreize das U-förmige Datenmuster verursacht. Aus existierenden Modellen ließ sich die Frage ableiten, ob dieser den Beginn des Attentional Blink-Phänomens beeinflussende Prozess an die Zahl der zwischen beiden Zielreizen dargebotenen Reize (T1-T2-Lag) gebunden ist oder an ihren zeitlichen Abstand (T1-T2-SOA)? Leider sind diese beiden Variablen in nahezu allen bisherigen Studien konfundiert. Da die meisten Studien zudem mit einem SOA zwischen den einzelnen RSVP-Reizen von ca. 100 ms arbeiten, lässt sich diese Frage auch über verschiedene Studien hinweg nicht entscheiden. Die in den Studien überwiegend gebrauchte x-Achsenbezeichnung *Lag* mag als Indiz für die implizite Annahme eines vorrangig durch den Faktor Lag beeinflussten Phänomens gelten. Dem gegenüber steht die Tatsache, dass sehr viele Modelle zum AB-Phänomen die U-Form (zum Teil post hoc) über ein zeitlich verzögert schließendes Aufmerksamkeitstor erklären (Chun & Potter, 1995; Potter et al., 2002; Shapiro & Raymond, 1994). Das erst kürzlich entwickelte TLC-Modell hingegen postuliert einen entscheidenden Einfluss der zwischen beiden Zielreizen dargebotenen Distraktoren (Di Lollo et al., 2005). Die vorliegende Arbeit soll daher einen Beitrag zur Klärung dieses Aspektes leisten.

4 Fragestellung

Beim Attentional Blink-Effekt handelt es sich um ein Phänomen im Schnittfeld verschiedener kognitionspsychologischer Themengebiete wie Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Maskierung und Doppelaufgabeninterferenz. Besonders interessant ist dabei der häufig gefundene U-förmige Verlauf der T2-Leistungen. Er unterscheidet den Attentional Blink-Effekt von anderen Phänomenen wie z. B. von Wiederholungsblindheit (Chun, 1997b) oder von der Psychologischen Refraktärperiode (Crebolder et al., 2002), die ebenfalls durch Leistungseinbußen bei der Kombination zweier Reize oder Aufgaben charakterisiert sind.

Die Stärke bzw. das Ausmaß des AB-Effektes, gemessen über eine Verschiebung der T2-Leistungen in y-Richtung, ist dabei beeinflussbar durch Schwierigkeitsmanipulationen wie die Ähnlichkeit beider Zielreize oder die Art der Maskierung der Zielreize.

Als weiterer gesicherter Befund gilt die Tatsache, dass eine Positionsverlagerung zwischen beiden Zielreizen bis auf wenige Ausnahmen zu einem monotonen Anstieg der T2-Leistungen mit größer werdendem zeitlichen Zielreizabstand führt, wohingegen ohne Ortswechsel sowohl monotone als auch U-förmige Effektverläufe berichtet werden.

Um den Einfluss der Faktoren T1-T2-Lag und -SOA auf die Form des AB-Effektes experimentell zu prüfen, wird in dieser Arbeit das Tempo des dargebotenen RSVP-Stromes variiert.

Bei den existierenden Studien zu schneller serieller visueller Reizpräsentation (RSVP), bei denen ein Zielreiz zu berichten ist, führten unterschiedliche RSVP-Tempi zu einer Änderung des Musters der Intrusionen (Shapiro & Raymond, 1994).

Dem Attentional Blink-Paradigma verwandt sind Studien zur Messung der Aufmerksamkeitsreaktionszeit (ART), die ebenfalls mit der RSVP-Methode und mehr als einem aufgabenrelevanten Reiz arbeiten. Im Gegensatz zum ersten Zielreiz beim Attentional Blink soll der Hinweisreiz bei einer ART-Aufgabe jedoch nicht selbst erinnert werden, sondern dient als Aufforderungssignal, z. B. die vier nachfolgend präsentierten Reize zu berichten. Hinweisreiz und zu berichtende Reize sind dabei zumeist in zwei räumlich getrennten RSVP-Strömen enthalten, vergleichbar zum Vorgehen beim Attentional Blink mit Ortswechsel zwischen beiden Zielreizen. Mitunter wurde aber auch

ohne Ortswechsel gearbeitet, wobei nur ein RSVP-Strom präsentiert wurde und der Hinweisreiz z. B. in der Markierung eines Buchstabens durch einen Rahmen bestand. Weichselgartner (1985) berichtete dabei eine verlängerte ART für schnellere Tempi des RSVP-Stromes. Sperling und Reeves (1980) fanden beim Paradigma mit zwei getrennten RSVP-Strömen einen dazu parallelen Effekt des Tempos des die Zielreize enthaltenden RSVP-Stromes auf die ART. Anzumerken ist dabei, dass an den ART-Experimenten immer nur wenige, hoch trainierte und teilweise nicht naive Probanden teilnahmen. Aufgrund des ursprünglichen Anliegens der ART-Experimente, eine Reaktionszeit zu messen, wird das ART-Phänomen als zeitabhängig beschrieben: Die Wahrscheinlichkeit, ein bestimmtes Zeichen zu berichten, wird entscheidend durch seinen zeitlichen Abstand (SOA) zum Hinweisreiz beeinflusst. Das AGM als computationales Modell der Aufmerksamkeitssteuerung von Reeves und Sperling (1986) modelliert diese Zeitabhängigkeit gut. Die alternative Annahme eines Einflusses der zwischen Hinweisreiz und genanntem Zeichen dargebotenen Reize (die ebenfalls genannt werden sein können) wird in ART-Studien nicht berichtet. Eine konzeptuelle Schwierigkeit mag dabei darstellen, dass hierbei nicht zwei Zielreize und verschieden viele dazwischen dargebotene Distraktoren verwendet werden, sondern alle Reize ab dem Hinweisreiz Zielreize darstellen.

Zum Attentional Blink-Phänomen, bei dem zwei Zielreize zu berichten sind, gibt es bislang nur wenige Arbeiten, die von einer RSVP-Präsentationsrate von etwa 10 Reizen pro Sekunde abweichen. Arnell und Jolicoeur (1999) variierten in Experiment 4 das RSVP-Tempo in geringen Abstufungen von 105, 120, 135 und 150 ms SOA zwischen direkt aufeinander folgenden Reizen. Das Interesse der Autoren lag darin, zu zeigen, dass ein stabiler Attentional Blink-Effekt für auditiv dargebotene Reize entsteht, die Darbietung visueller Reize diente hauptsächlich als Vergleichsbedingung dazu. Daher führten die Autoren auch keine inferenzstatistischen Analysen zur Form des AB-Effektes unter den verschiedenen Tempo-Bedingungen durch. Abbildung 11 stellt die Ergebnisse der visuellen Bedingungen dieses Experimentes dar, wobei die T2-Leistungen sowohl in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag als auch vom T1-T2-SOA abgebildet sind. Die deskriptiv geringste T2-Leistung für die einzelnen Tempi zeigte sich weder bei einem bestimmten Lag noch in einem eng umgrenzten SOA-Bereich. Für schnellere Tempi verlagerte sich das deskriptive Minimum der T2-Leistungen von Lag 2 zu Lag 1 und zu einem kürzerem T1-T2-SOA. Die Aussagekraft dieser Studie zum Einfluss von Lag und SOA auf die Form des AB-Effektes ist eingeschränkt aufgrund der geringen Tempovariationen und der Tatsache, dass die einzelnen Tempo-Ausprägungen jeweils von verschiedenen Versuchspersonengruppen absolviert wurden.

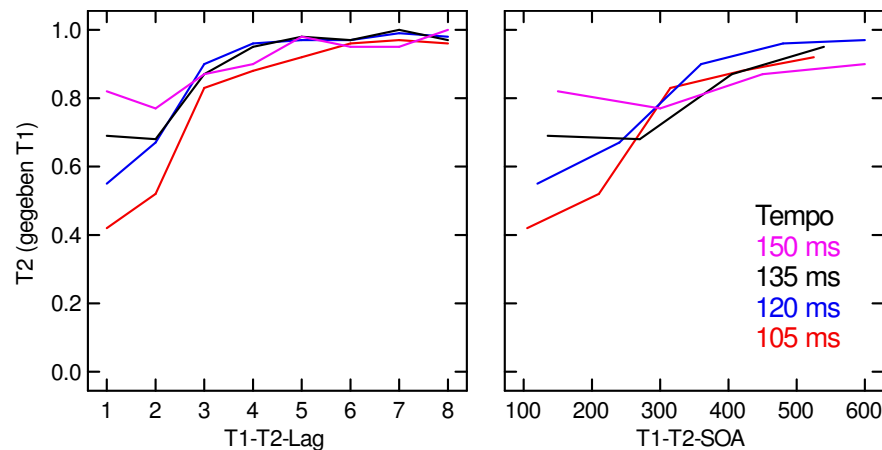


Abbildung 11. Ergebnisse eines Experimentes mit Tempovariation des RSVP-Stromes (Daten aus Arnell & Jolicoeur, 1999, Exp. 4, visuell-visuell). Links: Die T2-Leistungen abgetragen gegen das T1-T2-Lag. Rechts: Dieselben Daten, abgetragen als T2-Leistungen gegen das T1-T2-SOA, wobei der Datenbereich auf $SOA \leq 600$ ms beschränkt wurde.

Arbeiten mit stärkeren Abweichungen des RSVP-Tempos von 100 ms existierten zu Beginn dieses Dissertationsprojektes nicht, der Überblick von Visser, Bischof, et al. (1999) konnte daher eine evtl. vorhandene Tempoabhängigkeit des AB-Verlaufs nicht aufdecken. Im Gegensatz dazu ist die Frage nach den Einflussfaktoren auf die Form des Attentional Blink-Phänomens und damit den zugrunde liegenden Verarbeitungsprozessen hochinteressant, wie bereits Visser, Bischof, et al. konstatierten:

It is fair to say that Lag-1 sparing has been treated with the theoretical equivalent of benign neglect. When mention is made of Lag-1 sparing, it is usually to ascribe it to a sluggish attentional gate and to say no more about it (S. 464)

Auch sechs Jahre danach hat sich diese Situation – abgesehen von den berichteten Untersuchungen zum Einfluss von Ortswechseln – nicht geändert: “So far the mechanisms underlying Lag-1 sparing have not attracted a lot of attention” (Hommel & Akyürek, 2005, S. 1416).

Das vorliegende Dissertationsprojekt soll dazu beitragen, diese Lücke zu schließen. Dabei wird der Hauptzugang in einer ausgeweiteten Variation des RSVP-Tempos zur Variation der Variablen T1-T2-Lag und -SOA bestehen. Zusätzlich zu den Leistungen für den zweiten Zielreiz sind dabei auch Betrachtungen zu den T1-Leistungen und zu den Intrusionen bezüglich des ersten Zielreizes interessant.

5 Experiment 1

Zur Dekonfundierung der Variablen T1-T2-Lag und T1-T2-SOA wurde das Tempo des RSVP-Stromes in zwei Stufen variiert: Die Bedingung Tempo 100 ms stellt das in den berichteten AB-Studien am häufigsten verwendete RSVP-Tempo dar, die Stufe 140 ms wurde als deutlich langsamere Ausprägung gewählt, bei der aus der Literatur dennoch vermutet werden kann, dass ein Attentional Blink-Effekt auftritt.

Parallel zu z. B. Raymond und Kollegen (1992) wurde die Identifikation eines weißen Buchstabens unter schwarzen Distraktorbuchstaben (T1-Aufgabe) damit kombiniert, ein in 50% der Durchgänge dargebotenes X zu entdecken (T2-Aufgabe). Die Wahl der T1-Aufgabe lag darin begründet, dass bei einer solchen Filteraufgabe häufiger T1-Intrusionen beobachtet worden sind als bei einer Kategorieentscheidung (vgl. Kapitel 3.5.3). T1-Intrusionen sind bislang nur wenig beachtet worden, obwohl sie eine interessante Herausforderung für die Modellbildung darstellen. Als T2-Aufgabe wurde eine Entdeckungsaufgabe verwendet, da bei einer Kombination zweier Identifikationsaufgaben häufig Verwechslungen der Reihenfolge der Zielreize auftreten, was die Interpretation erschwert, insbesondere in Hinblick auf die T1-Intrusionen.

Die häufig verwendete Kontrollbedingung der alleinigen Bearbeitung der T2-Aufgabe wurde realisiert, um reine Maskierungseffekte von mit Aufmerksamkeit assoziierten Prozessen zu trennen und um einen vom Lag unabhängigen Effekt der Doppelaufgabe vs. Einzelaufgabe sichtbar zu machen.

5.1 Hypothesen

Zur Prüfung einer gemeinsamen Verarbeitung einer zeitlichen Episode (z. B. Zwei-Stufen-Modell mit zeitabhängigem Aufmerksamkeitstor) im Gegensatz zur gemeinsamen Verarbeitung einer bestimmten Anzahl an Repräsentationen (TLC-Modell) wurden Hypothesen zu den T1-Leistungen, T2-Leistungen und T1-Intrusionen geprüft.

Die ersten sechs Hypothesen beziehen sich auf Einflüsse der Faktoren Tempo und Lag auf die Bearbeitung des ersten Zielreizes. Bei gemeinsamer Verarbeitung beider

Zielreize sollten sich Leistungseinbußen für T1 ergeben. Ein Zwei-Stufen-Modell mit zeitabhängigem Aufmerksamkeitstor postuliert hierbei schlechtere T1-Leistungen bei geringem zeitlichem Abstand beider Zielreize, T1-Einbußen bei Lag 1 werden daher nur in der Tempobedingung 100 ms erwartet. Darüber hinaus wird erwartet, dass eine schnellere Präsentationsrate die Leistungen verschlechtert und dass T1 in der Bedingung Lag 0 besonders gut berichtet werden kann.

- $H_{1(1)}$: Tempobedingung 100 ms führt zu schlechteren T1-Leistungen als Tempo 140 ms.
- $H_{1(2)}$: Der Faktor Lag beeinflusst die T1-Leistungen.
- $H_{1(3)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T1-Leistungen.
- $H_{1(4)}$: Die T1-Leistungen in der Bedingung Lag 0 sind besser als für Lag-Stufen größer 0.
- $H_{1(5)}$: Bei Tempo 100 ms sind die T1-Leistungen für Lag 1 schlechter als die für Lag-Ausprägungen größer 1.
- $H_{0(6)}$: Bei Tempo 140 ms unterscheiden sich die T1-Leistungen für Lag-Stufen größer 0 nicht voneinander.

Bei beiden RSVP-Tempi wird ein Attentional Blink-Muster der T2-Leistungen erwartet:

- $H_{1(7)}$: Die Bedingung Doppelaufgabe führt zu schlechteren T2-Leistungen als die Bedingung Einzelaufgabe.
- $H_{1(8)}$: Der Faktor Lag beeinflusst die T2-Leistungen.
- $H_{1(9)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Lag und Aufgabe auf die T2-Leistungen.
- $H_{0(10)}$: Der Faktor Lag hat keine Auswirkung auf die T2-Leistungen in der Einzelaufgabe.

Aus der Annahme eines zeitabhängigen Aufmerksamkeitstores ergibt sich die Vorhersage, dass der zeitliche Abstand der Zielreize den Verlauf der T2-Leistungen bestimmt. Die Variation des RSVP-Tempos sollte daher zu folgenden Effekten auf die T2-Leistungen führen:

- $H_{1(11)}$: Tempobedingung 100 ms führt zu schlechteren T2-Leistungen als Tempo 140 ms.
- $H_{1(12)}$: Für die Doppelaufgabe gibt es einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T2-Leistungen.
- $H_{1(13)}$: Es gibt eine Dreifachinteraktion von Tempo, Lag und Aufgabe auf die T2-Leistungen.
- $H_{1(14)}$: Die schlechtesten T2-Leistungen der Doppelaufgabenbedingungen treten bei beiden Tempi bei verschiedenen Lag-Stufen auf, die demselben T1-T2-SOA-Bereich entsprechen.

Die Hypothesen $H_{1(15)}$ und $H_{1(16)}$ beziehen sich auf die Verteilung der T1-Intrusionen. Verankert man die Ursache dieser Intrusionen ebenfalls in der zweiten Verarbeitungsstufe, so sollten als Folge eines zeitbasierten Aufmerksamkeitstores die Reize in zeitlicher Nähe zu T1 vermehrt Quelle von Intrusionen sein:

- $H_{1(15)}$: Distraktoren, die zeitlich nahe dem ersten Zielreiz dargeboten werden, führen überzufällig häufig zu T1-Intrusionen.
- $H_{1(16)}$: Dabei zeigt sich ein überzufälliges Auftreten von T1+n-Intrusionen für Tempo 100 ms und von T1+m-Intrusionen für Tempo 140 ms, wobei $n > m$.

Alle Hypothesen werden zweiseitig getestet. Repräsentiert die Sachhypothese eine anzunehmende Alternativhypothese (H_1) wird eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05 gewählt, im Falle einer beizubehaltenden Nullhypothese 0.10 (H_0).

5.2 Methode

5.2.1 Aufgabe der Versuchsperson

Der Versuchsperson wurde mittels RSVP-Methode eine Buchstabenfolge präsentiert, die unter schwarzen Distraktoren genau einen weißen Buchstaben (erster Zielreiz, T1) enthielt. Die Buchstabenfolge enthielt mit Wahrscheinlichkeit $p = 0.5$ genau ein X (zweiter Zielreiz, T2). In der Doppelaufgabe sollte die Versuchsperson direkt nach der Folge die Identität des weißen Buchstabens angeben und beurteilen, ob ein X im Buchstabenstrom enthalten war. In der Bedingung Einzelaufgabe war nur das Vorhandensein des Buchstabens X zu beurteilen. Jede Versuchsperson absolvierte zwei Sitzungen, innerhalb derer der Faktor Aufgabe (Einzel- vs. Doppelaufgabe) konstant blieb.

5.2.2 Stichprobe

Bei den 23 Versuchsteilnehmern des Experimentes handelte es sich um 20 Studierende der Psychologie und einen Studenten der Bioinformatik an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, einen Juristen und eine Diplom-Psychologin. Die Versuchsteilnehmer waren zwischen 19 und 38 Jahre alt ($M = 24.0$, $SD = 5.69$). Von den 17 weiblichen und sechs männlichen Versuchspersonen gaben alle bis auf eine an, Rechtshänder zu sein. Alter, Geschlecht, Studienfach mit Fachsemester bzw. Studienabschluss, dominante Hand sowie die Art der gewählten Vergütung für die Teilnahme am Experiment sind aus Tabelle 2 zu entnehmen.

Alle Versuchspersonen nahmen freiwillig am Experiment teil und erhielten als Vergütung wahlweise zwei Versuchspersonenstunden oder einmalig 12 €. Die Leistungen der Versuchsteilnehmer waren normal bzw. auf normal korrigiert. Die Rekrutierung der Versuchsteilnehmer erfolgte durch einen Aushang im Institut für Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Tabelle 2

Alter, Geschlecht, Studienfach (Fachsemester in Klammern) bzw. Studienabschluss, dominante Hand und gewählte Vergütung der einzelnen Versuchspersonen aus Experiment 1.

Vp-Nr.	Alter	Geschlecht	Studienfach / -abschluss	dominante Hand	gewählte Vergütung
1	28	m	Psych. (7)	rechts	12 €
2	34	w	Dipl.-Psych.	rechts	12 €
3	30	m	Psych. (7)	rechts	12 €
4	20	m	Bioinformatik	rechts	12 €
5	21	w	Psych. (3)	rechts	12 €
6	20	w	Psych. (1)	rechts	VP-Stunden
7	35	m	Jura	rechts	12 €
8	21	w	Psych. (3)	rechts	12 €
9	31	w	Psych. (1)	rechts	VP-Stunden
10	23	w	Psych. (3)	rechts	VP-Stunden
11	21	w	Psych. (7)	rechts	12 €
12	20	w	Psych. (3)	rechts	12 €
13	24	w	Psych. (3)	rechts	VP-Stunden
14	23	w	Psych. (3)	rechts	12 €
15	38	m	Psych. (1)	rechts	VP-Stunden
16	21	w	Psych. (3)	rechts	VP-Stunden
17	19	w	Psych. (1)	rechts	VP-Stunden
18	24	w	Psych. (2)	links	12 €
19	21	m	Psych. (2)	rechts	12 €
20	19	w	Psych. (1)	rechts	VP-Stunden
21	20	w	Psych. (1)	rechts	VP-Stunden
22	20	w	Psych. (1)	rechts	VP-Stunden
23	20	w	Psych. (3)	rechts	12 €

5.2.3 Versuchsdesign und Operationalisierung

Das Experiment enthielt die unabhängigen Variablen Tempo des Buchstabenstroms (100 ms vs. 140 ms), T1-T2-Lag (0 bis 8), Anwesenheit von T2 (dabei vs. nicht dabei) und Aufgabe (Einzel- vs. Doppelaufgabe). Es handelte sich somit um ein $2 \times 9 \times 2 \times 2$ -Design mit Messwiederholung auf allen Faktoren.

Die unabhängige Variable Tempo des Buchstabenstroms wurde operationalisiert über das SOA zwischen allen direkt aufeinander folgenden Buchstaben des Durchgangs, welches je nach Ausprägung 100 ms bzw. 140 ms betrug.

Der Faktor T1-T2-Lag gab die relative Position der Zielreize im RSVP-Strom wieder. Lag 1 bezeichnet den Fall, dass beide Zielreize im Buchstabenstrom direkt aufeinander folgten. In der Bedingung Lag 0 wurde das X als weißer Zielreiz dargeboten. Die unabhängige Variable T1-T2-Lag konnte Ausprägungen zwischen 0 und 8 annehmen.

Im Buchstabenstrom eines Durchgangs war genau ein *X* enthalten bzw. kein *X* enthalten. Dies entspricht den Ausprägungen „dabei“ bzw. „nicht dabei“ des Faktors Anwesenheit von T2.

Die unabhängige Variable Aufgabe (Einzel- vs. Doppelaufgabe) wurde operationalisiert über die nach dem Buchstabenstrom dargebotene Antwortaufforderung: Der Proband sollte in der Doppelaufgabe die Identität des weißen Buchstabens angeben und beurteilen, ob ein *X* dargeboten wurde (Doppelaufgabe). In der Einzelaufgabe war nur zu beurteilen, ob ein *X* im gezeigten RSVP-Strom enthalten war oder nicht.

Zur Prüfung der Hypothesen wurden drei abhängige Variablen erhoben: die Identifikationsleistung für den ersten Zielreiz, die Entdeckungsleistung für den zweiten Zielreiz und die Art der T1-Fehler.

Die Identifikationsleistung für den ersten Zielreiz konnte nur für die Bedingung Doppelaufgabe berechnet werden und war definiert als Anteil korrekter Antworten auf die Frage nach dem weißen Buchstaben an der Zahl der Wertungsdurchgänge.

Die Entdeckungsleistung für den zweiten Zielreiz wurde in der Bedingung Einzelaufgabe berechnet als Häufigkeit korrekter *X*-Entdeckungen geteilt durch die Anzahl von Wertungsdurchgängen, die ein *X* enthielten (Hitrate). In der Bedingung Doppelaufgabe wurde die Entdeckungsleistung für den zweiten Zielreiz relativiert an der Anzahl der ein *X* enthaltenden Wertungsdurchgänge, auf die eine korrekte T1-Antwort erfolgte. Hierbei handelt es sich um eine im Forschungsbereich Attentional Blink übliche Vorgehensweise (siehe z. B. Chun & Potter, 1995; Raymond et al., 1992).

Darüber hinaus wurde für die Bedingung Doppelaufgabe erfasst, welchen Buchstaben die Versuchsperson im jeweiligen Durchgang (fälschlicherweise) als weißen Buchstaben angab (T1-Intrusionen).

5.2.4 Durchführung

Die Versuchsteilnehmer absolvierten das Experiment im Einzelversuch in einem Labor des Instituts für Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg im Zeitraum Dezember 2002 bis Januar 2003. Im Folgenden werden Apparatur, Reize, Instruktion und Versuchsablauf beschrieben.

5.2.4.1 Apparatur

Die Reizdarbietung erfolgte über einen 17-Zoll-Computerbildschirm der Firma Nokia mit einer Auflösung von 1024×768 und einer Wiederholfrequenz von 100 Hz. Zur Experimentalsteuerung wurde ein handelsüblicher PC (Pentium II, 333 MHz) verwendet. Für die Antworteingabe wurde eine handelsübliche Tastatur genutzt, bei der mit

Tesafilm ein 0.9 cm durchmessender blauer Punkt auf der Taste „-“ befestigt worden war und ein ebenso großer gelber Punkt auf der Taste „<“.

Alle Experimentalsteuerprogramme wurden mit Hilfe des Watcom C/C++ Compilers selbst programmiert. Die Ausführungsumgebung der Programme auf dem Experimentalrechner war DOS 6.22.

5.2.4.2 Reize

Der Bildschirmhintergrund während des gesamten Experimentes war weiß. Die schwarzen bzw. weißen Buchstaben wurden auf einer grauen rechteckigen Fläche von 15×15 cm präsentiert, was bei einem Bildschirmabstand von 50 cm einem horizontalen bzw. vertikalen Sehwinkel von 17.1° entspricht. Bei den dargebotenen Buchstaben handelte es sich um serifenlose Großbuchstaben von A bis Z. Der Buchstabe *M* nahm dabei z. B. eine Fläche von 1 cm (horizontal) \times 1.2 cm (vertikal) bzw. $1.15^\circ \times 1.38^\circ$ Sehwinkel ein.

5.2.4.3 Instruktion

Die Instruktion der Versuchspersonen erfolgte schriftlich, um eine möglichst hohe Standardisierung zu gewährleisten. Die Instruktionen für beide Sitzungen unterschieden sich, je nachdem, ob in der entsprechenden Sitzung die Einzel- oder die Doppelaufgabe ausgeführt werden sollte. Außerdem variierte die Tastenbelegung zwischen den Versuchspersonen: Bei zwölf Versuchspersonen wurde als Ja-Taste die Taste mit dem gelben Punkt festgelegt und als Nein-Taste die mit dem blauen Punkt (Tastenbelegung 1). Bei den restlichen elf Versuchspersonen war die Tastenbelegung umgekehrt (Tastenbelegung 2). Die vollständigen schriftlichen Instruktionen beider Sitzungen für Versuchspersonen mit Tastenbelegung 1, die zuerst die Einzel- und dann die Doppelaufgabe zu absolvieren hatten befinden sich in Anhang A.

5.2.4.4 Versuchsablauf

Der Versuch fand in einem ruhigen, gegen Tageslicht abgedunkelten Labor statt, das durch eine künstliche Lichtquelle schwach erhellt war. Jede Versuchsperson absolvierte im Einzelversuch zwei ca. 50-minütige Sitzungen, während derer die Ausprägung des Faktors Aufgabe jeweils konstant war. Beide Sitzungen fanden an verschiedenen Tagen, möglichst aber innerhalb derselben Woche, statt. Als Versuchsleiterin fungierte die Autorin, die zu Beginn und zum Ende jeder Sitzung im Laborraum war, um den ordnungsgemäßen Ablauf des Experimentes zu gewährleisten.

Es folgen die Beschreibung des Ablaufs einer Sitzung und Erläuterungen zu den Durchgängen des Experimentes.

Ablauf einer Sitzung. Zu Beginn des Experimentes erfasste die Versuchsleiterin die Versuchspersonendaten (Alter, Geschlecht, Studienfach, bzw. -abschluss, Händigkeit, gewählte Vergütung, Sehfähigkeit) und übergab der Versuchsperson die schriftliche Instruktion. Im Anschluss daran konnten verbliebene Fragen beantwortet werden. Danach wurde ein Beispieldurchgang auf dem Bildschirm präsentiert, bei dem keine Antwort der Versuchsperson verlangt wurde. Nach den Hinweisen der Versuchsleiterin, die Reaktionszeit sei irrelevant und bei Unsicherheit solle geraten werden, startete die Versuchsperson den ersten Block. Die Versuchsperson absolvierte selbständig sechs weitere Blöcke, die durch Pausen von mindestens 30 Sekunden getrennt waren. Nach Beendigung der zweiten Sitzung wurde die Versuchsperson zu ihren Vermutungen bezüglich der Variablen und Hypothesen des Experimentes befragt. Die Versuchsperson erhielt die von ihr gewählte Vergütung. Auf Wunsch erfolgte eine Aufklärung über den tatsächlichen Zweck des Versuchs. In diesem Fall wurde die Versuchsperson gebeten, diese Informationen zunächst nicht an andere Versuchsteilnehmer weiterzugeben.

Beschreibung der Durchgänge. Jede der 72 Bedingungskombinationen des $2 \times 9 \times 2 \times 2$ -Designs wurde pro Versuchsperson zehn Mal wiederholt. Die sich so ergebenden 720 Wertungsdurchgänge wurden zunächst so auf die beiden Sitzungen aufgeteilt, dass die Ausprägung des Faktors Aufgabe innerhalb einer Sitzung konstant war. Zwölf Versuchspersonen absolvierten als erste Sitzung eine, in der ausschließlich die Doppelaufgabe auszuführen war, wohingegen die zweite Sitzung aus Durchgängen mit Einzelaufgabe bestand. Bei den anderen elf Versuchsteilnehmern war die Reihenfolge umgekehrt. Diese Reihenfolge war unabhängig von der Tastenbelegung zur Beantwortung der Frage nach dem Vorhandensein des Buchstabens X. Die 360 Wertungsdurchgänge einer Sitzung wurden randomisiert, wobei folgende Einschränkung galt: In direkt aufeinander folgenden Durchgängen wechselte die Ausprägung des Faktors T1-T2-Lag. Es erfolgte für jede Sitzung eine Aufteilung in sechs Wertungsblöcke zu je 60 Durchgängen. Jedem dieser Wertungsblöcke wurden drei zusätzliche Durchgänge vorangestellt, die als Übungsdurchgänge fungierten. Jede Sitzung begann mit einem weiteren Übungsblock, der aus 36 Durchgängen bestand und jede der möglichen $2 \times 9 \times 2$ Kombinationen aus Tempo, T1-T2-Lag und Anwesenheit von T2 enthielt. Die Übungsdurchgänge, die jedem Wertungsblock vorangestellt waren, wurden zufällig aus der Menge der Wertungsdurchgänge gezogen. Bei der Zusammenstellung der Übungsdurchgänge war erneut eine Wiederholung des T1-T2-Lags in direkt aufeinander folgenden Durchgängen ausgeschlossen. Somit ergaben sich für jede Versuchsperson zwei Sitzungen, die jeweils aus einem Übungsblock mit 36 Durchgängen und aus sechs Blöcken mit drei Übungs- und 60 Wertungsdurchgängen zusammengesetzt waren.

Zusammensetzung eines Buchstabenstroms. Der in einem Durchgang darzubietende Buchstabenstrom bestand aus 24 Buchstaben. Der Strom begann mit sieben bis 15 Distraktorbuchstaben, denen der weiß darzubietende erste Zielbuchstabe (T1) folgte. In der Bedingungskombination Lag 0 mit im Strom enthaltenem zweiten Zielreiz wurde

das X als erster (weißer) Zielreiz dargeboten. Für alle anderen Bedingungen wurde der erste Zielbuchstabe zufällig aus der Menge der Buchstaben A bis Z ohne den Buchstaben X gezogen. Handelte es sich um einen Durchgang der Bedingung „mit X“, folgte dem ersten Zielreiz der Buchstabe X im Abstand von einem bis acht Buchstaben. Eine Wiederholung des ersten Zielreizes in direkt aufeinander folgenden Durchgängen war ausgeschlossen. Der Buchstabenstrom wurde zwischen beiden Zielreizen (abhängig von der Lag-Bedingung) und nach dem X mit weiteren Distraktoren bis zu einer Länge von insgesamt 24 Buchstaben aufgefüllt. Die in einem Durchgang dazu verwendeten Buchstaben wurden ohne Zurücklegen aus der Menge der Buchstaben A bis Z ohne T1 und ohne X gezogen. Abbildung 12 zeigt beispielhaft drei auf diese Weise zusammengestellte Buchstabenströme für verschiedene Bedingungskombinationen der Faktoren Anwesenheit von T2 und T1-T2-Lag.

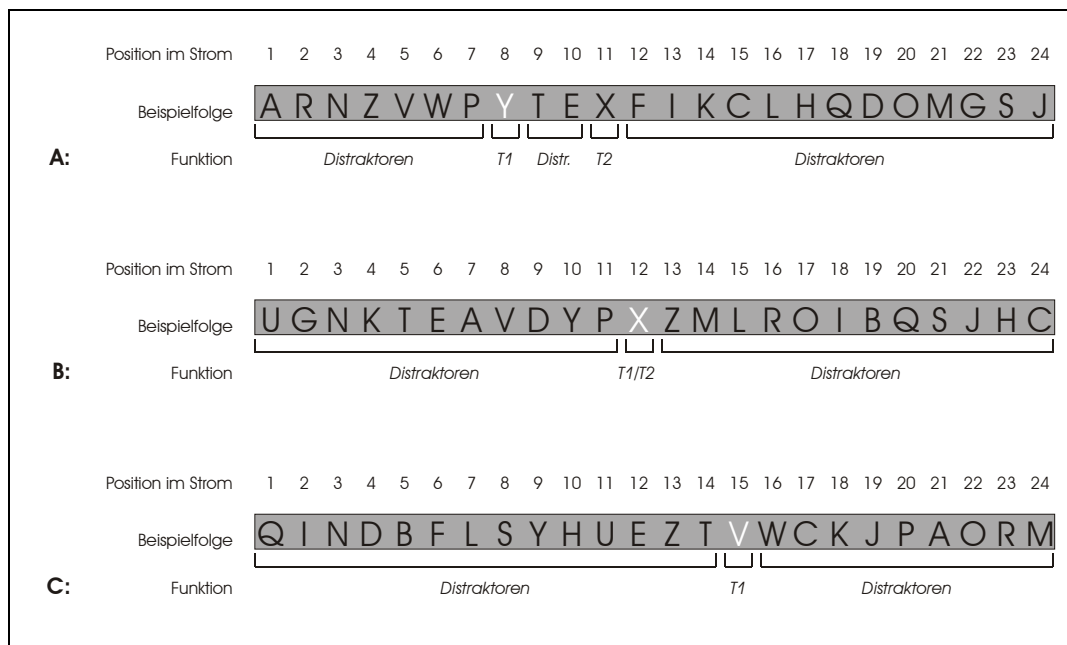


Abbildung 12. Drei Beispiele für die Zusammensetzung eines Buchstabenstromes im ersten Experiment. A: mit X an Lag 3; B: X als T1 (Lag 0); C: ohne X.

Ablauf eines Durchgangs. Zu Beginn eines Durchgangs wurde auf einem grauen Viereck in der Mitte des Bildschirms für 1000 ms ein Fixationskreuz dargeboten. Im Anschluss blieb das Viereck für 500 ms leer. Nun begann die Darbietung der Buchstabenfolge: Auf dem grauen Viereck erschienen nacheinander die Buchstaben des für diesen Durchgang zusammengestellten Buchstabenstroms (siehe Abbildung 13). Jeder Buchstabe wurde für 20 ms in weißer Schrift (für den ersten Zielreiz) bzw. in schwarzer Schrift (für alle anderen Buchstaben) dargeboten. Das Interstimulusintervall betrug je nach Tempobedingung des Durchgangs 80 ms (für Tempo 100 ms) bzw. 120 ms (für Tempo 140 ms); während dieser Zeit blieb das graue Viereck leer. Nachdem der letzte Buchstabe der Folge dargeboten worden war, wurde für 500 ms ein leerer weißer Bild-

schirm gezeigt. Bis zu diesem Punkt unterschieden sich die Durchgänge der Einzel- und Doppelaufgabe nicht.

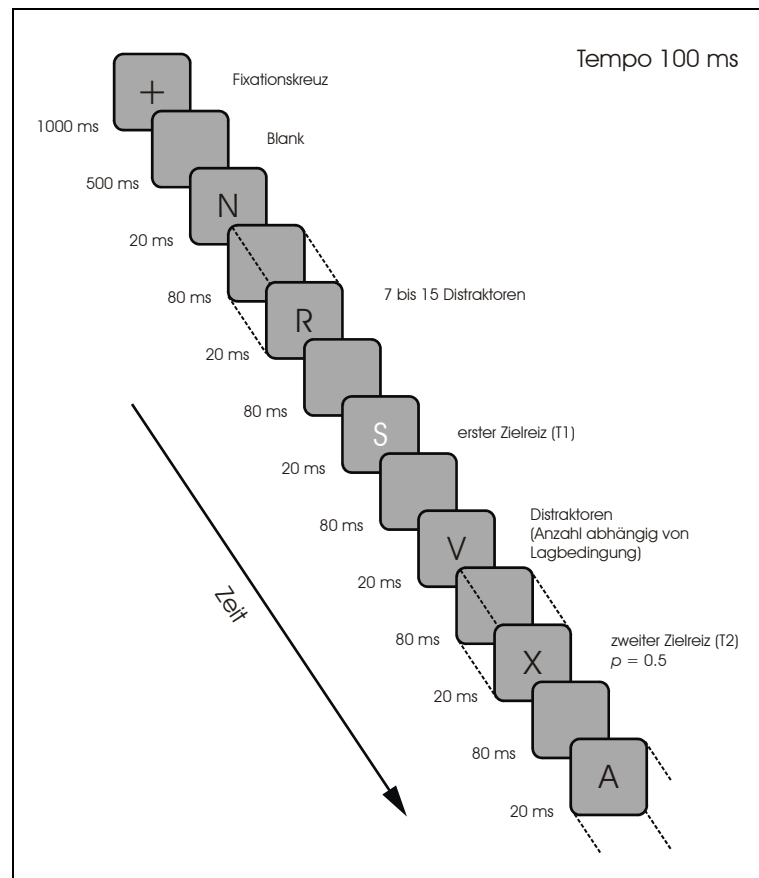


Abbildung 13. Schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs eines Durchgangs der Tempobedingung 100 ms. Bei Tempo 140 ms betrug das ISI zwischen den Buchstaben 120 ms.

Handelte es sich um einen Durchgang der Bedingung Doppelaufgabe, wurde auf dem Bildschirm die Zeichenfolge „Der weiße Buchstabe war ein:“ präsentiert. Nach der Antworteingabe durch die Versuchsperson erschien die Frage „War ein X enthalten?“. Bei einem Durchgang der Bedingung Einzelaufgabe wurde nur diese Frage präsentiert. Nachdem die Versuchsperson geantwortet hatte, konnte sie den nächsten Durchgang selbständig durch einen beliebigen Tastendruck starten. Der Versuchsteilnehmer erhielt keine Rückmeldung über die Korrektheit seiner Antwort. In folgenden Fällen wurde die Versuchsperson jedoch zu einer erneuten Antworteingabe aufgefordert, um für das Experiment irrelevante Fehlerquellen zu minimieren: Antwortete die Versuchsperson auf die Frage nach dem weißen Buchstaben durch Betätigen einer anderen Taste außer A bis Z, erschien der Hinweis: „FEHLER! Bitte auf die erste Frage mit einem Buchstaben A-Z antworten!!!“ Wurde zur Beantwortung der Frage nach dem Vorhandensein des Buchstabens X eine andere Taste außer den beiden gelb bzw. blau markierten betätigt, wurde auf dem Bildschirm angezeigt „FEHLER! Bitte auf die zweite Frage mit Ja-

bzw. Nein-Taste antworten!!!“ Beantwortete der Versuchsteilnehmer die erste Frage durch Betätigen der X-Taste und die Frage nach dem Vorhandensein des zweiten Zielreizes mit *nein*, so folgte der Hinweis: „FEHLER! Wenn der weiße Buchstabe das X war, dann war auch ein X dabei!!!“ In allen drei Fällen wurde die Antworteingabe für den Durchgang wiederholt.

5.3 Ergebnisse

Zunächst wurden für jede Versuchsperson für alle Durchgänge der Bedingung Doppelaufgabe einzeln für die 36 Bedingungskombinationen aus Tempo, Lag und Anwesenheit von T2 die relativen Häufigkeiten einer korrekten T1-Antwort berechnet (*T1-korrekt*). Aus allen Durchgängen, in denen ein X dargeboten worden war, wurden nun für jeden Versuchsteilnehmer die relativen Häufigkeiten von *T2-Hits*, getrennt für die 36 Kombinationen aus den Faktoren Aufgabe, Tempo und Lag bestimmt. Die relative Häufigkeit ergab sich dabei jeweils, indem die absolute Zahl korrekter T1- bzw. T2-Antworten für jede Bedingungskombination durch 10 (Zahl der Replikationen) geteilt wurde.

Ein in der Forschungsliteratur zum Attentional Blink übliches Maß für die T2-Leistung stellt die relative Häufigkeit von *T2-Hits (gegeben T1)* dar. Die Berechnung beruht nur auf den Durchgängen, in denen ein X dargeboten wurde. Es wurde dazu zunächst die absolute Häufigkeit bestimmt, mit der beide Zielreize korrekt angegeben wurden. Diese wurde durch die Zahl korrekter T1-Antworten geteilt. Hatte eine Versuchsperson beispielsweise von 10 Replikationen einer Bedingungskombination in acht Fällen den weißen Buchstaben korrekt bestimmt und bei diesen acht Durchgängen sechsmal das dargebotene X entdeckt, so ergab sich als T2-Hits (gegeben T1) $6 / 8 = 0.75$. Für Bedingungskombinationen, in denen nur das Vorhandensein des Buchstabens X anzugeben war und bei denen daher keine T1-Antwort vorlag (Bedingung Einzelaufgabe), wurde durch die Zahl der Replikationen (10) geteilt. Dieses Maß wurde für jede Versuchsperson und jede Kombination aus den Faktoren Aufgabe, Tempo und Lag berechnet.

Tabelle 3 enthält die über die Bedingungskombinationen gemittelten Maße T1-korrekt, T2-Hits und T2-Hits (gegeben T1) für die einzelnen Versuchsteilnehmer des Experimentes. Zur Erhöhung des Informationsgehalts wurde zusätzlich für jede Versuchsperson aus allen 720 Wertungsdurchgängen das Sensitivitätsmaß d' für die X-Entdeckung berechnet. Das über alle Versuchspersonen gemittelte Maß T1-korrekt beträgt 84.6 ($SD = 8.50$). Der Mittelwert für die T2-Hits (gegeben T1) beträgt 81.5 ($SD = 15.12$), der für die T2-Hits 85.9 ($SD = 9.9$). Die Versuchsteilnehmer erreichten ein mittleres d' von 2.606 ($SD = 0.576$).

Tabelle 3

Übersicht über die Maße T1-korrekt, T2-Hits (gegeben T1), T2-Hits (unabhängig von der T1-Antwort) und T2-d' für Experiment 1 getrennt für die einzelnen Probanden.

Vp-Nr.	T1-korrekt	T2-Hits (gegeben T1)	T2-Hits	T2-d'
1	89.2	88.6	91.1	2.094
2	86.7	66.2	78.1	2.902
3	83.6	60.1	61.9	1.805
4	90.3	91.4	90.8	3.003
5	84.7	78.3	86.9	2.197
6	71.4	74.6	79.2	1.478
7	82.8	99.3	96.4	3.299
8	98.1	94.4	94.7	3.578
9	94.4	93.6	95.0	3.655
10	82.5	86.1	87.8	2.529
11	86.7	76.4	75.8	2.661
12	92.8	91.0	94.2	2.252
13	85.6	28.0	57.8	1.815
14	94.2	89.9	93.1	3.152
15	63.1	89.2	90.8	2.975
16	79.2	76.2	85.3	2.299
17	85.0	86.7	86.4	2.159
18	82.2	77.9	85.3	3.249
19	83.1	78.8	83.3	2.388
20	93.9	84.5	90.3	2.421
21	69.7	93.0	92.2	2.989
22	76.1	93.4	90.8	2.379
23	89.7	77.2	87.5	2.651

Die Korrelation zwischen den Maßen T1-korrekt und T2-Hits betrug $r = .129$ ($p = .558$) und die zwischen T1-korrekt und T2-Hits (gegeben T1) $r = .045$ ($p = .838$). Folglich fanden sich in den Daten keine Hinweise darauf, dass die Versuchspersonen unterschiedlich starkes Gewicht auf die Bearbeitung von Erst- und Zweitaufgabe gelegt haben. Ein solcher Tradeoff bestünde in einem negativen linearen Zusammenhang der Leistungsmaße für beide Zielreize.

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der statistischen Analysen berichtet, die sich auf die Hypothesen zu den Effekten der Faktoren Tempo und Lag auf die T1-Fehler und auf die T2-Fehler (gegeben T1) beziehen. An dieser Stelle soll auch eine Überprüfung auf eine Beeinflussung des T2-Leistungsverlaufes durch die Variablen Reihenfolge der Sitzungen, Tastenbelegung, Geschlecht, Alter und Händigkeit stattfinden. Hierbei handelt es sich um potentielle Störvariablen, deren Einflüsse ausgeschlossen werden sollen. Im Anschluss werden die Ergebnisse zu den T1-Intrusionen berichtet.

Auf eine Transformation der Fehlerhäufigkeiten wurde in allen Experimenten verzichtet, um die Ergebnisse in Hinblick auf die untransformierten Maße interpretieren zu können. Es wurde zusätzlich eine Transformation der Fehlerhäufigkeiten nach folgender Formel durchgeführt (Neter, Wasserman, & Kutner, 1990):

$$t = 2 * \arcsin \sqrt{p} \quad (1)$$

Es ergaben sich dadurch keine Unterschiede in Hinblick auf die Hauptergebnisse.

5.3.1 Einflüsse auf die T1-Leistungen

Für jede Versuchsperson wurde zunächst getrennt für die Bedingungskombinationen der Faktoren Tempo und Lag die relative Häufigkeit korrekter Benennung des weißen Buchstabens (*T1-Leistung*) berechnet. In diese Berechnungen gingen nur die Durchgänge der Ausprägung Doppelaufgabe ein, in denen ein X dargeboten worden war⁶.

Abbildung 14 zeigt die über die Versuchspersonen gemittelten T1-Leistungen. Dabei zeigte sich deskriptiv eine höhere Fehlerrate für die Tempobedingung 100 ms (mittlere T1-Leistung von 0.77, $SD = 0.132$) gegenüber 140 ms (mittlere T1-Leistung von 0.93, $SD = 0.050$). Die Leistungen für Lag 0 lagen für beide Tempo-Bedingungen auf einem höheren Niveau als die für die Lag-Stufen 2 bis 8, die für Lag 1 auf einem niedrigeren.

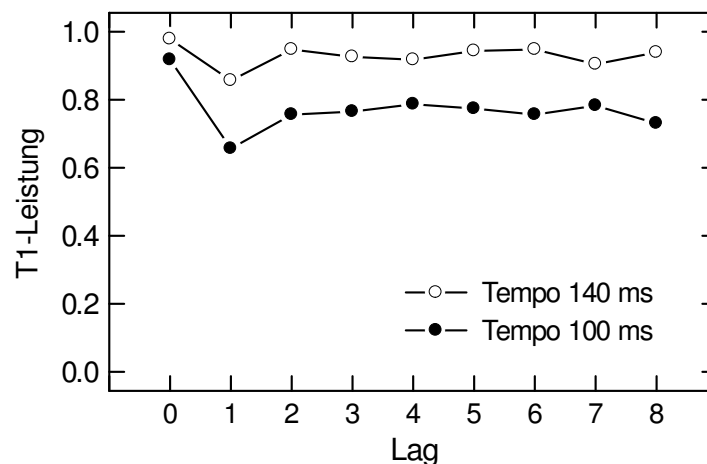


Abbildung 14. Über die Versuchspersonen gemittelte T1-Leistungen, getrennt nach Tempo- und Lag-Bedingung. Es sind nur Durchgänge mit Doppelaufgabe enthalten, in denen ein X präsentiert wurde.

Es wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Tempo und Lag über die T1-Leistungen durchgeführt (siehe Tabelle 4). Prüft man varianzanalytisch Effekte von Messwiederholungsfaktoren mit mehr als zwei Stufen, sind Verletzungen der Sphärizitätsannahme kritisch. Dem wurde begegnet, indem alle

⁶ Dies unterscheidet das Maß T1-Leistung vom zuvor berichteten Maß T1-korrekt.

entsprechenden p -Werte nach Greenhouse-Geisser (G-G) korrigiert wurden (vgl. Maxwell & Delaney, 1990, S. 476f). Es zeigte sich ein Einfluss des Faktors Tempo: In der Bedingung mit schnellerer Reizpräsentation wurden mehr Fehler bei der Identifikation des weißen Buchstabens begangen. Der Haupteffekt des Faktors Lag ließ sich ebenfalls statistisch absichern. Er beruht zum einen auf vergleichsweise geringen Fehlerraten bei Lag 0, also der Bedingung, in der ein X als weißer Buchstabe präsentiert wurde. Zum anderen waren die T1-Leistungen relativ schlecht, wenn der erste Zielreiz direkt von einem X gefolgt wurde (Bedingung Lag 1). Es bestand keine signifikante Interaktion der Faktoren Tempo und Lag auf die T1-Leistungen.

Tabelle 4

Kennwerte der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung über die T1-Leistungen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung.

getesteter Effekt	F -Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p -Wert
Haupteffekt Tempo	67.939	1	22	< .001
Haupteffekt Lag	7.989	8	176	< .001 ^a
Interaktion Tempo \times Lag	2.182	8	176	.063 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Die Hypothesen veränderter T1-Leistungen bei Lag 0 bzw. Lag 1 gegenüber den jeweils größeren Lag-Stufen wurden für jede Tempobedingung mit Hilfe von folgenden Kontrasten geprüft:

$$D_{Lag0} = \bar{A}_{Lag0} - (\bar{A}_{Lag1} + \bar{A}_{Lag2} + \bar{A}_{Lag3} + \bar{A}_{Lag4} + \bar{A}_{Lag5} + \bar{A}_{Lag6} + \bar{A}_{Lag7} + \bar{A}_{Lag8})/8 \quad (2)$$

$$D_{Lag1} = \bar{A}_{Lag1} - (\bar{A}_{Lag2} + \bar{A}_{Lag3} + \bar{A}_{Lag4} + \bar{A}_{Lag5} + \bar{A}_{Lag6} + \bar{A}_{Lag7} + \bar{A}_{Lag8})/7. \quad (3)$$

Alle Kontraste ließen sich statistisch absichern (Tempo 100 ms, D_{Lag0} : $F_{1,22} = 25.924$, $p < .001$; Tempo 100 ms, D_{Lag1} : $F_{1,22} = 14.353$, $p = .001$; Tempo 140 ms, D_{Lag0} : $F_{1,22} = 18.105$, $p < .001$; Tempo 140 ms, D_{Lag1} : $F_{1,22} = 6.888$, $p = .015$).

Ohne die Stufen Lag 0 und Lag 1 zeigte sich für keine der beiden Tempobedingungen ein Einfluss des Faktors Lag auf die T1-Leistungen (Tempo 100 ms: $F_{6,132} = 0.465$, $p = .775$ (G-G); Tempo 140 ms: $F_{6,132} = 1.095$, $p = .365$ (G-G)).

Es sollte der Einfluss verschiedener potentieller Störvariablen auf das Muster der T1-Leistungen geprüft werden. Für die Variablen Reihenfolge der Sitzungen, Geschlecht, Art der Entlohnung, Tastenbelegung und Alter (dichotomisiert) wurden dreifaktorielle Varianzanalysen mit den Messwiederholungsfaktoren Tempo und Lag und der kritischen Variable als between-subjects-Faktor gerechnet. Zur Prüfung der Alters-

effekte wurden die Versuchsteilnehmer per Mediansplit in zwei Gruppen geteilt: Zehn Personen waren älter, acht Personen jünger als der Altersmedian von 21 Jahren. Die fünf 21-jährigen Versuchspersonen wurden hierbei ausgeschlossen. Als Irrtumswahrscheinlichkeit wurde jeweils 10 % gewählt.

Es zeigte sich eine signifikante Dreifachinteraktion Reihenfolge \times Tempo \times Lag auf die T1-Leistungen ($F_{8, 168} = 2.577, p = .035$ (G-G)). Abbildung 15 verdeutlicht den Effekt der Reihenfolge der Versuchsbedingungen. Unabhängig von der Reihenfolge zeigten sich für Lag 0 bessere T1-Leistungen als bei größeren Lag-Stufen. Die Leistungsver schlechterung zu Lag 1 im Vergleich zu nachfolgenden T1-T2-Lag-Bedingungen trat jedoch nur bei Probanden auf, die die T1-Aufgabe in der zweiten Sitzung absolvierten.

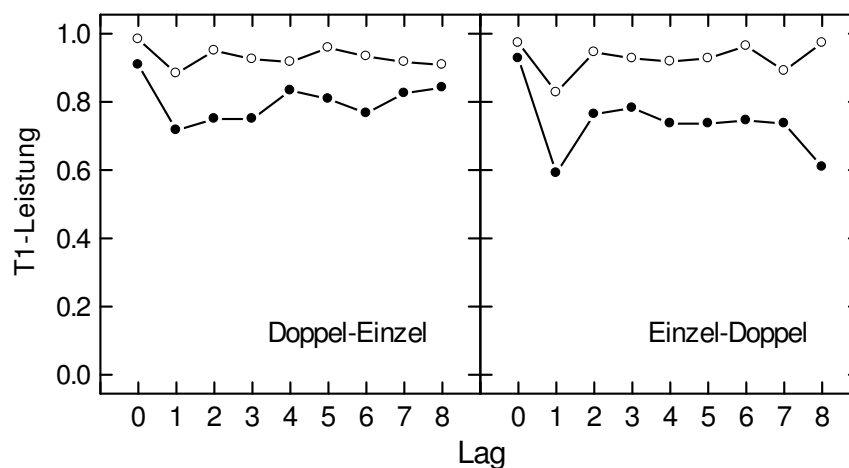


Abbildung 15. Verlauf der T1-Leistungen in Abhängigkeit von Tempo und Lag, getrennt für Probanden, die die T1-Aufgabe in der ersten Sitzung (links) bzw. in der zweiten Sitzung absolvierten (rechts). Gefüllte Kreise entsprechen Tempo 100 ms, ungefüllte Tempo 140 ms.

Es zeigte sich ein Haupteffekt der Art der Entlohnung ($F_{1, 21} = 5.664, p = .027$) und eine Interaktion dieser Variablen mit dem RSVP-Tempo ($F_{1, 21} = 5.215, p = .033$). Finanziell entlohnte Versuchsteilnehmer zeigten bessere T1-Leistungen, als solche die Versuchspersonenstunden erhielten, der Unterschied war deutlicher in der Tempobedingung 100 ms (siehe Abbildung 16).

Bezüglich der Tastenbelegung für die Beantwortung der T2-Aufgabe erwies sich die Dreifachinteraktion Tastenbelegung \times Tempo \times Lag als signifikant ($F_{8, 168} = 2.311, p = .048$ (G-G)). Abbildung 17 verdeutlicht, dass der Effekt schlechterer T1-Leistungen in der Lag 1-Bedingung bei Tempo 140 ms für die Probandengruppe deutlicher war, die das Vorhandensein des Buchstabens X (T2) über einen rechten Tastendruck angeben sollten. Auch unterschieden sich in dieser Subgruppe die T1-Leistungen beider Tempi zu Lag 0 stärker als in der anderen Probandengruppe.

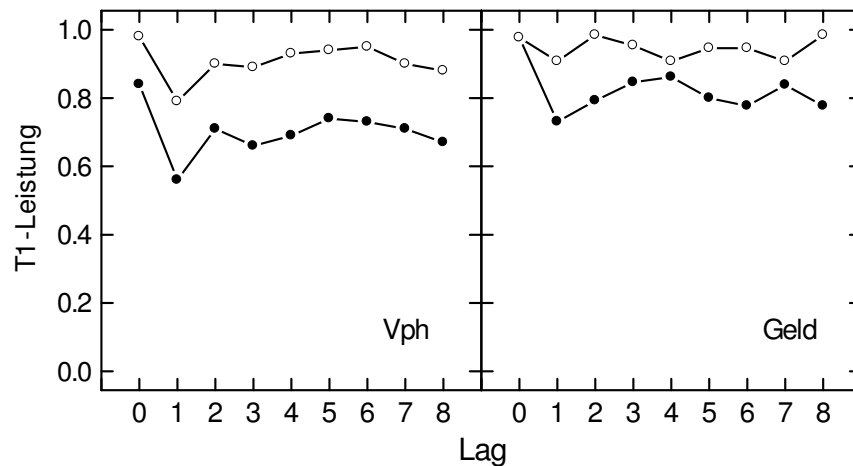


Abbildung 16. Verlauf der T1-Leistungen in Abhängigkeit von Tempo und Lag, getrennt für Probanden, die durch Versuchspersonenstunden (links) vs. finanziell (rechts) entlohnt wurden. Gefüllte Kreise entsprechen Tempo 100 ms, ungefüllte Tempo 140 ms.

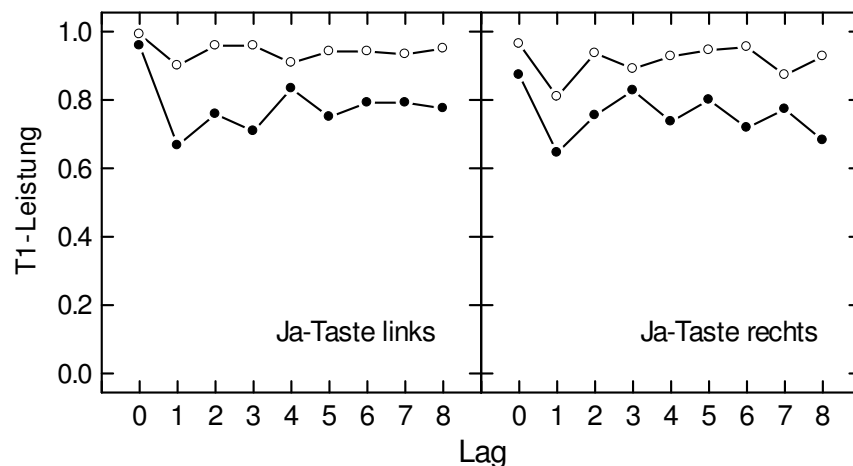


Abbildung 17. Verlauf der T1-Leistungen in Abhängigkeit von Tempo und Lag, getrennt für die Probanden der beiden Tastenbelegungen der T2-Aufgabe. Gefüllte Kreise entsprechen Tempo 100 ms, ungefüllte Tempo 140 ms.

Alle anderen Haupt- und Interaktionseffekte der dreifaktoriellen Varianzanalysen zu den potentiellen Störvariablen Reihenfolge der Sitzungen, Geschlecht, Art der Entlohnung, Tastenbelegung und Alter (dichotomisiert) wiesen p -Werte größer als .10 auf (siehe Tabellen A1 bis A5 im Anhang).

5.3.2 Einflüsse auf die T2-Hits (gegeben T1)

Für alle Wertungsdurchgänge, in denen ein X präsentiert wurde, wurden für jede Versuchsperson die T2-Hits (gegeben T1) berechnet, getrennt für die Bedingungskom-

binationen der Faktoren Aufgabe, Tempo und Lag. Tabelle 5 enthält die über die Versuchspersonen gemittelten Leistungen sowie die Standardabweichungen. Wurde ein weißes X präsentiert (Lag 0), gaben die Versuchspersonen in allen Fällen, in denen sie den weißen Buchstaben korrekt identifiziert hatten, an, dass ein X im Buchstabenstrom enthalten war. Daher erzielten alle Versuchsteilnehmer für die Bedingungskombinationen mit Doppelaufgabe und Lag 0 für das Maß T2-Hits (gegeben T1) den Wert 1.

Tabelle 5

Über die Versuchspersonen gemittelte T2-Hits (gegeben T1) für Experiment 1, in Klammern Standardabweichungen, getrennt nach Aufgabe, Tempo und Lag.

Aufgabe	Tempo	Lag								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Einzel	100 ms	.926 (.086)	.909 (.104)	.935 (.103)	.891 (.095)	.904 (.119)	.874 (.166)	.900 (.128)	.900 (.151)	.865 (.153)
	140 ms	.970 (.070)	.943 (.095)	.952 (.079)	.922 (.100)	.961 (.066)	.922 (.141)	.948 (.099)	.961 (.089)	.974 (.054)
Doppel	100 ms	1.000 (.000)	.764 (.305)	.516 (.304)	.576 (.261)	.652 (.248)	.697 (.302)	.856 (.188)	.850 (.210)	.890 (.195)
	140 ms	1.000 (.000)	.778 (.261)	.625 (.296)	.821 (.242)	.843 (.197)	.892 (.164)	.962 (.118)	.912 (.149)	.932 (.143)

Die Abbildungen 18 und 19 verdeutlichen den Einfluss von Aufgabe und Tempo auf die T2-Leistungen. Beide Abbildungen basieren auf denselben Daten, jedoch zeigt Abbildung 18 den Verlauf der T2-Leistungen in Abhängigkeit von der Zahl der Buchstaben zwischen beiden Zielreizen (T1-T2-Lag), wohingegen bei Abbildung 19 für die Doppelaufgaben-Durchgänge der zeitliche Abstand (T1-T2-SOA) auf der Abszisse abgetragen wurde.

Die Leistungen für die Doppelaufgabe (Mittelwert 0.809, $SD = 0.145$) waren schlechter als die für die Einzelaufgabe (Mittelwert 0.925, $SD = 0.032$). Ein erhöhtes Tempo der Reizpräsentation verschlechterte die Leistungen ebenfalls (Tempo 100 ms: Mittelwert = 0.828, $SD = 0.133$; Tempo 140 ms: Mittelwert = 0.907, $SD = 0.091$). Für die Bedingung Doppelaufgabe zeigte sich für beide Tempi ein U-förmiger Verlauf der Leistungen in Abhängigkeit vom Lag bzw. SOA beider Zielreize. Die Stelle der schlechtesten X-Entdeckungsleistung lag für die Tempobedingung 100 ms bei Lag 2 bzw. 200 ms SOA, für die Tempobedingung 140 ms bei Lag 2 bzw. 280 ms SOA.

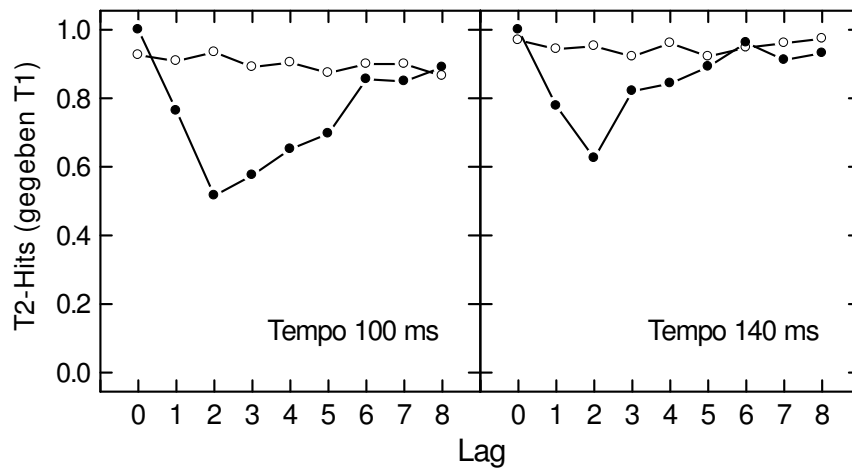


Abbildung 18. Über die Versuchspersonen gemittelte T2-Hits (gegeben T1 korrekt) in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag, getrennt für die Aufgaben- und Tempo-Bedingungen. Gefüllte Kreise entsprechen der Doppel-, ungefüllte der Einzelaufgabe.

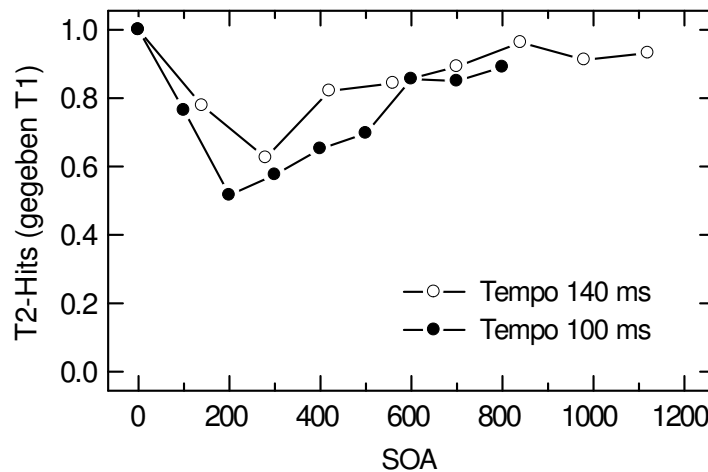


Abbildung 19. Über die Versuchspersonen gemittelte T2-Hits (gegeben T1 korrekt) der Bedingung Doppelaufgabe in Abhängigkeit vom T1-T2-SOA, getrennt für beide Tempi.

Tabelle 6 enthält die Kennwerte einer dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung über die T2-Hits (gegeben T1). Der Faktor Lag ging dabei nur mit 8 Ausprägungen ein, da die Varianzen für die Bedingungskombinationen mit Lag 0 und Doppelaufgabe aus oben erläuterten Grund gleich 0 waren. Alle getesteten Effekte erwiesen sich als signifikant.

Bei getrennter Betrachtung von Einzel- und Doppelaufgabe zeigte sich der Effekt des Faktors Lag nur für die Bedingung Doppelaufgabe ($F_{7, 154} = 17.923, p < .001$ (G-G)), nicht hingegen für die Einzelaufgabe ($F_{7, 154} = 1.341, p = .252$ (G-G)). Ebenso erwies sich die Interaktion Tempo \times Lag bei der Ausprägung Doppelaufgabe als signifikant ($F_{7, 154} = 4.645, p = .001$ (G-G)), bei der Einzelaufgabe wiederum nicht ($F_{7, 154} = 1.095, p = .362$ (G-G)). Ferner zeigte sich der Tempoeffekt für die Bedingungen Einzel-

und Doppelaufgabe in dieselbe Richtung (Einzelaufgabe: $F_{1, 22} = 32.966$, $p < .001$; Doppelaufgabe: $F_{1, 22} = 43.786$, $p < .001$).

Bei beiden Tempo-Bedingungen ergab sich ein für den Attentional Blink-Effekt typisches Muster von signifikanten Haupteffekten der Faktoren Lag und Aufgabe, wie auch deren signifikante Interaktion (siehe Tabellen 7 und 8).

Tabelle 6

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung über die T2-Leistungen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Aufgabe	19.639	1	22	< .001
Haupteffekt Tempo	49.435	1	22	< .001
Haupteffekt Lag	13.269	7	154	< .001 ^a
Interaktion Aufgabe × Tempo	21.650	1	22	< .001
Interaktion Aufgabe × Lag	17.033	7	154	< .001 ^a
Interaktion Tempo × Lag	2.669	7	154	.027 ^a
dreifache Interaktion	4.421	7	154	.001 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle 7

Kennwerte einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung über die T2-Leistungen der Tempobedingung 100 ms. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Aufgabe	27.430	1	22	< .001
Haupteffekt Lag	8.655	7	154	< .001 ^a
Interaktion Aufgabe × Lag	13.620	7	154	< .001 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle 8

Kennwerte einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung über die T2-Leistungen der Tempobedingung 140 ms. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Aufgabe	11.000	1	22	.003
Haupteffekt Lag	10.620	7	154	< .001 ^a
Interaktion Aufgabe × Lag	10.397	7	154	< .001 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Der Faktor Lag beeinflusste die T2-Leistungen bei beiden Tempi in der Doppelaufgabe (Tempo 100 ms: $F_{7, 154} = 13.983$, $p < .001$ (G-G); Tempo 140 ms: $F_{7, 154} = 13.050$, $p < .001$ (G-G)), in der Einzelaufgabe jedoch nicht (Tempo 100 ms: $F_{7, 154} = 1.104$, $p = .362$ (G-G); Tempo 140 ms: $F_{7, 154} = 1.396$, $p = .251$ (G-G)).

Mittels t -Tests für abhängige Stichproben konnte gezeigt werden, dass sich die T2-Leistungen in der Doppelaufgabe für die Tempobedingung 100 ms bei Lag 2 signifikant unterschieden von denen bei Lag 1 ($t_{22} = 4.815$, $p < .001$) und Lag 4 ($t_{22} = 2.433$, $p = .024$), sich hingegen nicht trennen ließen von den T2-Leistungen bei Lag 3 ($t_{22} = 1.484$, $p = .152$). Für die Tempobedingung 140 ms waren die T2-Leistungen in der Doppelaufgabe bei Lag 2 verschieden von denen bei Lag 1 ($t_{22} = 3.012$, $p = .006$) und bei Lag 3 ($t_{22} = 3.797$, $p = .001$).

Zur Prüfung der Einflüsse möglicher Störvariablen auf das Muster der T2-Leistungen wurden für die Variablen Reihenfolge der Sitzungen, Geschlecht, Art der Entlohnung, Tastenbelegung und Alter (dichotomisiert) vierfaktorielle Varianzanalysen mit den Messwiederholungsfaktoren Aufgabe, Tempo und Lag und der kritischen Variable als between-subjects-Faktor gerechnet. Die gewählten Irrtumswahrscheinlichkeiten betragen jeweils 10 %.

Tabelle 9 enthält die Ergebnisse für den Faktor Reihenfolge der Sitzungen. Es zeigte sich deskriptiv, dass der Attentional Blink-Effekt bei Teilnehmern, die zuerst die Doppel- und dann Einzelaufgabe absolvierten, ausgeprägter ist als bei Personen der umgekehrten Reihenfolgebedingung (siehe Abbildung 20). Interaktionseffekte, in denen die Faktoren Reihenfolge und Tempo beteiligt sind, auf die T2-Leistungen erwiesen sich hingegen nicht als signifikant.

Tabelle 9

Kennwerte der vierfaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Reihenfolge auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt). Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Reihenfolge aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Reihenfolge	0.493	1	21	.490
Interaktion Reihenfolge × Tempo	0.069	1	21	.795
Interaktion Reihenfolge × Aufgabe	8.079	1	21	.010
Interaktion Reihenfolge × Lag	2.106	7	147	.075 ^a
Interaktion Reihenfolge × Tempo × Aufgabe	0.628	1	21	.437
Interaktion Reihenfolge × Tempo × Lag	0.536	7	147	.745 ^a
Interaktion Reihenfolge × Aufgabe × Lag	0.959	7	147	.425 ^a
Vierfachinteraktion	0.488	7	147	.791 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

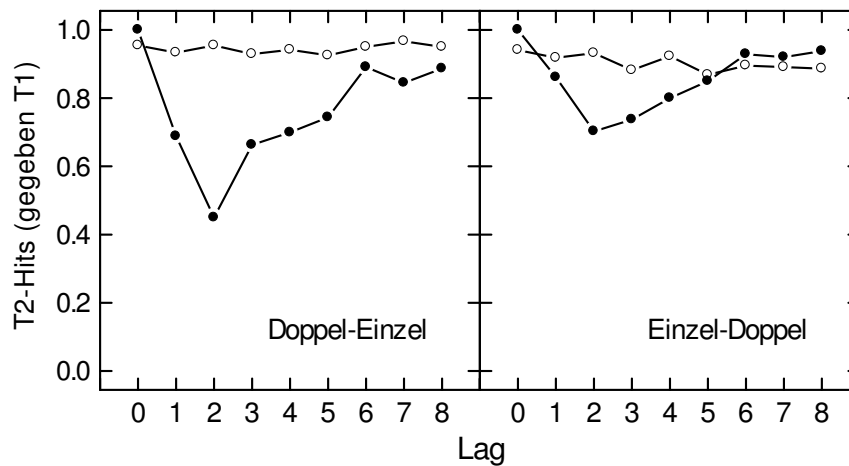


Abbildung 20. Über die Tempi gemittelte T2-Hits (gegeben T1 korrekt) in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag, getrennt für die Versuchspersonen der Reihenfolgebedingungen. Gefüllte Kreise repräsentieren Durchgänge mit Doppelaufgabe, die ungefüllten mit Einzelaufgabe.

Die Interaktion Vergütung \times Tempo \times Lag erreichte einen p -Wert von .093 ($G-G$, $F_{7, 147} = 1.971$). Die Ursache dieser Interaktion war in den unterschiedlichen Ergebnismustern bei den Bedingungen Lag 2 und 3 begründet: Personen, die Versuchspersonstunden als Vergütung gewählt hatten, erreichten ihre schlechtesten T2-Leistungen unabhängig von der Tempobedingung bei Lag 2. Finanziell entlohnte Teilnehmer hingegen zeigten das deskriptive T2-Minimum für Tempo 140 ms bei Lag 2 und für Tempo 100 ms bei Lag 3 (siehe Abbildung 21). Kein anderer Effekt unter Beteiligung der Vergütung erwies sich als statistisch bedeutsam (siehe Anhang, Tabelle A6). Beide Personengruppen wiesen das typische Attentional Blink-Muster auf.

Es zeigten sich weder Effekte des Geschlechts, der Tastenbelegung noch des Alters auf das Befundmuster der T2-Leistungen (siehe Anhang, Tabellen A7, A8 und A9). Bei der Betrachtung der Daten der einzelnen Probanden war festzustellen, dass die Leistungen zwischen den Versuchspersonen stark streuten (siehe Anhang, Abbildungen A1 und A2): Während die Versuchspersonen 7 und 21 sehr gute T2-Leistungen in der Doppelaufgabe erzielten, fand sich bei Teilnehmerin 13 ein überaus stark ausgeprägter Attentional Blink-Effekt. Im Datenmuster der Versuchspersonen 3 und 11 wurden Schwierigkeiten bei der Bearbeitung der Einzelaufgabe deutlich. Die deskriptiv schlechtesten T2-Leistungen in der Doppelaufgabe erreichten die meisten Versuchsteilnehmer tempounabhängig bei Lag 2. Nur vereinzelt verschob sich das deskriptive Minimum mit verlangsamtem Tempo zu einem kleineren Lag hin (Versuchsperson 1 und 2).

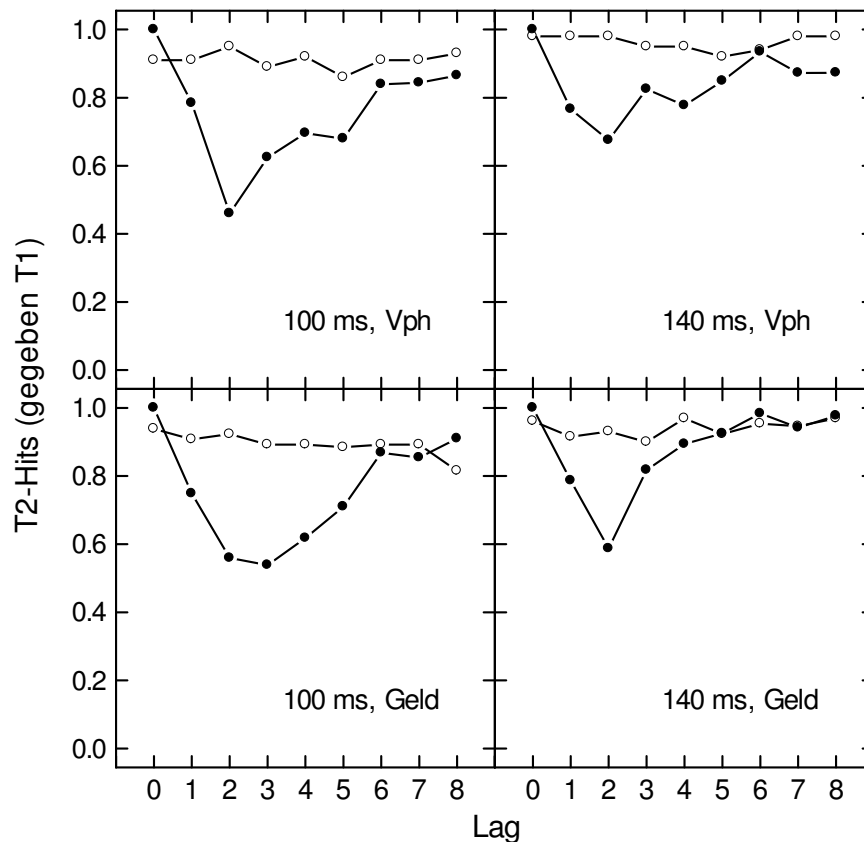


Abbildung 21. Über die Versuchspersonen gemittelte T2-Hits (gegeben T1 korrekt) in Abhängigkeit von T1-T2-Lag und Tempo, getrennt für Probanden, die finanzielle Vergütung gewählt haben ($n = 10$) vs. Teilnehmer, die Versuchspersonenstunden erhalten haben ($n = 13$). Gefüllte Kreise repräsentieren die Doppelaufgabe, ungefüllte die Einzelaufgabe.

5.3.3 Verteilung von T1-Intrusionen

In 1279 der 8280 Wertungsdurchgänge der Bedingung Doppelaufgabe wurde von den Versuchsteilnehmern auf die Frage nach dem weißen Buchstaben ein anderer als der tatsächlich weiß dargebotene Buchstabe genannt. Davon entfielen 983 auf die Tempobedingung 100 ms und 296 auf die Tempobedingung 140 ms.

Für jeden dieser fälschlicherweise genannten Buchstaben wurde bestimmt, in welchem Abstand vom tatsächlich weiß dargebotenen Buchstaben (T1) er im zugehörigen Buchstabenstrom dargeboten worden war. Abbildung 22 zeigt die absoluten Häufigkeiten, mit der Buchstaben verschiedener Abstände zu T1 fälschlicherweise als weißer Buchstabe angegeben wurden, getrennt für die beiden Tempo-Bedingungen.

Wurde anstelle des weißen Buchstaben der Buchstabe genannt, der im Buchstabenstrom direkt auf den weißen folgte, so wird dies als T1+1-Intrusionen bezeichnet. Die bei Gleichverteilung zu erwartende absolute Häufigkeit, statt des weiß dargebotenen Buchstaben z. B. den direkt folgenden Buchstaben (T1+1) zu nennen, betrug für Tempo 100 ms $1/25 \times 983 = 39.32$ und für Tempo 140 ms $1/25 \times 296 = 11.84$. Nume-

risch größer als diese zu erwartenden Häufigkeiten erwiesen sich die beobachteten Häufigkeiten für folgende Intrusionen: T1-1, T1+1 und T1+2 (jeweils für beide Tempi) sowie T1+3 (nur für Tempo 100 ms). Die Tabellen 10 und 11 enthalten die Kennwerte von Chi-Quadrat-Tests für diese Intrusionen, getrennt nach Tempobedingung.

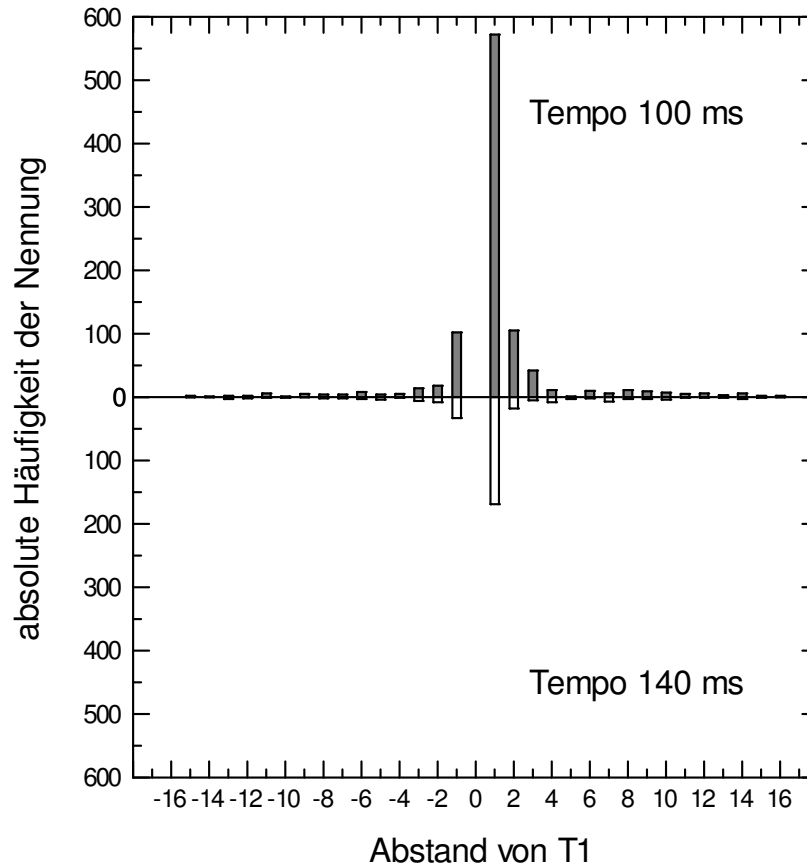


Abbildung 22. Verteilung der T1-Intrusionen getrennt für beide Tempobedingungen. Nicht enthalten sind die korrekten T1-Antworten (Abstand 0) sowie Fälle, in denen ein Buchstabe genannt wurde, der nicht im Strom enthalten war.

Tabelle 10

Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die T1-Intrusionen bei Tempo 100 ms.

Intrusion	beobachtete Häufigkeit	erwartete Häufigkeit	χ_1^2 -Wert	p-Wert
T1-1	102	39.32	104.08	< .001
T1+1	572	39.32	7621.14	< .001
T1+2	105	39.32	114.28	< .001
T1+3	42	39.32	0.19	.663

Tabelle 11
 Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die T1-Intrusionen bei Tempo 140 ms.

Intrusion	beobachtete Häufigkeit	erwartete Häufigkeit	χ^2 -Wert	p-Wert
T1-1	33	11.84	39.39	< .001
T1+1	169	11.84	2173.01	< .001
T1+2	18	11.84	3.34	.068

In der Tempobedingung 100 ms wurden überzufällig häufig fälschlicherweise Buchstaben als T1 benannt, die direkt vor dem weißen oder bis zu zwei Positionen danach dargeboten wurden. Diese Buchstaben wurden 100 ms vor bzw. bis zu 200 ms nach T1 präsentiert. In der Tempobedingung 140 ms erwiesen sich die T1-1- und T1+1-Intrusionen als überzufällig häufig, was einem zeitlichen Abstand von 140 ms vor bzw. nach dem weißen Buchstaben entspricht.

Die Chi-Quadrat-Analysen zum überzufälligen Auftreten von T1+n-Intrusionen wurden wiederholt, wobei die Durchgänge ausgeschlossen wurden, in denen bei präsentem zweiten Zielreiz der Buchstabe X fälschlicherweise als weiß dargeboten angegeben wurde. Die zugehörigen Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests befinden sich im Anhang (Tabelle A10). Es ergaben sich keine bedeutsamen Veränderungen.

5.4 Diskussion

In diesem Abschnitt werden die in Experiment 1 gewonnenen Befunde zu den T1-Leistungen, T2-Leistungen und zu T1-Intrusionen zunächst getrennt voneinander bewertet und im Anschluss gemeinsam diskutiert. Zwei mögliche Alternativerklärungen des Befundmusters, die die Ausgangsbasis für die Experimente 2 bis 4 bilden, werden vorgestellt.

- $H_{1(1)}$: Tempobedingung 100 ms führt zu schlechteren T1-Leistungen als Tempo 140 ms.
- $H_{1(2)}$: Der Faktor Lag beeinflusst die T1-Leistungen.
- $H_{1(3)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T1-Leistungen.
- $H_{1(4)}$: Die T1-Leistungen in der Bedingung Lag 0 sind besser als für Lag-Stufen größer 0.
- $H_{1(5)}$: Bei Tempo 100 ms sind die T1-Leistungen für Lag 1 schlechter als die für Lag-Ausprägungen größer 1.
- $H_{0(6)}$: Bei Tempo 140 ms unterscheiden sich die T1-Leistungen für Lag-Stufen größer 0 nicht voneinander.

Die Hypothesen $H_{1(1)}$, $H_{1(2)}$, $H_{1(4)}$ und $H_{1(5)}$ können angenommen werden, die Hypothese $H_{1(3)}$ nicht. Die Nullhypothese $H_{0(6)}$ muss verworfen werden.

In der langsameren Tempobedingung werden bessere T1-Leistungen erzielt. Dies steht in Einklang mit Studien zu Schwierigkeitsmanipulationen und Maskierungseffekten, da eine Variation des RSVP-Tempos z. B. das SOA zwischen T1 und dessen Folgemaske verändert (vergleiche die Kapitel 3.5.5 und 3.5.6 zu Schwierigkeits- und Maskierungseffekten). Besonders gute T1-Leistungen sind in der Bedingung eines weißen Xes (Lag 0, mit T2) beobachtbar, wenn beide Zielreize in einem gemeinsamen Reiz realisiert werden.

Es treten schlechtere T1-Leistungen bei direkter Folge beider Zielreize auf (Lag 1). Dies ist vereinbar mit der Annahme des Zwei-Stufen-Wettlauf-Modells, wonach bei zeitlicher Nähe beider Zielreize mitunter T2 zuerst in Stufe 2 der Verarbeitung eintritt, worunter die Verarbeitung des ersten Zielreizes leidet. Ebenso erklärbar ist dieser Befund mit dem Zwei-Stufen-Modell ohne Wettlaufkomponente, unter der Annahme einer gemeinsamen Verarbeitung mehrerer Repräsentationen in Stufe 2, bei der Verarbeitungskapazitäten zwischen beiden Zielreizen aufgeteilt werden.

Der erwartete differentielle Effekt je nach Tempobedingung ist allerdings nicht gefunden worden, was sowohl dem Zwei-Stufen-Wettlauf-Modell widerspricht, wie auch dem Zwei-Stufen-Modell mit einem Aufmerksamkeitsstor, welches durch eine zeitliche Episode bestimmt wird. Vielmehr treten bei beiden Tempi bei Lag 1 schlechtere T1-Leistungen auf, was vereinbar ist mit einem Zwei-Stufen-Modell, bei dem eine feste Zahl von Repräsentationen (hier zwei) in der zweiten Stufe verarbeitet werden kann, unabhängig vom zeitlichen Abstand der zugehörigen Reize. Auch die Erklärung einer T1-Leistungsverschlechterung bei Lag 1, wie sie das Interferenz-Modell bietet, sagt einen differentiellen Tempoeffekt vorher, da dem Zeitpunkt des Eintritts der Repräsentationen in den VSTM große Bedeutung für die Gewichte der Repräsentationen beigemessen wird.

Der vorhandene Lag-Effekt (insbesondere sein Auftreten für Lag-Stufen größer 0) spricht gegen das TLC-Modell. Nach diesem sollte der Abstand beider Zielreize ohne Einfluss auf die T1-Leistungen sein, da der im TLC-Modell postulierte Filter zu Beginn des Durchgangs für die optimale T1-Verarbeitung eingestellt und erst nach dem ersten Zielreiz verändert wird.

- $H_{1(7)}$: Die Bedingung Doppelaufgabe führt zu schlechteren T2-Leistungen als die Bedingung Einzelaufgabe.
- $H_{1(8)}$: Der Faktor Lag beeinflusst die T2-Leistungen.
- $H_{1(9)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Lag und Aufgabe auf die T2-Leistungen.
- $H_{0(10)}$: Der Faktor Lag hat keine Auswirkung auf die T2-Leistungen in der Einzelaufgabe.

Bezüglich der T2-Leistungen ist bei beiden Tempi ein typisches Attentional Blink-Muster aufgetreten: Die Hypothesen $H_{1(7)}$ bis $H_{0(10)}$ können für beide Tempi angenommen bzw. beibehalten werden. Reine Maskierung kann als Ursache ausge-

geschlossen werden, da das T2-Defizit in der Stärke vom Abstand beider Zielreize abhängt und in der Kontrollbedingung Einzelaufgabe nicht auftritt.

- $H_{1(11)}$: Tempobedingung 100 ms führt zu schlechteren T2-Leistungen als Tempo 140 ms.
- $H_{1(12)}$: Für die Doppelaufgabe gibt es einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T2-Leistungen.
- $H_{1(13)}$: Es gibt eine Dreifachinteraktion von Tempo, Lag und Aufgabe auf die T2-Leistungen.
- $H_{1(14)}$: Die schlechtesten T2-Leistungen der Doppelaufgabenbedingungen treten bei beiden Tempi bei verschiedenen Lag-Stufen auf, die demselben T1-T2-SOA-Bereich entsprechen.

Die Hypothesen $H_{1(11)}$ bis $H_{1(13)}$ können angenommen werden, die Hypothese $H_{1(14)}$ nicht. Ein schnelleres Tempo verschlechtert die T2-Leistungen generell, da das RSVP-Tempo die Maskierungseigenschaften für beide Zielreize verändert (vergleiche Kapitel 3.5.5 und 3.5.6). Das Tempo beeinflusst den AB-Effekt, sichtbar anhand der signifikanten Dreifachinteraktion und der Interaktion von Tempo und Lag in der Doppelaufgabe. Jedoch entsteht bei beiden Tempi ein U-förmiger Attentional Blink mit Lag 1 Sparing. Bei beiden Tempi ist das Minimum der T2-Leistungen in einem ähnlichen T1-T2-SOA-Bereich aufgetreten (200 bzw. 300 ms für Tempo 100 ms und 280 ms für Tempo 140 ms), aber auch gemessen in Lag haben sich keine trennbaren T2-Minima ergeben (Lag 2 bzw. 3 für Tempo 100 ms und Lag 2 für Tempo 140 ms). Es konnte weder ein monotoner Verlauf bei langsamem Tempo noch Lag 2 Sparing bei schnellem Tempo gefunden werden.

Das Datenmuster ist damit durchaus kompatibel zum TLC-Modell, welches die geringsten T2-Leistungen in den Doppelaufgabenbedingungen für beide Tempi bei Lag 1 oder Lag 2 vorhersagt. Allerdings bleibt hierbei die Frage nach der Filterkonfiguration bei Kombination einer Identifikations- und einer Entdeckungsaufgabe bestehen. Anhand der Befunde der T2-Leistungen ist nicht klar entscheidbar, ob eine zeitliche Episode oder eine bestimmte Zahl an Repräsentationen das Aufmerksamkeitstor zu Stufe 2 des Zwei-Stufen-Modells bzw. in den VSTM des Interferenz-Modells passiert.

In den Daten ist ein Reihenfolgeeffekt aufgetreten: Der Attentional Blink-Effekt ist bei der Reihenfolge „erst Doppel-, dann Einzelaufgabe“ stärker ausgeprägt als bei Personen der umgekehrten Reihenfolgebedingung. Als Erklärung bietet sich ein genereller Leistungszuwachs von der ersten zur zweiten Sitzung in Kombination mit der geblockten Darbietung der Aufgabenbedingung an. Allerdings lassen sich keine Hinweise darauf finden, dass die Variable Reihenfolge den Zeitverlauf bzw. die Form des Attentional Blink-Effektes beeinflusst. Auch andere geprüfte Störvariablen waren ohne Einfluss auf die Form des AB-Effektes.

- $H_{1(15)}$: Distraktoren, die zeitlich nahe dem ersten Zielreiz dargeboten werden, führen überzufällig häufig zu T1-Intrusionen.
- $H_{1(16)}$: Dabei zeigt sich ein überzufälliges Auftreten von T1+n-Intrusionen für Tempo 100 ms und von T1+m-Intrusionen für Tempo 140 ms, wobei $n > m$.

Bei der Verarbeitung mehrerer Repräsentationen in einer Verarbeitungsstufe treten gelegentlich Fehlbindungen verschiedener Attribute zu einem einheitlichen Objekt auf (vergleiche auch Treisman & Gelade, 1980). Das berichtete Datenmuster spricht für die Annahme beider Hypothesen zu den T1-Intrusionen: Die Analyse entstandener T1-Intrusionen hat für die Tempobedingung 100 ms nicht nur überzufällig häufige T1+1-Intrusionen ergeben, sondern auch T1+2-Intrusionen, welche in bisherigen AB-Studien nicht gesondert betrachtet worden sind. Diese T1+2-Intrusionen sind höchst interessant, da sie nur schwer mit dem Interferenz-Modell vereinbar sind, welches in seiner ursprünglichen Form eine Konkurrenz der Repräsentationen von T1, T1+1, T2 und T2+1 um den Abruf aus dem VSTM postuliert. Vielmehr ist dieses Muster konform mit einem Zwei-Stufen-Modell unter der Annahme, dass auch mehr als zwei Repräsentationen in Stufe 2 verarbeitet werden können und dabei Bindungsfehler entstehen. Interessant ist darüber hinaus, dass bei Tempo 140 ms nur T1+1-Intrusionen überzufällig häufig auftreten. Dies spricht dafür, dass eine bestimmte zeitliche Episode (in diesem Fall eine von ca. 200 ms) Eingang in Stufe 2 findet und nicht eine bestimmte Zahl an Reizrepräsentationen. Möglichen Erklärungsansätzen zu dem Befund der T1-Intrusionen in Minus-Richtung wird innerhalb von Kapitel 9.3 Raum gegeben.

Die Integration dieser Befunde zu einem favorisierten Modell gelingt an diesem Punkt des Projektes schwer. Zwar stützen die T1-Intrusionen die Hypothese der Verarbeitung einer zeitlichen Episode in Stufe 2 im Rahmen eines Zwei-Stufen-Modells, die Befunde bezüglich der T2-Leistungen sind jedoch nicht eindeutig zu interpretieren, die der T1-Leistungen sprechen sogar eher gegen die Verarbeitung einer zeitlichen Episode.

Dies mag einerseits an einer zu geringen Variation des RSVP-Tempos in Experiment 1 liegen, wodurch nur wenige T1-T2-SOA-Abstufungen im hier offenbar interessanten Bereich um 250 ms realisiert worden sind. Der Ansatz feinerer und ausgeweiteter Tempovariationen soll in den Experimenten 3 und 4 verfolgt werden. Durch mehr Stufen der Tempovariablen sollte sich ein monotoner Attentional Blink-Effekt für noch langsamere Tempi und ein eindeutiger Lag 2 Sparring-Effekt für Tempi schneller als 100 ms ergeben.

Eine andere mögliche Interpretation des Befundmusters ergab die Nachbefragung der Probanden zu Hypothesen und Strategien, die sie während des Experimentes verfolgt hätten: Alle Versuchspersonen hatten die Tempovariation bemerkt. Darüber hinaus berichteten mehrere Teilnehmer, dass sie bereits vor dem Erscheinen des weißen Buchstabens erkannt hätten, ob der aktuelle Durchgang ein „leichter“ (Tempo 140 ms) oder ein „schwerer“ (Tempo 100 ms) sei. Diese Vorhersagbarkeit des RSVP-Tempos noch vor der Darbietung des ersten Zielreizes kann somit zu Veränderungen der Motivation

oder der Bearbeitungsstrategie geführt haben, in deren Folge die unabhängige Variable Tempo unbeabsichtigte Auswirkungen auf die verschiedenen Leistungsmaße entwickelt haben mag. Diese Auswirkungen könnten zudem nicht bei allen Versuchspersonen gleich stark bzw. im Zeitverlauf des Experimentes nicht in gleicher Weise aufgetreten sein. In Experiment 2 ist die Tempobedingung des aktuellen Durchgangs daher bis zur Präsentation des ersten Zielreizes für die Versuchsperson unvorhersagbar gestaltet worden.

6 Experiment 2

Ziel des zweiten Experimentes war es, die im ersten Experiment möglicherweise aufgetretenen Auswirkungen der Vorhersagbarkeit der Tempobedingung zu eliminieren. Sehr viele Details des Experimentes blieben daher aus methodischen Gründen unverändert gegenüber Experiment 1. Die einzige und entscheidende Variation (neben einer anderen Versuchspersonenstichprobe) betrifft die Operationalisierung der Tempo-Variablen: Die zeitliche Abfolge innerhalb eines Durchganges wurde so gestaltet, dass das Tempo unvorhersagbar bis zum Erscheinen des ersten Zielreizes war.

Da es sich um eine Replikation des ersten Experimentes mit unvorhersagbarem Tempo handelt, die Hypothesen zu Experiment 2 mit denen des ersten Experimentes identisch (siehe Kapitel 5.1).

6.1 Methode

6.1.1 Aufgabe der Versuchsperson

Wie in Experiment 1 sollte die Versuchsperson nach der schnellen Präsentation einer Buchstabenfolge angeben, welches der weiße Buchstabe war und entscheiden, ob der Buchstabenstrom ein *X* enthielt oder nicht. In einer von zwei zu absolvierenden Sitzungen war lediglich die Frage nach dem Vorhandensein des Buchstabens *X* zu beantworten.

6.1.2 Stichprobe

Die 13 Versuchspersonen umfassende Stichprobe setzte sich aus elf Studierenden der Psychologie, einer Studentin der Erziehungswissenschaften und einem Studenten der Betriebswirtschaftslehre zusammen. Die zehn Frauen und drei Männer waren zwischen 20 und 24 Jahre alt ($M = 21.9$, $SD = 1.71$). Alle bis auf einen Versuchsteilnehmer

gaben an, Rechtshänder zu sein. Die Sehfähigkeit der Teilnehmer war normal bzw. auf normal korrigiert. Alle Versuchspersonen meldeten sich auf Aushänge im Institut für Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg freiwillig zur Teilnahme am Experiment und erhielten als Entlohnung wahlweise zwei Versuchspersonenstunden oder einmalig 12 €. Tabelle 12 enthält für jede Versuchsperson Alter, Geschlecht, Studienfach, angegebene dominante Hand sowie die Art der gewählten Vergütung für die Teilnahme am Experiment. Keine der Versuchspersonen hatte zuvor an Experiment 1 teilgenommen.

Tabelle 12

Alter, Geschlecht, Studienfach (Fachsemester in Klammern), dominante Hand und gewählte Vergütung der einzelnen Versuchspersonen aus Experiment 2.

Vp-Nr.	Alter	Geschlecht	Studienfach	dominante Hand	gewählte Vergütung
1	21	w	Psych. (6)	rechts	12 €
2	21	w	Psych. (4)	rechts	12 €
3	20	w	Psych. (2)	rechts	VP-Stunden
4	20	w	Psych. (2)	rechts	VP-Stunden
5	23	w	Päd. (2)	rechts	12 €
6	24	m	Psych. (2)	links	VP-Stunden
7	20	m	Psych. (2)	rechts	VP-Stunden
8	24	w	Psych. (2)	rechts	VP-Stunden
9	22	m	BWL (3)	rechts	12 €
10	20	w	Psych. (2)	rechts	VP-Stunden
11	24	w	Psych. (2)	rechts	VP-Stunden
12	24	w	Psych. (2)	rechts	VP-Stunden
13	20	w	Psych. (2)	rechts	12 €

6.1.3 Versuchsdesign und Operationalisierung

Wie in Experiment 1 wurde ein $2 \times 9 \times 2 \times 2$ -Design mit den folgenden vier Messwiederholungsfaktoren realisiert: Tempo des Buchstabenstroms (100 ms vs. 140 ms), T1-T2-Lag (0 bis 8), Anwesenheit von T2 (dabei vs. nicht dabei) und Aufgabe (Einzel- vs. Doppelaufgabe).

Die Operationalisierung der unabhängigen Variablen T1-T2-Lag, Anwesenheit von T2 und Aufgabe erfolgte identisch zur in Kapitel 5.2.3 beschriebenen Vorgehensweise für Experiment 1. Die Operationalisierung des Faktors Tempo des Buchstabenstroms hingegen unterschied sich von der im ersten Experiment: Das SOA zwischen direkt aufeinander folgenden Buchstaben innerhalb eines Durchgangs betrug bis zum Erscheinen des ersten Zielreizes zufällig entweder 100 oder 140 ms. Erst ab dem weißen Buchstaben und für alle danach folgenden Buchstaben wurde das SOA gemäß der Tempobedingung des Durchgangs auf 100 ms bzw. 140 ms festgelegt. Abbildung 23

verdeutlicht dieses Vorgehen anhand eines Ausschnitts aus einem Beispielbuchstabenstrom der Tempobedingung 100 ms.

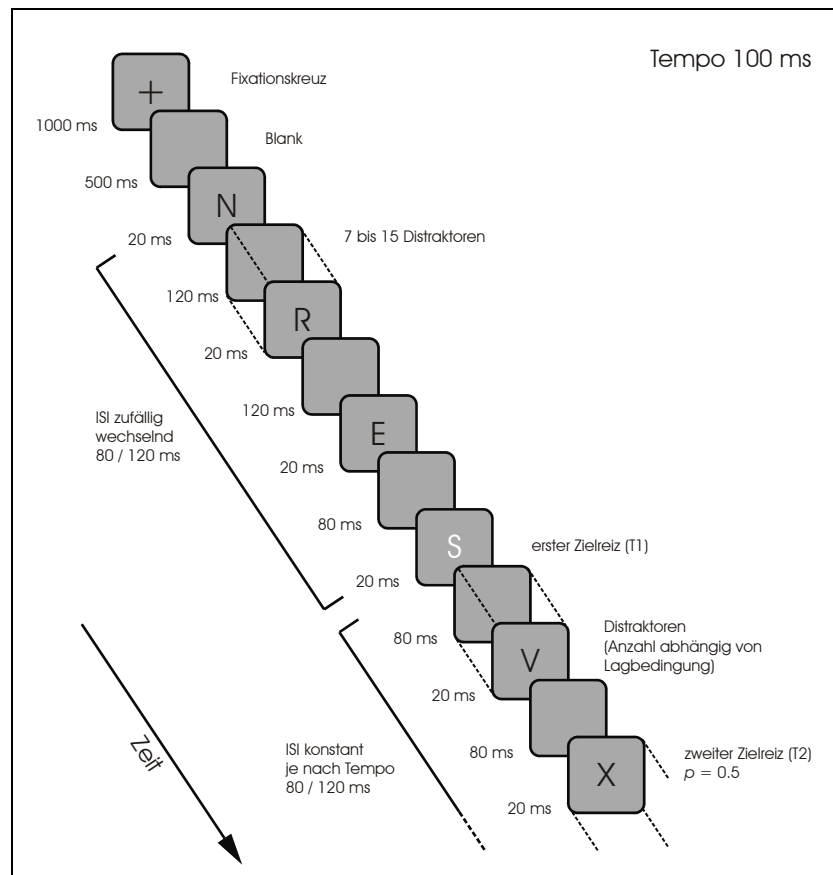


Abbildung 23. Schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs eines Durchgangs der Tempobedingung 100 ms für Experiment 2. Bis zum ersten Zielreiz beträgt das SOA zwischen aufeinander folgenden Buchstaben zufällig wechselnd 100 oder 140 ms.

Analog zum ersten Experiment wurden als abhängige Variablen die Identifikationsleistung für den ersten Zielreiz und die Entdeckungsleistung für den zweiten Zielreiz erhoben. Die Art der Berechnung war identisch zum in Kapitel 5.2.3 beschriebenen Vorgehen für Experiment 1. Für die Bedingung Doppelaufgabe wurde – wie im ersten Experiment – erhoben, welchen Buchstaben der Versuchsteilnehmer im jeweiligen Durchgang für den ersten Zielreiz hielt.

6.1.4 Durchführung

Das Experiment wurde im Mai 2003 im Einzelversuch in dem Labor des Instituts für Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durchgeführt, in dem auch das erste Experiment stattfand. Auch die Apparatur war identisch zu der in Expe-

riment 1 verwendeten, lediglich die Tastatur wurde nach einem technischen Defekt durch eine andere Standardtastatur ersetzt.

Als Reize fanden erneut ein graues Viereck und serifenlose Großbuchstaben von A bis Z Verwendung. Sie waren in Größe, Zeichensatz und Graustufe identisch zu den im ersten Experiment dargebotenen Reizen.

Die Versuchspersonen wurden schriftlich instruiert, wobei dieselben Instruktionen Verwendung fanden wie im ersten Experiment. Die Tastenbelegung zur Beantwortung der Frage nach dem zweiten Zielreiz und die Sitzungsreihenfolge (Einzel- vs. Doppelaufgabe) variierten zwischen den Versuchspersonen (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13
Variation von Sitzungsreihenfolge und Tastenbelegung zwischen Versuchspersonen für Experiment 2.

Aufgabe		Tastenbelegung		Vp-Nr.
Sitzung 1	Sitzung 2	Ja-Taste	Nein-Taste	
Doppelaufgabe	Einzelauftgabe	< (gelb)	- (blau)	1, 5, 9, 13
Doppelaufgabe	Einzelauftgabe	- (blau)	< (gelb)	2, 6, 10
Einzelauftgabe	Doppelaufgabe	< (gelb)	- (blau)	3, 7, 11
Einzelauftgabe	Doppelaufgabe	- (blau)	< (gelb)	4, 8, 12

Der Versuchsablauf glich nahezu vollständig dem des ersten Experimentes (siehe Kapitel 5.2.4.4). Die einzige Veränderung betrifft den Zeitablauf eines einzelnen Durchgangs: Bis zur Darbietung des ersten Zielreizes war das ISI zwischen direkt aufeinander folgenden Buchstaben unabhängig von der Tempobedingung des Durchganges. Dabei konnte jedes einzelne ISI mit einer Wahrscheinlichkeit von $p = 0.5$ 120 ms bzw. 80 ms betragen, unabhängig von Tempobedingung, vorangegangenen und nachfolgenden ISI-Werten. Die Länge aller Interstimulusintervalle nach der Darbietung des ersten Zielreizes wurde bestimmt durch die Ausprägung des Faktors Tempo des aktuellen Durchgangs. Handelte es sich beispielsweise um einen Durchgang der Tempobedingung 100 ms, so betragen alle ISI-Werte nach dem weißen Buchstaben 80 ms. Die Darbietungszeit eines jeden Buchstabens betrug wie im ersten Experiment 20 ms (siehe erneut Abbildung 23).

6.2 Ergebnisse

Gemäß dem in Kapitel 5.3 beschriebenen Vorgehen wurden zunächst getrennt für die Versuchsteilnehmer und experimentellen Bedingungskombinationen die Maße T1-korrekt und T2-Hits (gegeben T1) berechnet. Tabelle 14 enthält die über die Bedingungskombinationen gemittelten Maße T1-korrekt und T2-Hits (gegeben T1) der einzelnen Versuchsteilnehmer sowie als zusätzliche Information die T2-Hits (unabhängig von der T1-Antwort) und das Maß d' für die X-Entdeckung.

Tabelle 14

Übersicht über die von den einzelnen Versuchspersonen erreichten T1-korrekt, T2-Hits (gegeben T1), T2-Hits (unabhängig von der T1-Antwort) und T2- d' für Experiment 2.

Vp-Nr.	T1-korrekt	T2-Hits (gegeben T1)	T2-Hits	T2- d'
1	86.7	71.8	80.6	1.744
2	87.8	61.1	74.4	2.572
3	86.9	86.6	85.3	2.314
4	90.6	85.9	89.4	2.299
5	88.3	70.7	81.1	1.849
6	90.6	84.1	81.7	2.666
7	91.7	69.2	79.4	2.136
8	93.1	73.8	82.5	3.063
9	92.2	76.8	85.8	3.033
10	84.2	70.6	80.0	1.734
11	89.4	88.5	89.7	2.444
12	69.2	61.3	67.5	2.368
13	91.7	82.6	90.0	2.563

Die über die Versuchsteilnehmer gemittelten T1-korrekt betragen 87.9 ($SD = 6.18$), die mittleren T2-Hits (gegeben T1) 75.6 ($SD = 9.30$), die mittleren T2-Hits 82.1 ($SD = 6.36$) und der d' -Mittelwert 2.368 ($SD = 0.430$).

Weder die Korrelation zwischen T1-korrekt und T2-Hits ($r = .506$, $p = .078$) noch die zwischen T1-korrekt und T2-Hits (gegeben T1) ($r = .740$, $p = .004$) zeigte einen Tradeoff in Form eines negativen linearen Zusammenhangs zwischen den Leistungsmaßen für Erst- und Zweitaufgabe.

6.2.1 Einflüsse auf die T1-Leistungen

Abbildung 24 veranschaulicht für die Durchgänge der Bedingung Doppelaufgabe mit dargebotenem zweiten Zielreiz die über die Versuchspersonen gemittelten T1-Leistungen getrennt für die einzelnen Bedingungskombinationen.

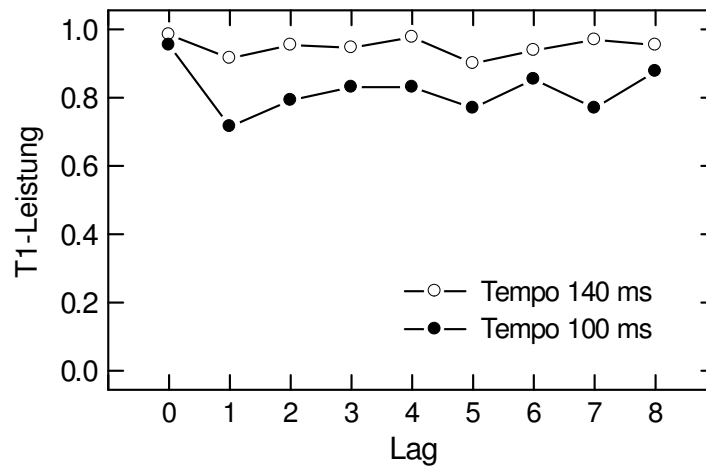


Abbildung 24. Über die Versuchspersonen gemittelte T1-Leistungen getrennt nach Tempo- und Lag-Bedingung. Es sind nur Durchgänge mit Doppelaufgabe enthalten, in denen ein X präsentiert wurde.

Deskriptiv zeigten sich schlechtere T1-Leistungen in der Tempobedingung 100 ms (Mittelwert = 0.821, $SD = 0.121$) als bei Tempo 140 ms (Mittelwert = 0.949, $SD = 0.030$) sowie ein Leistungsabfall für die Bedingung Lag 1 gegenüber den restlichen Lag-Stufen in der Tempobedingung 100 ms.

Die zweifaktorielle ANOVA (siehe Tabelle 15) erbrachte signifikante Haupteffekte von Lag und Tempo auf die T1-Leistungen sowie deren signifikante Interaktion. Der Einfluss des Faktors Lag ließ sich nur für Tempo 100 ms statistisch absichern (Tempo 100 ms: $F_{8,96} = 5.414$, $p = .001$ (G-G); Tempo 140 ms: $F_{8,96} = 2.204$, $p = .071$ (G-G)).

Tabelle 15

Kennwerte der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung über die T1-Leistungen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Tempo	19.720	1	12	.001
Haupteffekt Lag	6.049	8	96	.001 ^a
Interaktion Tempo \times Lag	2.769	8	96	.024 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Zur weiteren Prüfung der Hypothesen wurden getrennt für die Tempo-Bedingungen Kontraste analog zum Vorgehen in Experiment 1 berechnet, die die Lag-Stufen 0 und 1 mit den jeweils größeren Stufen verglichen (siehe Gleichungen (2) und (3) in Kapitel 5.3.1). Für Tempo 100 ms lassen sich die T1-Leistungen bei Lag 0 von den restlichen trennen ($F_{1,12} = 24.892$, $p < .001$), wie auch die T1-Leistungen bei Lag 1 ($F_{1,12} = 18.755$, $p = .001$). Der Einfluss des Faktors Lag auf die T1-Leistungen bei

Tempo 100 ms lässt sich ohne diese beiden Lag-Stufen nicht statistisch absichern ($F_{6, 72} = 1.752, p = .152$ (G-G)). Für die Tempobedingung 140 ms erweist sich der Kontrast der Lag 0-Bedingung gegen die restlichen Lag-Stufen als signifikant ($F_{1, 12} = 5.768, p = .033$), der der Lag 1-Bedingung jedoch nicht ($F_{1, 12} = 1.938, p = .189$). Ohne die Bedingung Lag 0 ergibt sich für Tempo 140 ms für den Einfluss des Faktors Lag auf die T1-Leistungen ein p -Wert von .129 (G-G, $F_{7, 84} = 1.852$).

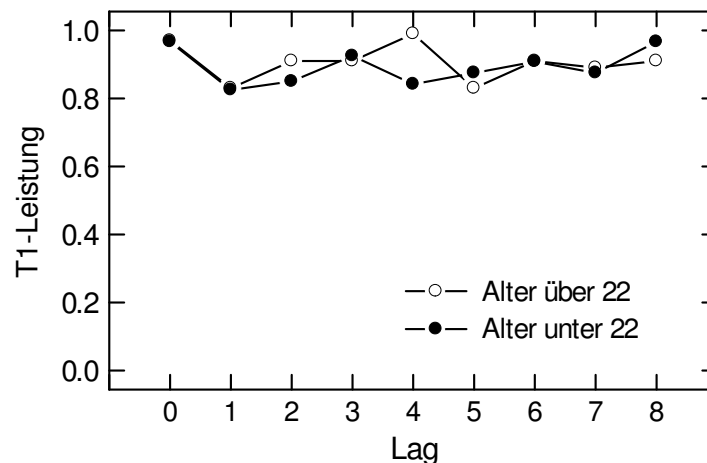


Abbildung 25. Verlauf der über die Tempi gemittelten T1-Leistungen in Abhängigkeit vom Lag, getrennt für per Mediansplit generierte Altersgruppen der Probanden. Die Daten der beiden 22-jährigen Teilnehmer sind nicht enthalten.

Über dreifaktorielle Varianzanalysen wurden Effekte der potentiellen Störvariablen Reihenfolge der Sitzungen, Art der Entlohnung, Tastenbelegung und Alter (dichotomisiert) auf das Muster der T1-Leistungen geprüft. Dabei ergab sich für die Interaktion $\text{Alter} \times \text{Lag}$ ein p -Wert von .047 (G-G, $F_{8, 72} = 3.031$). Abbildung 25 verdeutlicht den T1-Leistungsverlauf über die Lag-Stufen für beide Probandengruppen. Das deskriptive Bild zeigte einen Alterseffekt, dessen Richtung sich für die Lag-Stufen unterschied. Alle anderen getesteten Effekte unter Beteiligung des Faktors Alter sowie die der Faktoren Reihenfolge der Sitzungen, Art der Entlohnung und Tastenbelegung zeigten p -Werte größer als .10 (siehe Anhang, Tabellen B1 bis B4). Für die Variable Geschlecht wurde auf eine inferenzstatistische Analyse verzichtet, da der Datensatz nur drei männliche Probanden enthielt. Abbildung B1 im Anhang belegt deskriptiv einen geringeren Einfluss der Tempo-Variablen auf die T1-Leistungen männlicher Probanden im Vergleich zu weiblichen Versuchspersonen.

6.2.2 Einflüsse auf die T2-Hits (gegeben T1)

Tabelle 16 enthält die über die Versuchspersonen gemittelten T2-Hits (gegeben T1) getrennt für die einzelnen Kombinationen der Faktoren Aufgabe, Tempo und Lag. In den Bedingungskombinationen mit Doppelaufgabe und Lag 0 erreichten alle Teilnehmer den Wert 1. Zur Veranschaulichung der Einflüsse der Variablen T1-T2-Lag bzw. T1-T2-SOA auf die T2-Leistungen dienen die Abbildungen 26 und 27, in denen dieselben Daten für die Doppelaufgabenbedingungen enthalten sind, sich die gewählte Abszisse jedoch unterscheidet.

Tabelle 16

Über die Versuchspersonen gemittelte T2-Hits (gegeben T1) für Experiment 2, in Klammern Standardabweichungen, getrennt nach Aufgabe, Tempo und Lag.

Aufgabe	Tempo	Lag									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Einzel	100 ms	.954 (.086)	.923 (.104)	.923 (.103)	.892 (.095)	.838 (.119)	.838 (.166)	.862 (.128)	.862 (.151)	.846 (.153)	
	140 ms	.985 (.070)	.938 (.095)	.923 (.079)	.923 (.100)	.946 (.066)	.954 (.141)	.969 (.099)	.915 (.089)	.931 (.054)	
Doppel	100 ms	1.000 (.000)	.690 (.305)	.477 (.304)	.319 (.261)	.502 (.248)	.600 (.302)	.713 (.188)	.836 (.210)	.794 (.195)	
	140 ms	1.000 (.000)	.764 (.261)	.455 (.296)	.646 (.242)	.858 (.197)	.918 (.164)	.901 (.118)	.961 (.149)	.969 (.143)	

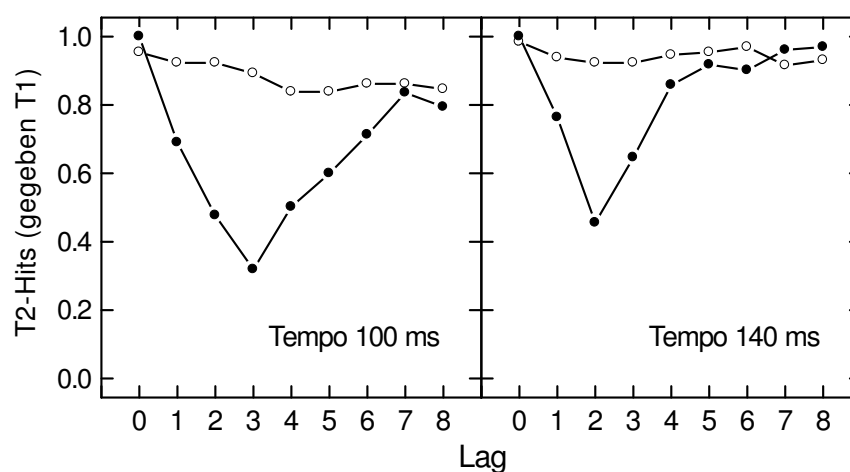


Abbildung 26. Über die Versuchspersonen gemittelte T2-Hits (gegeben T1 korrekt) in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag, getrennt für die Aufgaben- und Tempo-Bedingungen. Gefüllte Kreise entsprechen der Doppel-, ungefüllte der Einzelaufgabe.

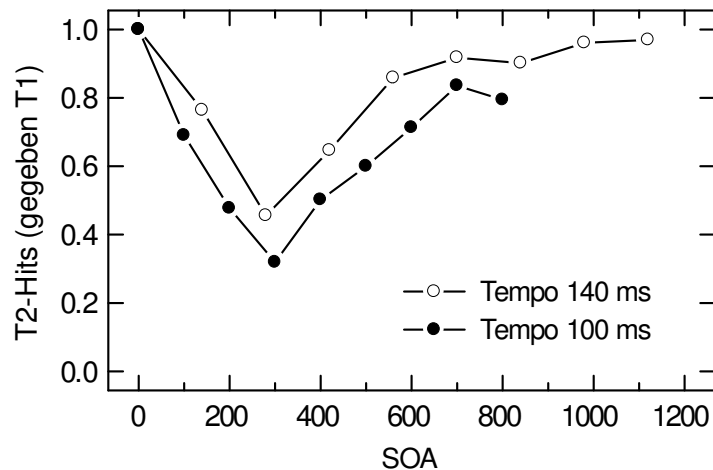


Abbildung 27. Über die Versuchspersonen gemittelte T2-Hits (gegeben T1) der Doppelaufgaben-Durchgänge in Abhängigkeit vom T1-T2-SOA, getrennt für die Tempo-Bedingungen.

Deskriptiv zeigte sich bei beiden Tempo-Bedingungen in der Doppelaufgabe ein U-förmiger Verlauf der T2-Leistungen. Das deskriptive Minimum lag dabei gemessen in T1-T2-Lag bei Lag 2 (Tempo 140 ms) bzw. bei Lag 3 (Tempo 100 ms). Der Verlauf der T2-Leistungen der Doppelaufgabenbedingungen in Abhängigkeit vom SOA zeigte für die Tempi einen parallelen Verlauf mit einem Minimum bei einem SOA von 280 ms (Tempo 140 ms) bzw. 300 ms (Tempo 100 ms).

Tabelle 17 enthält die Kennwerte der dreifaktoriellen ANOVA zum Einfluss der Faktoren Aufgabe, Tempo und Lag (Stufen 1 bis 8) auf die T2-Hits (gegeben T1). Alle Effekte ließen sich statistisch absichern.

Tabelle 17

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung über die T2-Leistungen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Aufgabe	39.207	1	12	< .001
Haupteffekt Tempo	80.087	1	12	< .001
Haupteffekt Lag	11.988	7	84	< .001 ^a
Interaktion Aufgabe × Tempo	36.789	1	12	< .001
Interaktion Aufgabe × Lag	15.522	7	84	< .001 ^a
Interaktion Tempo × Lag	5.509	7	84	.001 ^a
dreifache Interaktion	2.809	7	84	.034 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Der Einfluss des Tempos auf die T2-Leistungen zeigte sich für beide Aufgabenbedingungen (Einzelaufgabe: $F_{1, 12} = 34.051$, $p < .001$; Doppelaufgabe: $F_{1, 12} = 72.162$,

$p < .001$). Der Haupteffekt des Faktors Lag hingegen beschränkte sich auf die Durchgänge der Doppelaufgabe (Einzelaufgabe: $F_{7, 84} = 0.821, p = .512$ (G-G); Doppelaufgabe: $F_{7, 84} = 16.260, p < .001$ (G-G)), ebenso die Interaktion der Faktoren Tempo und Lag (Einzelaufgabe: $F_{7, 84} = 1.805, p = .140$ (G-G); Doppelaufgabe: $F_{7, 84} = 5.111, p = .002$ (G-G)).

Der Effekt des Faktors T1-T2-Lag ließ sich für beide Tempo-Ausprägungen in der Doppelaufgabe absichern (Tempo 100 ms: $F_{7, 84} = 10.337, p < .001$ (G-G); Tempo 140 ms: $F_{7, 84} = 15.359, p < .001$ (G-G)) und in der Einzelaufgabe nicht (Tempo 100 ms: $F_{7, 84} = 1.425, p = .246$ (G-G); Tempo 140 ms: $F_{7, 84} = 0.923, p = .457$ (G-G)).

Die Durchführung von t -Tests für abhängige Stichproben ergab für die Tempobedingung 100 ms, dass sich die T2-Leistungen bei Lag 3 unterschieden von denen bei Lag 2 ($t_{12} = 2.351, p = .037$) und Lag 4 ($t_{12} = 2.953, p = .012$). Für die Tempoausprägung 140 ms ließen sich die Leistungen zu Lag 2 von denen zu Lag 1 ($t_{12} = 4.039, p = .002$) und Lag 3 ($t_{12} = 2.352, p = .037$) trennen.

Mit Hilfe vierfaktorieller Varianzanalysen wurde der mögliche Einfluss der between-subjects-Variablen Reihenfolge der Sitzungen, Art der Entlohnung, Tastenbelegung und Alter (dichotomisiert per Mediansplit) auf das Befundmuster geprüft. Weder für die Haupteffekte dieser Faktoren noch für Interaktionseffekte unter ihrer Beteiligung zeigten sich p -Werte kleiner als .10 (siehe Anhang, Tabellen B5 bis B8). Für den Faktor Geschlecht wurde aufgrund der geringen Stichprobengröße männlicher Probanden ($n = 3$) keine inferenzstatistische Auswertung vorgenommen. In Anhang B befinden sich die Abbildungen der T2-Leistungen für die einzelnen Versuchsteilnehmer (Abbildung B2 bis B3). Die Daten der männlichen Probanden (Vp 6, 7 und 9) zeigten dabei keine Besonderheiten im Vergleich zu denen der Versuchspersonen weiblichen Geschlechts.

6.2.3 Verteilung von T1-Intrusionen

In 568 der 4680 Wertungsdurchgänge der Doppelaufgabenbedingung wurde ein anderer Buchstabe anstelle von T1 genannt. 437 dieser Intrusionen entfielen auf die Tempobedingung 100 ms, 131 auf die Bedingung 140 ms. Abbildung 28 veranschaulicht die Verteilung der Intrusionen.

Bei Gleichverteilung der Intrusionen waren für jede Position bei Tempo 100 ms $1/25 \times 437 = 17.48$ Nennungen zu erwarten, bei Tempo 140 ms $1/25 \times 131 = 5.24$. Die Tabellen 18 und 19 enthalten die Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die Intrusionen, die diese Werte numerisch überstiegen. In der Tempobedingung 100 ms wurden überzufällig häufig Buchstaben fälschlicherweise als T1 genannt, die direkt vor oder ein bis zwei Positionen (also bis zu 200 ms) nach dem ersten Zielreiz präsentiert wurden. Bei Tempo 140 ms fanden sich überzufällig häufig T1-1-Intrusionen und T1+1-Intrusionen, also bis zu 140 ms nach T1 präsentierte Reize.

Durch Ausschluss der Durchgänge, in denen bei präsentiertem zweiten Zielreiz der Buchstabe *X* fälschlicherweise als weiß dargeboten angegeben wurde, entstand ein paralleles Ergebnismuster (Tabelle B9 im Anhang).

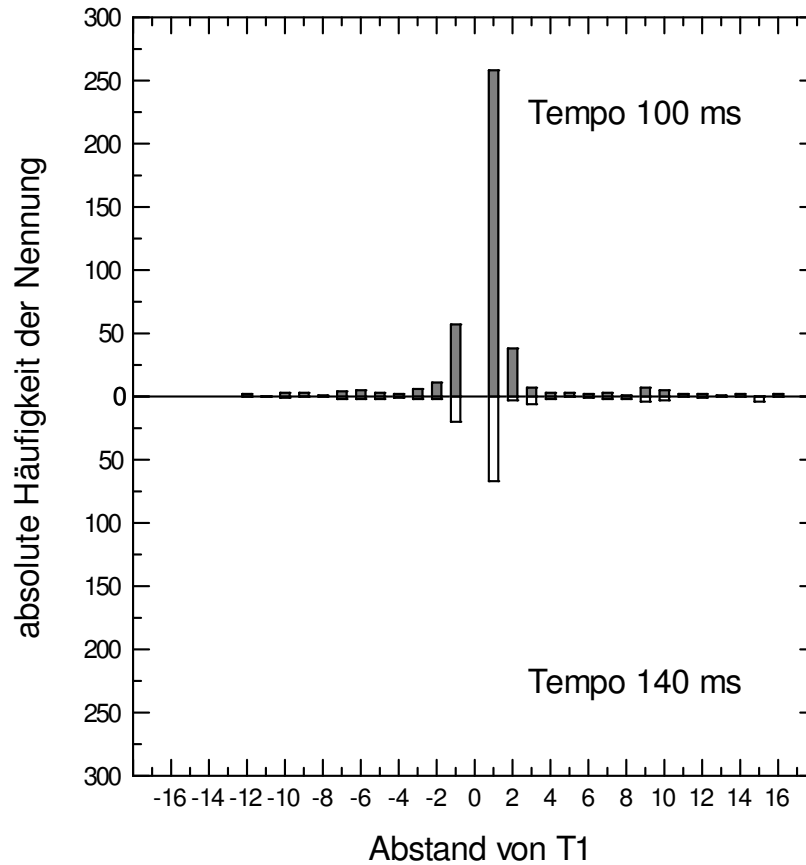


Abbildung 28. Verteilung der T1-Intrusionen getrennt für beide Tempo-Bedingungen. Nicht enthalten sind die korrekten T1-Antworten (Abstand 0) sowie Fälle, in denen ein Buchstabe genannt wurde, der nicht im aktuellen Strom enthalten war.

Tabelle 18

Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die T1-Intrusionen bei Tempo 100 ms.

Intrusion	beobachtete Häufigkeit	erwartete Häufigkeit	χ_1^2 -Wert	<i>p</i> -Wert
T1-1	57	17.48	93.07	< .001
T1+1	258	17.48	3447.38	< .001
T1+2	38	17.48	25.09	< .001

Tabelle 19

Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die T1-Intrusionen bei Tempo 140 ms.

Intrusion	beobachtete Häufigkeit	erwartete Häufigkeit	χ^2 -Wert	p-Wert
T1-1	20	5.24	43.31	< .001
T1+1	67	5.24	758.25	< .001
T1+3	6	5.24	0.11	.740

6.2.4 Vergleich der Experimente 1 und 2

Zum Vergleich der Ergebnisse der ersten beiden Experimente wurden Analysen mit dem Gruppierungsfaktor Experiment berechnet.

Tabelle 20 enthält die Kennwerte einer dreifaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren Experiment, Tempo und Lag (0 bis 8) zu den T1-Leistungen in der Doppelaufgabe mit dargebotenem zweiten Zielreiz. Keiner der Effekte unter Beteiligung der Variablen Experiment ließ sich statistisch absichern.

Tabelle 20

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Experiment auf die T1-Leistungen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Experiment aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Experiment	1.557	1	34	.221
Interaktion Experiment × Tempo	0.914	1	34	.346
Interaktion Experiment × Lag	1.237	8	272	.291 ^a
Dreifachinteraktion	1.553	8	272	.166 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Zum Vergleich der Befunde zu den T2-Leistungen wurde eine vierfaktorielle ANOVA mit den Faktoren Experiment, Tempo, Aufgabe und Lag (1 bis 8) berechnet (siehe Tabelle 21). Verschiedene Interaktionseffekte ließen sich dabei statistisch absichern. Da es sich um eine post hoc-Analyse handelt, der zudem verschiedene Versuchspersonengruppen zugrunde lagen, soll diesen Effekten inferenzstatistisch nicht weiter nachgegangen werden.

Abbildung 29 stellt die Befunde beider Experimente bezüglich des AB-Musters in Abhängigkeit von T1-T2-Lag bzw. -SOA nochmals deskriptiv gegenüber. Dabei wird deutlich, dass in Experiment 1 geringere Unterschiede zwischen den T2-Leistungen in den verschiedenen Tempo-Bedingungen auftraten als in Experiment 2, vor allem in der

Doppelaufgabe. Der auffälligste Unterschied im T2-Muster beider Experimente zeigte sich in der Doppelaufgabe der beiden Tempo-Ausprägungen bei Lag 2 bzw. Lag 3.

Tabelle 21

Kennwerte der vierfaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Experiment auf die T2-Hits (gegeben T1). Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Experiment aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Experiment	1.729	1	34	.197
Interaktion Experiment × Tempo	4.869	1	34	.034
Interaktion Experiment × Aufgabe	1.367	1	34	.250
Interaktion Experiment × Lag	1.389	7	238	.237 ^a
Interaktion Experiment × Tempo × Aufgabe	5.183	1	34	.029
Interaktion Experiment × Tempo × Lag	1.860	7	238	.104 ^a
Interaktion Experiment × Aufgabe × Lag	2.511	7	238	.042 ^a
Vierfachinteraktion	1.069	7	238	.381 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

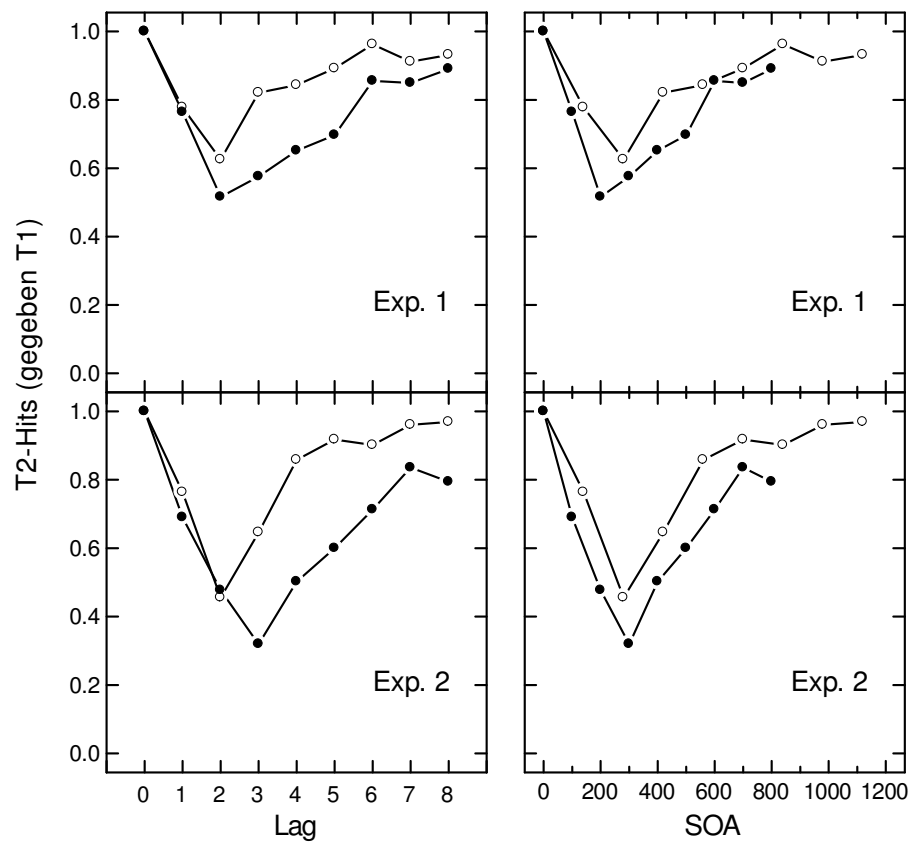


Abbildung 29. Mittlere T2-Hits (gegeben T1) der Doppelaufgaben-Durchgänge getrennt für die Experimente 1 und 2 in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag bzw. -SOA. Die gefüllten Kreise repräsentieren Tempo 100 ms, die ungefüllten Tempo 140 ms.

6.3 Diskussion

Es folgt die Deutung der Ergebnisse des zweiten Experimentes, wobei jeweils ein Vergleich zu den Ergebnissen aus Experiment 1 gezogen werden soll.

- $H_{1(1)}$: Tempobedingung 100 ms führt zu schlechteren T1-Leistungen als Tempo 140 ms.
- $H_{1(2)}$: Der Faktor Lag beeinflusst die T1-Leistungen.
- $H_{1(3)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T1-Leistungen.
- $H_{1(4)}$: Die T1-Leistungen in der Bedingung Lag 0 sind besser als für Lag-Stufen größer 0.
- $H_{1(5)}$: Bei Tempo 100 ms sind die T1-Leistungen für Lag 1 schlechter als die für Lag-Ausprägungen größer 1.
- $H_{0(6)}$: Bei Tempo 140 ms unterscheiden sich die T1-Leistungen für Lag-Stufen größer 0 nicht voneinander.

Anhand der Daten des zweiten Experimentes lassen sich die Hypothesen $H_{1(1)}$ bis $H_{1(5)}$ annehmen. $H_{0(6)}$ kann beibehalten werden. Wie im ersten Experiment zeigt sich der Effekt schlechterer T1-Leistungen bei Tempo 100 ms sowie die besondere Bedeutung der Bedingung Lag 0, in der beide Zielreizmerkmale innerhalb eines Reizes realisiert sind. Im Vergleich zu Experiment 1 treten T1-Leistungsverschlechterungen bei Lag 1 nur für Tempo 100 ms auf. Eine Änderung des Datenmusters der T1-Leistungen von Experiment 1 zu Experiment 2 kann nicht inferenzstatistisch abgesichert werden. Dennoch sind in Experiment 2 schlechtere T1-Leistungen bei Lag 1 nur in der schnelleren Tempobedingung aufgetreten, nicht bei Tempo 140 ms, in Experiment 1 hingegen bei beiden RSVP-Tempi. Dies ist konform mit den Annahmen des Zwei-Stufen-Wettlauf-Modells und eines Zwei-Stufen-Modells, welches postuliert, dass in Stufe 2 eine zeitliche Episode verarbeitet wird.

- $H_{1(7)}$: Die Bedingung Doppelaufgabe führt zu schlechteren T2-Leistungen als die Bedingung Einzelaufgabe.
- $H_{1(8)}$: Der Faktor Lag beeinflusst die T2-Leistungen.
- $H_{1(9)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Lag und Aufgabe auf die T2-Leistungen.
- $H_{0(10)}$: Der Faktor Lag hat keine Auswirkung auf die T2-Leistungen in der Einzelaufgabe.

Die Hypothesen $H_{1(7)}$ bis $H_{0(10)}$ werden angenommen bzw. beibehalten. Parallel zu den Befunden im ersten Experiment ergibt sich das Attentional Blink-Muster der T2-Leistungen bei beiden Tempo-Bedingungen.

Die Daten des zweiten Experimentes sprechen für die Annahme der Hypothesen $H_{1(11)}$ bis $H_{1(14)}$ zum Einfluss des Tempos auf die T2-Leistungen:

- $H_{1(11)}$: Tempobedingung 100 ms führt zu schlechteren T2-Leistungen als Tempo 140 ms.

- $H_{1(12)}$: Für die Doppelaufgabe gibt es einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T2-Leistungen.
- $H_{1(13)}$: Es gibt eine Dreifachinteraktion von Tempo, Lag und Aufgabe auf die T2-Leistungen.
- $H_{1(14)}$: Die schlechtesten T2-Leistungen der Doppelaufgabenbedingungen treten bei beiden Tempi bei verschiedenen Lag-Stufen auf, die demselben T1-T2-SOA-Bereich entsprechen.

Wie in Experiment 1 zeigen sich bei schnellerem RSVP-Tempo schlechtere T2-Leistungen. Die Variable Tempo beeinflusst dabei die AB-Form bezogen auf das T1-T2-Lag: Ein schnelleres Tempo führt zu einem Minimum der T2-Leistungen zu einem späteren Lag. Gemessen am T1-T2-SOA verlaufen die T2-Leistungen der Doppelaufgabenbedingungen für beide Tempi parallel mit einem T2-Minimum bei 280 bzw. 300 ms. Bei Tempo 100 ms treten Lag 1 Sparing und Lag 2 Sparing auf. Die Tempobedingung 140 ms führt allein zu Lag 1 Sparing. Dieses Effektmuster ist sowohl erklärbar durch ein Zwei-Stufen-Modell in Verbindung mit einem zeitbasierten Aufmerksamkeitstor, das die gemeinsame Verarbeitung der Repräsentationen in Stufe 2 ermöglicht, als auch mit einem Interferenz-Modell, in welchem die Gewichte der VSTM-Repräsentationen von deren Eintrittszeitpunkt in diesen Speicher abhängen.

In Experiment 2 treten bei Lag 2 (Tempo 100 ms und 140 ms) und Lag 3 (Tempo 100 ms) T2-Leistungen unterhalb der Ratewahrscheinlichkeit von 0.5 auf. Green und Bavelier (2003) fanden mittels einer ähnlichen Versuchsanordnung bei ungeübten Probanden ebenfalls T2-Hitraten unter 50% für Lag 2 und 3, das verwendete RSVP-Tempo betrug ebenfalls 100 ms. In den betreffenden Durchgängen raten die Probanden nicht, sondern antworten systematisch falsch: Sie sind sich offenbar sehr sicher, dass kein zweiter Zielreiz präsentiert worden ist.

- $H_{1(15)}$: Distraktoren, die zeitlich nahe dem ersten Zielreiz dargeboten werden, führen überzufällig häufig zu T1-Intrusionen.
- $H_{1(16)}$: Dabei zeigt sich ein überzufälliges Auftreten von T1+n-Intrusionen für Tempo 100 ms und von T1+m-Intrusionen für Tempo 140 ms, wobei $n > m$.

Die auf die T1-Intrusionen bezogenen Hypothesen $H_{1(15)}$ und $H_{1(16)}$ können angenommen werden. Die Verteilung der T1-Intrusionen zeigt für Experiment 2 ein paralleles Muster zu den Intrusionen in Experiment 1 und zu den Effekten auf die T2-Leistungen im zweiten Experiment. Bei schnellerem Tempo erstreckt sich der Bereich der Intrusionen über mehr Positionen im RSVP-Strom (*Intrusionsbreite*). Die *Intrusionsgrenze*, gemessen über das T1-Intrusions-SOA, ist zwischen beiden Tempo-Bedingungen erneut vergleichbar: Reize, die bis zu 200 ms nach T1 präsentiert werden, werden häufig fälschlicherweise als T1 benannt. Der Befund überzufälliger T1+2-Intrusionen (bei Tempo 100 ms) ist nicht vereinbar mit dem Interferenz-Modell.

Somit ergibt sich in Experiment 2 aus den Befunden zu den T1-Leistungen, T2-Leistungen und den T1-Intrusionen ein einheitliches Bild, welches im Sinne eines Zwei-Stufen-Modells mit der Verarbeitung einer zeitlichen Episode in der zweiten Stufe interpretiert werden kann. Im Vergleich zu Experiment 1 zeigen die Befunde über die verschiedenen abhängigen Maße hinweg ein homogenes Muster. Dies kann einerseits Folge der im zweiten Experiment ausgeschlossenen Vorhersagbarkeit der Tempobedingung bis zum Erscheinen des ersten Zielreizes sein. Es ist jedoch auch denkbar, dass die zeitliche Episode, über die die Repräsentationen gemeinsam in Stufe 2 verarbeitet werden, in beiden Experimenten verschieden lang war, so dass die gewählten T1-T2-SOA-Stufen in Experiment 2 die Zeit-Hypothese von der Lag-Hypothese differenzieren können, in Experiment 1 jedoch nicht. Die unterschiedliche Länge der zeitlichen Episode wiederum kann durch die Veränderungen der Parameter der Reizpräsentation vor dem ersten Zielreiz verursacht sein oder durch die verschiedenen Probandenstichproben.

Jenseits der Attentional Blink-Literatur finden sich verschiedene Hinweise auf Auswirkungen der Vorhersagbarkeit zeitlicher Parameter. So ließen Olson und Chun (2001) Probanden auf einen im RSVP-Strom dargebotenen Zielreiz eine 2-fach-Wahlreaktion unter Zeitdruck ausführen. Sie konnten über Reaktionszeitgewinne zeigen, dass eine gleich bleibende SOA-Kombination der Reize vor dem Zielreiz (*visueller Rhythmus* des RSVP-Stromes) als Hinweisreiz für das Erscheinen des Zielreizes genutzt werden kann. Olson und Chun bezeichnen diesen Vorgang als zeitliche Ausrichtung der Aufmerksamkeit (temporal contextual cueing).

Griffin, Miniussi und Nobre (2002) boten anstelle eines RSVP-Stroms einen Hinweisreiz vor dem Zielreiz dar. Auch hier erreichten die Probanden kürzere Reaktionszeiten, wenn der Hinweisreiz eine valide Vorhersage zur räumlichen oder zeitlichen Position des Zielreizes erlaubte.

Naccache, Blandin und Dehaene (2002) ließen Probanden unter Zeitdruck entscheiden, ob eine dargebotene Ziffer größer oder kleiner als 5 war. Sie konnten zeigen, dass Kongruenzeffekte bzw. Wiederholungseffekte maskierter Prime-Reize auf die Reaktionszeiten nur auftraten, wenn der Zeitpunkt des Erscheinens der Zielreize vorhersehbar war.

Innerhalb der Studien zum Attentional Blink-Phänomen gibt es kaum Untersuchungen zum Einfluss der Vorhersagbarkeit des Zeitpunktes des ersten Zielreizes auf das AB-Muster. Das Standardvorgehen besteht darin, das SOA zwischen dem Fixationssignal zum Beginn des Durchgangs und dem ersten Zielreiz – zumeist über die zufällige Zahl der vor T1 präsentierten Distraktoren – unvorhersagbar zu gestalten. Chun und Potter (1995, Exp. 5) kontrastierten dieses Vorgehen mit der Variation, T1 immer an der zweiten Position im Strom zu präsentieren. Dieses Vorgehen führte zu einer nochmaligen Verbesserung der T2-Leistungen in der Bedingung einfacher Zielreiz-Distraktor-Diskriminierbarkeit, bei schlechterer Diskriminierbarkeit konnte die Positionsgewissheit nicht zur T2-Leistungsverbesserung genutzt werden. Anzumerken

ist hierbei zum einen, dass die gefundenen Effekte sehr schwach waren, zum anderen unterschieden die beiden Paradigmen sich nicht nur bezüglich der Positionsvorhersagbarkeit von T1, sondern auch in der Gesamtlänge des RSVP-Stromes (neun Reize bei bekannter T1-Position vs. 13 Reize bei variabler T1-Position).

In den Experimenten 3 und 4 soll daher mit experimentellen Mitteln geklärt werden, ob die Vorhersagbarkeit der Tempobedingung oder die ungenügend differenzierte T1-T2-SOA-Abstufung Ursache des unterschiedlichen Ergebnismusters der ersten beiden Experimente ist. Dazu werden in beiden Experimenten deutlich mehr Tempoabstufungen als in Experiment 1 und 2 realisiert. Im dritten Experiment wird die Tempobedingung bis zu T1 für die Probanden unvorhersagbar gestaltet, in Experiment 4 parallel zum Vorgehen aus dem ersten Experiment vorhersagbar.

Eine weitere Änderung gegenüber den ersten beiden Experimenten betrifft den T2+1-Reiz: In beiden bisher durchgeführten Experimenten umfasste der RSVP-Strom 24 Buchstaben. T1 konnte darin an den Positionen 8 bis 16 erscheinen, T2 bis zu acht Positionen danach. Auf diese Art konnten Buchstabenströme entstehen, in denen ein bei Lag 8 dargebotenes X der letzte im Strom gezeigte Buchstabe war, nämlich dann, wenn die zufällig bestimmte Prä-T1-Distraktorenzahl 15 betrug. Eine Interruptionsmaskierung des zweiten Zielreizes wird als notwendig für das Auftreten eines AB-Effektes erachtet (vergleiche Kapitel 3.5.6). Anzumerken ist jedoch, dass Fälle ohne Interruptionsmaskierung von T2 nur in der Bedingung Lag 8 auftreten konnten, bei der erwartungsgemäß kein AB-Effekt (mehr) auftreten sollte. In Experiment 1 wurde in 51 der insgesamt 460 Wertungsdurchgänge der Bedingungskombination [mit X, Lag 8, Doppelaufgabe] das X an der letzten RSVP-Position dargeboten; in Experiment 2 geschah dies in 31 von 260 Fällen. Da die absolute Häufigkeit für eine einzelne Versuchsperson in beiden Experimenten zwischen null und vier Durchgängen lag, wurde auf eine weitere Analyse der Auswirkungen dieser Präsentation verzichtet. In den Experimenten 3 und 4 wird der zweite Zielreiz in allen Bedingungen immer von einem Distraktorbuchstaben gefolgt.

7 Experiment 3

Im dritten Experiment wurden RSVP-Tempi zwischen 40 und 300 ms verwendet. Die Tempobedingung jedes Durchgangs war bis zum Erscheinen des ersten Zielreizes unvorhersagbar.

Die untere Grenze der Tempo-Stufen wurde anhand von Studien zur Entdeckbarkeit eines einzelnen Zielreizes im RSVP-Strom gewählt (Intraub, 1985; Lawrence, 1971; McLean, Broadbent, & Broadbent, 1983) und zusätzlich im Selbstversuch auf Zumutbarkeit getestet. Husain et al. (1997) verwendeten zur Untersuchung von Patienten mit Neglekt ein relativ langsames RSVP-Tempo von 180 ms. Gesunde Kontrollpersonen im durchschnittlichen Alter von 73 Jahren zeigten bei diesem Tempo einen monotonen AB-Verlauf. Es sind in Experiment 3 bewusst auch deutlich langsamere Tempo-Stufen als bislang in AB-Studien üblich gewählt worden, um monoton ansteigende T2-Leistungen sichtbar zu machen, die bei langsamem Tempo unter der Annahme der SOA-Bedingtheit des T2-Leistungsminimums erwartet wurden. Darüber hinaus sollten die mit dem RSVP-Tempo verbundenen Grenzen des Attentional Blink-Effektes untersucht werden.

Tabelle 22

Die zehn verwendeten Tempo-Stufen führten zu einer vollständigen Kombination der Bedingungen Lag 1 bis 3 mit vier T1-T2-SOA-Stufen zwischen 120 und 300 ms.

Lag	T1-T2-SOA			
	120	180	240	300
Lag 1	Tempo 120	Tempo 180	Tempo 240	Tempo 300
Lag 2	Tempo 60	Tempo 90	Tempo 120	Tempo 150
Lag 3	Tempo 40	Tempo 60	Tempo 80	Tempo 100

Bei den realisierten Tempo-Stufen handelte es sich um die Bedingungen 40, 60, 80, 90, 100, 120, 150, 180, 240 und 300 ms. Diese zehn Tempi wurden so gewählt, dass die Lag-Stufen 1 bis 3 im T1-T2-SOA-Bereich von 120 bis 300 ms häufig realisiert wurden, Tabelle 22 veranschaulicht dies.

Um die Zuverlässigkeit der Fehlerhäufigkeiten zu erhöhen, wurde jede Bedingungskombination pro Versuchsperson 20 Mal dargeboten. Auf die Bedingungen Lag 0, Lag 7 und Lag 8 sowie die Bedingung Einzelaufgabe wurde verzichtet, um mögliche Übungseffekte und Motivationsverluste im Laufe des Experimentes zu minimieren.

Die Unvorhersagbarkeit der Tempobedingung wurde erreicht, indem es sich bei dem ersten dargebotenen Buchstaben immer um den ersten Zielreiz handelte. Zufällige SOA-Werte zwischen den RSVP-Reizen bis zum Erscheinen von T1, wie in Experiment 2 verwendet, führten in Vortests zu großer Verunsicherung der Probanden darüber, wann ein Durchgang beendet war. Die in Kapitel 3.5.6 dargestellten Befunde zeigen, dass die Reize vor T1 nicht notwendig zur Erzeugung eines Attentional Blink-Effektes sind.

7.1 Hypothesen

Das Gesamtmuster der erwarteten Effekte verläuft parallel zu den Hypothesen der ersten beiden Experimente. Durch den Verzicht auf die Bedingungen Einzelaufgabe und Lag 0 sowie durch die Einführung von mehr als zwei Tempo-Stufen ergaben sich im Detail teilweise andere zu prüfende Vorhersagen aus der Annahme eines Zwei-Stufen-Modells mit der Verarbeitung einer zeitlichen Episode in Stufe 2. Dabei wurden oft verschiedene Effekte für *schnelle* und *langsame* Tempi postuliert, ohne genau zu benennen, bei welcher Tempo-Ausprägung exakt diese Grenze verläuft. Dies liegt darin begründet, dass die Annahme der Verarbeitung einer bestimmten zeitlichen Episode nicht festschreibt, welche Zeit diese Episode genau umfassen soll. Anhand der Ergebnisse der ersten beiden Experimente ließe sich beispielsweise vermuten, dass die Grenze zwischen sehr schnellen Tempi und langsameren Tempo-Stufen, betreffend die Hypothesen $H_{1(3)}$ und $H_{0(4)}$, bei 120 ms anzusiedeln ist. Durch verschiedene Veränderungen gegenüber den ersten beiden Experimenten, z. B. die breitere Streuung verwendeter Tempi oder das Absolvieren von sechs statt einer Sitzung mit Doppelaufgaben, ist es gut möglich, dass sich in diesem Experiment eine andere Grenze zeigt. Da es zur Bewertung des angenommenen Modells nicht kritisch ist, bei welchem Tempo genau sich welches Ergebnismuster finden lässt, sondern lediglich die Unterscheidung von Ergebnismustern bei schnelleren und langsameren Tempi relevant ist, wurden die Hypothesen dementsprechend offen formuliert.

Bezüglich der Einflüsse der Faktoren Tempo und Lag auf die T1-Leistungen wurden folgende vier Hypothesen aufgestellt:

- $H_{1(1)}$: Schnelle RSVP-Tempi führen zu schlechteren T1-Leistungen als langsame Tempi.
- $H_{1(2)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T1-Leistungen.

- $H_{1(3)}$: Bei sehr schnellen Tempi sind die T1-Leistungen für Lag 1 schlechter als die für Lag-Ausprägungen größer 1.
- $H_{0(4)}$: Bei langsameren Tempo-Stufen gibt es keinen Effekt des Faktors Lag auf die T1-Leistungen.

Bei allen RSVP-Tempi wurde ein Attentional Blink-Effekt erwartet:

- $H_{1(5)}$: Der Faktor Lag beeinflusst die T2-Leistungen bei allen Tempo-Stufen.

Die Variation des RSVP-Tempos sollte zu folgenden Effekten auf die T2-Leistungen führen:

- $H_{1(6)}$: Bei schnellen Tempi ergeben sich schlechtere T2-Leistungen als bei langsamen Tempo-Stufen.
- $H_{1(7)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T2-Leistungen.
- $H_{1(8)}$: Mit zunehmend langsamerem RSVP-Tempo treten die schlechtesten T2-Leistungen bei immer kleineren Lag-Stufen auf.
- $H_{0(9)}$: Die schlechtesten T2-Leistungen treten bei allen Tempi im selben T1-T2-SOA-Bereich auf.

Die letzten beiden Hypothesen beziehen sich auf die Verteilung der T1-Intrusionen:

- $H_{1(10)}$: Distraktoren, die zeitlich nahe dem ersten Zielreiz dargeboten werden, führen bei allen Tempo-Stufen überzufällig häufig zu T1-Intrusionen.
- $H_{1(11)}$: Je schneller das Tempo, desto mehr Distraktorpositionen nach T1 führen zu überzufällig häufigen T1+n-Intrusionen.

7.2 Methode

7.2.1 Aufgabe der Versuchsperson

Nach der Präsentation einer Buchstabenfolge sollte der Versuchsteilnehmer angeben, welcher Buchstabe weiß dargeboten worden war und ob ein X enthalten war oder nicht.

7.2.2 Stichprobe

An diesem Experiment nahmen 15 Studierende der Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg zwischen dem ersten und siebenten Fachsemester teil. Das Alter der Versuchspersonen lag zwischen 19 und 29 Jahren ($M = 23.1$, $SD = 2.75$). Alle Teilnehmer gaben an, Rechtshänder zu sein und besaßen eine normale bzw. auf normal korrigierte Sehfähigkeit. Drei Versuchspersonen waren männlich, 12 weiblich. Die Teilnehmer wurden durch Aushänge im psychologischen Institut geworben und nahmen freiwillig teil. Als Vergütung entschieden sich fünf Personen für eine Einmalzahlung von 30 €, die restlichen Versuchsteilnehmer ließen sich sechs Versuchspersonenstunden gutschreiben. Tabelle 23 enthält für jeden Teilnehmer des Experimentes Alter, Geschlecht, Studienfach und -semester und die Art der gewählten Vergütung.

Tabelle 23

Alter, Geschlecht, Studienfach (Fachsemester in Klammern) und gewählte Vergütung der einzelnen Versuchspersonen aus Experiment 3.

Vp-Nr.	Alter	Geschlecht	Studienfach	gewählte Vergütung
1	26	m	Psych. (1)	VP-Stunden
2	21	w	Psych. (1)	VP-Stunden
3	22	w	Psych. (3)	VP-Stunden
4	24	w	Psych. (1)	VP-Stunden
5	24	w	Psych. (3)	VP-Stunden
6	21	w	Psych. (3)	VP-Stunden
7	20	w	Psych. (1)	30 €
8	19	m	Psych. (1)	VP-Stunden
9	24	w	Psych. (3)	30 €
10	22	w	Psych. (7)	30 €
11	23	m	Psych. (5)	30 €
12	29	w	Psych. (1)	30 €
13	27	w	Psych. (4)	VP-Stunden
14	21	w	Psych. (4)	VP-Stunden
15	25	w	Psych. (4)	VP-Stunden

7.2.3 Versuchsdesign und Operationalisierung

Dem Experiment lag ein dreifaktorieller Versuchsplan mit Messwiederholung auf allen Faktoren zugrunde. Die unabhängigen Variablen stellten dabei das Tempo des Buchstabenstroms (40, 60, 80, 90, 100, 120, 150, 180, 240, 300 ms), T1-T2-Lag (1 bis 6) und Anwesenheit von T2 (dabei vs. nicht dabei) dar. Es handelte sich somit um ein $10 \times 6 \times 2$ -Design.

Die unabhängige Variable Tempo des Buchstabenstroms wurde durch das SOA zwischen direkt aufeinander folgenden Buchstaben des gesamten RSVP-Stroms eines Durchganges bestimmt. Beispielsweise betrug zur Realisierung der Tempobedingung 40 ms das SOA zwischen allen nacheinander gezeigten Buchstaben der Folge 40 ms.

Analog zu den vorigen Experimenten wurde der Faktor T1-T2-Lag über den Abstand zwischen beiden Zielreizen im RSVP-Strom operationalisiert. Die Variable T1-T2-Lag konnte die Ausprägungen 1 bis 6 annehmen.

Der Buchstabenstrom enthielt entweder genau ein X oder kein X. Dadurch wurden die beiden Ausprägungen des Faktors Anwesenheit von T2 operationalisiert.

Als abhängige Variablen wurden die Identifikationsleistung für den ersten Zielreiz und die Entdeckungsleistung für den zweiten Zielreiz erfasst. Das Vorgehen dazu entsprach dem für die Bedingung Doppelaufgabe in den Experimenten 1 und 2. Darüber hinaus wurde erfasst, welcher Buchstabe von der Versuchsperson als erster Zielreiz angegeben wurde.

7.2.4 Durchführung

Der Versuch fand im Zeitraum Dezember 2003 bis Juni 2004 statt. Im Folgenden werden Apparatur, Reize, Instruktion und Versuchsablauf erläutert.

7.2.4.1 Apparatur, Reize und Instruktion

Zur Reizdarbietung und Reaktionserfassung wurde derselbe Rechner einschließlich Peripheriegeräten verwendet wie in Experiment 2. Ebenso glichen die verwendeten Reize (Buchstaben, graues Viereck) in Größe, Zeichensatz und Graustufe denen aus den beiden vorigen Experimenten. Die schriftliche Instruktion der Versuchspersonen war identisch mit der für eine Sitzung mit Doppelaufgabe aus Experiment zwei, abgesehen von folgenden Details: Die Bemerkung, das X könne in weißer oder schwarzer Schriftfarbe erscheinen, entfiel und die angekündigten Block- und Durchgangszahlen unterschieden sich in beiden Experimenten. Die Tastenbelegung zur Beantwortung der Frage nach dem Vorhandensein des zweiten Zielreizes variierte zwischen den Versuchspersonen: Teilnehmer mit einer geraden Versuchspersonennummer erhielten Tastenbelegung 1 (Ja-Taste gelb), die mit einer ungeraden Tastenbelegung 2 (Ja-Taste blau). In Anhang C befindet sich als Beispiel eine schriftliche Instruktion für eine Versuchsperson mit Tastenbelegung 1.

7.2.4.2 Versuchsablauf

Jede Versuchsperson absolvierte das Experiment im Einzelversuch in sechs ca. 50-minütigen Sitzungen. Labor und Laborbedingungen glichen denen in den vorigen Experimenten. Zwei aufeinander folgende Sitzungen desselben Versuchsteilnehmers fanden an verschiedenen Tagen statt, lagen jedoch höchstens drei Tage auseinander. Die als Versuchsleiterin fungierende Autorin war zu Beginn und Ende jeder Sitzung im Laborraum.

Nachfolgend werden der Ablauf einer Sitzung und eines Durchgangs sowie die Zusammensetzung des Buchstabenstroms beschrieben.

Ablauf einer Sitzung. Begrüßung, Erfassung der Versuchspersonendaten (Alter, Studienfach usw.) und Instruktion erfolgten analog zu den vorigen Experimenten. Nach einem Beispieldurchgang und einem Übungsblock absolvierte die Versuchsperson selbständig zehn weitere Blöcke mit Pausen von mindestens 30 Sekunden. Am Ende jeder Sitzung erhielt die Versuchsperson eine Rückmeldung über den Anteil korrekter T1- und T2-Antworten in dieser Sitzung. Dies sollte einerseits möglichen Motivationsverlusten der Versuchsperson im Laufe der sechs Sitzungen entgegenwirken, andererseits wurden Abweichungen von der Instruktion, sich auf beide Zielreize gleichermaßen zu konzentrieren, deutlich und konnten frühzeitig im Experiment korrigiert werden. Nach der letzten Sitzung wurde die Versuchsperson bezüglich ihrer Hypothesen zum Ziel des Experimentes befragt und auf Wunsch über den tatsächlichen Zweck aufgeklärt.

Beschreibung der Durchgänge. Jede der $10 \times 6 \times 2$ Bedingungskombinationen wurde pro Versuchsperson 20 Mal wiederholt, woraus sich 2400 Wertungsdurchgänge je Versuchsteilnehmer ergaben. Diese wurden zunächst randomisiert, wobei die Ausprägungen der Faktoren T1-T2-Lag und Tempo in direkt aufeinander folgenden Durchgängen stets verschieden waren. Es erfolgte eine Aufteilung auf 60 Blöcke zu je 40 Durchgängen. Jedem dieser Wertungsblöcke wurden drei Übungsdurchgänge vorangestellt. Eine Sitzung enthielt einen Übungsblock mit 20 weiteren Durchgängen und zehn Wertungsblöcke. Die 120 (6×20) Durchgänge der Übungsblöcke enthielten in zufälliger Reihenfolge je einmal jede Bedingungskombination des Versuchsdesigns. Die drei Übungsdurchgänge zu Beginn jedes Wertungsblocks waren zufällig aus der Menge möglicher Bedingungskombinationen gezogen. Bei der Zusammensetzung der Übungsblöcke und beim Einfügen der drei Übungsdurchgänge jedes Wertungsblockes war erneut eine Wiederholung der Ausprägungen der unabhängigen Variablen T1-T2-Lag und Tempo des Buchstabenstroms ausgeschlossen.

Zusammensetzung des Buchstabenstroms. Jeder dargebotene Buchstabenstrom enthielt genau acht Buchstaben. Der erste gezeigte Buchstabe war immer der erste Zielreiz (weiß), ihm folgten sieben weitere Buchstaben. Handelte es sich um einen

Durchgang mit X (T2), so enthielt die Buchstabenfolge neben sechs Distraktoren an Position 2 bis 7 ein X (je nach Ausprägung des Faktors T1-T2-Lag). Der letzte Buchstabe im Strom war immer ein Distraktorbuchstabe. Der erste Zielreiz und die Distraktoren wurden für eine Buchstabenfolge zufällig ohne Zurücklegen aus der Menge der Buchstaben A bis Z ohne X gezogen. Eine Wiederholung des ersten Zielreizes in direkt aufeinander folgenden Durchgängen war ausgeschlossen. Abbildung 30 enthält drei Beispiele für solche in einem Durchgang gezeigten Buchstabenfolgen.

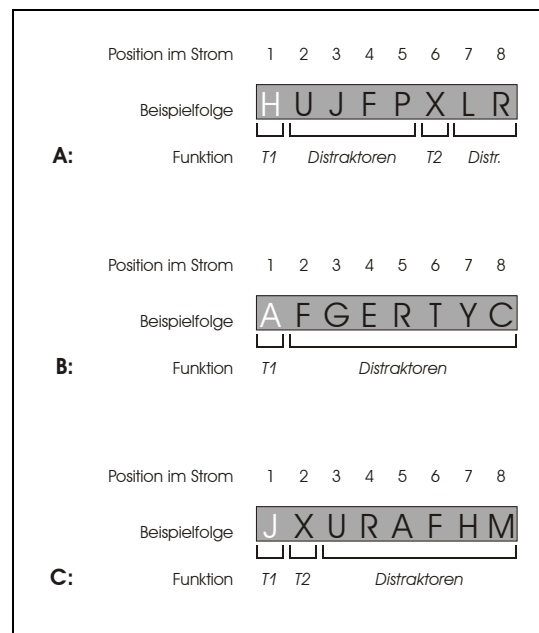


Abbildung 30. Drei Beispiele für die Zusammensetzung eines Buchstabenstromes in Experiment 3. A: mit X an Lag 5; B: ohne X ; C: mit X an Lag 1.

Ablauf eines Durchgangs. Zu Beginn eines Durchgangs wurde für 1000 ms ein graues Viereck dargeboten, in dessen Mitte sich ein Fixationskreuz befand. Danach blieb das Viereck für eine zufällig gewählte, zwischen 500 und 1500 ms liegende Zeit leer. Nun folgte die Darbietung der Buchstabenfolge in der Mitte des Vierecks. Jeder Buchstabe wurde für 20 ms präsentiert. Zwischen den Buchstaben blieb das Viereck leer, die Länge dieses Interstimulusintervalls ergab sich aus der Tempobedingung des Durchgangs: So betrug für einen Durchgang der Tempobedingung 180 ms die Zeit zwischen der Darbietung zweier Buchstaben 160 ms. Der erste Buchstabe der Folge (T1) wurde in weißer Schrift präsentiert, alle anderen in schwarzer.

Nachdem alle acht Buchstaben gezeigt worden waren, wurde für 500 ms ein leerer (weißer) Bildschirm präsentiert. Im Anschluss erfolgte die Antwortabfrage analog zur Vorgehensweise der Bedingung Doppelaufgabe aus Experiment 1. Dabei wurden erneut folgende Antworten durch Aufforderung zu nochmaliger Antworteingabe abgefangen: Die Eingabe eines anderen Buchstabens außer A bis Z zur Beantwortung der Frage nach

dem weißen Buchstaben; die Betätigung einer anderen Taste außer der für *ja* und *nein* zur Beantwortung der Frage nach dem Vorhandensein des Buchstabens *X*; die widersprüchliche Angabe, *X* sei der weiße Buchstabe und der Buchstabenstrom enthalte kein *X*⁷. Nach der Antworteingabe startete die Versuchsperson den nächsten Durchgang mittels eines beliebigen Tastendrucks. Der Versuchsteilnehmer erhielt an dieser Stelle keine Rückmeldung über die Korrektheit seiner Antwort.

7.3 Ergebnisse

Die über die Bedingungskombinationen gemittelten Maße T1-korrekt, T2-Hits (gegeben T1), T2-Hits (unabhängig von der T1-Antwort) und d' für die *X*-Entdeckung sind in Tabelle 24 getrennt für die einzelnen Versuchsteilnehmer dargestellt. Die Berechnung erfolgte analog zum in Kapitel 5.3 beschriebenen Vorgehen. Als über alle Versuchspersonen gemittelte Kennwerte ergaben sich für T1-korrekt 82.2 ($SD = 4.46$), für T2-Hits (gegeben T1) 87.1 ($SD = 8.98$), für T2-Hits (unabhängig von T1) 86.5 ($SD = 8.86$) und für die d' -Werte 2.747 ($SD = 0.455$).

Die Korrelation zwischen den Maßen T1-korrekt und den T2-Hits (gegeben T1) betrug $r = -.417$ ($p = .122$), die zwischen T1-korrekt und den T2-Hits (unabhängig von T1) $r = -.376$ ($p = .167$).

Tabelle 24

Übersicht über die von den einzelnen Versuchspersonen erreichten T1-korrekt, T2-Hits (gegeben T1), T2-Hits (unabhängig von der T1-Antwort) und T2- d' für Experiment 3.

Vp-Nr.	T1-korrekt	T2-Hits (gegeben T1)	T2-Hits	T2- d'
1	87.7	67.5	66.7	1.974
2	86.3	92.9	92.4	2.621
3	86.6	92.3	92.1	3.652
4	80.0	95.3	95.2	2.812
5	83.4	80.6	80.1	2.595
6	76.0	92.9	90.7	3.166
7	84.7	90.0	89.0	2.263
8	90.3	77.4	77.7	3.032
9	78.9	90.5	89.3	2.821
10	79.6	97.2	96.7	3.353
11	82.0	70.4	70.0	2.238
12	75.0	89.7	87.7	2.297
13	83.9	92.8	91.4	2.965
14	81.1	87.9	89.1	2.537
15	77.4	89.6	89.2	2.885

⁷ Keiner der darzubietenden Buchstabenströme des Experimentes enthielt ein weißes *X*, da die Bedingung Lag 0 nicht realisiert wurde. Dennoch hatte die Versuchsperson die Möglichkeit anzugeben, sie hätte ein weißes *X* gesehen. Innerhalb der Antwortabfrage wurde lediglich eine widersprüchliche, später nicht zu interpretierende, Aussage der Versuchsperson verhindert.

7.3.1 Einflüsse auf die T1-Leistungen

Die über die Probanden gemittelten T1-Leistungen für die Versuchsdurchgänge mit dargebotenem zweiten Zielreiz sind in Abbildung 31 dargestellt. Deskriptiv zeigten sich schlechtere T1-Leistungen bei schnelleren Tempi. Für Tempi langsamer als 120 ms ergaben sich Werte nahe 1. Bei mehreren Tempo-Stufen waren die T1-Leistungen bei Lag 1 deskriptiv höher als zu anderen Lag-Stufen.

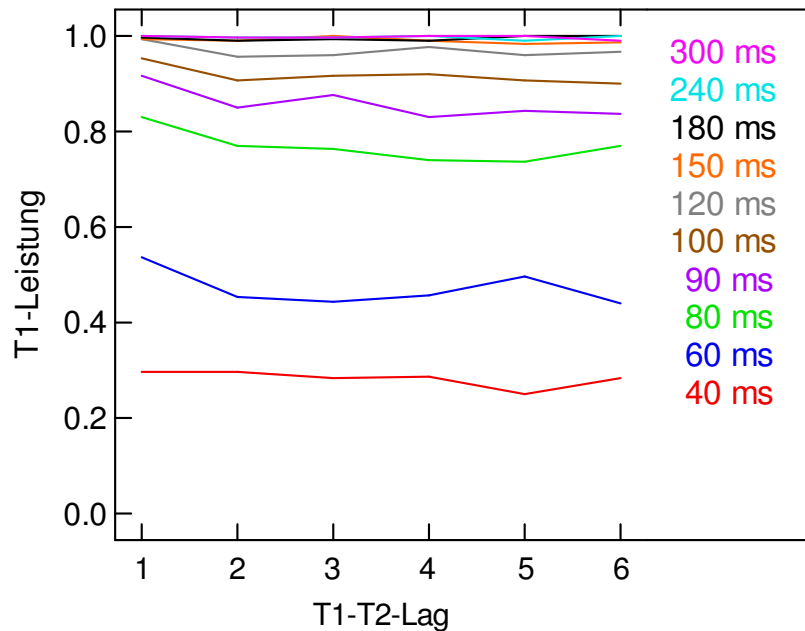


Abbildung 31. Über die Versuchspersonen gemittelte T1-Leistungen getrennt nach Tempo- und Lag-Bedingung. Es sind nur Durchgänge enthalten, in denen ein X präsentiert wurde.

Für folgende Bedingungskombinationen ergaben sich T1-Mittelwerte von 1 und Varianzen gleich 0: [Tempo 150, Lag 3], [Tempo 180, Lag 5], [Tempo 180, Lag 6], [Tempo 240, Lag 1], [Tempo 240, Lag 4], [Tempo 240, Lag 6], [Tempo 300, Lag 1], [Tempo 300, Lag 4] und [Tempo 300, Lag 5].

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse, in die die Tempo-Stufen 40 bis 120 ms eingingen, zeigte Haupteffekte der Faktoren Tempo ($F_{5, 70} = 417.184, p < .001$) und Lag ($F_{5, 70} = 6.741, p < .001$ (G-G)), die Interaktion ließ sich statistisch nicht absichern ($F_{25, 350} = 0.756, p = .639$ (G-G)). Der Kontrast der Lag 1-Bedingung gegen die anderen Lag-Stufen (gemittelt über die Tempo-Bedingungen 40 bis 120 ms) erwies sich als statistisch signifikant ($F_{1, 14} = 20.607, p < .001$). Unter Ausschluss der Lag 1-Bedingung zeigte sich kein signifikanter Lag-Effekt auf die T1-Leistungen ($F_{4, 56} = 0.236, p = .887$ (G-G)).

Zur Prüfung des Lag-Effektes auf den einzelnen Tempo-Stufen wurden einfaktorielle Varianzanalysen durchgeführt, deren Kennwerte in Tabelle 25 enthalten sind.

Tabelle 25

Kennwerte der einfaktoriellen Varianzanalysen zum Einfluss des Faktors Lag auf die T1-Leistungen getrennt für die verschiedenen Tempo-Bedingungen. Es gingen jeweils nur Lag-Stufen mit einer Varianz größer 0 in die Berechnungen ein.

Tempo	eingehende Lag-Stufen	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
40	Lag1, Lag2, Lag3, Lag4, Lag5, Lag6	0.474	5	70	0.752 ^a
60	Lag1, Lag2, Lag3, Lag4, Lag5, Lag6	1.543	5	70	0.210 ^a
80	Lag1, Lag2, Lag3, Lag4, Lag5, Lag6	2.274	5	70	0.089 ^a
90	Lag1, Lag2, Lag3, Lag4, Lag5, Lag6	3.083	5	70	0.027 ^a
100	Lag1, Lag2, Lag3, Lag4, Lag5, Lag6	1.628	5	70	0.183 ^a
120	Lag1, Lag2, Lag3, Lag4, Lag5, Lag6	2.701	5	70	0.043 ^a
150	Lag1, Lag2, Lag4, Lag5, Lag6	0.483	4	56	0.701 ^a
180	Lag1, Lag2, Lag3, Lag4	0.363	3	42	0.739 ^a
240	Lag2, Lag3, Lag5	0.651	2	28	0.491 ^a
300	Lag2, Lag3, Lag6	0.789	2	28	0.451 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle 26

Kennwerte der Kontraste der T1-Leistungen bei Lag 1 gegen die restlichen Lag-Stufen getrennt nach Tempobedingung. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Für die Tempi 40 bis 120 ms gingen alle Lag-Stufen ein, bei Tempo 150 bzw. 180 ms nur diejenigen mit Varianz größer 0.

Tempo	Kontrast	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
40	$Lag1 - (Lag2 + Lag3 + Lag4 + Lag5 + Lag6)/5$	0.283	1	14	.603
60	$Lag1 - (Lag2 + Lag3 + Lag4 + Lag5 + Lag6)/5$	4.092	1	14	.063
80	$Lag1 - (Lag2 + Lag3 + Lag4 + Lag5 + Lag6)/5$	8.264	1	14	.012
90	$Lag1 - (Lag2 + Lag3 + Lag4 + Lag5 + Lag6)/5$	29.266	1	14	< .001
100	$Lag1 - (Lag2 + Lag3 + Lag4 + Lag5 + Lag6)/5$	7.422	1	14	.016
120	$Lag1 - (Lag2 + Lag3 + Lag4 + Lag5 + Lag6)/5$	11.369	1	14	.005
150	$Lag1 - (Lag2 + Lag4 + Lag5 + Lag6)/4$	1.538	1	14	.235
180	$Lag1 - (Lag2 + Lag3 + Lag4)/3$	1.094	1	14	.313

Tabelle 26 enthält getrennt für die verschiedenen Tempo-Stufen die Kennwerte der Kontraste der Lag 1-Bedingung gegen die restlichen Lag-Stufen. Dabei gingen nur die Bedingungskombinationen mit Varianzen größer 0 ein. Da die Varianz in der Lag 1-Bedingung bei den Tempi 240 bzw. 300 ms 0 betrug, entfiel die Berechnung der zugehörigen Kontraste.

Um die Stabilität des Effektmusters zu prüfen, wurden die ersten 10 Replikationen jeder Bedingungskombination (*Hälfte 1*) mit den Replikationen 11 bis 20 (*Hälfte 2*) verglichen und eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren

Experimentalhälfte, Tempo und Lag berechnet, in die aufgrund fehlender Varianz der T1-Leistungen bei einzelnen Bedingungskombinationen die Tempo-Stufen 40 bis 120 ms eingingen. Dabei zeigte sich ein p -Wert von .004 für den Haupteffekt des Faktors Experimentalhälfte ($F_{1, 14} = 11.505$). Nur die Interaktion Experimentalhälfte \times Tempo erreichte ebenfalls einen p -Wert kleiner als .10 ($F_{5, 70} = 2.357$, $p = .075$ (G-G)), die restlichen Interaktionseffekte unter der Beteiligung des Faktors Experimentalhälfte nicht (siehe Tabelle C1 im Anhang). Im Laufe des Experimentes verbesserten sich die T1-Leistungen, allerdings nicht für alle Tempo-Stufen gleich stark (siehe Abbildung 32).

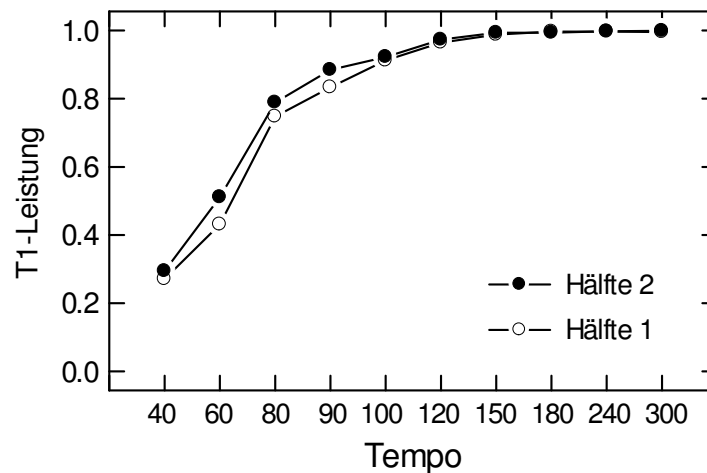


Abbildung 32. Verlauf der über die Lag-Stufen gemittelten T1-Leistungen in Abhängigkeit von Experimentalhälfte und Tempo.

Es wurde der mögliche Einfluss verschiedener between-subjects-Variablen auf das Muster der T1-Leistungen geprüft. Aufgrund der geringen Zahl an männlichen Probanden ($n = 3$) wurde auf eine inferenzstatistische Analyse zum Gruppierungsfaktor Geschlecht verzichtet. Aus der deskriptiven Betrachtung der über männliche vs. weibliche Teilnehmer gemittelten T1-Leistungen ergab sich kein Hinweis auf eine systematische Änderung des Datenmusters mit dem Geschlecht der Probanden (Abbildung C1 im Anhang).

Die Probanden wurden per Mediansplit in zwei Altersgruppen geteilt ($Mdn = 23$). Es wurden drei dreifaktorielle Varianzanalysen mit den Faktoren Tempo, Lag und je einer der drei Gruppierungsvariablen Alter, Tastenbelegung und Art der Entlohnung durchgeführt. Keiner der Effekte unter der Beteiligung dieser Faktoren wies einen p -Wert größer .10 auf (siehe Anhang, Tabellen C2 bis C4).

7.3.2 Einflüsse auf die T2-Hits (gegeben T1)

Abbildung 33 stellt die über die Probanden gemittelten T2-Leistungen in Abhängigkeit vom RSVP-Tempo und vom T1-T2-Lag bzw. -SOA dar. Deskriptiv traten schlechtere T2-Leistungen bei schnelleren Tempo-Bedingungen auf. Dabei verlagerte sich der Bereich der deskriptiv geringsten mittleren T2-Leistung für langsamere Tempi zu kleineren Lag-Stufen hin, lag insgesamt jedoch für alle Tempi in einem T1-T2-SOA-Bereich um 200 ms. So fand sich die deskriptiv niedrigste T2-Leistung z. B. für Tempo 40 ms bei Lag 5 bzw. 200 ms T1-T2-SOA, bei Tempo 150 ms hingegen bei Lag 1 bzw. 150 ms T1-T2-SOA. Damit zeigte sich deskriptiv für Tempo 150 ms ein monotoner Verlauf der T2-Leistungen und für schnellere Tempi ein nicht-monotoner Verlauf mit Spring-Effekten über Lag 1 hinaus.

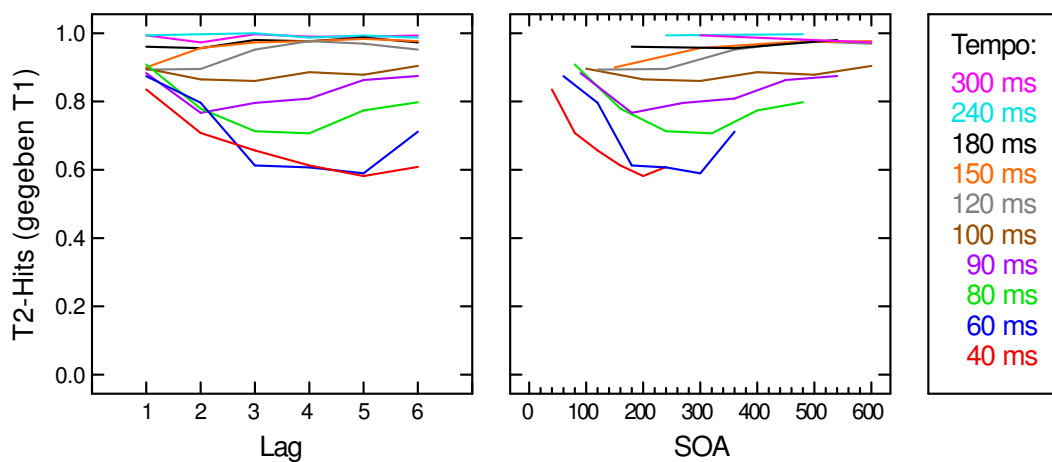


Abbildung 33. Über die Versuchspersonen gemittelte T2-Hits (gegeben T1), getrennt für die Tempo-Bedingungen. Links: In Abhängigkeit vom T1-T2-Lag. Rechts: In Abhängigkeit vom T1-T2-SOA, wobei Werte im SOA-Bereich größer 600 ms nicht enthalten sind.

In der Bedingungskombination [Tempo 240 ms, Lag 3] erzielten alle Probanden den Wert 1.0 für die T2-Hits (gegeben T1). Eine zweifaktorielle ANOVA unter Ausschluss der Tempo-Stufe 240 ms ergab signifikante Haupteffekte der Faktoren Tempo ($F_{8, 112} = 26.080, p < .001$ (G-G)) und Lag ($F_{5, 70} = 4.612, p = .005$ (G-G)) sowie einen signifikanten Interaktionseffekt beider Variablen ($F_{40, 560} = 4.251, p = .001$ (G-G)) auf die T2-Leistungen.

Für die Tempo-Stufen 100, 180, 240 und 300 ms ließ sich der Effekt des Faktors Lag auf die T2-Leistungen nicht statistisch absichern (siehe Tabelle 27).

Tabelle 27

Kennwerte der einfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung zur Prüfung des Lag-Effektes auf die T2-Leistungen unter den verschiedenen Tempo-Ausprägungen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Die Bedingungskombination [Tempo 240 ms, Lag 3] wurde aufgrund fehlender Varianz ausgeschlossen.

Tempo	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
40	3.192	5	70	.023 ^a
60	7.099	5	70	< .001 ^a
80	5.484	5	70	.001 ^a
90	3.091	5	70	.014 ^a
100	0.565	5	70	.644 ^a
120	3.720	5	70	.045 ^a
150	3.942	5	70	.045 ^a
180	1.981	5	70	.124 ^a
240	0.974	4	56	.402 ^a
300	2.100	5	70	.128 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Zur Prüfung der Hypothese einer Minimumsverlagerung für die Tempo-Bedingungen wurden für die Daten der einzelnen Versuchspersonen getrennt für die Tempo-Bedingungen 40, 60, 80, 90, 120 und 150 ms jeweils zwei kontinuierliche abschnittsweise nicht-lineare Regressionen folgender Form berechnet:

$$T2 = a_0 + a_1Lag + a_2(Lag - l)(Lag > l) \quad (4)$$

und

$$T2 = b_0 + b_1SOA + b_2(SOA - t)(SOA > t). \quad (5)$$

Dabei stellen die Parameter l bzw. t Maße für die Stellen der geringsten T2-Leistungen, gemessen in T1-T2-Lag bzw. -SOA, dar. Abbildung 34 verdeutlicht das Vorgehen am Beispiel der Regressionslösung für Versuchsperson 5 und Tempo 90 ms. Die Güte der Modellanpassung, bestimmt über die quadrierte Korrelation der beobachteten mit den vorhergesagten Daten, betrug in diesem Beispiel $R^2 = .730$.

Es wurden nur Regressionslösungen akzeptiert, bei denen für die Parameter a_1 bzw. b_1 ein Wert kleiner Null und für die Parameter a_2 bzw. b_2 ein Wert größer Null geschätzt wurden. Die Tabellen mit allen Regressionslösungen und jeweils zugehöriger Modellanpassungsgüte befinden sich im Anhang (Tabellen C5 bis C10). Für Versuchsperson 4 wurde in der Tempobedingung 150 ms keine akzeptable Regressionslösung

gefunden, da hier die T2-Leistung bei allen Lag-Stufen 1.0 betrug. Gleiches galt für Versuchsperson 10 in den Tempo-Bedingungen 120 und 150 ms. Die Daten von Proband 6 verliefen für Tempo 60 ms umgekehrt U-förmig, weshalb hier ebenfalls keine akzeptable Regressionslösung zur Schätzung eines Minimums gefunden werden konnte. Die über alle gelungenen Schätzungen gemittelte Modellanpassungsgüte betrug $R^2 = .559$.

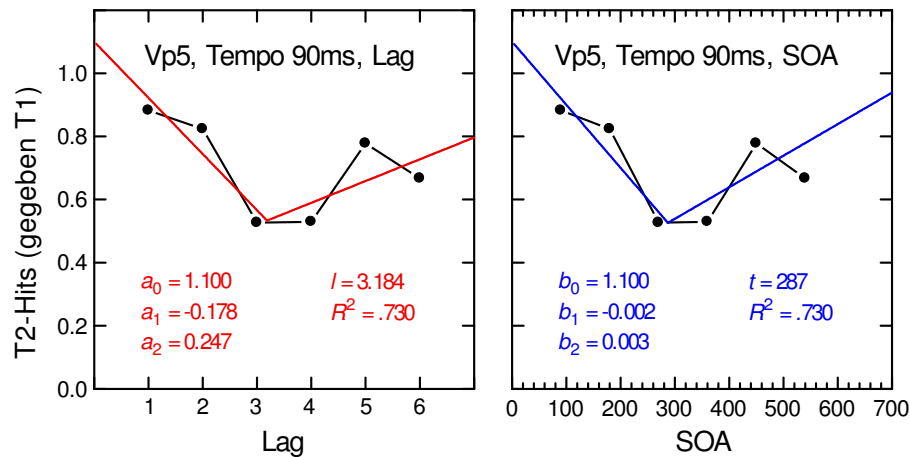


Abbildung 34. Daten von Versuchsperson 5, Tempobedingung 90 ms. Links: In Abhängigkeit vom T1-T2-Lag mit zugehöriger Regressionslösung. Rechts: In Abhängigkeit vom T1-T2-SOA mit zugehöriger Regressionslösung.

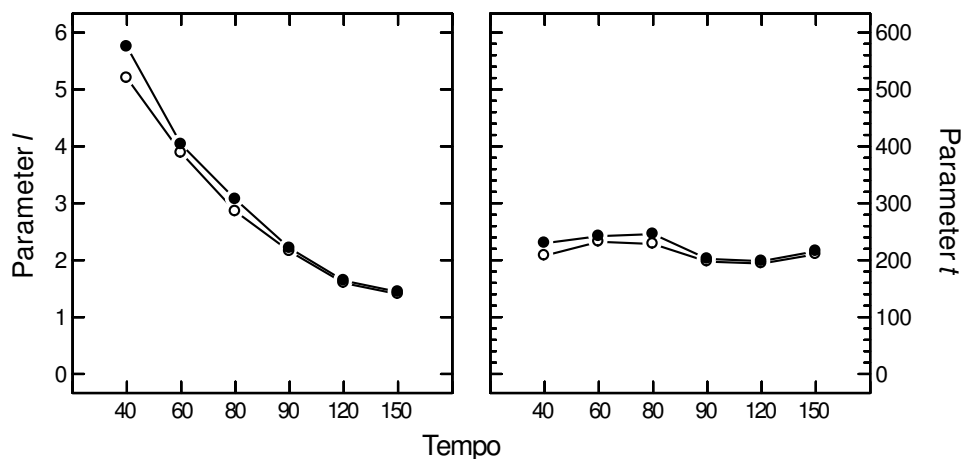


Abbildung 35. Mittlere Parameter l (links) und t (rechts) in Abhängigkeit vom RSVP-Tempo. In die Mittelung gingen alle Regressionslösungen ein (ungefüllte Kreise) bzw. nur die Parameterwerte der 12 Probanden ohne fehlende Werte (gefüllte Kreise).

Abbildung 35 stellt die gemittelten Parameter l bzw. t in Abhängigkeit vom RSVP-Tempo dar. Bei Mittelung der Parameter über alle gültigen Schätzungen (ungefüllte Kreise) ergab sich ein ähnliches Muster wie beim Ausschluss der drei Personen mit fehlenden Werten (gefüllte Kreise). Deskriptiv zeigte sich ein Abfall der geschätzten Leistungsminima bezogen auf den Faktor Lag (Parameter l) mit langsameren Tempi.

Der SOA-Wert der niedrigsten T2-Leistung (Parameter t) wies kaum Veränderungen über die Tempo-Stufen auf und betrug im Mittel über die 12 Probanden mit vollständigen Parameterschätzungen 222.3 ($SD = 73.83$).

Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergab einen signifikanten Haupteffekt des Tempos auf den Parameter l ($F_{5,55} = 47.288, p < .001$ (G-G)). Sowohl ein linearer Trend ($F_{1,11} = 170.818, p < .001$) als auch ein quadratischer ($F_{1,11} = 22.717, p = .001$) ließen sich statistisch absichern. Einzelvergleiche nach Scheffé ergaben signifikante l -Differenzen ($p < .05$) für folgende Tempo-Stufen-Vergleiche: 40 vs. 60 ms, 40 vs. 80 ms, 40 vs. 90 ms, 40 vs. 120 ms, 40 vs. 150 ms, 60 vs. 90 ms, 60 vs. 120 ms, 60 vs. 150 ms, 80 vs. 120 ms und 80 vs. 150 ms. Kein Tempo-Effekt zeigte sich hingegen bezüglich des Parameters t ($F_{5,55} = 0.900, p = .488$ (G-G)).

Bei der Prüfung möglicher Einflüsse des Alters auf das Befundmuster der T2-Leistungen (gegeben T1) erbrachte eine dreifaktorielle Varianzanalyse für alle Effekte unter Beteiligung des Faktors Alter p -Werte größer als .10 (siehe Tabelle C11 im Anhang). Bei der Betrachtung des Einflusses des Alters auf die geschätzten T2-Minima (l bzw. t) zeigte sich jeweils ein Haupteffekt des Alters auf die Parameter l ($F_{1,9} = 5.119, p = .050$) und t ($F_{1,9} = 5.426, p = .045$), jedoch kein Interaktionseffekt Alter \times Tempo auf die Parameter (l : $F_{5,45} = 0.588, p = .636$ (G-G); t : $F_{5,45} = 1.065, p = .376$ (G-G)). Für Probanden im Alter über 23 Jahre ergaben sich unabhängig vom Tempo größere Werte für die Parameter t und l .

Eine dreifaktorielle Varianzanalyse über die T2-Leistungen mit den Faktoren Art der Entlohnung, Tempo und Lag ergab für alle Effekte unter Beteiligung der Art der Entlohnung p -Werte größer als .10 (siehe Tabelle C12 im Anhang). Bezüglich der Parameterwerte zeigten sich weder Haupteffekte noch Interaktionen der Form Art der Entlohnung \times Tempo (siehe Tabelle C13 im Anhang).

Alle Effekte der dreifaktoriellen Varianzanalyse über die T2-Leistungen mit dem Gruppierungsfaktor Tastenbelegung wiesen p -Werte größer als .10 auf (siehe Tabelle C14 im Anhang). Die Tastenbelegung zeigte keine Haupteffekte auf die Parameter l ($F_{1,10} = 0.255, p = .625$) bzw. t ($F_{1,10} = 0.005, p = .944$). Es ergab sich eine signifikante Interaktion von Tastenbelegung und Tempo auf die l -Werte ($F_{5,50} = 3.185, p = .024$ (G-G)), auf die t -Werte jedoch nicht ($F_{5,50} = 1.754, p = .180$ (G-G)). Abbildung 36 zeigt die Parameter l und t in Abhängigkeit vom Tempo und von der Tastenbelegung. Für beide Tastenbelegungen ließ sich der Einfluss des Tempos auf die l -Werte statistisch absichern (Ja-Taste links: $F_{5,35} = 43.556, p < .001$ (G-G), Ja-Taste rechts: $F_{5,35} = 15.900, p = .003$ (G-G)).

Für die Variable Geschlecht wurde auf inferenzstatistische Analysen verzichtet. Die drei männlichen Probanden (Vp 1, 8 und 11) zeigten deskriptiv kein andersartiges Datenmuster als die Versuchspersonen weiblichen Geschlechts (siehe Anhang, Abbildungen C2 und C3).

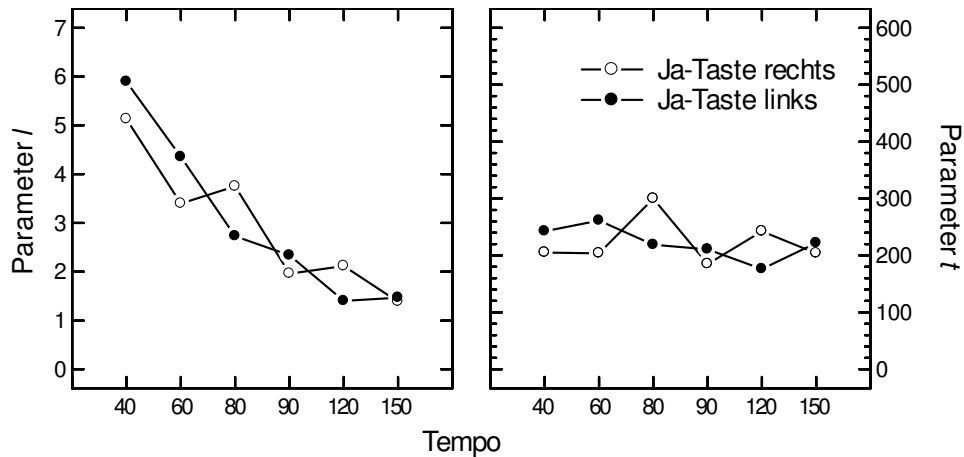


Abbildung 36. Gemittelte Parameter I (links) und t (rechts) in Abhängigkeit vom RSVP-Tempo und von der Tastenbelegung für die Aufgabe der X-Entdeckung.

Zur Überprüfung der Stabilität des Musters der T2-Leistungen im Verlauf des Experimentes wurde eine dreifaktorielle ANOVA mit den Messwiederholungsfaktoren Experimentalhälfte, Tempo und Lag über die T2-Leistungen berechnet. Aufgrund fehlender Varianz in einzelnen Bedingungskombinationen wurden die Tempi 240 und 300 ms ausgeschlossen. Dabei zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Experimentalhälfte ($F_{1, 14} = 8.803, p = .010$) sowie ein Interaktionseffekt mit dem Tempo auf die T2-Leistungen ($F_{7, 98} = 4.969, p = .005$ (G-G)). Es traten T2-Leistungsverbesserungen im Laufe des Experimentes auf, allerdings nicht für alle Tempo-Stufen gleich stark, bei Tempo 40 ms zeigten sich in der zweiten Experimentalhälfte deskriptiv schlechtere T2-Leistungen als in der ersten. Abbildung 37 verdeutlicht diesen Befund (siehe auch Abbildung C4 im Anhang). Die restlichen Interaktionseffekte unter Beteiligung dieses Faktors Experimentalhälfte wiesen p -Werte größer .10 auf (siehe Anhang, Tabelle C15).

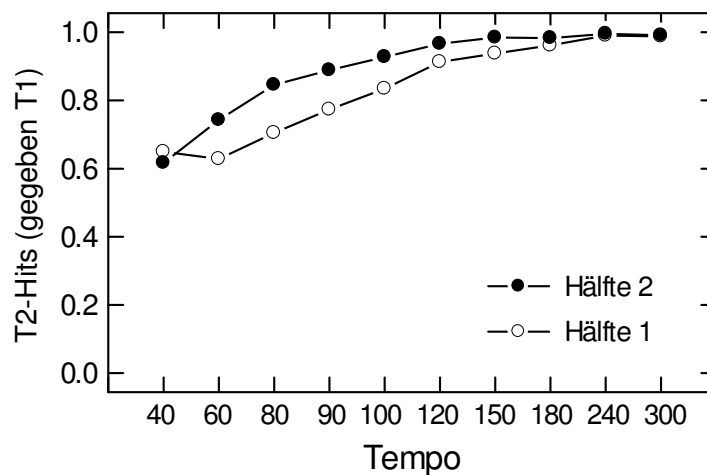


Abbildung 37. Verlauf der über die Lag-Stufen gemittelten T2-Leistungen in Abhängigkeit von Experimentalhälfte und Tempo.

7.3.3 Verteilung von T1-Intrusionen

In 6410 der 36000 Wertungsdurchgänge wurde von den Probanden fälschlicherweise ein von T1 verschiedener Buchstabe als der weiß dargebotene angegeben. Jeder Buchstabenstrom enthielt T1 an erster Position, gefolgt von sieben weiteren Buchstaben. Mögliche T1-Intrusionen waren also T1+1- bis T1+7-Intrusionen. Abbildung 38 zeigt die Verteilung dieser Intrusionen getrennt für die zehn Tempo-Ausprägungen.

Zur Prüfung auf überzufällig häufige Intrusionen wurde für jede Tempobedingung die zu erwartende Häufigkeit einer bestimmten Intrusion berechnet und diese mit der beobachteten Häufigkeit per Chi-Quadrat-Test verglichen (siehe Tabelle 28).

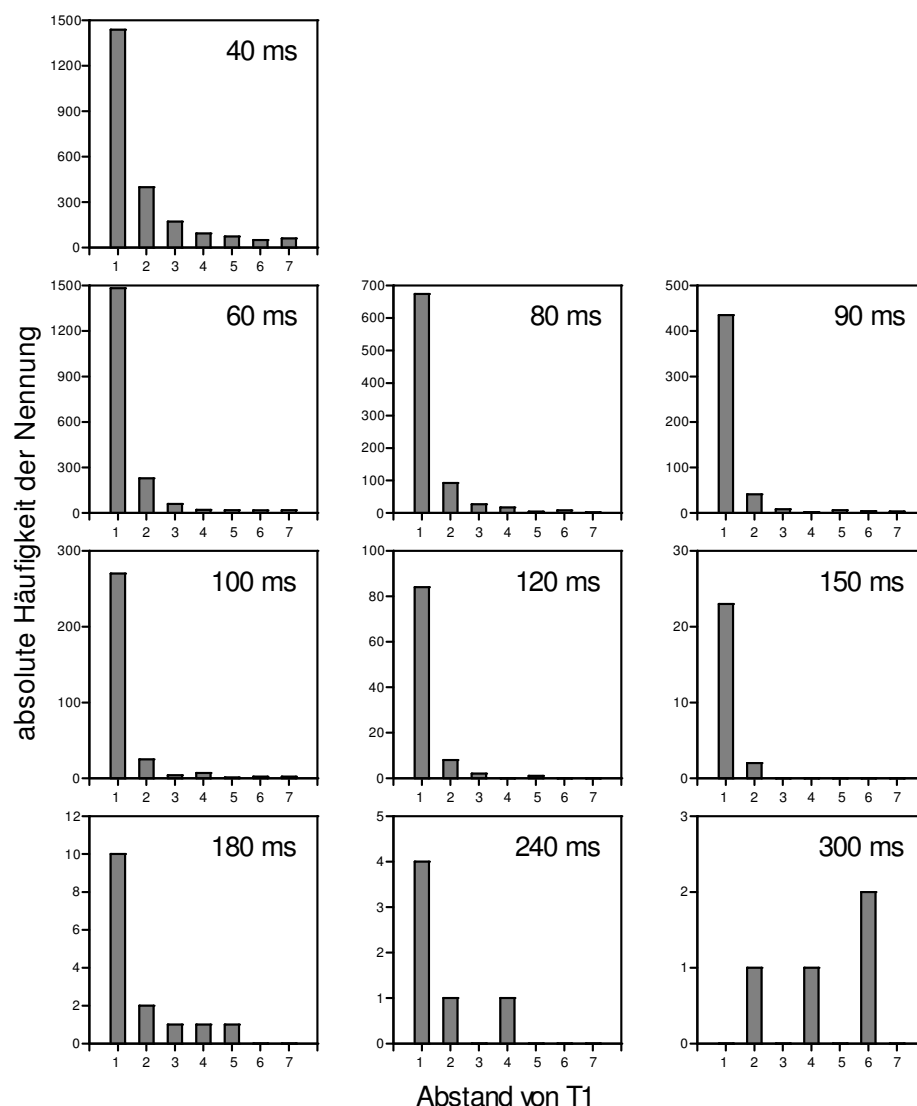


Abbildung 38. Verteilung der T1-Intrusionen getrennt für die Tempo-Bedingungen. Nicht enthalten sind die korrekten T1-Antworten (Abstand 0) sowie Fälle, in denen ein Buchstabe genannt wurde, der nicht im aktuellen Strom enthalten war.

Tabelle 28

Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die T1-Intrusionen der Tempo-Bedingungen. Es wurden alle Intrusionen getestet, bei denen die beobachtete Häufigkeit numerisch größer als die erwartete war.

Tempo	Intrusion	beobachtete Häufigkeit	erwartete Häufigkeit	χ^2 -Wert	p-Wert
40	T1+1	1437	103.28	17940.80	< .001
40	T1+2	398	103.28	876.06	< .001
40	T1+3	171	103.28	46.25	< .001
60	T1+1	1482	78.04	26310.01	< .001
60	T1+2	228	78.04	300.17	< .001
80	T1+1	674	34.68	12276.83	< .001
80	T1+2	92	34.68	98.69	< .001
90	T1+1	435	20.72	8628.33	< .001
90	T1+2	41	20.72	20.676	< .001
100	T1+1	270	12.92	5328.474	< .001
100	T1+2	25	12.92	11.765	< .001
120	T1+1	84	4.00	1666.67	< .001
120	T1+2	8	4.00	4.17	.041
150	T1+1	23	1.20	412.54	< .001
150	T1+2	2	1.20	0.56	.456
180	T1+1	10	0.80	111.21	< .001
180	T1+2	2	0.80	1.88	.171
180	T1+3	1	0.80	0.05	.820
180	T1+4	1	0.80	0.05	.820
180	T1+5	1	0.80	0.05	.820
240	T1+1	4	0.36	38.34	< .001
240	T1+2	1	0.36	1.19	.276
240	T1+3	1	0.36	1.19	.276
300	T1+2	1	0.40	0.94	.333
300	T1+4	1	0.40	0.94	.333
300	T1+6	2	0.40	6.67	.010

In der Tempobedingung 40 ms traten signifikant überzufällig häufig T1+1-, T1+2- und T1+3-Intrusionen auf. Die überzufällige Nennung von ein bis zwei Positionen nach T1 dargebotenen Buchstaben ließ sich für die Tempi 60, 80, 90, 100 und 120 ms statistisch absichern. Bei den Tempo-Stufen 150, 180 und 240 ms wurden signifikant überzufällig häufige T1+1-Intrusionen gefunden. Bei einem RSVP-Tempo von 300 ms erwiesen sich die T1+6-Intrusionen als signifikant überzufällig häufig.

Die Chi-Quadrat-Analysen unter Ausschluss der Nennung des Buchstabens X führten zum gleichen Ergebnismuster (Tabelle C16 im Anhang).

7.4 Diskussion

Die Ergebnisse des dritten Experimentes werden nun in Bezug auf die Hypothesen zu den T1-Leistungen, T2-Leistungen und den T1-Intrusionen diskutiert.

- $H_{1(1)}$: Schnelle RSVP-Tempi führen zu schlechteren T1-Leistungen als langsame tempi.
- $H_{1(2)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T1-Leistungen.
- $H_{1(3)}$: Bei sehr schnellen tempi sind die T1-Leistungen für Lag 1 schlechter als die für Lag-Ausprägungen größer 1.
- $H_{0(4)}$: Bei langsameren Tempo-Stufen gibt es keinen Effekt des Faktors Lag auf die T1-Leistungen.

Der Einfluss des Tempos auf die T1-Leistungen tritt in erwarteter Weise auf, $H_{1(1)}$ kann angenommen werden. Die Ergebnisse der Varianzanalyse, die die Tempo-Stufen 40 bis 120 ms berücksichtigt, sprechen gegen die Annahme von $H_{1(2)}$. Die bis zur Tempo-Stufe 180 ms durchgeführten Kontraste der Lag 1-Bedingung gegen die übrigen Lag-Stufen ergeben allerdings Hinweise auf unterschiedliche Auswirkungen des Faktors Lag bei verschiedenen tempi. Zwar finden sich bei den tempi 80, 90, 100 und 120 ms signifikante Kontraste für Lag 1 gegen die anderen Lag-Stufen, es zeigt sich jedoch ein den Erwartungen entgegengesetztes Muster: Die T1-Leistungen in der Bedingung Lag 1 sind nicht schlechter, sondern besser als die Leistungen bei den restlichen Lag-Stufen. $H_{1(3)}$ wird daher nicht angenommen. $H_{0(4)}$ kann aufgrund der Varianzanalysen für die tempi ab 150 ms bis 300 ms beibehalten werden. Das berichtete Muster der T1-Leistungen ist mit keiner der bekannten Modellvorstellungen zum Attentional Blink vereinbar.

Im Gegensatz zu den restlichen Experimenten des vorliegenden Projekts wurde der erste Zielreiz in Experiment 3 stets ohne Vorwärtsmaske als der erste Reiz der RSVP-Sequenz dargeboten. Beim nach T1 präsentierten Buchstaben (Rückwärtsmaske) handelte es sich entweder um ein X (T2 an Lag 1) oder einen Distraktor (T2 nicht enthalten oder Lag 2 bis 6). Möglicherweise stellt der Buchstabe X eine vergleichsweise schlecht wirkende Rückwärtsmaske für andere Buchstaben dar. In Kombination mit dem Fehlen einer Vorwärtsmaske kann dies in Experiment 3 zur besseren Identifizierbarkeit des ersten Zielreizes in der Bedingung X-Maske (Lag 1) im Vergleich zu anderen Masken (Lag 2 bis 6) geführt haben. Diese post hoc-Erklärung vermag einerseits das mit keiner Theorie zum Attentional Blink konforme Befundmuster zu deuten, erscheint andererseits jedoch vergleichsweise spekulativ. Daher absolvierte eine naive Versuchsperson, die an keinem der anderen Experimente des Projektes teilgenommen hatte, ein einstündiges Kontrollexperiment zu Experiment 3. Der acht Zeichen umfassende RSVP-Strom enthielt als einzigen zu berichtenden Zielreiz einen weißen Buchstaben an Position 1 oder 6. Jeweils in der Hälfte dieser Durchgänge wurde der Zielbuchstabe direkt von einem X gefolgt, in den anderen Fällen von einem zufälligen

Distraktorbuchstaben (außer X und Zielreiz). Dies wurde für je 30 Wertungsdurchgänge randomisiert in den Tempo-Stufen 60, 80, 100 und 120 ms dargeboten. Wurde der Zielreiz an Position 1 im Strom präsentiert, zeigten sich bei allen Tempo-Stufen bessere Leistungen, wenn als Rückwärtsmaske ein X eingesetzt wurde (Abbildung 39, ungefüllte Kreise). Bei einer zusätzlichen Vorwärtsmaskierung durch Prä-Distraktoren waren Leistungsveränderungen durch ein Folge-X nicht konsistent über die verschiedenen Tempo-Bedingungen zu beobachten (Abbildung 39, gefüllte Kreise). Die post hoc-Erklärung des ungewöhnlichen T1-Musters in Experiment 3 wird durch diese Daten gestützt.

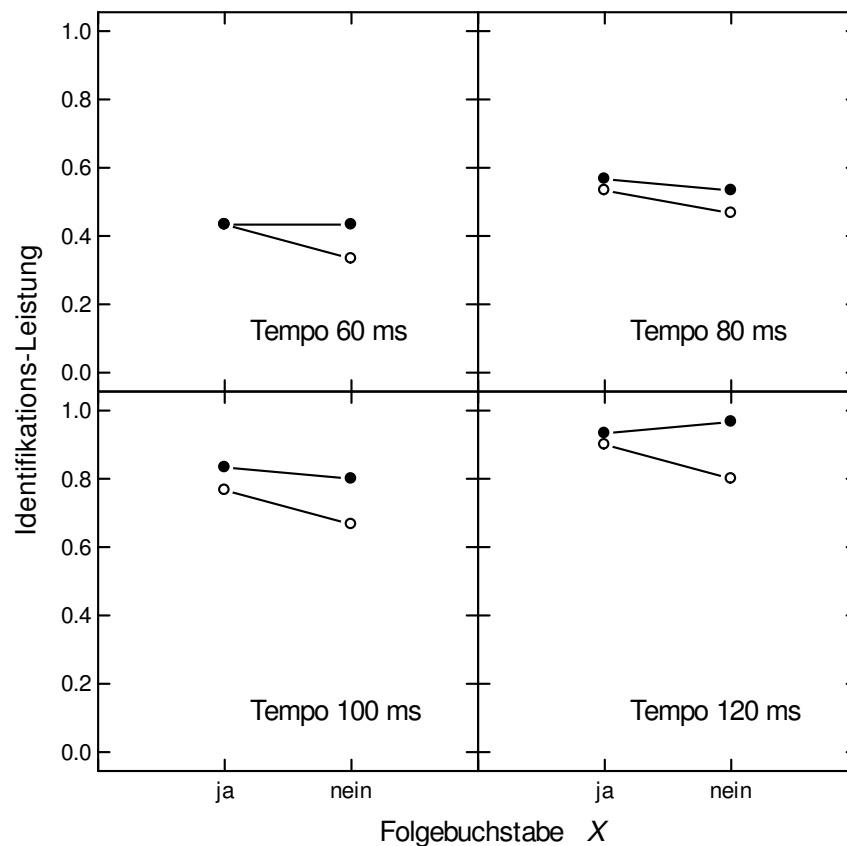


Abbildung 39. Leistungen für die Identifikation eines weißen Buchstabens in Abhängigkeit von der Art der Rückwärtsmaske. Der Zielreiz wurde an Position 1 (ungefüllte Kreise) vs. 6 (gefüllte Kreise) im Strom dargeboten. Es handelt sich um die Daten einer Versuchsperson.

Generell zeigen die Daten von Experiment 3 einen Deckeneffekt in Form von T1-Leistungen nahe 1 bei langsamen Tempi, weshalb nicht ausreichend zu prüfen war, ob der Lag-Einfluss auf das T1-Muster tempoabhängig ist. Eine Ursache dieser sehr guten T1-Leistungen könnte darin bestehen, dass T1 stets als erster der gezeigten Buchstaben präsentiert worden ist. Darüber hinaus kann ein Übungseffekt die Befunde überlagert haben, da die Versuchspersonen insgesamt sechs Sitzungen mit Doppelaufgabe absolvierten. Die getrennte Betrachtung beider Experimentalhälften stützt letzteres jedoch

nicht. Als weiterer qualitativer Unterschied zu den ersten beiden Experimenten fällt der zwar inferenzstatistisch nicht signifikante, aber deskriptiv deutliche Tradeoff von T1- und T2-Leistungen auf.

- $H_{1(5)}$: Der Faktor Lag beeinflusst die T2-Leistungen bei allen Tempo-Stufen.
- $H_{1(6)}$: Bei schnellen Tempi ergeben sich schlechtere T2-Leistungen als bei langsamen Tempo-Stufen.
- $H_{1(7)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T2-Leistungen.
- $H_{1(8)}$: Mit zunehmend langsamerem RSVP-Tempo treten die schlechtesten T2-Leistungen bei immer kleineren Lag-Stufen auf.
- $H_{0(9)}$: Die schlechtesten T2-Leistungen treten bei allen Tempi im selben T1-T2-SOA-Bereich auf.

Für die Tempo-Stufen 100, 180, 240 und 300 ms lässt sich kein Einfluss des Faktors Lag im Sinne eines AB-Effektes zeigen. Die deskriptive Betrachtung der Daten spricht nicht für ein plötzliches Verschwinden des AB-Effektes ab einer bestimmten Präsentationsgeschwindigkeit. Vielmehr nähern sich die T2-Leistungen mit langsameren Tempi allmählich dem Wert 1 an, so dass ein Attentional Blink nicht mehr nachweisbar ist. Keines der bisher in der Literatur berichteten AB-Experimente verwendete solche RSVP-Tempi in Kombination mit einer Untersuchungsdauer von sechs Sitzungen. Dieser Befund wird daher im Sinne eines Übungs- bzw. Deckeneffektes interpretiert. Ein solcher Übungseffekt kann dadurch entstanden sein, dass die Probanden im Gegensatz zu den Experimenten 1 und 2 sechs statt einer Sitzung der Bedingung Doppelaufgabe absolviert haben und eine breitere Tempovariation als üblich stattgefunden hat. So berichten beispielsweise Green und Bavelier (2003) Auswirkungen eines Trainings auf das Ausmaß des Attentional Blink-Effektes. Hierdurch kann allerdings nicht geklärt werden, wieso beim oft verwendeten Tempo 100 ms kein AB-Effekt gefunden werden konnte. Dies lässt sich auch durch keines der existierenden Modelle erklären. In der ersten Experimentalhälfte zeigen sich für Tempo 100 ms zumindest deskriptiv T2-Leistungseinbußen bei den Lag-Stufen 2 und 3. Eine inferenzstatistische Absicherung des Lag-Effektes bei Tempo 100 ms misslingt jedoch auch für die ersten 10 Replikationen ($F_{5, 70} = 0.405$, $p = .778$ (G-G)). In Experiment 4 finden dieselben Tempo-Stufen wie in Experiment 3 Verwendung, wodurch eine breitere Datenbasis geschaffen werden soll.

Die Hypothese schlechterer T2-Leistungen bei schnelleren Tempi ($H_{1(6)}$) und die einer Interaktion von Tempo und Lag auf die T2-Leistungen ($H_{1(7)}$) können wie in den Vorgängerexperimenten erneut angenommen werden.

$H_{1(8)}$ und $H_{0(9)}$ können aufgrund der Analysen über die geschätzten T2-Leistungsminima (l bzw. t) angenommen bzw. beibehalten werden. Dabei ist der Modellanpassungsfehler einzelner Regressionen mitunter relativ hoch (siehe erneut Tabelle C5 bis C10 im Anhang). Das Ziel der Regressionsschätzungen bestand jedoch weniger

in einer möglichst exakten Datenanpassung, als vielmehr in einer möglichst einfachen Schätzung der Stellen geringster T2-Leistungen.

Über die aufgestellten Hypothesen hinaus erschien die Frage interessant, ob ein (schnelles) Tempo existiert, bei dem sich ein Lag 2 Sparing-Effekt finden lässt. Dies ist bei Tempo 60 ms der Fall: Hier zeigt eine einfaktorielle ANOVA über die T2-Leistungen, in die die Lag-Stufen 2 bis 5 eingehen, einen signifikanten quadratischen Trend ($F_{1, 14} = 9.456, p = .008$), aber keinen linearen ($F_{1, 14} = 2.843, p = .114$). Einen zusätzlichen Hinweis auf eine Veränderung des Datenmusters von einer U-Form hin zu einer Monotonie allein durch die Tempoveränderung bietet die Tempobedingung 150 ms: Bei diesem Tempo, dem langsamsten, bei dem noch ein signifikanter Lag-Effekt im Sinne eines Attentional Blink nachweisbar war, ergibt sich unter Einbeziehung aller Lag-Stufen ein signifikanter linearer Trend ($F_{1, 14} = 5.325, p = .037$), jedoch kein quadratischer ($F_{1, 14} = 2.843, p = .17$).

Zusätzlich zeigen die T2-Leistungen einen Alterseffekt auf die Parameter l und t , der in der Art interpretierbar ist, dass jüngere Probanden mehr Repräsentationen bzw. eine längere zeitliche Episode gleichzeitig in Stufe 2 verarbeiten können als ältere Probanden. Anzumerken ist hierzu, dass das Alter in der verwendeten Versuchspersonenstichprobe keine große Streuung aufweist und auch keine Zielvariable der vorliegenden Arbeit darstellt.

- $H_{1(10)}$: Distraktoren, die zeitlich nahe dem ersten Zielreiz dargeboten werden, führen bei allen Tempo-Stufen überzufällig häufig zu T1-Intrusionen.
- $H_{1(11)}$: Je schneller das Tempo, desto mehr Distraktorpositionen nach T1 führen zu überzufällig häufigen T1+n-Intrusionen.

Die Ergebnisse zu überzufällig häufigen T1-Intrusionen sind zur Erhöhung der Anschaulichkeit in Tabelle 29 zusammenfassend dargestellt. Der Begriff der Intrusionsgrenze bezeichnet dabei die Grenze zwischen dem längsten T1-Distraktor-SOA, bei welchem Intrusionen überzufällig auftreten und dem kleinsten T1-Distraktor-SOA, bei dem keine überzufälligen Intrusionen gefunden worden sind.

Betrachtet man alle realisierten Tempo-Bedingungen, so kann keine der beiden Hypothesen zu den T1-Intrusionen angenommen werden. Schließt man die Tempobedingung 300 ms aus der Betrachtung aus, lassen sich hingegen beide Hypothesen stützen: Die Wahrscheinlichkeit, einen Distraktor anstelle von T1 zu nennen ist höher für Distraktoren in T1-Folgepositionen. T1+2 bzw. T1+3-Intrusionen treten nur bei schnellen Tempi auf. Ein solches Vorgehen scheint angezeigt, da bei Tempo 300 ms insgesamt nur zehn T1-Fehler aufgetreten sind, wovon vier als Intrusionen zu werten sind (je eine T1+2- und T1+4-Intrusion und zwei T1+6-Intrusionen). Eine Interpretation der zugehörigen Chi-Quadrat-Tests zu den T1-Intrusionen bei 300 ms soll aufgrund dieser geringen Effektgröße nicht vorgenommen werden. Für die Tempi 80 bis 240 ms lässt sich eine gemeinsame zeitliche Intrusionsgrenze von 240 ms finden, bestimmt anhand

der T1-Distraktor-SOAs für überzufällig häufige vs. nicht überzufällig häufige Intrusionen. Eine leicht nach unten verschobene Grenze findet sich bei den Tempi 40 und 60 ms (siehe erneut Tabelle 29). Eine in Positionen gemessene Intrusionsbreite verkleinert sich mit langsamer werdenden Tempi von einer Intrusionsbreite, die drei Positionen nach T1 umfasst, zu einem nur T1+1 umfassenden Bereich (hierbei ist die Tempobedingung 300 ms erneut ausgeschlossen).

Tabelle 29
Zusammenfassende Darstellung der Befunde zu den T1-Intrusionen aus Experiment 3.

Tempo	überzufällige Intrusionen	Intrusionsgrenze in ms
40	T1+1, T1+2, T1+3	120] [160
60	T1+1, T1+2	120] [180
80	T1+1, T1+2	160] [240
90	T1+1, T1+2	180] [270
100	T1+1, T1+2	200] [300
120	T1+1, T1+2	240] [360
150	T1+1	150] [300
180	T1+1	180] [360
240	T1+1	240] [480
300	T1+6	?] [?

Eine gemeinsame Deutung der Befunde zu den T1- und T2-Leistungen und den T1-Intrusionen im Sinne eines alle Muster erklärenden Modells erscheint schwierig. Einerseits sprechen das Muster der T2-Leistungen und das der T1-Intrusionen für ein Zwei-Stufen-Modell unter der Annahme der Verarbeitung einer zeitlichen Episode in Stufe 2. Das Muster der T1-Leistungen hingegen ist durch keines der existierenden Modelle oder deren Modifikation erklärbar. Eventuell zeigt sich hier eine spezifische Auswirkung der Variation, keinen Distraktor vor dem ersten Zielreiz zu präsentieren, T1 also ohne Vorwärtsmaskierung darzubieten. In diesem Zusammenhang sei an die geschilderten abweichenden Befundmuster beim Skelett-Paradigma im Vergleich zum klassischen RSVP-Paradigma erinnert, die ebenfalls darauf hindeuten, dass die direkt nach den beiden Zielreizen präsentierten Masken bzw. Distraktoren nicht die einzigen Einflussfaktoren auf spezifische Eigenarten des Attentional Blink-Effektes darstellen (siehe Kapitel 3.5.5 und 3.6.3). Dennoch kann zusammenfassend festgehalten werden, dass sich die vorliegenden Befunde mit der Hypothese der Verarbeitung einer zeitlichen Episode vereinbaren lassen und nicht mit der Annahme, dass eine bestimmte Anzahl an Reizen bzw. Repräsentationen gemeinsam verarbeitet wird.

8 Experiment 4

Experiment 4 glich dem dritten Experiment in Bezug auf Versuchsplan und Hypothesen. Analog zu Experiment 1 wurde jedoch mit einem vollständigen RSVP-Strom gearbeitet. Das Tempo des aktuellen Durchgangs war somit erneut vor der Darbietung des ersten Zielreizes vorhersagbar, wurde aber in einem breiteren Bereich als in Experiment 1 (und 2) variiert.

8.1 Methode

8.1.1 Aufgabe der Versuchsperson

Der Proband sollte nach der Präsentation eines Buchstabenstroms die Identität des enthaltenen weißen Buchstabens angeben und eine Entscheidung über das Vorhandensein des Buchstabens X in der Buchstabenfolge treffen.

8.1.2 Stichprobe

Als Versuchsteilnehmer konnten 14 Studierende der Psychologie und eine Studentin der Politikwissenschaft gewonnen werden. Die jüngste Versuchsperson war 18 Jahre alt, die älteste 33 ($M = 24.1$; $SD = 4.91$). Alle Versuchspersonen waren weiblich und verfügten über eine normale bzw. auf normal korrigierte Sehfähigkeit. Ferner gaben alle Versuchsteilnehmer an Rechtshänder zu sein und wurden auf Wunsch durch Gutschrift von sechs Versuchspersonenstunden entlohnt. Die Rekrutierung der Versuchspersonen erfolgte über Aushänge im psychologischen Institut der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Die Teilnahme am Versuch war freiwillig. In Tabelle 30 sind Alter, Studienfach und -semester und die Art der Vergütung einzeln für die Versuchspersonen aufgeführt.

Tabelle 30

Alter, Studienfach (Fachsemester in Klammern) und Art der Vergütung der einzelnen Versuchspersonen aus Experiment 4.

Vp-Nr.	Alter	Studienfach	gewählte Vergütung
1	32	Psych. (6)	VP-Stunden
2	27	Psych. (2)	VP-Stunden
3	20	Psych. (2)	VP-Stunden
4	21	Psych. (2)	VP-Stunden
5	25	Psych. (4)	VP-Stunden
6	18	Psych. (2)	VP-Stunden
7	19	Psych. (2)	VP-Stunden
8	22	Politikwiss. (4)	-
9	29	Psych. (4)	VP-Stunden
10	19	Psych. (2)	VP-Stunden
11	33	Psych. (4)	VP-Stunden
12	27	Psych. (2)	VP-Stunden
13	24	Psych. (2)	VP-Stunden
14	21	Psych. (2)	VP-Stunden

8.1.3 Versuchsdesign und Operationalisierung

Dem Versuch lag dasselbe 10 (Tempo) \times 6 (Lag) \times 2 (Anwesenheit von T2)-Design zugrunde, das in Experiment 3 verwendet wurde. Die Operationalisierung dieser Variablen erfolgte identisch zu der in Experiment 3 beschriebenen Vorgehensweise (vgl. Kapitel 7.2.3). Als abhängige Variablen wurden analog zu den vorigen Experimenten die Leistungen für die Identifikation von T1 und die X-Entdeckungsleistung erfasst sowie die Identität des Buchstabens, der von der Versuchsperson als erster Zielreiz angegeben wurde.

8.1.4 Durchführung

Der Versuch wurde im Juni und Juli des Jahres 2004 durchgeführt. Apparatur und Reize sowie die Instruktion für die Versuchspersonen waren identisch zur Versuchsdurchführung von Experiment 3. Ebenso erfolgte zwischen den Versuchspersonen eine Variation der Tastenbelegung für die Entdeckungsaufgabe, wobei mit einer geraden Versuchspersonennummer die gelb markierte Taste für die Ja-Antwort verbunden war.

Auch der Ablauf des Versuchs glich dem von Experiment 3 mit Ausnahme der Zusammensetzung des Buchstabenstroms: Die Buchstabenfolge eines Durchgangs begann mit sieben bis zwölf Distraktoren, denen der erste Zielreiz folgte. Nach diesem wurden sieben weitere Buchstaben gezeigt. Bei Durchgängen mit vorhandenem zweiten Zielreiz wurde je nach Ausprägung des Faktors Lag ein X als erster bis sechster Buch-

stabe nach T1 dargeboten. Die Folge enthielt somit insgesamt 15 bis 20 Buchstaben, von denen die ersten sieben und der letzte stets Distraktoren darstellten. Das Ziehen der Distraktoren erfolgte zufällig ohne Zurücklegen aus der Menge der Buchstaben A bis Z, wobei T1 und X ausgeschlossen waren.

Abbildung 40 verdeutlicht den Aufbau der verwendeten Buchstabenfolgen anhand dreier Beispiele. Der Aufbau des Buchstabenstroms war für die acht Buchstaben ab T1 identisch zu Experiment 3, der Unterschied ergab sich durch die dem ersten Zielreiz vorausgehenden Distraktoren.

Jede Versuchsperson absolvierte 2400 Wertungsdurchgänge, die sich aus der 20-fachen Präsentation der 120 Bedingungskombinationen der unabhängigen Variablen ergaben. Diese Wertungsdurchgänge waren dabei so auf die sechs Sitzungen verteilt, dass die ersten zehn Wiederholungen jeder Kombination in den Sitzungen 1 bis 3 enthalten waren und Präsentation elf bis 20 in den letzten drei Sitzungen. Der Ablauf eines Durchgangs hatte dieselbe Struktur wie in Experiment 3.

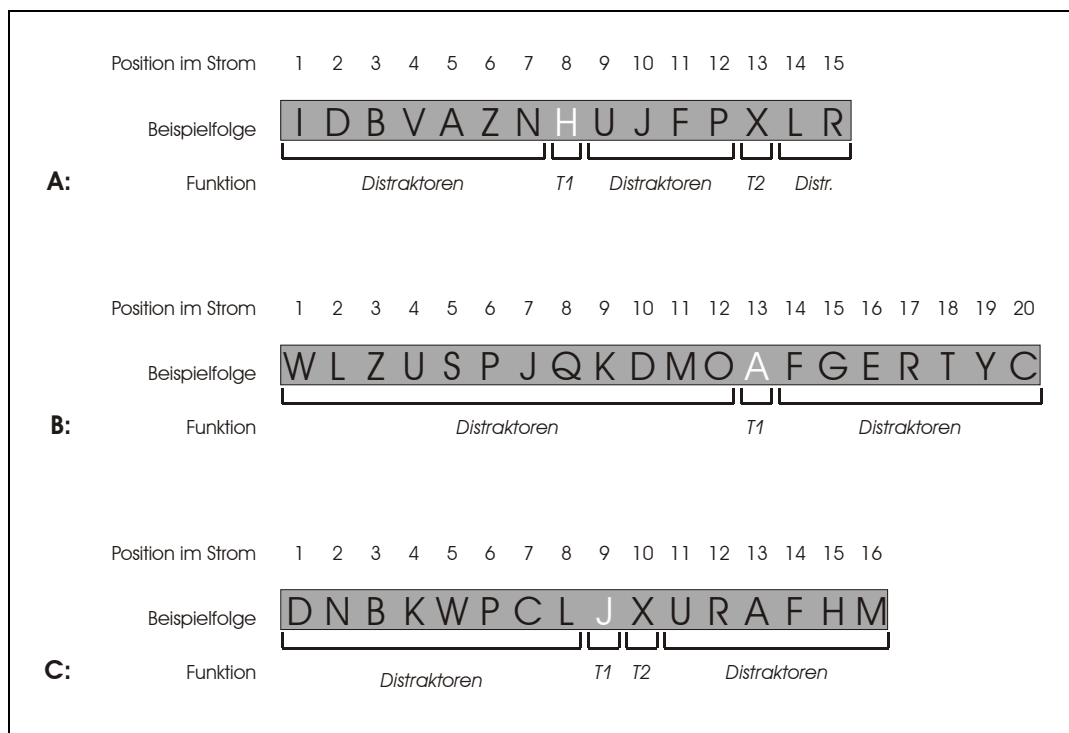


Abbildung 40. Drei Beispiele für die Zusammensetzung eines Buchstabenstromes in Experiment 4. A: mit X an Lag 5; B: ohne X; C: mit X an Lag 1.

8.2 Ergebnisse

Es wurden zunächst die Maße T1-korrekt, T2-Hits (gegeben T1 korrekt), T2-Hits (unabhängig von T1) und d' für die X-Entdeckung getrennt für die Probanden berechnet (vergleiche Kapitel 5.3). Sie sind in Tabelle 31 dargestellt.

Tabelle 31

Übersicht über die von den einzelnen Versuchspersonen erreichten Maße T1-korrekt, T2-Hits (gegeben T1 korrekt), T2-Hits (unabhängig von der T1-Antwort) und T2- d' für Experiment 4.

Vp-Nr.	T1-korrekt	T2-Hits (gegeben T1 korrekt)	T2-Hits	T2- d'
1	82.5	74.4	72.6	1.609
2	91.4	97.3	96.9	2.753
3	78.7	89.4	87.2	1.949
4	87.5	71.9	71.1	2.201
5	89.3	90.8	90.2	2.112
6	90.7	94.0	92.7	2.293
7	89.1	80.5	87.9	1.559
8	93.1	98.1	97.6	2.825
9	75.5	60.3	60.0	2.550
10	94.3	92.6	92.8	2.857
11	90.2	85.4	85.2	2.014
12	74.7	82.9	79.9	1.625
13	92.3	81.6	81.7	2.021
14	83.2	75.3	73.6	2.036

Die über die Versuchsteilnehmer gemittelten Leistungsmaße betragen für das Maß T1-korrekt 86.6 ($SD = 6.54$), für die T2-Hits (gegeben T1) 83.9 ($SD = 10.82$), für die T2-Hits (unabhängig von T1) 82.9 ($SD = 10.97$) und für die d' -Werte 2.172 ($SD = 0.439$).

Ein Tradeoff der Leistungen für beide Zielreize in Form eines negativen linearen Zusammenhangs zeigte sich weder anhand der Korrelation der T1-korrekt und der T2-Hits (gegeben T1 korrekt) ($r = .653$, $p = .011$), noch über eine Korrelation der T1-korrekt und der T2-Hits (unabhängig von T1) ($r = .603$, $p = .022$).

8.2.1 Einflüsse auf die T1-Leistungen

Für die einzelnen Bedingungskombinationen der Faktoren Tempo und Lag wurden die T1-Leistungen berechnet. Dabei wurden nur Durchgänge mit dargebotenem zweiten Zielreiz betrachtet. Die T1-Leistungen nahmen deskriptiv mit schnellerem Tempo ab, für Tempo-Bedingungen langsamer als 150 ms wurden Werte nahe 1 gefunden (siehe Abbildung 41). Nur für Präsentationsraten von 60 und 240 ms lagen die mittleren T1-Leistungen für Lag 1 numerisch unter denen der anderen Lag-Stufen.

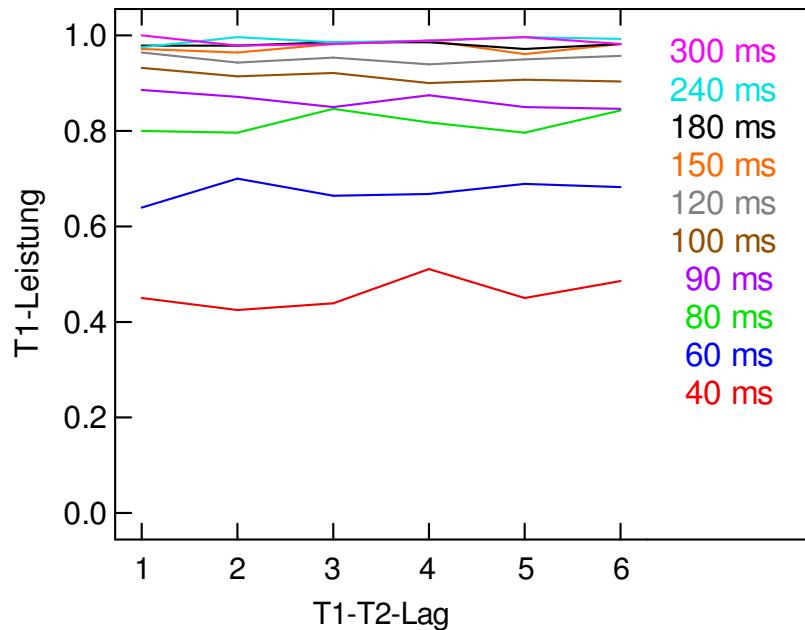


Abbildung 41. Über die Versuchspersonen gemittelte T1-Leistungen getrennt nach Tempo- und Lag-Bedingung. Es sind nur Durchgänge mit Doppelaufgabe enthalten, in denen ein X präsentiert wurde.

In der Bedingungskombination [Tempo 300 ms, Lag 1] ergab sich eine Varianz der T1-Leistungen von 0. Die zweifaktorielle Varianzanalyse, in die die Tempo-Stufen 40 bis 240 ms eingingen, zeigte einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Tempo ($F_{8, 104} = 82.204$, $p < .001$ (G-G)). Weder der Haupteffekt der Variablen Lag ($F_{5, 65} = 0.590$, $p = .669$ (G-G)) noch die Interaktion beider Faktoren ($F_{40, 520} = 0.885$, $p = .530$ (G-G)) ließ sich statistisch absichern.

Tabelle 32 enthält die Kennwerte der geplanten einfaktoriellen Varianzanalysen zur Prüfung eines tempospezifischen Lag-Einflusses. Keiner der Effekte erreichte einen p -Wert kleiner als 0.10. Auf die Berechnung der zugehörigen Kontraste wurde daher verzichtet.

Über eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Experimentalhälfte, Tempo und Lag wurde das Befundmuster auf Veränderungen mit zunehmender Übung geprüft. Dabei gingen die Tempo-Stufen 150, 240 und 300 ms aufgrund fehlender Varianz einzelner Bedingungskombinationen nicht in die Berechnungen ein. Die Interaktion Experimentalhälfte \times Tempo ($F_{6, 78} = 5.792$, $p = .002$ (G-G)) sowie der Haupteffekt der Experimentalhälfte ($F_{1, 13} = 57.843$, $p < .001$) ließen sich statistisch absichern, alle anderen Interaktionen unter Beteiligung dieses Faktors nicht (siehe Anhang, Tabelle D1). Es zeigten sich T1-Leistungsverbesserungen im Laufe des Experimentes, die für langsame Tempi schwächer ausgeprägt waren (siehe Abbildung 42).

Die dreifaktoriellen Varianzanalysen zur Prüfung der Einflüsse von Alter (per Mediansplit) und Tastenbelegung erbrachten für alle Effekte unter Beteiligung dieser Gruppierungsfaktoren p -Werte größer als .10 (siehe Anhang, Tabellen D2 und D3).

Tabelle 32

Kennwerte der einfaktoriellen Varianzanalysen zum Einfluss des Faktors Lag auf die T1-Leistungen getrennt für die verschiedenen Tempo-Bedingungen. Für die Tempobedingung 300 ms wurde die Stufe Lag 1 aufgrund fehlender Varianz ausgeschlossen.

Tempo	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
40	1.283	5	65	0.290 ^a
60	0.499	5	65	0.692 ^a
80	0.860	5	65	0.491 ^a
90	0.885	5	65	0.464 ^a
100	0.615	5	65	0.640 ^a
120	0.600	5	65	0.601 ^a
150	1.509	5	65	0.221 ^a
180	0.386	5	65	0.720 ^a
240	2.044	5	65	0.132 ^a
300	2.047	4	52	0.122 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

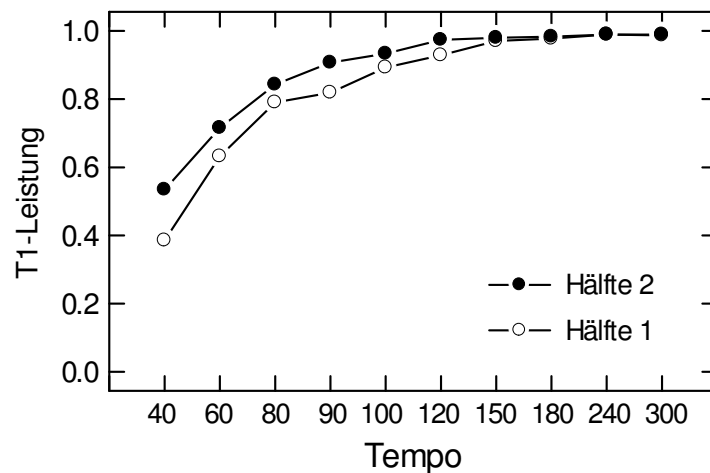


Abbildung 42. Verlauf der über die Lag-Stufen gemittelten T1-Leistungen in Abhängigkeit von Experimentalhälfte und Tempo.

8.2.2 Einflüsse auf die T2-Hits (gegeben T1)

Abbildung 43 zeigt den Verlauf der mittleren T2-Leistungen getrennt für die Tempo-Bedingungen in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag bzw. T1-T2-SOA. Deskriptiv ersichtlich waren bessere T2-Leistungen mit zunehmend langsamerem RSVP-Tempo sowie eine Verlagerung der Stelle der numerisch schlechtesten T2-Leistung zu früheren Lag-Stufen hin. So zeigten die Leistungen für Tempi zwischen 60 und 120 ms einen U-

förmigen Verlauf, die für Tempi zwischen 150 und 240 ms einen monotonen. Die numerisch geringsten T2-Leistungen fanden sich bei T1-T2-SOA-Stufen um 200 ms.

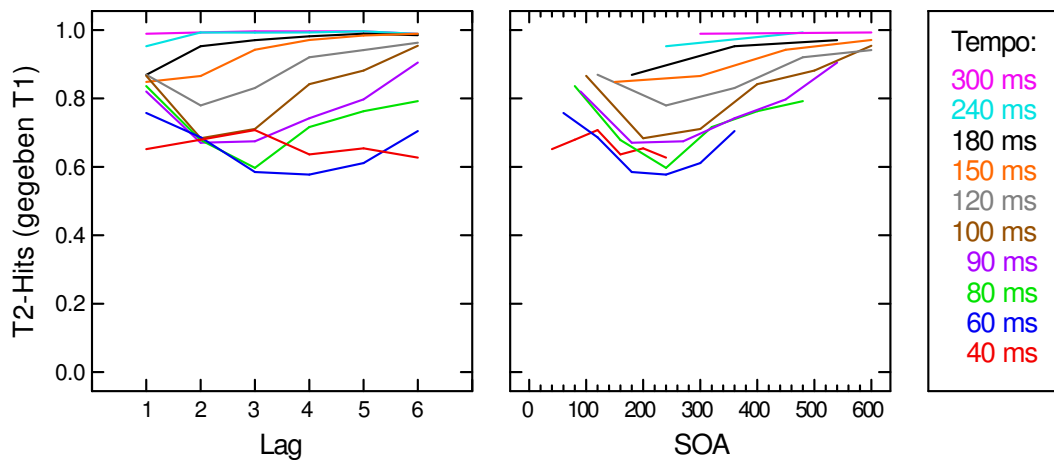


Abbildung 43. Über die Versuchspersonen gemittelte T2-Hits (gegeben T1), getrennt für die Tempo-Bedingungen. Links: In Abhängigkeit vom T1-T2-Lag. Rechts: In Abhängigkeit vom T1-T2-SOA, wobei Werte im SOA-Bereich größer 600 ms nicht enthalten sind.

Durch eine zweifaktorielle Varianzanalyse konnten die Haupteffekte der Faktoren Tempo ($F_{9, 117} = 18.170$, $p < .001$ (G-G)) und Lag ($F_{5, 65} = 8.855$, $p = .001$ (G-G)) und deren Interaktionseffekt ($F_{45, 585} = 5.692$, $p < .001$ (G-G)) auf die T2-Leistungen abgesichert werden. Ein signifikanter Effekt des Faktors Lag ließ sich bei allen Tempo-Stufen außer bei 40 und 300 ms finden (siehe Tabelle 33).

Tabelle 33

Kennwerte der einfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung zur Prüfung des Lag-Effektes auf die T2-Leistungen unter den verschiedenen Tempo-Ausprägungen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung.

Tempo	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
40	0.553	5	65	.682 ^a
60	5.019	5	65	.004 ^a
80	7.702	5	65	< .001 ^a
90	9.859	5	65	< .001 ^a
100	11.465	5	65	< .001 ^a
120	7.887	5	65	< .001 ^a
150	7.518	5	65	.005 ^a
180	6.930	5	65	.008 ^a
240	4.212	5	65	.020 ^a
300	0.532	5	65	.664 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Für die Tempo-Stufen 60 bis 240 ms wurden für die einzelnen Versuchspersonen die Stellen der geringsten T2-Leistungen (die Parameter l bzw. t) über kontinuierliche abschnittsweise nicht-lineare Regressionen bestimmt (siehe Gleichungen (4) und (5) in Kapitel 7.3.2). Für die Akzeptanz einer Regressionslösung galten die gleichen Einschränkungen wie in Experiment 3 (vgl. Kapitel 7.3.2). Im Anhang sind die Parameterschätzungen und Modellanpassungsgüten aller Regressionslösungen gelistet (Tabellen D4 bis D9). Die über alle Regressionslösungen gemittelte Modellanpassungsgüte betrug $R^2 = .650$.

Für mehrere Fälle konnten keine Regressionslösungen gefunden werden: So erreichte Versuchsperson 8 bei Tempo 100 bis 240 ms bei allen Lag-Stufen T2-Leistungen von 1.0. Die Probanden 5, 10 und 14 zeigten dies bei Tempo 240 ms, Versuchsperson 2 bei 150 ms. In zwei Fällen wiesen die Daten einen umgekehrt U-förmigen Verlauf auf: Proband 2, Tempo 180 ms und Proband 9, Tempo 60 ms. Somit lagen für acht Personen bei allen Tempo-Stufen gültige Regressionslösungen vor. Abbildung 44 stellt die über diese Probanden gemittelten Parameter l und t in Abhängigkeit vom RSVP-Tempo dar (gefüllte Kreise). Zusätzlich sind die Werte enthalten, die sich bei Mittelung über alle vorliegenden Parameterschätzungen ergaben (ungefüllte Kreise). Deskriptiv wurde eine Abnahme des Parameters l mit langsameren Tempi sichtbar, wohingegen der Parameter t nur geringen Schwankungen unterlag und im Mittel 227.1 betrug ($SD = 61.77$).

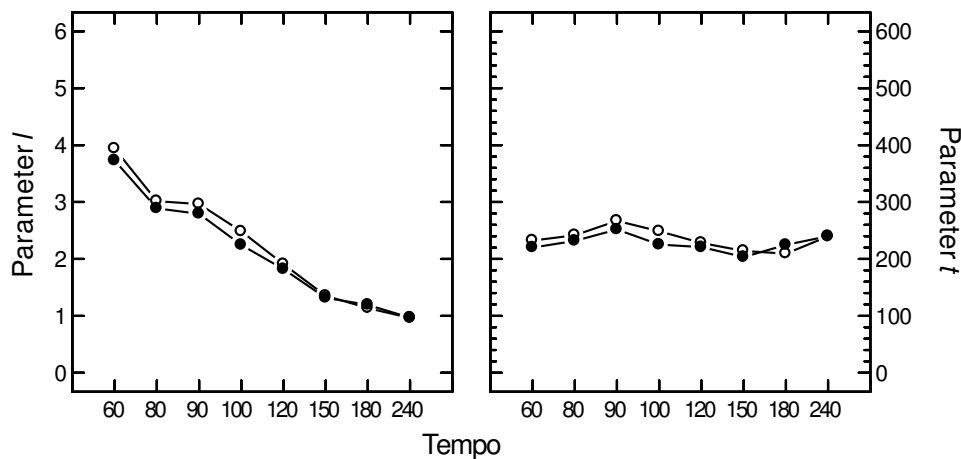


Abbildung 44. Gemittelte Parameter l (links) und t (rechts) in Abhängigkeit vom RSVP-Tempo. In die Mittelung gingen alle gültigen Regressionslösungen ein (ungefüllte Kreise) bzw. nur die Parameterwerte der acht Probanden ohne fehlende Werte (gefüllte Kreise).

Der Faktor Tempo beeinflusste den Parameter l ($F_{7, 49} = 21.263$, $p < .001$ (G-G)), nicht jedoch t ($F_{7, 49} = 0.596$, $p = .614$ (G-G)). Einzelvergleiche nach Scheffé differenzierten zwischen l -Parametern folgender Tempopaare ($p < .05$): 60 vs. 100 ms, 60 vs.

120 ms, 60 vs. 150 ms, 60 vs. 180 ms, 60 vs. 240 ms, 80 vs. 150 ms, 80 vs. 180 ms, 80 vs. 240 ms, 90 vs. 150 ms, 90 vs. 180 ms, 90 vs. 240 ms und 100 vs. 240 ms.

In die bislang berichteten Analysen zu den Parametern l und t wurden nur die acht der 14 Versuchspersonen aufgenommen, die bei keiner einzigen Parameterschätzung einen fehlenden Wert aufwiesen. Es erscheint unbefriedigend, die Hypothesenprüfung auf so wenige Versuchspersonen zu stützen. Fehlende Werte traten gehäuft in der Tempobedingung 240 ms auf: Mehrere Versuchspersonen zeigten hier T2-Leistungen sehr nahe 1, was eine Schätzung der Modellparameter erschwerte (höhere Anpassungsfehler) bzw. misslingen ließ (fehlende Werte). Elf der 14 Probanden zeigten gültige Modellschätzungen für die Parameter l und t in den Tempo-Stufen 60 bis 180 ms. Auch für diese Probandenstichprobe zeigte sich ein signifikanter Effekt des Tempos auf die l -Werte ($F_{6, 60} = 17.434, p < .001$ (G-G)) und kein solcher Einfluss auf die t -Werte ($F_{6, 60} = 0.501, p = .706$ (G-G)). Die aufgrund fehlender Werte hierbei ausgeschlossenen Probanden 2 und 9 zeigen deskriptiv einen ähnlichen Verlauf der Parameterschätzungen. Die ausgeschlossene Versuchsteilnehmerin 8 erzielte bei allen Tempi sehr gute T2-Leistungen (siehe oben). Für die Tempi 60, 80 und 90 ms ergaben die Parameterschätzungen für Versuchsperson 8 mit langsamen Tempi ansteigende t -Werte (60 ms: 346, 80 ms: 449, 90 ms: 585) und l -Werte nahe Lag 6 (60 ms: 5.8, 80 ms: 5.6, 90 ms: 6.4). Beide Parameter fielen damit für Versuchsperson 8 insgesamt deutlich höher aus als für die übrigen Probanden (siehe auch Abbildung D1 und D2 im Anhang).

Zwei dreifaktorielle Varianzanalysen über die T2-Leistungen mit den Gruppierungsfaktoren Alter (per Mediansplit) bzw. Tastenbelegung erbrachten keine Hinweise für einen Einfluss dieser Variablen auf das Befundmuster (siehe Tabellen D10 und D11 im Anhang). Das Alter wirkte weder in Form von Haupteffekten auf die Parameter l und t , noch in Form von Interaktionen mit dem Faktor Tempo (Tabelle D12 im Anhang). Aufgrund der geringen Stichprobengrößen bei einer Unterteilung der Probanden ohne fehlende Werte (für Ja-Taste links: $n = 5$, für Ja-Taste rechts: $n = 3$) wurde auf eine inferenzstatistische Analyse des Einflusses der Tastenbelegung auf die Parameter l und t verzichtet. Deskriptiv bestand ein Niveauunterschied, aber keine verschiedenartige Abhängigkeit der Parameterwerte vom Tempo (Abbildung D3 im Anhang).

Eine dreifaktorielle Varianzanalyse zur Prüfung eines unterschiedlichen Befundmusters in beiden Experimentalhälften erbrachte einen Haupteffekt der Experimentalhälfte auf die T2-Leistungen ($F_{1, 13} = 14.834, p = .002$). Die restlichen Effekte unter Beteiligung dieses Faktors wiesen p -Werte größer als .10 auf (siehe Tabelle D13 im Anhang). Es fand eine generelle Leistungssteigerung im Laufe des Experimentes statt, das deskriptive T2-Minimum verschiebt sich in beiden Experimentalhälften mit langsameren Tempi zu kleineren Lag-Stufen hin (siehe Anhang, Abbildung D4).

8.2.3 Verteilung von T1-Intrusionen

In 4497 von 33600 Wertungsdurchgängen wurden T1-Fehler begangen. Theoretisch möglich waren Intrusionen von T1–12 bis T1+7 sowie die Nennung eines nicht im Strom enthaltenen Buchstabens.

Zur Prüfung auf überzufällige Häufungen wurden Chi-Quadrat-Tests für alle Intrusionen durchgeführt, deren beobachtete Häufigkeiten die erwarteten numerisch überstiegen. Tabelle 34 enthält die Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die geprüften T1+n-Intrusionen, Tabelle 35 die der geprüften T1–n-Intrusionen.

Tabelle 34

Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die T1+n-Intrusionen der Tempo-Bedingungen. Es wurden alle Intrusionen getestet, bei denen die beobachtete Häufigkeit numerisch größer als die erwartete war.

Tempo	Intrusion	beobachtete Häufigkeit	erwartete Häufigkeit	χ^2 -Wert	p-Wert
40	T1+1	158	71.04	110.88	< .001
40	T1+2	206	71.04	267.08	< .001
40	T1+3	146	71.04	82.40	< .001
40	T1+4	108	71.04	20.03	< .001
40	T1+5	76	71.04	0.36	.548
40	T1+6	79	71.04	0.93	.335
40	T1+7	83	71.04	2.10	.148
60	T1+1	361	42.68	2473.05	< .001
60	T1+2	140	42.68	231.16	< .001
60	T1+3	64	42.68	11.09	< .001
80	T1+1	307	23.04	3645.53	< .001
80	T1+2	45	23.04	21.80	< .001
90	T1+1	254	17.24	3386.95	< .001
90	T1+2	30	17.24	9.838	.002
100	T1+1	177	10.92	2631.121	< .001
100	T1+2	18	10.92	4.782	.029
120	T1+1	110	7.04	1568.53	< .001
150	T1+1	53	3.56	715.21	< .001
150	T1+2	6	3.56	1.742	.187
180	T1+1	28	2.12	329.10	< .001
240	T1+1	4	1.04	8.78	.003
240	T1+2	2	1.04	0.92	.337
240	T1+6	3	1.04	3.85	.050
240	T1+7	3	1.04	3.85	.050
300	T1+1	6	1.20	20.00	< .001
300	T1+3	3	1.20	2.81	.094
300	T1+5	2	1.20	0.56	.456

Tabelle 35

Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die T1-n-Intrusionen der Tempo-Bedingungen. Es wurden alle Intrusionen getestet, bei denen die beobachtete Häufigkeit numerisch größer als die erwartete war.

Tempo	Intrusion	beobachtete Häufigkeit	erwartete Häufigkeit	χ^2 -Wert	p-Wert
40	T1-1	130	71.04	50.97	< .001
40	T1-2	120	71.04	35.15	< .001
40	T1-3	91	71.04	5.84	.016
40	T1-4	72	71.04	0.01	.906
60	T1-1	137	42.68	217.13	< .001
60	T1-2	62	42.68	9.11	.003
80	T1-1	96	23.04	240.67	< .001
90	T1-1	63	17.24	126.52	< .001
100	T1-1	41	10.92	86.31	< .001
120	T1-1	30	7.04	78.00	< .001
150	T1-1	9	3.56	8.66	.003
180	T1-1	7	2.12	11.701	< .001
180	T1-2	3	2.12	0.38	.537
240	T1-7	3	1.04	3.85	.050
300	T1-1	3	1.20	2.81	.094
300	T1-2	2	1.20	0.56	.456
300	T1-5	2	1.20	0.56	.456
300	T1-10	2	1.20	0.56	.456

Als Positionen, die auf der Seite der T1+n-Intrusionen überzufällig häufige T1-Fehlerquellen darstellten ($p < .05$), erwiesen sich für die Tempobedingung 40 ms T1+1 bis T1+4, für Tempo 60 ms T1+1 bis T1+3, für die Tempi 80, 90 und 100 ms T1+1 und T1+2, für die Tempi 120, 150, 180, 240 und 300 ms T1+1. Abbildung 45 veranschaulicht die Änderung der Verteilung von T1-Intrusionen über die Tempo-Stufen.

Darüber hinaus wurden überzufällig häufig Buchstaben als T1 genannt, die direkt vor dem ersten Zielreiz dargeboten worden waren (Tempo 40 bis 180 ms), zwei Positionen vor T1 (Tempo 40 und 60 ms), drei Positionen vor T1 (Tempo 40 ms) und sieben Positionen vor T1 (Tempo 240 ms). Bei Tempobedingung 300 ms fanden sich keine überzufällig häufigen T1-n-Intrusionen.

Unter Ausschluss der Durchgänge, in denen bei präsentiertem zweiten Zielreiz der Buchstabe X fälschlicherweise als weiß dargeboten angegeben wurde ergab sich die einzige inferenzstatistisch bedeutsame Veränderung für die T1+2-Intrusionen bei Tempo 100 ms (alle Fälle: $\chi^2 = 4.78$, $df = 1$, $p = .029$, ohne mögliche Verwechslungen: $\chi^2 = 2.97$, $df = 1$, $p = .085$). Die zugehörigen Kennwerte der restlichen Chi-Quadrat-Tests befinden sich im Anhang (Tabelle D14).

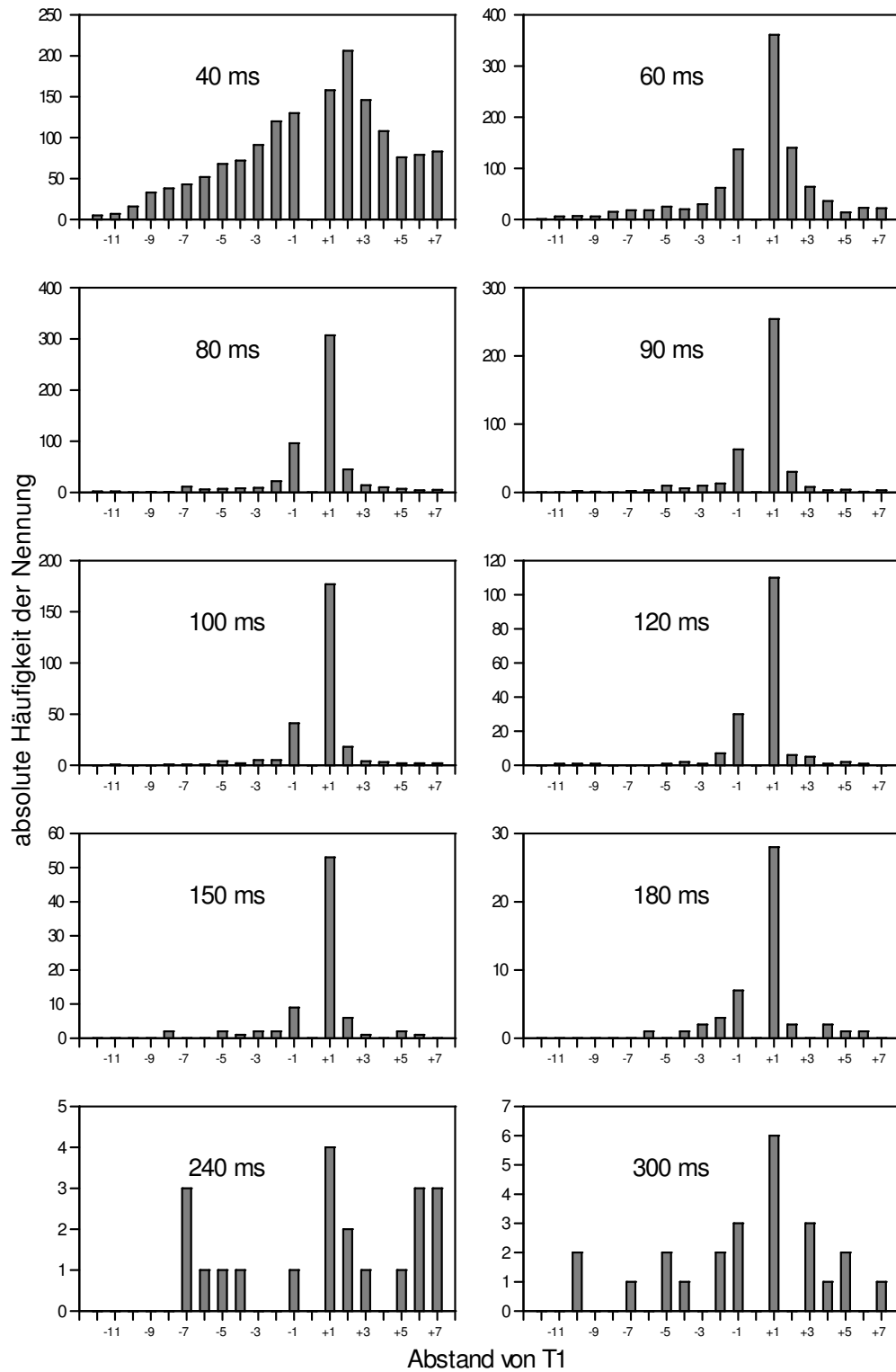


Abbildung 45. Verteilung der T1-Intrusionen getrennt für die Tempo-Bedingungen. Nicht enthalten sind die korrekten T1-Antworten (Abstand 0) sowie Fälle, in denen ein Buchstabe genannt wurde, der nicht im aktuellen Strom enthalten war.

8.2.4 Vergleich der Experimente 3 und 4

Beim Vergleich des Befundmusters der Experimente 3 und 4 ließen sich die Interaktionen Experiment \times Tempo und Experiment \times Lag auf die T1-Leistungen statistisch absichern (siehe Tabelle 36). In dieser dreifaktoriellen Varianzanalyse waren die Tempi 40 bis 120 ms enthalten⁸. Abbildung 46 stellt den T1-Verlauf beider Experimente nochmals graphisch gegenüber.

Tabelle 36

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Experiment (3 vs. 4) auf die T1-Leistungen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Experiment aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Experiment	4.226	1	27	.050
Interaktion Experiment \times Tempo	18.934	5	135	< .001 ^a
Interaktion Experiment \times Lag	3.326	5	135	.011 ^a
Dreifachinteraktion	0.858	25	675	.582 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

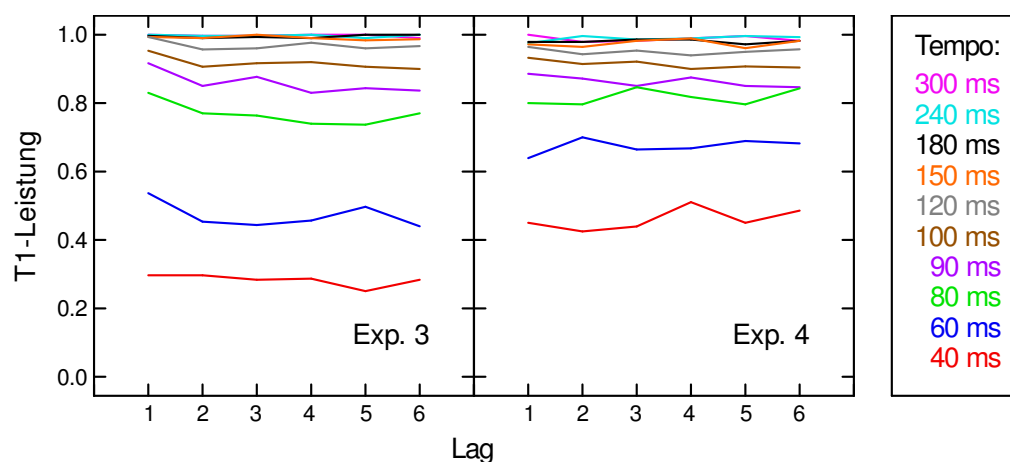


Abbildung 46. Über die Versuchspersonen gemittelte T1-Leistungen in Abhängigkeit von T1-T2-Lag und Tempo. Links: Daten aus Experiment 3 (Tempobedingung unvorhersagbar). Rechts: Daten aus Experiment 4 (Tempobedingung vorhersagbar).

Abbildung 47 stellt die T2-Leistungen in Abhängigkeit von SOA und Tempo für die Experimente 3 und 4 gegenüber. Zwar ließ sich über eine dreifaktorielle Varianzanalyse unter Einbeziehung des Faktors Experiment (3 vs. 4) die Interaktion Experiment \times Lag statistisch absichern (siehe Tabelle 37), der Attentional Blink-Verlauf wurde

⁸ Bei den ausgeschlossenen Tempo-Stufen treten Tempo-Lag-Kombinationen mit einer Varianz der T1-Leistungen von Null auf.

jedoch in beiden Experimenten vom zeitlichen Abstand beider Zielreize bestimmt. Effekte des Faktors Lag existierten bei beiden Experimenten nicht bei allen Tempostufen gleichermaßen.

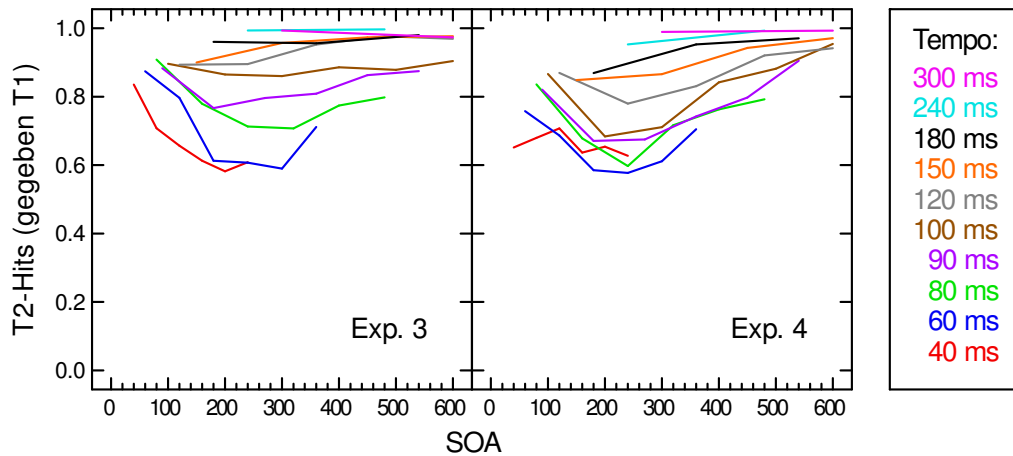


Abbildung 47. Über die Versuchspersonen gemittelte T2-Hits (gegeben T1) in Abhängigkeit von T1-T2-SOA und Tempo. Werte im SOA-Bereich größer 600 ms sind nicht enthalten. Links: Daten aus Experiment 3 (Tempobedingung unvorhersagbar). Rechts: Daten aus Experiment 4 (Tempobedingung vorhersagbar).

Tabelle 37

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Experiment (3 vs. 4) auf die T2-Leistungen (gegeben T1). Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Experiment aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Experiment	0.775	1	27	.386
Interaktion Experiment \times Tempo	0.419	9	243	.599 ^a
Interaktion Experiment \times Lag	5.103	5	135	.002 ^a
Dreifachinteraktion	1.515	45	1215	.130 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Zusätzlich wurde dieses Bild gestützt durch die Schätzer für das über SOA bzw. Lag bestimmte T2-Leistungsminimum (Parameter t bzw. l). Zweifaktorielle Varianzanalysen belegen für beide Parameter weder Haupteffekte des Gruppierungsfaktors Experiment noch Interaktionen Experiment \times Tempo (Tabellen 38 und 39). In diese Analysen wurden die Tempi aufgenommen, für die in beiden Experimenten Parameterschätzungen vorgenommen wurden (60, 80, 90, 120, 150 ms) und die Probanden, die dabei keine fehlenden Werte aufwiesen (Experiment 3: $n = 12$, Experiment 4: $n = 8$).

Tabelle 38

Kennwerte der zweifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Experiment (3 vs. 4) auf den Parameter l. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Experiment	0.27	1	18	.870
Haupteffekt Tempo	33.187	4	72	< .001 ^a
Interaktion Experiment × Tempo	1.055	4	72	.374 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle 39

Kennwerte der zweifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Experiment (3 vs. 4) auf den Parameter t. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Experiment	0.061	1	18	.808
Haupteffekt Tempo	0.644	4	72	.596 ^a
Interaktion Experiment × Tempo	0.853	4	72	.475 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

8.3 Diskussion

Die Ergebnisse des vierten Experimentes werden zunächst getrennt für die Hypothesenbereiche diskutiert und anschließend im Zusammenhang gewürdigt.

- $H_{1(1)}$: Schnelle RSVP-Tempi führen zu schlechteren T1-Leistungen als langsame Temp.
- $H_{1(2)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T1-Leistungen.
- $H_{1(3)}$: Bei sehr schnellen Tempri sind die T1-Leistungen für Lag 1 schlechter als die für Lag-Ausprägungen größer 1.
- $H_{0(4)}$: Bei langsameren Tempo-Stufen gibt es keinen Effekt des Faktors Lag auf die T1-Leistungen.

Der Einfluss des Tempos auf die T1-Leistungen zeigt sich in erwarteter Weise, $H_{1(1)}$ kann somit angenommen werden. Weder $H_{1(2)}$ noch $H_{1(3)}$ können angenommen werden, da sich eine Interaktion von Tempo und Lag nicht absichern lässt und bei keiner der Tempo-Bedingungen ein Lag-Effekt auf die T1-Leistungen auftritt. $H_{0(4)}$ kann auf der Grundlage der varianzanalytischen Betrachtungen beibehalten werden. Dieses Befundmuster ist mit verschiedenen Modellen zum Attentional Blink vereinbar: mit dem Interferenz-Modell, mit Zwei-Stufen-Modellen mit Lag- vs. zeitbasiertem Aufmerksamkeitstor und mit dem TLC-Modell. Die Daten liefern keine Hinweise darauf,

dass die Repräsentation von T2 bei kurzen SOA-Stufen zuerst in die zweite Verarbeitungsstufe eintritt, wie innerhalb des Zwei-Stufen-Wettlauf-Modells postuliert wird. Auch die Vorstellung, die T1-Verarbeitung leide bei gemeinsamer Verarbeitung der Zielreize, wird nicht gestützt.

- $H_{1(5)}$: Der Faktor Lag beeinflusst die T2-Leistungen bei allen Tempo-Stufen.
- $H_{1(6)}$: Bei schnellen Tempi ergeben sich schlechtere T2-Leistungen als bei langsamen Tempo-Stufen.
- $H_{1(7)}$: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Tempo und Lag auf die T2-Leistungen.
- $H_{1(8)}$: Mit zunehmend langsamerem RSVP-Tempo treten die schlechtesten T2-Leistungen bei immer kleineren Lag-Stufen auf.
- $H_{0(9)}$: Die schlechtesten T2-Leistungen treten bei allen Tempi im selben T1-T2-SOA-Bereich auf.

Für die Tempo-Bedingungen 40 und 300 ms kann kein Einfluss des Faktors Lag auf die T2-Leistungen nachgewiesen werden. $H_{1(5)}$ kann somit nicht angenommen werden. In der Bedingung 300 ms tritt kein Leistungsdefizit für die Entdeckung des zweiten Zielreizes auf, die T2-Leistungen liegen hier bei allen T1-T2-Lags sehr nahe am Wert 1. Das Niveau der T2-Leistungen bei Tempo 40 ms ist hingegen durchaus vergleichbar zur Bedingung 60 ms, bei letzterer tritt ein AB-Effekt auf, bei 40 ms hingegen nicht (siehe erneut Abbildung 43). Das X ist bei Tempo 40 ms vergleichbar gut (bzw. schlecht) zu entdecken wie bei 60 ms, allerdings beeinflusst der Abstand zum ersten Zielreiz diese Leistungen nur in der Bedingung 60 ms. Im dritten Experiment ist bei beiden Tempi ein Lag-Effekt auf die T2-Leistungen sichtbar. $H_{1(6)}$ kann aufgrund der varianzanalytischen Befunde angenommen werden. Die Hypothese eines Interaktionseffektes zwischen Tempo und Lag kann angenommen werden ($H_{1(7)}$). Der deskriptiv sichtbare Effekt einer Verlagerung des T2-Leistungsminimums mit schnelleren Tempi zu früheren Lag-Stufen wird zusätzlich durch die Analysen zum Parameter l gestützt. Gemessen in T1-T2-SOA finden sich die schlechtesten T2-Leistungen (t) hingegen tempounabhängig bei Werten um 227 ms. $H_{1(8)}$ und $H_{0(9)}$ können angenommen bzw. beibehalten werden.

Versuchsperson 8 ist als Ausreißer zu betrachten. Sie erzielt sehr gute T2-Leistungen und hohe Werte für l und t (sofern eine Schätzung möglich war). Es handelt sich um die einzige Studentin einer nichtpsychologischen Fachrichtung, die zudem keine Versuchspersonenstunde als Vergütung erhalten hat. In einer Nachbefragung im August 2005 verneint die Probandin glaubhaft, jemals schnellen Computerspielen oder ähnlichen Beschäftigungen nachgegangen zu sein, so dass ein Ausbleiben eines Attentional Blink-Musters hierüber nicht erklärbar ist (vgl. Green & Bavelier, 2003). Abgesehen von dieser Versuchsperson ist das Datenmuster der l - und t -Werte homogen über die Probanden.

- $H_{1(10)}$: Distraktoren, die zeitlich nahe dem ersten Zielreiz dargeboten werden, führen bei allen Tempo-Stufen überzufällig häufig zu T1-Intrusionen.
- $H_{1(11)}$: Je schneller das Tempo, desto mehr Distraktorpositionen nach T1 führen zu überzufällig häufigen T1+n-Intrusionen.

Als Falschantworten treten verstärkt Buchstaben auf, die als Distraktoren bis zu 200 ms nach T1 dargeboten werden (siehe Tabelle 40). Dieses Muster zeigt sich konsistent bis einschließlich zur Tempobedingung 180 ms. Bei Tempo 300 ms treten erneut nur sehr selten T1-Fehler auf, was die Interpretation der zugehörigen Chi-Quadrat-Tests erschwert. Daher wird für beide Hypothesen zu den T1-Intrusionen geschlussfolgert, dass sie durch die Daten in ihrem Bewährungsgrad gesteigert werden können.

Tabelle 40
Zusammenfassende Darstellung der Befunde zu den T1+n-Intrusionen aus Experiment 4.

Tempo	überzufällige Intrusionen	Intrusionsgrenze in ms
40	T1+1, T1+2, T1+3, T1+4	160] [200
60	T1+1, T1+2, T1+3	180] [240
80	T1+1, T1+2	160] [240
90	T1+1, T1+2	180] [270
100	T1+1, T1+2	200] [300
120	T1+1	120] [240
150	T1+1	150] [300
180	T1+1	180] [360
240	T1+1	240] [480
300	T1+1	300] [600

Ebenfalls interessant ist das Muster der T1-n-Intrusionen (siehe Tabelle 41). Auch Distraktoren, die zeitlich nahe vor T1 dargeboten werden, werden häufig fälschlicherweise als T1 genannt. Für die Tempi 40 und 60 ms erstrecken sich diese Intrusionen zusätzlich auf die Positionen T1-2 bzw. T1-3. Die Intrusionsgrenze liegt bei -160 ms: Distraktoren, die bis zu 160 ms vor T1 dargeboten werden, sind Quelle überzufälliger T1-Intrusionen. Nur der Befund überzufälliger T1-1-Intrusionen bei Tempo 180 ms lässt sich hier nicht integrieren. Auf eine mögliche Erklärung des Musters der T1-n-Intrusionen wird gesondert in Kapitel 9.3 eingegangen.

Tabelle 41
*Zusammenfassende Darstellung der Befunde zu den T1-n-
 Intrusionen aus Experiment 4.*

Tempo	überzufällige Intrusionen	Intrusionsgrenze in ms
40	T1-1, T1-2, T1-3	-160] [-120
60	T1-1, T1-2	-180] [-120
80	T1-1	-160] [-80
90	T1-1	-180] [-90
100	T1-1	-200] [-100
120	T1-1	-240] [-120
150	T1-1	-300] [-150
180	T1-1	-360] [-180
240	-	-240] [0
300	-	-300] [0

9 Abschließende Diskussion

In den folgenden Abschnitten werden die Fragestellung des Projektes und die Hauptergebnisse über die vier Experimente hinweg gemeinsam betrachtet. Eine Modifikation existierender Modelle wird vorgeschlagen und sich ergebende Folgefragestellungen werden diskutiert.

9.1 Untersuchte Fragestellungen

Ausgangspunkt des vorliegenden Dissertationsprojektes waren studienübergreifende Betrachtungen zur Form des T2-Leistungsverlaufs beim Attentional Blink-Phänomen von Visser, Bischof, et al. (1999). Durch diese Analysen – und in der Folge auch experimentell (z. B. Visser, Zuvic, et al., 1999) – konnte ein entscheidender Einfluss eines Ortswechsels zwischen beiden Zielreizen bestimmt werden: Ein Ortswechsel führt mehrheitlich zu einem monotonen Verlauf der T2-Leistungen. Werden nur wenige Zielreizpositionen verwendet und ist der Wechsel unvorhersehbar, so tritt mitunter auch mit Ortswechsel das U-förmige Muster auf (z. B. Shih, 2000). Bei experimentellem Vorgehen ohne Ortswechsel konnte die Befundlage zur Form des AB-Effektes durch Visser, Bischof, et al. nicht weiter differenziert werden.

Aus der Mehrheit der existierenden Modelle zum AB-Phänomen ließ sich die Hypothese ableiten, dass bei hinreichend kurzer Zeit zwischen beiden Zielreizen diese innerhalb einer gemeinsamen Episode verarbeitet werden können. Erst bei größerem zeitlichem Abstand werden – je nach Modell auf leicht verschiedene Art – Leistungseinbußen für T2 vorhergesagt. Bei noch stärkerer zeitlicher Trennung beider Zielreize treten keine Leistungseinbußen durch die Doppelaufgabe auf. Zu diesen Modellen zählen das Zwei-Stufen-Modell und das Zwei-Stufen-Wettlauf-Modell. Verschiedene Darstellungen des Interferenz-Modells sind ebenfalls mit der Hypothese der Zeitabhängigkeit vereinbar. Durch diese Zeit-Hypothese ergeben sich zusätzlich Parallelen zu dem dem Attentional Blink verwandten Phänomen der Aufmerksamkeitsreaktionszeit (ART).

Aus dem TLC-Modell zum Attentional Blink ließ sich jedoch eine andere Vorhersage ableiten: Nicht die Zeit zwischen beiden Zielreizen, sondern die Zahl der zwischen ihnen dargebotenen Distraktoren bestimmt das Ausmaß der Leistungseinbußen für den zweiten Zielreiz. Dies entspricht auch der impliziten Aussage vieler Darstellungen des AB-Phänomens, die Variable Lag sei die entscheidende Größe, die die T2-Leistungen beeinflusse. Die Frage der Zeit- oder Lag-Abhängigkeit der Form des Attentional Blink-Verlaufs stand bislang nicht im Zentrum der Theoriebildung, so dass prinzipiell alle Modelle derart modifizierbar sind, dass sie mit der einen oder anderen Sichtweise konform sind. Im Fokus der Arbeit stand daher nicht die Aufgabe, zwischen verschiedenen AB-Modellen zu differenzieren, sondern vielmehr die grundlegendere Frage, ob zeitlicher Abstand (T1-T2-SOA) oder die Trennung durch eine Anzahl von Zusatzreizen (T1-T2-Lag) die Stärke der T2-Leistungseinbußen und damit die Form des AB-Effektes bestimmt. Dieser Ansatz ist gut vereinbar mit der Entwicklung der Theoriebildung zum AB-Effekt hin zu gemeinsamen integrativen Modellen (vgl. Kapitel 3.4.4).

Die Hauptfragestellung der Arbeit wurde untersucht, indem das Tempo der dargebotenen Reizfolgen in einem breiteren Bereich als bislang üblich variiert wurde. In Experiment 1 wurden dazu zwei Tempo-Stufen verwendet. Die Daten dieses ersten Experimentes ließen zwei mögliche Interpretationen zu, weshalb in den Folgeexperimenten einerseits eine erweiterte Variation von zehn Tempo-Stufen realisiert wurde (Experiment 3 und 4). Zusätzlich wurde die Vorhersagbarkeit der Tempo-Stufe vor der Darbietung des ersten Zielreizes mit in den Projektplan aufgenommen. Die Geschwindigkeit der Reizdarbietung war in Experiment 1 und 4 vorhersagbar, in Experiment 2 und 3 nicht (siehe Tabelle 42). In den ersten beiden Experimenten fand zusätzlich eine Kontrollbedingung der alleinigen Bearbeitung der T2-Aufgabe Verwendung. Sie ist üblich, um zu zeigen, dass es sich bei den T2-Leistungseinbußen um Effekte der Aufmerksamkeit bzw. des Gedächtnisabrufs handelt und nicht um Maskierung auf der Ebene der Wahrnehmung. Für eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der Experimente blieben andere methodische Aspekte zwischen den Experimenten unverändert.

Tabelle 42

Übersicht über die wesentlichen experimentellen Variationen der vier berichteten Experimente.

Experiment	Tempo des RSVP-Stroms	Tempo bis T1	T2-Einzelaufgabe
1	2-fach [100, 140 ms]	vorhersagbar	realisiert
2	2-fach [100, 140 ms]	unvorhersagbar	realisiert
3	10-fach [40, ..., 300 ms]	unvorhersagbar	nicht realisiert
4	10-fach [40, ..., 300 ms]	vorhersagbar	nicht realisiert

Durch die Variationen des RSVP-Tempos sollten zusätzlich die Grenzen des Auftretens eines Attentional Blink-Effektes bestimmt werden. Zu Projektbeginn lagen nur

vereinzelte Arbeiten vor, in denen Tempo-Stufen abweichend von 100 ms Verwendung fanden. In die Betrachtungen von Visser, Bischof, et al. (1999) fanden diese Arbeiten keinen Eingang.

Aus den Befunden zu Schwierigkeits- und Maskierungseffekten beim AB-Phänomen ließen sich Hypothesen über eine Verschiebung der T2-Leistungen in y-Richtung generieren, die ebenfalls überprüft werden sollten.

Zusätzlich zur Form des T2-Leistungsverlaufs sollten Erkenntnisse zum Schicksal des ersten Zielreizes bei zeitlicher Nähe zum zweiten Zielreiz gewonnen werden. Dazu wurden sowohl die T1-Leistungen betrachtet als auch die Art der T1-Fehler (T1-Intrusionen). Hierzu ließen sich aus den verschiedenen AB-Modellen durchaus unterschiedliche Vorhersagen entwickeln. Da beide Variablen bislang in Studien zum Attentional Blink nur marginal berichtet wurden und da sich die Befundlage hierzu zu Projektbeginn als sehr heterogen darstellte, lag ein weiterer Fokus des Projektes auf den Veränderungen der T1-Leistungen und der T1-Intrusionen durch die Tempovariation des RSVP-Stromes.

9.2 Hauptergebnisse

Es folgt eine vergleichende Würdigung der Befunde der berichteten Experimente getrennt nach den verschiedenen untersuchten Einflussfaktoren. Bei sämtlichen im Laufe der Arbeit berichteten Hypothesentests ist auf eine Korrektur des α -Niveaus verzichtet worden. Die folgenden Abschnitte dienen unter anderem dazu, die Parallelität der in den verschiedenen Experimenten gefällten Entscheidungen zu den statistischen Hypothesen zu verdeutlichen und somit die Rückschlüsse auf die zugehörigen Sachhypothesen zu untermauern.

9.2.1 Zeit- oder Lag-Abhängigkeit

Für jedes der vier Experimente ließ sich im Sinne der Hauptfragestellung prüfen, ob der Verlauf der T2-Leistungen für die einzelnen Tempo-Bedingungen einer U-Form in Abhängigkeit vom SOA beider Zielreize (Zeitabhängigkeit) oder von der Zahl zwischen ihnen präsentierter Reize (Lag-Abhängigkeit) folgt. Im Falle der Zeitabhängigkeit war zu erwarten, dass eine Verschiebung des T2-Leistungsminimums mit schnelleren Tempi zu früheren Lag-Stufen auftritt, dass sich das T2-Minimum jedoch tempounabhängig im selben T1-T2-SOA-Bereich lokalisieren lässt.

Dazu wurde das RSVP-Tempo in den Experimenten 1 und 2 zunächst in den Stufen 100 und 140 ms variiert. Die Daten aus Experiment 2 zeigen das laut Zeitabhängig-

keit erwartete T2-Muster: Für Tempo 100 ms treten die schlechtesten T2-Leistungen bei Lag 3 auf, bei Tempo 140 ms hingegen bei Lag 2, was T1-T2-SOAs von 300 bzw. 280 ms entspricht. Anhand der Daten von Experiment 1 hingegen ist nicht eindeutig entscheidbar, ob der T2-Verlauf durch die Variable Lag oder durch den zeitlichen Abstand der Zielreize bestimmt ist. Einerseits manifestieren sich die T2-Leistungsminima bei beiden Tempo-Bedingungen zu Lag 2, was T1-T2-SOAs von 200 bzw. 280 ms entspricht und damit vereinbar mit einer Lag-Abhängigkeit ist. Jedoch sind die Daten ebenfalls kompatibel mit der Hypothese der Zeitabhängigkeit, z. B. unter der Annahme, das wahre (zeitabhängige) T2-Leistungsminimum in Experiment 1 bestünde bei einem T1-T2-SOA von 240 ms. Durch die realisierten Tempo-Stufen ist diese SOA-Bedingung in Experiment 1 nicht verwirklicht worden. Die Leistungsminima könnten bei SOA-Werten aufgetreten sein, die den nicht realisierten am nächsten sind: für Tempo 100 ms bei SOA-Stufe 200 ms und für Tempo 140 ms bei SOA-Stufe 280 ms.

Aus den Experimenten 3 und 4, in denen mehr Tempo- und damit auch mehr SOA-Stufen realisiert wurden, kann weitere Evidenz für die Hypothese des zeitabhängigen Verlaufs der T2-Leistungen abgeleitet werden. Für die Tempo-Stufen, bei denen ein AB-Effekt nachweisbar ist, ändert sich dessen Form für langsamer werdende Tempi von einer U-Form mit Lag 2 Sparing über eine U-Form mit Lag 1 Sparing hin zu einem Bild monoton steigender T2-Leistungen. Das Minimum der T2-Leistungen tritt dabei unabhängig von Tempo und Lag in T1-T2-SOA-Bereichen um 220 ms auf. Dieses Muster zeigt sich in beiden Experimenten sowohl in den Ergebnissen der Parameterschätzungen der T2-Minima als auch bei der Betrachtung der T2-Leistungen.

Zusammengefasst stützen drei der vier berichteten Experimente uneingeschränkt die Annahme, der zeitliche Abstand beider Zielreize bestimme die Güte der T2-Leistungen, unabhängig von der Anzahl der zwischen T1 und T2 präsentierten Distraktoren.

Während frühere Studien zum Attentional Blink keinen Lag-Effekt auf die Leistungen für den ersten Zielreiz berichten (z. B. Shapiro et al., 1994), zeigen sich in neueren Arbeiten Leistungseinbußen für T1, wenn beide Zielreize kurz nacheinander präsentiert werden (z. B. Hommel & Akyürek, 2005). Diese Daten basieren auf Experimenten mit RSVP-Tempi von ca. 100 ms und werden von Hommel und Akyürek über die Annahme einer gemeinsamen Verarbeitung beider Zielreize erklärt, deren Kosten in einem Verlust der Reihenfolgeinformation und Leistungseinbußen für beide Zielreize bestehen. Aufgrund der zentralen Frage der vorliegenden Arbeit, ob diese gemeinsame Episode einen bestimmten Zeitbereich oder eine bestimmte Menge an Repräsentationen beinhaltet, wurde das Vorhandensein von T1-Leistungseinbußen in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag bzw. T1-T2-SOA betrachtet.

Die ersten beiden Experimente können tempounabhängig Verbesserungen der T1-Leistungen für die Bedingung [Lag 0, mit X] nachweisen: Ein weißes X ist leichter zu berichten als ein anderer weiß dargestellter Buchstabe. Es scheint plausibel, dies dar-

über zu erklären, dass das Enkodieren eines Buchstabens beschleunigt ist, wenn die entsprechende Form Teil des Sets an Suchmerkmalen ist. Nicht auszuschließen ist, dass diese Enkodierzeit durch die T2-Aufgabe der X-Entdeckung im Laufe des Experimentes durch Übung abnimmt. Da keine Reaktionszeiten erhoben worden sind und insgesamt zu wenige T1-Fehler bei weißem X aufgetreten sind, um diese z. B. getrennt nach Experimentalblöcken zu analysieren, wurde solchen Übungseffekten nicht weiter nachgegangen. Eine auf sensorischen Reizeigenschaften basierende besonders gute Identifizierbarkeit des Buchstabens X im Vergleich zu anderen Buchstaben kann den Befund der verbesserten T1-Leistungen bei Lag 0 ebenfalls erklären und ist anhand der vorliegenden Daten nicht zu prüfen, da der Buchstabe X in allen vier durchgeführten Experimenten als zweiter Zielreiz Verwendung fand.

Tabelle 43

Übersicht zu den Veränderungen der T1-Leistungen unter verschiedenen Tempo-Stufen, getrennt für die vier Experimente, basierend auf den zugehörigen Kontrasten der Lag 1-Bedingung gegen die größeren Lag-Stufen (T1-Leistungsverbesserungen bei Lag 1: ↑, T1-Leistungseinbußen bei Lag 1: ↓).

Tempo	Experiment			
	1	2	3	4
40	- ^a	- ^a	kein Effekt	kein Effekt
60	- ^a	- ^a	kein Effekt	kein Effekt
80	- ^a	- ^a	Lag 1 ↑	kein Effekt
90	- ^a	- ^a	Lag 1 ↑	kein Effekt
100	Lag 1 ↓	Lag 1 ↓	Lag 1 ↑	kein Effekt
120	- ^a	- ^a	Lag 1 ↑	kein Effekt
140	Lag 1 ↓	kein Effekt	- ^a	- ^a
150	- ^a	- ^a	kein Effekt	kein Effekt
180	- ^a	- ^a	kein Effekt	kein Effekt
240	- ^a	- ^a	- ^b	kein Effekt
300	- ^a	- ^a	- ^b	kein Effekt

a: im Experiment nicht realisiert
b: nicht getestet (Varianz = 0)

Abgesehen von der Bedingung Lag 0 erweist sich das Befundmuster der vier Experimente bezogen auf die T1-Leistungen als sehr heterogen, wie in Tabelle 43 zusammenfassend dargestellt. So zeigen sich Leistungseinbußen für den ersten Zielreiz in Experiment 1 tempounabhängig dann, wenn beide Zielreize direkt nacheinander dargeboten werden (bei Lag 1). In Experiment 2 führt das direkte Aufeinanderfolgen beider Zielreize nur dann zu T1-Leistungseinbußen, wenn sie im Abstand von 100 ms präsentiert werden. Der deskriptive T1-Leistungsverlauf für Tempo 140 ms beider Experimente spricht gegen die Erklärung des in Experiment 2 ausbleibenden Effektes über die mit

der geringeren Stichprobengröße verbundene geringere Power (siehe erneut Abbildung 14 und 24). Entgegen den Befunden der ersten beiden Experimente erweist sich die T1-Verarbeitung in Experiment 3 als begünstigt, wenn beide Zielreize einander direkt und mit SOA-Werten zwischen 80 und 120 ms folgen. Die T1-Leistungen in der Lag 1-Bedingung unterscheiden sich im vierten Experiment unabhängig vom T1-T2-SOA nicht von den Leistungen zu anderen Lag-Stufen.

Ob die Daten Reihenfolgeverwechslungen der Zielreize widerspiegeln, ist nicht entscheidbar, da im verwendeten Paradigma keine Reihenfolgeinformation erfragt worden ist. Dies könnte durch eine Ergänzung der Antwortabfrage um den Zusatz „War das *X* vor oder nach dem weißen Buchstaben?“ geschehen. Mitunter äußerten die Probanden in der Nachbefragung die Vermutung, das *X* sei nur sehr selten vor dem weißen Buchstaben präsentiert worden, andere schlossen dies sicher aus. Zumindest gelegentlich scheinen einige Probanden also eine andere als die tatsächliche Reihenfolge der Zielreize erinnert zu haben. Hommel und Akyürek (2005) ließen jeden Probanden 330 bis 464 Durchgänge der Doppelaufgabenbedingung absolvieren, etwa so viele wie in Experiment 1 bzw. 2 (414, einschließlich Übungsdurchgänge). Dies legt die Interpretation nahe, dass T1-Leistungsverschlechterungen bei gemeinsamer Verarbeitung beider Zielreize in einer Episode nur bei ungeübten Probanden auftreten wie in Experiment 1 und 2. Bei den insgesamt längeren Experimenten 3 und 4 mag ein Übungseffekt zu generell wenigen T1-Fehlern geführt haben. Das Ausbleiben der Interaktionen Experimentalhälfte \times Lag und Experimentalhälfte \times Tempo \times Lag auf die T1-Leistungen in Experiment 3 und 4 stützt diese Interpretation nicht. Die erste Experimentalhälfte umfasste jedoch bereits 1350 Doppelaufgaben-Durchgänge, mehr als das Dreifache der Durchgänge in den ersten beiden Experimenten.

Die unerwarteten und durch keine bekannte Attentional Blink-Theorie erklärbareren Leistungsverbesserungen bei Lag 1 in Experiment 3 können durch veränderte Maskierungs-Bedingungen als Folge des Fehlens von Prä-T1-Distraktoren entstanden sein. Einen Hinweis darauf bietet das in Kapitel 7.4 beschriebene Kontrollexperiment.

Bezüglich der T1-Fehler lässt sich festhalten, dass Leistungseinbußen für den ersten Zielreiz im Attentional Blink-Paradigma auftreten, wenn T1 ausreichen maskiert wird und die Untersuchung relativ wenige Durchgänge pro Proband erfordert. Dabei war nicht entscheidbar, ob das Auftreten der T1-Fehler abhängig ist vom SOA beider Zielreize oder vom T1-T2-Lag. Dies stellt einen Ansatzpunkt für zukünftige Untersuchungen dar.

Sowohl bei der Aufgabe, einen einzelnen Reiz aus einem RSVP-Strom zu identifizieren, als auch im Attentional Blink-Paradigma wird häufig berichtet, dass Versuchspersonen anstelle des Zielreizes einen in der RSVP-Folge benachbarten Distraktor angeben (z. B. Raymond et al., 1992). Quelle dieser Intrusionen können Distraktoren sein, die in einem bestimmten zeitlichen Abstand zum tatsächlichen T1 im RSVP-Strom dargeboten werden (Zeitabhängigkeit) oder Distraktoren, die an einer bestimmten Posi-

tion im RSVP-Strom nach T1 präsentiert werden (Lag-Abhängigkeit⁹). Auch dieser Fragestellung ist innerhalb der Attentional Blink-Literatur bislang nicht nachgegangen worden. Bis auf die Tempobedingung 300 ms in Experiment 3 zeigen sich unter allen Tempo-Bedingungen der Experimente überzufällig häufige T1+1-Intrusionen: Es werden vermehrt die Distraktoren fälschlicherweise als erster Zielreiz angegeben, die diesem im RSVP-Strom direkt folgen. Für schnellere Tempo-Stufen weitet sich dieser Intrusions-Bereich in allen Experimenten zunehmend auf weitere Positionen aus. Dabei ist deutlich, dass diejenigen Distraktoren vermehrt Quelle von Intrusionen sind, die in zeitlicher Nähe zum ersten Zielreiz dargeboten werden. Die Abbildungen 48 und 49 veranschaulichen diesen Befund nochmals in einer gemeinsamen Darstellung für alle Experimente.

Erklärungsbedürftig bleiben die in diesen Abbildungen nicht enthaltenen überzufälligen T1+6-Intrusionen für Tempo 300 ms in Experiment 3 ($n = 2$, $\chi^2 = 6.67$, $df = 1$, $p = .010$). Bei Zeitabhängigkeit des Intrusions-Musters sollten bei Tempo 300 ms vermehrt T1+1-Intrusionen bzw. eine Gleichverteilung von Distraktor-Nennungen über deren Position im RSVP-Strom auftreten. In den vorliegenden Experimenten treten bei dieser Präsentationsrate insgesamt sehr wenige T1-Fehler auf, was die Überprüfung der Annahmen erschwert. Zur Absicherung der Interpretation im Sinne eines zeitbegrenzten T1-Intrusionsbereiches können zukünftige Untersuchungen z. B. durch Kontrastverminderung versuchen, vermehrt T1-Fehler zu provozieren. Zusätzlich könnten Probanden der dargestellten Experimente die Strategie verfolgt haben, bei Unkenntnis des weißen Buchstabens den ersten abrufbaren schwarzen Buchstaben nach T1 zu nennen. Trennbar wäre dies beispielsweise über ein zusätzliches Sicherheitsurteil, das die Versuchspersonen abgeben sollen, etwa der Art: „Wie sicher (0-5) bist du, dass der von dir angegebene Buchstabe tatsächlich weiß dargeboten worden ist?“.

Eine mögliche Folge der Verarbeitung beider Zielreize in einer gemeinsamen Lag- oder zeitbestimmten Episode sind gehäufte Verwechslungs- oder Bindungsfehler der Merkmale beider Zielreize (Hommel & Akyürek, 2005). Verwechslungsfehler sind in AB-Studien berichtet worden, in denen beide Zielreize sich hinsichtlich desselben Merkmals von den Distraktoren unterscheiden (z. B. zwei Ziffern unter Buchstaben). Bei dem im vorliegenden Projekt verwendeten Paradigma hätte eine Verwechslung der Merkmale beider Zielreize evtl. zur Antwort führen können, das X sei als weißer Buchstabe dargeboten worden. Da der zweite Zielreiz bis zu acht (Experiment 1 und 2) bzw. sechs (Experiment 3 und 4) Positionen nach T1 dargeboten werden konnte, könnte das beschriebene T1-Intrusionsmuster Folge solcher gehäuften Verwechslungsfehler sein. Die berichteten Chi-Quadrat-Analysen mit und ohne Ausschluss möglicher Verwechslungsfehler sprechen jedoch dafür, dass das beschriebene Muster an T1-Intrusionen

⁹ Der Abstand eines fälschlicherweise als Zielreiz benannten Distraktors zu diesem Zielreiz im RSVP-Strom wird üblicherweise als relative Position, nicht als Lag bezeichnet. Aus Gründen der Sparsamkeit und der Äquivalenz beider Begriffe für die vorliegende Arbeit wird von Lag-Abhängigkeit, nicht von Positions-Abhängigkeit der Intrusionen gesprochen.

tatsächlich auf Fehlbindungen von Zielreizmerkmalen und Merkmalen eines zeitlich nahe dargebotenen Distraktors beruht.

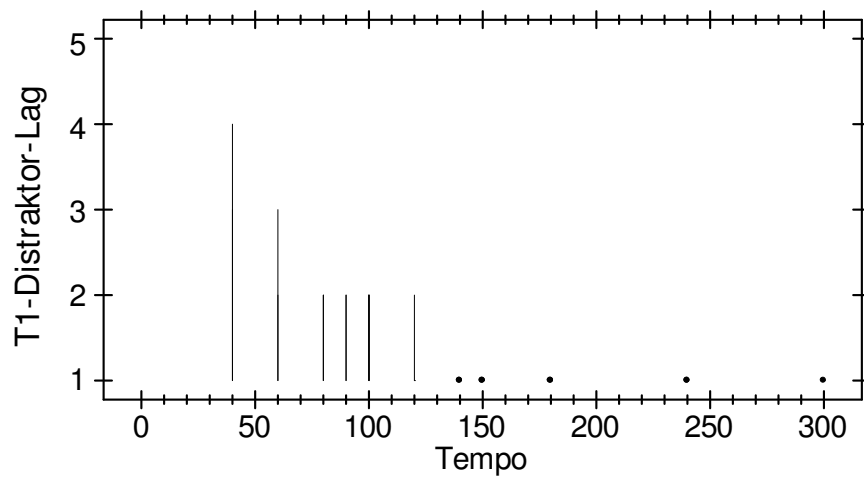


Abbildung 48. Verteilung der T1+n-Intrusionen über die Tempobedingungen aller Experimente. An der Ordinate ist der Positions-Abstand von genanntem Distraktor und erstem Zielreiz im RSVP-Strom angegeben.

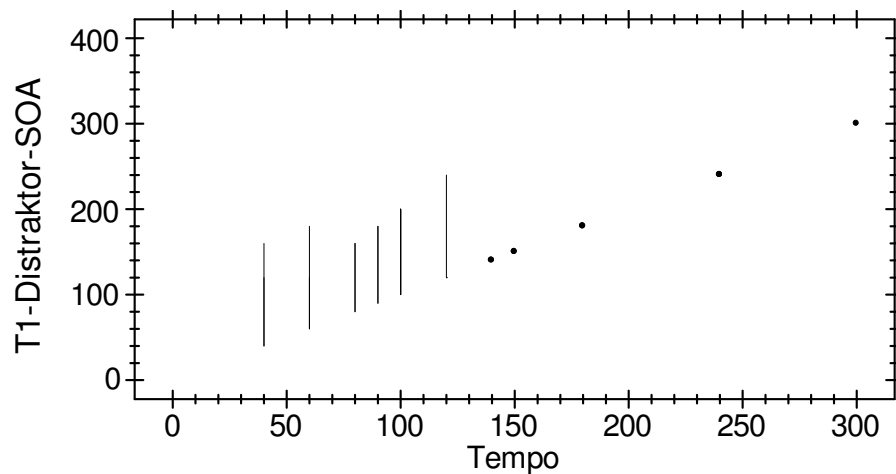


Abbildung 49. Verteilung der T1+n-Intrusionen über die Tempobedingungen aller Experimente. An der Ordinate ist das SOA zwischen T1 und dem genannten Distraktor im RSVP-Strom angegeben.

Insgesamt sind die Befunde der vier Experimente zu den T2-Leistungen, den T1-Leistungen und den T1+n-Intrusionen sehr gut vereinbar mit der Idee eines zeitbasierten Aufmerksamkeitstores, welches sich in verschiedene AB-Theorien implementieren lässt. Ein auf diese Weise modifiziertes Modell wird in Kapitel 9.3 beschrieben.

9.2.2 Einfluss des Tempos

In keiner der bislang vorliegenden Studien zum Attentional Blink ist das Tempo des RSVP-Stromes in einem so breiten Bereich variiert worden wie in den vorliegenden Experimenten. Vielmehr ist bislang zumeist mit Tempi um 100 ms gearbeitet worden. Wählt man als Kriterium für das Vorliegen eines AB-Effektes einen Einfluss des Faktors Lag auf die T2-Leistungen, so können die Experimente einen Attentional Blink für RSVP-Tempi von 40 bis 240 ms nachweisen (siehe Tabelle 44). Für das schnellste verwendete Tempo 40 ms ergeben sich in Experiment 4 unabhängig vom Lag relativ schlechte T2-Leistungen und damit kein AB-Effekt. Bei den extrem langsamen Tempi in den Experimenten 3 und 4 nähern sich die T2-Leistungen für alle Lag-Stufen dem Wert 1 an, ein Attentional Blink ist hier ebenfalls nicht nachweisbar. Interessant ist hierbei auch, dass ein AB-Effekt in Experiment 3 bei schnelleren Tempi nachweisbar ist als in Experiment 4. Dies kann in der verschiedenen Vorhersagbarkeit der Tempobedingung des aktuellen Durchgangs, einem Einfluss der in Experiment 4 vor dem ersten Zielreiz präsentierten Distraktoren oder der unterschiedlichen Probandenstichprobe begründet sein und kann in zukünftigen Untersuchungen näher erforscht werden.

Tabelle 44

Übersicht über den Einfluss des RSVP-Tempos auf das Vorliegen eines Attentional Blink-Musters. AB: Es zeigte sich ein signifikanter Lag-Effekt auf die T2-Leistungen ($p < .05$).

Tempo	Exp.			
	1	2	3	4
40	- ^a	- ^a	AB	kein AB
60	- ^a	- ^a	AB	AB
80	- ^a	- ^a	AB	AB
90	- ^a	- ^a	AB	AB
100	AB	AB	kein AB	AB
120	- ^a	- ^a	AB	AB
140	AB	AB	- ^a	- ^a
150	- ^a	- ^a	AB	AB
180	- ^a	- ^a	kein AB	AB
240	- ^a	- ^a	kein AB ^b	AB
300	- ^a	- ^a	kein AB	kein AB

a: im Experiment nicht realisiert
b: getestet über fünf der sechs Lag-Stufen

Durch die in den ersten beiden Experimenten verwendete Kontrollbedingung der Einzelaufgabe lässt sich der AB-Effekt zusätzlich von einem reinen Maskierungseffekt abgrenzen. Ein schnelleres RSVP-Tempo führt jedoch auch in den Durchgängen der Einzelaufgaben-Bedingung zu schlechteren T2-Leistungen. Das RSVP-Tempo beein-

trächtigt die Entdeckbarkeit des (zweiten) Zielreizes hier also unabhängig vom Vorliegen eines AB-Effektes.

Bei der Betrachtung des Verlaufes der T2-Leistungen in Abhängigkeit vom T1-T2-SOA in den Doppelaufgabenbedingungen aller Experimente wirkt sich eine Verlangsamung des RSVP-Tempos als eine Verschiebung der T2-Leistungen in y-Richtung aus. Die über das T1-T2-SOA bestimmte Stelle der schlechtesten T2-Leistungen (t) bleibt dabei unverändert. In Einklang hiermit berichten Giesbrecht und Di Lollo (1998, Exp. 3) ein parallel in y-Richtung verschobenes AB-Muster der T2-Leistungen als Folge einer Verlängerung des SOAs von T2 und Folgemaske (50, 100, 200 ms SOA). Auch McLaughlin und Kollegen (2001) konnten unter Verwendung des Skelett-Paradigmas einen additiven Effekt der über die Maskenlänge manipulierten T2-Schwierigkeit auf den AB-Effekt zeigen. Laut Seiffert und Di Lollo (1997) sollte sich die Schwierigkeit bei Tempi kleiner als 100 ms zusätzlich durch Vorwärtsmaskierung der Zielreize erhöhen. Die T2-Leistungen unter verschiedenen Tempo-Bedingungen in Experiment 4 lassen sich jedoch per Augenschein nicht in zwei Cluster für Tempi kürzer vs. länger als 100 ms teilen. Die Zeitabstände von Vorwärts- und Rückwärtsmasken sind dabei allerdings nicht unabhängig voneinander variiert worden. Künftige Experimente könnten versuchen, die Parallelverschiebung der T2-Leistungen in y-Richtung gezielt auf den Einfluss von Vorwärts- bzw. Rückwärtsmaskierung der Zielreize zurückzuführen.

Eine erhöhte Präsentationsrate wirkt sich in allen Experimenten ebenfalls negativ auf die Leistungen für den ersten Zielreiz aus. Ebenso finden sich mehr T1-Intrusionen bei schnellerem Tempo.

Die Variable Tempo beeinflusst somit alle erhobenen Leistungsmaße im Niveau. Nicht bei allen Tempo-Stufen tritt ein Attentional Blink-Effekt auf. Eine Veränderung des RSVP-Tempos wirkt sich folglich analog zu Schwierigkeitsmanipulationen im AB-Paradigma aus.

9.2.3 Einfluss der Vorhersagbarkeit des Tempos

Die Vorhersagbarkeit der Tempobedingung des aktuellen Durchgangs wurde zwischen den Experimenten in den Ausprägungen vorhersagbar (Experiment 1 und 4) und unvorhersagbar (Experiment 2 und 3) variiert. Ein möglicher Einfluss ist daher über den Vergleich der Datenmuster über die Experimente hinweg möglich und wird zunächst anhand der T2-Leistungen und im Anschluss für die T1-Leistungen diskutiert.

Der Vergleich des T2-Verlaufs für die ersten beiden Experimente legt den Schluss nahe, dass die Episode gemeinsamer Zielreizverarbeitung bei vorhersagbarem Tempo (Experiment 1) durch den Faktor Lag bzw. die Menge an Repräsentationen begrenzt ist, bei unvorhersagbarem Tempo (Experiment 2) hingegen durch den Faktor SOA bzw.

eine zeitliche Dauer. Die Ergebnisse der Experimente 3 und 4 zum Einfluss von Lag bzw. SOA auf den T2-Verlauf hingegen gleichen sich. In beiden Experimenten zeigt sich gleichermaßen ein Einfluss des Tempos auf das in Lag bemessene Leistungsminimum (l), während sich das zeitbegrenzte Leistungsminimum (t) als vom RSVP-Tempo unbeeinflusst erweist. Das Befundmuster der T2-Leistungen in Experiment 1 wird somit rückwirkend nicht als Auswirkung der Vorhersagbarkeit der Tempobedingung gedeutet, sondern als Artefakt der geringeren Anzahl verwendeter Tempi und damit SOA-Stufen in den ersten beiden Experimenten.

Parallel dazu ist beim Vergleich der in den Experimenten aufgetretenen T1-Intrusionen keine Veränderung des Intrusionsbereiches in Abhängigkeit von der Vorhersagbarkeit des Tempos ersichtlich.

Im Gegensatz zur Art der T1-Fehler zeigen sich in den Experimenten 3 und 4 jedoch voneinander verschiedene Befundmuster bezüglich der Anzahl der T1-Fehler. Der Hauptunterschied besteht hierbei darin, dass sich in Experiment 3 im Gegensatz zum vierten Experiment – und auch entgegen allen bisherigen Veröffentlichungen zum Attentional Blink – bei RSVP-Tempi zwischen 80 und 120 ms Leistungsverbesserungen für den ersten Zielreiz bei zeitlicher Nähe des zweiten Zielreizes zeigen. Dies als Auswirkungen der Vorhersagbarkeit der Tempobedingung zu interpretieren wird dadurch erschwert, dass in Experiment 2 keine derartigen T1-Leistungsverbesserungen auftreten. Auch hat sich durch den Vergleich der Experimente 1 und 2 in Bezug auf die T1-Leistungen kein Einfluss der Vorhersagbarkeit des Tempos auf die T1-Leistungen absichern lassen (vgl. Kapitel 6.2.4). Das im Kapitel 7.4 skizzierte Kontrollexperiment bietet einen Hinweis auf besondere Maskierungsbedingungen im dritten Experiment. Die in Experiment 3 aufgetretenen T1-Leistungssteigerungen sollen daher als Folge der fehlenden Prä-T1-Distraktoren interpretiert werden. Künftige Experimente sollten versuchen, diesen Befund mit mehreren Probanden zu replizieren, um weitere Evidenz für die Erklärung der T1-Leistungs-Verbesserungen in Experiment 3 über veränderte Maskierungsbedingungen zu erbringen. Dies kann Implikationen für einen zukünftigen Vergleich von RSVP- und Skelett-Paradigma haben.

Zusammenfassend besteht weder ein Einfluss der Vorhersagbarkeit der Tempobedingung auf den SOA-abhängigen Verlauf der T2-Leistungen noch auf den Zeitbereich der T1-Intrusionen. Auch der Verlauf der T1-Leistungen erweist sich als unabhängig von dieser Vorhersagbarkeit.

9.3 Ein zeitbasiertes Aufmerksamkeitstor

In diesem Kapitel werden die dargestellten Befunde in existierende Theorien zum Attentional Blink integriert. Daraus wird ein Modell entwickelt, bei dem es sich um eine

Präzisierung eines Zwei-Stufen-Modells handelt, in der ein zeitbegrenzt Aufmerksamkeitsstor den Übergang in die zweite Verarbeitungsstufe vermittelt. Es wird ferner vorgeschlagen, als Einheiten der Repräsentation in Stufe 2 nicht Objekte, sondern Merkmale anzusehen. Aus Befunden zum ikonischen Gedächtnis wird eine mögliche Erklärung der T1–*n*-Intrusionen generiert. Im Anschluss werden die Daten in Hinblick auf die Alternativ-Modelle Interferenz-Modell, Engpass-Modelle und das TLC-Modell diskutiert.

Das Zwei-Stufen-Modell zum Attentional Blink (Chun & Potter, 1995) erklärt einen U-förmigen T2-Verlauf über die gemeinsame Verarbeitung der Repräsentationen beider Zielreize in Stufe 2. Die vorliegenden Daten erlauben eine Präzisierung des Modells dahin gehend, dass die Kapazität dieser zweiten Verarbeitungsstufe nicht durch eine bestimmte Menge an Repräsentationen begrenzt ist. Vielmehr gelangen Repräsentationen innerhalb einer bestimmten zeitlichen Episode in die Stufe der gemeinsamen Verarbeitung.

Wie ließe sich das ebenfalls zeitbestimmte Muster der T1-Intrusionen mit diesem Modell vereinbaren? Laut Chun und Potter (1995) dient Stufe 2 des Modells der Konsolidierung der (Zielreiz-) Repräsentationen, als deren Ergebnis sie aus dem Kurzzeitgedächtnis abrufbar sind. Die vorliegenden Daten zeigen, dass anstelle des ersten Zielreizes häufig Distraktoren benannt werden, die in zeitlicher Nähe nach T1 im RSVP-Strom präsentiert worden sind. Es ist denkbar, dass in diesen Fällen die T1-Repräsentationen gar nicht in Stufe 2 der Verarbeitung gelangen, sondern ein zeitlich benachbarter Distraktor, die Fehlbindung von Merkmalen also in Stufe 1 der Verarbeitung stattfindet.

Betrachtet man in den Daten den Zeitbereich der Intrusionen und den T2-Leistungsverlauf gemeinsam, so fällt eine Parallelität auf: In einem Abstand von bis zu 200 ms nach dem ersten Zielreiz präsentierte Distraktoren treten gehäuft als Intrusionen auf und ein im selben Zeitabstand präsentierte zweiter Zielreiz kann noch relativ gut berichtet werden (das T2-Minimum t liegt jeweils bei ca. 220 ms). Dies kann man als Herausforderung begreifen, die Ursache von T1-Intrusionen ebenfalls in der zweiten Verarbeitungsstufe des Zwei-Stufen-Modells zu verankern. Dazu muss zunächst spezifiziert werden, welches die Einheiten der Repräsentation sind, die zu Beginn der zweiten Verarbeitungsstufe existieren. Auf diese Frage lassen sich aus verschiedenen Theorieansätzen unterschiedliche Antworten generieren. In den Darstellungen des Zwei-Stufen-Modells innerhalb der Attentional Blink-Literatur werden bislang Repräsentationen von Zielreizen bzw. Zielreizkandidaten postuliert (vgl. Kapitel 3.4.2). Ansätze zur Erklärung von Intrusionen bei der Suche nach einem einzelnen Zielreiz im RSVP-Paradigma hingegen gehen von Repräsentationen von Merkmalen aus, die erst zu Reiz- bzw. Objektrepräsentationen verknüpft werden müssen, wobei Fehlbindungen auftreten können (vgl. Kapitel 3.2.1). Auch das Hemmungs-Modell von Raymond und Mitarbeitern (1992) geht von Merkmalsrepräsentationen aus, um Verwechslungs- und

Verschmelzungsfehler zu erklären (vgl. Kapitel 3.4.1). Diese Vorstellungen sind angelehnt an die Feature Integration-Theorie von Treisman und Gelade (1980), die beispielsweise beim Paradigma der visuellen Suche zur Erklärung von (Fehl-) Bindungen von Merkmalen zu Objekten verwendet wird.

Um T1-Intrusionen beim Attentional Blink über Stufe 2 im Zwei-Stufen-Modell zu erklären, muss nun analog hierzu angenommen werden, dass nicht ein Buchstabe mit bestimmter Farbe und Form (eine Art „mentales Foto“ des Reizes) repräsentiert ist, sondern gleichzeitig eine unverbundene Reihe von Merkmalen. Dabei handelt es sich um jene Reizmerkmale, die im Reizmaterial eines bestimmten Zeitbereichs enthalten gewesen sind. Die zweite Verarbeitungsstufe dient somit neben der Konsolidierung auch der Bindung der Repräsentationen von Zielreiz- und anderen Merkmalen.

Ein präzisiertes Zwei-Stufen-Modell, das das Datenmuster zu den T2-Leistungen und zu den T1+n-Intrusionen erklären kann, lässt sich wie folgt beschreiben: Stufe 1 der Verarbeitung dient der Entdeckung zielreizrelevanter Merkmale (weiße Farbe, X-Form). Sobald ein solches Merkmal entdeckt wird, beginnt die Überführung von Merkmalsrepräsentationen in eine zweite Verarbeitungsstufe. Diese Überführung geschieht mit Hilfe eines Aufmerksamkeitsstores, welches analog zum AGM von Reeves und Sperling (1986) Repräsentationen von Merkmalen des (ersten) Zielreizes gemeinsam mit anderen Merkmalen, die in zeitlicher Nähe präsentiert worden sind, passieren lässt. Auf diese Art sind in Stufe 2 sowohl Merkmale des ersten Zielreizes repräsentiert als auch die zeitlich benachbarter Distraktoren. Ist der zweite Zielreiz zeitlich nahe genug dem ersten präsentiert worden, so gelangen auch dessen Merkmalsrepräsentationen (X-Form) in die zweite Stufe der Verarbeitung. In Stufe 2 werden die Repräsentationen zu Objekten gebunden und als notwendige Voraussetzung für den späteren Abruf aus dem Kurzzeitgedächtnis konsolidiert. Auf diese Art ist es möglich, dass bei sehr kurzer Abfolge beider Zielreize sowohl T1 als auch T2 korrekt wiedergegeben werden können, sichtbar an guten T2(gegeben T1 korrekt)-Leistungen bei kurzem SOA beider Zielreize. In Stufe 2 können auch Fehlbindungen von Merkmalen zu Objekten entstehen, die zum Abruf von Distraktoren anstelle des ersten Zielreizes führen.

Die Verringerung der T2-Leistungen bei mittleren SOA-Stufen – der eigentliche Attentional Blink-Effekt – ergibt sich durch das Schließen des Aufmerksamkeitsstores. Zur erfolgreichen Konsolidierung des zweiten Zielreizes ist nun ein weiteres Aufmerksamkeitsstor notwendig. Analog zu bisherigen Modellvorstellungen kann ein zweites Aufmerksamkeitsstor nicht sofort erneut initiiert werden. In der Folge kann der zweite Zielreiz bei mittlerem T1-T2-SOA nicht berichtet werden.

Bei ausreichend großem zeitlichen Abstand beider Zielreize hingegen ist die Initiierung eines zweiten Aufmerksamkeitsstores bei Entdeckung eines T2-relevanten Merkmals (X-Form) möglich. Der zweite Zielreiz kann infolge erfolgreicher Konsolidierung in Stufe 2 korrekt berichtet werden.

Die Erklärung der T2-Leistungseinbußen und der guten T2-Leistungen bei langem T1-T2-SOA ist somit identisch mit bisherigen Formulierungen eines Zwei-Stufen-Modells zum Attentional Blink (Chun & Potter, 1995). Die präzisierte Fassung mit zeitlich begrenztem Aufmerksamkeitsstor zur Überführung von Repräsentationen in Stufe 2 erklärt darüber hinaus das Muster der T1+n-Intrusionen sowie das vom T1-T2-SOA abhängige T2-Leistungsminimum. Indem als Repräsentationseinheiten in Stufe 2 Merkmale und nicht Objekte angesehen werden, wird die Ursache der T1-Intrusionen und der guten T2-Leistungen bei kurzem T1-T2-SOA in Stufe 2 der Verarbeitung verankert. Die These der gemeinsamen Verarbeitung beider Zielreize bei sehr kurzen SOA-Stufen und einer getrennten Verarbeitung bei sehr langen SOA-Stufen ist vereinbar mit den neurophysiologischen Befunden von Kessler und Mitarbeitern (2005a) (siehe Kapitel 3.6.2).

In den vorliegenden Experimenten zeigen sich auch häufig T1-n-Intrusionen: Distraktoren, die in zeitlicher Nähe bis zu 160 ms vor dem ersten Zielreiz präsentiert worden sind, werden häufig fälschlicherweise als T1 benannt. Dies ist mittels des präzisierten Zwei-Stufen-Modells nur erklärbar, wenn man annimmt, dass auch Merkmale dieser Distraktoren über das Aufmerksamkeitsstor in die zweite Verarbeitungsstufe gelangen. In Kapitel 3.2.3 ist bereits auf eine durch Sperling und Mitarbeiter (2001) vorgeschlagene mögliche Erweiterung des AGM eingegangen worden. Hierbei wird angenommen, dass das Aufmerksamkeitsstor auf die nach seiner Initiierung in einem visuellen Ultrakurzzeitspeicher enthaltenen Repräsentationen zugreift. Bei einer Initiierungszeit, die kürzer als diese Speicherdauer ist, können so auch Merkmalsrepräsentationen in die zweite Verarbeitungsstufe überführt werden, die auf dem Bildschirm vor dem Zielreizmerkmal (weiße Farbe) präsentiert worden sind. Giesbrecht und Di Lollo (1998) erweitern das Zwei-Stufen-Modell analog hierzu um einen *holding buffer* nach der ersten Verarbeitungsstufe, um differentielle Maskierungseffekte auf den zweiten Zielreiz erklären zu können. Bei der Betrachtung des Zeitbereichs überzufälliger T1-n-Intrusionen (160 ms) und der von Sperling (1960) bestimmten Zerfallszeit von Informationen im ikonischen Gedächtnis von 250 bis 500 ms stehen für eine Initiierung des Aufmerksamkeitsstores 90 bis 340 ms zur Verfügung. Ob solche Initiierungszeiten plausibel sind, kann aufgrund der bisherigen Datenlage allerdings nicht bewertet werden.

Potter und Kollegen (2002) haben vorgeschlagen, das Zwei-Stufen-Modell um eine Wettlaufkomponente in Stufe 1 zu erweitern. Sie stützen sich dabei auf Befunde zu Verschlechterungen der T1-Leistungen bei kurzen Lag-Stufen. Während die Daten zu den T1-Leistungen der ersten beiden berichteten Experimente für die Annahme einer Wettlaufkomponente sprechen, zeigen die Experimente 3 und 4 keinen Hinweis darauf. Die in Kapitel 9.2.3 ausgeführten Überlegungen zur Besonderheit der Maskierungsbedingungen in Experiment 3 könnten verhindert haben, T1-Leistungseinbußen bei kleinen Lag-Stufen zu beobachten. Ein Lag-Effekt auf die T1-Leistungen in Experiment 4 kann durch Übungseffekte verdeckt worden sein. Die Erweiterung des hier vorgeschlagenen präzisierten Zwei-Stufen-Modells um eine Wettlaufkomponente in Stufe 1 ist

möglich und sollte in zukünftigen Experimenten überprüft werden. Ein Zwei-Stufen-Modell, welches nur den Wettlauf in Stufe 1, nicht aber das zeitbegrenzte Aufmerksamkeitsstor zum Übergang in Stufe 2 umfasst, muss zur Erklärung von T1-Intrusionen annehmen, dass Fehlbindungen in Stufe 1 der Verarbeitung stattfinden und bereits zu Objekten (fehl-) gebundene Merkmale in Stufe 2 konsolidiert werden. Für eine Entscheidung zwischen diesen beiden Modellalternativen sind weitere Experimente nötig, in denen auch die Leistungen bei alleiniger T1-Aufgabe in die Betrachtungen einfließen.

Bei der Integration einer zeitbegrenzten Komponente in ein Modell stellt sich die Frage nach dem Ausmaß dieser Zeitspanne. Die vorliegenden Experimente finden übereinstimmend eine Abnahme der T2-Leistungen bis zu einem T1-T2-SOA von ca. 220 ms. Aus methodischen Gründen ist das experimentelle Paradigma im Laufe des Dissertationsprojektes nur leicht abgewandelt worden. Zukünftige Untersuchungen könnten dies stärker tun, um festzustellen, ob es sich um eine konstante Größe handelt oder Einflussfaktoren auf die Form des Aufmerksamkeitsstores existieren. Es ist auch zu prüfen, ob es sich bei diesen Einflussfaktoren um endogene oder exogene Kontrollfunktionen handelt (siehe dazu auch Visser, Bischof, et al., 1999, S. 466f). Anhand der vorliegenden Daten lässt sich bislang schlussfolgern, dass die Vorhersagbarkeit der Tempobedingung keine solche Einflussgröße darstellt. Auch vermehrte Übung führt zwar zu generell besseren Leistungen, nicht aber zu einer Verschiebung des T2-Leistungsminimums gemessen in T1-T2-SOA (siehe auch Green & Bavelier, 2003). Ein möglicher Kandidat für eine Einflussgröße, die den Zeitbereich des Aufmerksamkeitsstores verringert, ist das Vorhandensein von multiplen Wechseln zwischen beiden Zielreizen. Multiple Wechsel führen (auch ohne Ortswechsel) laut der Analyse von Visser, Bischof und Kollegen zu monoton ansteigenden T2-Leistungen bei RSVP-Tempi von 100 ms. Dazu sollte geprüft werden, ob sich ein U-förmiger T2-Verlauf bei multiplen Wechseln (aber ohne Ortswechsel) mit schnelleren RSVP-Tempi nachweisen lässt.

Zukünftige Experimente könnten darüber hinaus prüfen, ob die zu Intrusionen führenden Fehlbindungen in Stufe 1 oder Stufe 2 des Modells zu verankern sind. Eine Möglichkeit dazu bietet die Analyse des Musters an Intrusionen für beide Zielreize im Vergleich. Das vorliegende Paradigma muss dazu so abgewandelt werden, dass für beide Zielreize eine (vergleichbare) Identifikationsaufgabe zu absolvieren ist. Das Modell der Merkmalsrepräsentationen, das die Ursache der Intrusionen in der zweiten Verarbeitungsstufe verankert, sagt dazu vermehrte T2-Intrusionen aus dem Zeitfenster vorher, innerhalb dessen der zweite Zielreiz verarbeitet worden ist. Für sehr kurze T1-T2-SOAs sollten vermehrt T2- n -Intrusionen auftreten, für sehr lange T1-T2-SOAs hingegen vermehrt T2+ n -Intrusionen. Entstehen die Fehlbindungen dagegen in Stufe 1 der Verarbeitung, sollte sich das T2-Intrusionsmuster nicht mit dem T1-T2-SOA verändern.

Das Modell eines zentralen Verarbeitungseinganges, wie es zur Erklärung des PRP-Phänomens herangezogen wird, kann in seiner strengen Form (Welford, 1952)

zwar die mit längeren SOA-Stufen geringer werdenden T2-Leistungseinbußen erklären, nicht jedoch einen U-förmigen Verlauf. Hierzu ist es nötig, eine Kapazitätsaufteilung zwischen beiden Zielreizen anzunehmen (siehe z. B. Navon & Miller, 2002). Das Muster der T2-Leistungen ist dann darüber erklärbar, dass bei sehr kurzen SOA-Stufen eine Ressourcenaufteilung stattfindet, während bei mittlerem Zeitabstand beider Zielreize T1 der Hauptteil der Verarbeitungsressourcen zugewiesen wird. Das Modell sagt somit T1-Leistungseinbußen bei sehr kurzem Zielreizabstand voraus. Bei T1-T2-SOA-Stufen länger als 500 ms wird der Flaschenhals bei Präsentation von T2 nicht mehr vom ersten Zielreiz beansprucht, der zweite Zielreiz kann sofort weiterverarbeitet werden und gute T2-Leistungen treten auf. Als Einheiten der Repräsentation werden hier bislang ebenfalls Zielreiz-Objekte angesehen. Die zu Intrusionen führenden Fehlbindungen von Merkmalen müssten auf einer Verarbeitungsebene vor dem zentralen Engpass angesiedelt werden. Ein Engpass-Modell mit Kapazitätsaufteilung kann Fehlbindungen von Zielreizmerkmalen auch über Wechselwirkungen zwischen Zielreizen erklären, Intrusionen von Distraktor-Merkmalen hingegen nicht.

Das Interferenz-Modell zum Attentional Blink kann einen U-förmigen T2-Leistungsverlauf ebenso erklären wie auch eine Abhängigkeit des Minimums der T2-Leistungen vom SOA beider Zielreize. In seiner ursprünglichen Form (siehe z. B. Shapiro et al., 1994) vermag es jedoch nicht, die T1-Intrusionen von Distraktoren außerhalb der Positionen T1+1 bzw. T2+1 zu erklären. Im Laufe der Veröffentlichungen ist das Interferenz-Modell zunehmend abgewandelt worden bis hin zu Formen, die es nur schwer von einem Zwei-Stufen-Modell unterscheidbar machen (siehe Kapitel 3.4.3). Das Attentional Blink-Phänomen wird mitunter über Modelle beschrieben, die Aspekte aus Zwei-Stufen-, Interferenz- und Engpass-Modell mit Kapazitätsaufteilung beinhalten. Da ein zeitbegrenztes Aufmerksamkeitsstor sich prinzipiell mit allen diesen Modellen sowie einem integrativen Modell verbinden lässt, sind die Ausführungen dieses Kapitels nicht als Argumentation gegen ein Interferenz- oder Engpass-Modell zu interpretieren. Eine Integration von Zwei-Stufen- und Interferenz-Modell entspricht vielmehr dem Trend der Modellbildung zum Attentional Blink.

Aus dem TLC-Modell (Di Lollo et al., 2005) lässt sich hingegen die Vorhersage ableiten, dass der Leistungsverlauf für den zweiten Zielreiz im Attentional Blink-Paradigma unabhängig vom RSVP-Tempo durch das T1-T2-Lag bestimmt wird. Die vorliegenden Daten zum T2-Leistungsverlauf zeigen ein damit nicht zu vereinbarendes Bild und legen stattdessen die Verarbeitung beider Zielreize in einer gemeinsamen zeitbegrenzten Episode nahe. Akyürek und Hommel (2005) variierten innerhalb eines mit Tempo 100 ms dargebotenen RSVP-Stromes die Darbietungszeit des ersten Zielreizes (70 vs. 210 ms) sowie das Vorhandensein eines Distraktors an Position T1+1. Dabei realisierten sie die T1-T2-Lag-Stufen 2, 3, und 8. Das Befundmuster zeigt, dass die T2-Leistungen stärker vom T1-T2-SOA abhängen als vom Vorhandensein eines Distraktors in direkter Folge des ersten Zielreizes. Auch diese Befunde sind nicht im Rahmen des

TLC-Modells zu erklären, sondern nur über die Integration von Repräsentationen innerhalb einer zeitlichen Episode.

Das vorliegende Datenmuster lässt sich sehr gut über ein präzisiertes Zwei-Stufen-Modell beschreiben. Die darin enthaltene Komponente eines zeitbegrenzten Aufmerksamkeitsstores ist ebenfalls in ein Interferenz-Modell oder ein Modell zentraler Kapazitätsaufteilung integrierbar. In Zukunft sollten Belege für oder gegen eine zusätzliche Wettlaufkomponente in der ersten Verarbeitungsstufe erbracht werden. T1-Intrusionen haben sich als interessante Herausforderung für die Modellbildung erwiesen. In diesem Zusammenhang sollte die Frage der Repräsentationseinheiten innerhalb der ressourcenbegrenzten Verarbeitungsstufe in Zukunft weiter diskutiert werden.

9.4 Fazit und Ausblick

Die vier vorgestellten Experimente des vorliegenden Dissertationsprojektes haben gezeigt, dass der zeitliche Abstand zweier Zielreize im Attentional Blink-Paradigma den Verlauf der Leistungen für den zweiten Zielreiz bestimmt. Die Erhöhung der Anzahl der zwischen den Reizen präsentierten Distraktoren (schnelleres RSVP-Tempo) beeinträchtigt die T2-Leistungen im Niveau, der Verlauf in Abhängigkeit vom T1-T2-SOA ändert sich jedoch nicht. Es ergab sich ein komplexes Befundmuster bezogen auf Leistungseinbußen des ersten Zielreizes. Parallel zum T2-Leistungsverlauf treten als T1-Intrusionen vermehrt Distraktoren auf, die in zeitlicher Nähe zum ersten Zielreiz präsentiert werden.

Aus den Befunden ist ein Modell entwickelt worden, welches eine Modifikation existierender Attentional Blink-Modelle darstellt. Es verbindet Komponenten des Zwei-Stufen-Modells von Chun und Potter (1995) und des Modells der Aufmerksamkeitssteuerung (AGM) von Reeves und Sperling (1986). Sich aus dem Modell ergebende interessante Anknüpfungspunkte für zukünftige Studien betreffen die Einheiten der Repräsentationen in der zweiten Verarbeitungsstufe, die Rolle der Distraktoren vor dem ersten Zielreiz sowie mögliche Einflussfaktoren auf die zeitliche Dauer, über die beide Zielreize integriert verarbeitet werden können. Dabei eröffnen die entdeckten T1-*n*-Intrusionen eine Verknüpfung zum Forschungsbereich des ikonischen Gedächtnisses.

Weiterer Erkenntnisgewinn kann zukünftig aus Untersuchungen erwachsen, in denen für beide Zielreize eine Identifikationsaufgabe verwendet wird sowie durch den gezielten Vergleich von Filter- und Kategorieaufgabe. Die Rolle der Distraktoren kann dabei weiter durch Kontrastierung des RSVP- und des Skelett-Paradigmas bestimmt werden. Aktuelle Studien zum Attentional Blink betrachten neben den T2-Leistungen zunehmend auch die Berichtbarkeit des ersten Zielreizes. Die vorgestellten Befunde und

Aspekte des postulierten Modells sollen dazu beitragen, dass auch das Muster der Intrusionen zukünftig verstärkte Beachtung findet.

Neben der zeitlichen Nähe zweier Zielreize ist deren räumliche Distanz von zentraler Bedeutung. Dies zeigt sich beim Attentional Blink-Phänomen im mehrheitlich monotonen T2-Leistungsverlauf bei realisiertem Ortswechsel zwischen den Zielreizen (Visser, Bischof, et al., 1999). Auch bei RSVP-Studien, in denen nur ein Zielreiz zu berichten ist, zeigen sich Intrusionen (illusionäre Konjunktionen) in Abhängigkeit davon, ob die Reize am selben Ort präsentiert worden sind (Keele, Cohen, Ivry, Liotti, & Yee, 1988). Zunehmend werden zeitliche und räumliche Aspekte der Aufmerksamkeit gemeinsam untersucht, z. B. indem das Attentional Blink-Paradigma mit dem der visuellen Suche (Braun, 1998; Joseph, Chun, & Nakayama, 1997, 1998) oder mit Flankierereiz-Aufgaben kombiniert wird (Jiang & Chun, 2001; Marois et al., 2000). Die Theoriebildung im Bereich der räumlichen Aufmerksamkeitsaspekte ist von der Kontroverse der Einheiten der Selektion geprägt worden (für einen Überblick siehe Scholl, 2001). Ob ein bestimmter Raumbereich oder eine Objektzahl ausgewählt wird, scheint dabei nicht generell entscheidbar, sondern vielmehr abhängig von den Aufgabenanforderungen (Tipper & Weaver, 1998; Weber, Kramer, & Miller, 1997). Mittels des im vorliegenden Projekt verwendeten Paradigmas konnte gezeigt werden, dass beim Attentional Blink-Phänomen eine zeitliche Episode zur Weiterverarbeitung ausgewählt wird. Ein zukünftiges Forschungsziel kann darin bestehen, Aufgaben bzw. experimentelle Bedingungen zu suchen, unter denen diese Aufmerksamkeitsepisode durch die Objektzahl begrenzt wird.

Eine ähnliche Verbindung zwischen zwei experimentellen Paradigmen stellt die Kombination von Attentional Blink- und PRP-Experimenten dar (z. B. Arnell & Duncan, 2002; Ruthruff & Pashler, 2001), wie sie in Kapitel 3.5.1 beschrieben worden ist. Als Hauptunterschied beider Paradigmen bleibt die stärkere Verbindung des (reinen) PRP-Paradigmas zu Prozessen der Reaktionsauswahl und die vom (reinen) AB-Paradigma zu Gedächtniskomponenten bestehen.

Chun (1997b) untersuchte die Phänomene Attentional Blink und Wiederholungsblindheit auf mögliche gemeinsame Ursachen. Andere in der Aufmerksamkeitsliteratur berichtete „Blindheitsphänomene“ wie Veränderungsblindheit (*change blindness*) (O'Regan, Rensink, & Clark, 1999; Rensink, O'Regan, & Clark, 1997) oder Blindheit ohne Aufmerksamkeit (*inattention blindness*) (Mack & Rock, 2000; Moore & Egeth, 1997) können zukünftig ebenfalls auf gemeinsame und abgrenzende Eigenschaften zum Attentional Blink untersucht werden.

Das vorgeschlagene Modell zum Attentional Blink sollte zukünftig auf konnektionistische oder komputationale Art konkretisiert werden. Eine Ausgangsbasis dazu kann das in Kapitel 3.4.2 erwähnte neuronale Netzwerkmodell sein, welches auf dem Zwei-Stufen-Modell basiert (Bowman & Barnard, 2001; Bowman & Wyble, 2005; Wyble & Bowman, 2004, 2005). Die derzeit aktuelle Version des über die Jahre ständig

weiterentwickelten Netzwerkmodells sagt eine Zeitabhängigkeit des Verlaufs der T2-Leistungen vorher. Wyble und Bowman (2005) prüften dies empirisch über eine RSVP-Tempovariation bei der Aufgabe, zwei Buchstaben unter Ziffern zu identifizieren. Dabei zeigten sich parallele T2-Verläufe mit den geringsten T2-Leistungen bei T1-T2-SOAs von 285 ms. Anders als in den im Rahmen dieses Projekts durchgeführten Experimenten wurden weniger Tempo-Stufen verwendet (95 vs. 45 ms) und diese zudem als between-subjects-Variablen operationalisiert. Das Netzwerkmodell sagt zusätzlich Einbußen für den ersten Zielreiz vorher, wenn er vom zweiten in einem Abstand von bis zu 100 ms gefolgt wird (Wyble & Bowman, 2005), analog zu den Befunden von z. B. Hommel und Akyürek (2005) und zu den T1-Leistungen aus Experiment 1 und 2 dieses Dissertationsprojektes.

Auch Wissenschaftsbereiche außerhalb der Kognitionspsychologie können die Befunde eines zeitbasierten Aufmerksamkeitstores als Ausgangspunkt zu weiterer Forschung nutzen. So kann z. B. dem in Experiment 3 vorhandenen Alterseffekt auf die zeitliche Ausdehnung der Episode gemeinsamer Zielreizverarbeitung gezielt nachgegangen werden. Bestimmte Störungen, die mit Einbußen in Aufmerksamkeits- bzw. Kurzzeitgedächtnisaufgaben einhergehen, könnten daraufhin untersucht werden, ob das Aufmerksamkeitstor bei diesen Personen beeinträchtigt oder unverändert ist. So berichten Hollingsworth, McAuliffe und Knowlton (2001) für Erwachsene mit Aufmerksamkeits-Defizit-Syndrom (ADS) in einem Attentional Blink-Experiment schlechtere T2-Leistungen im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen. Dabei zeigten sich mehr Lag-Stufen von Leistungseinbußen betroffen, die T2-Leistungen bei Lag 1 hingegen unterschieden sich für beide Gruppen nicht voneinander. Li, Lin, Chang und Hung (2004) hingegen berichten, dass Kinder mit ADS im Vergleich zu gesunden Kindern neben generell geringeren T2-Leistungen einen U-förmigen AB-Verlauf aufweisen, der im Vergleich zu den Kontrollpersonen in x-Achsen-Richtung hin zu größeren Lag-Stufen verschoben ist. Husain und Mitarbeiter (1997) fanden bei Patienten mit rechtshemisphärischem Neglekt T2-Einbußen in einem größeren Lag-Bereich als bei Gesunden.

Nach Abschluss dieses Dissertationsprojektes lässt sich feststellen, dass sich zu dem intensiv untersuchten Phänomen Attentional Blink neue Befunde beitragen ließen, die die Präzisierung bisheriger Modellvorstellungen nach sich zogen und gleichzeitig neue Fragen aufgeworfen haben. Dabei hat sich insbesondere die Schnittstelle von Gedächtnispsychologie und räumlichen und zeitlichen Aspekten der Aufmerksamkeit als Quelle interessanter neuer Ideen erwiesen.

10 Literaturverzeichnis

- Akyürek, E. G., & Hommel, B. (2005). Target integration and the attentional blink. *Acta Psychologica, 119*, 305-314.
- Allport, A. (1987). Selection for action: Some behavioral and neurophysiological considerations of attention and action. In H. Heuer & A. F. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action* (pp. 395-419). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Arnell, K. M. (2001). Cross-modal interactions in dual-task paradigms. In K. Shapiro (Ed.), *The limits of attention: Temporal constraints in human information processing* (pp. 141-177). Oxford, NY: Oxford University Press.
- Arnell, K. M., & Duncan, J. (2002). Separate and shared sources of dual-task cost in stimulus identification and response selection. *Cognitive Psychology, 44*, 105-147.
- Arnell, K. M., & Jolicoeur, P. (1999). The attentional blink across stimulus modalities: Evidence for central processing limitations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 25*, 630-648.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp. 89-195). New York: Academic Press.
- Awh, E., Serences, J., Laurey, P., Dhaliwal, H., van der Jagt, T., & Dassonville, P. (2004). Evidence against a central bottleneck during the attentional blink: Multiple channels for configural and featural processing. *Cognitive Psychology, 48*, 95-126.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 49(A)*, 5-28.
- Baddeley, A. D. (1999). *Essentials of human memory*. Hove, UK: Psychology Press.
- Bentin, S., McCarthy, G., & Wood, C. C. (1985). Event-related potentials, lexical decision and semantic priming. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology, 60*, 343-355.
- Botella, J., & Eriksen, C. W. (1991). Pattern changes in rapid serial visual presentation tasks without strategic shifts. *Bulletin of the Psychonomic Society, 29*, 105-108.
- Botella, J., & Eriksen, C. W. (1992). Filtering versus parallel processing in RSVP tasks. *Perception & Psychophysics, 51*, 334-343.
- Boucart, M., de Visme, P., & Wagemans, J. (2000). Effect of benzodiazepine on temporal integration in object perception. *Psychopharmacology, 152*, 249-255.

- Bowman, H., & Barnard, P. (2001, September). *Computational modelling of distributed executive control* (Tech. Rep. No. 12-01). Canterbury, UK: University of Kent, Computing Laboratory.
- Bowman, H., & Wyble, B. (2005). Modelling the attentional blink. In A. Cangelosi, G. Bugmann, & R. Borisyuk (Eds.), *The 9th Neural Computation and Psychology Workshop: Vol. 10. Progress in neural processing: Modeling language, cognition and action* (pp. 1-10). Singapur: World Science.
- Braun, J. (1998). Vision and attention: The role of training. *Nature*, *393*, 424-425.
- Brehaut, J. C., Enns, J. T., & Di Lollo, V. (1999). Visual masking plays two roles in the attentional blink. *Perception & Psychophysics*, *61*, 1436-1448.
- Breitmeyer, B. G. (1984). *Visual masking: An integrative approach*. Oxford, NY: Oxford University Press.
- Breitmeyer, B. G., Ehrenstein, A., Pritchard, K., Hiscock, M., & Crisan, J. (1999). The roles of location specificity and masking mechanisms in the attentional blink. *Perception & Psychophysics*, *61*, 798-809.
- Briand, K. A., & Klein, R. M. (1987). Is Posner's "beam" the same as Treisman's "glue"? On the relation between visual orienting and feature integration theory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *13*, 228-241.
- Broadbent, D. E. (1957). A mechanical model for human attention and immediate memory. *Psychological Review*, *64*, 205-215.
- Broadbent, D. E., & Broadbent, M. H. (1987). From detection to identification: Response to multiple targets in rapid serial visual presentation. *Perception & Psychophysics*, *42*, 105-113.
- Castiello, U., & Umiltà, C. (1990). Size of the attentional focus and efficiency of processing. *Acta Psychologica*, *73*, 195-209.
- Chartier, S., Cousineau, D., & Charbonneau, D. (2004). A connectionist model of the attentional blink effect during a rapid serial visual presentation task. In M. Lovett, C. Schunn, C. Lebiere, & P. Munro (Eds.), *Sixth International Conference on Cognitive Modeling* (pp. 64-69). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *25*, 975-979.
- Chun, M. M. (1997a). Temporal binding errors are redistributed by the attentional blink. *Perception & Psychophysics*, *59*, 1191-1199.
- Chun, M. M. (1997b). Types and tokens in visual processing: A double dissociation between the attentional blink and repetition blindness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *23*, 738-755.
- Chun, M. M., & Potter, M. C. (1995). A two-stage model for multiple target detection in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*, 109-127.
- Chun, M. M., & Potter, M. C. (2001). The attentional blink and task switching within and across modalities. In K. Shapiro (Ed.), *The limits of attention: Temporal constraints in human information processing* (pp. 20-35). Oxford, NY: Oxford University Press.

- Cooper, A. C. G., Humphreys, G. W., Hulleman, J., Praamstra, P., & Georgeson, M. (2004). Transcranial magnetic stimulation to right parietal cortex modifies the attentional blink. *Experimental Brain Research*, *155*, 24-29.
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychological Bulletin*, *104*, 163-191.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework*. Oxford, NY: Oxford University Press.
- Crebolder, J. M., Jolicoeur, P., & McIlwaine, J. D. (2002). Loci of signal probability effects and of the attentional blink bottleneck. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *28*, 695-716.
- Davis, R. (1957). The human operator as a single channel information system. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *9*, 119-129.
- Dehaene, S., Sergent, C., & Changeux, J.-P. (2003). A neuronal network model linking subjective reports and objective physiological data during conscious perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, *100*, 8520-8525.
- Dell'Acqua, R., Pascali, A., Jolicoeur, P., & Sessa, P. (2003). Four-dot masking produces the attentional blink. *Vision Research*, *43*, 1907-1913.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, *70*, 51-61.
- Di Lollo, V., Enns, J. T., & Rensink, R. A. (2000). Competition for consciousness among visual events: The psychophysics of reentrant visual processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, *129*, 481-507.
- Di Lollo, V., Enns, J. T., & Rensink, R. A. (2002). Object substitution without reentry? *Journal of Experimental Psychology: General*, *131*, 594-596.
- Di Lollo, V., Kawahara, J.-I., Ghorashi, S. M. S., Enns, J. T. (2005). The attentional blink: Resource depletion or temporary loss of control? *Psychological Research*, *69*, 191-200.
- Donchin, E., & Coles, M. G. H. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences*, *11*, 357-374.
- Donders, F. C. (1969). On the speed of mental processes. *Acta Psychologica*, *30*, 412-431.
- Duncan, J. (1980). The locus of interference in the perception of simultaneous stimuli. *Psychological Review*, *37*, 272-300.
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, *113*, 501-517.
- Duncan, J. (1993). Similarity between concurrent visual discriminations: Dimensions and objects. *Perception & Psychophysics*, *54*, 425-430.
- Duncan, J. (2001). Frontal lobe function and the control of visual attention. In J. Braun, C. Koch, & J. L. Davis (Eds.), *Visual attention and cortical circuits* (pp. 69-88). Cambridge, MA: MIT Press.
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, *96*, 433-458.

- Duncan, J., Martens, S., & Ward, R. (1997). Restricted attentional capacity within but not between sensory modalities. *Nature*, 387, 808-810.
- Duncan, J., Ward, R., & Shapiro, K. (1994). Direct measurement of attentional dwell time in human vision. *Letters to Nature*, 369, 313-315.
- Eimer, M. (1998). The lateralized readiness potential as on-line measure of central response activation processes. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 30, 146-156.
- Enns, J. T., & Di Lollo, V. (1997). Object substitution: A new form of masking in unattended visual locations. *Psychological Science*, 8, 135-139.
- Enns, J. T., & Di Lollo, V. (2000). What's new in visual masking? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 345-352.
- Enns, J. T., Visser, T. A. W., Kawahara, J., & Di Lollo, V. (2001). Visual masking and task switching in the attentional blink. In K. Shapiro (Ed.), *The limits of attention: Temporal constraints in human information processing* (pp. 65-81). Oxford, NY: Oxford University Press.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target in a non-search task. *Perception & Psychophysics*, 16, 143-149.
- Eriksen, C. W., & Hoffman, J. E. (1973). The extent of processing of noise elements during selective encoding from visual displays. *Perception & Psychophysics*, 14, 155-160.
- Eriksen, C. W., & Murphy, T. D. (1987). Movement of attentional focus across the visual field: A critical look at the evidence. *Perception & Psychophysics*, 42, 299-305.
- Eriksen, C. W., & St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, 40, 225-240.
- Eriksen, C. W., & Yeh, Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 583-597.
- Fell, J., Klaver, P., Elger, C. E., & Fernández, G. (2002). Suppression of EEG gamma activity may cause the attentional blink. *Consciousness and Cognition*, 11, 114-122.
- Francis, G., & Hermens, F. (2002). Comment on "Competition for consciousness among visual events: The psychophysics of reentrant visual processes" (Di Lollo, Enns, & Rensink, 2000). *Journal of Experimental Psychology: General*, 131, 590-593.
- Gathercole, S. E., & Broadbent, D. E. (1984). Combining attributes in specified and categorized target search: Further evidence for strategic differences. *Memory & Cognition*, 12, 329-337.
- Giesbrecht, B., Bischof, W. F., & Kingstone, A. (2003). Visual masking during the attentional blink: Tests of the object substitution hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 238-258.
- Giesbrecht, B., & Di Lollo, V. (1998). Beyond the attentional blink: Visual masking by object substitution. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1454-1466.

- Grandison, T. D., Ghirardelli, T. G., & Egeth, H. E. (1997). Beyond similarity: Masking of the target is sufficient to cause the attentional blink. *Perception & Psychophysics*, *59*, 266-274.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, *423*, 534-537.
- Griffin, I. C., Miniussi, C., & Nobre, A. C. (2002). Multiple mechanisms of selective attention: Differential modulation of stimulus processing by attention to space or time. *Neuropsychologia*, *40*, 2325-2340.
- Gross, J., Schmitz, F., Schnitzler, I., Kessler, K., Shapiro, K., Hommel, B., et al. (2004). Modulation of long-range neural synchrony reflects temporal limitations of visual attention in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, *101*, 13050-13055.
- Handy, T. C., & Mangun, G. R. (2000). Attention and spatial selection: Electrophysiological evidence for modulation by perceptual load. *Perception & Psychophysics*, *62*, 175-186.
- Hollingsworth, D. E., McAuliffe, S. P., & Knowlton, B. J. (2001). Temporal allocation of visual attention in adult attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *13*, 298-305.
- Hommel, B. (1998). Automatic stimulus-response translation in dual-task performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*, 1368-1384.
- Hommel, B., & Akyürek, E. G. (2005). Lag-1 sparing in the attentional blink: Benefits and costs of integrating two events into a single episode. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, *58(A)*, 1415-1433.
- Hommel, B., Kessler, K., Schmitz, F., Gross, J., Akyürek, E., Shapiro, K., et al. (in press). How the brain blinks: Towards a neurocognitive model of the attentional blink. *Psychological Research*.
- Husain, M., Shapiro, K., Martin, J., & Kennard, C. (1997). Abnormal temporal dynamics of visual attention in spatial neglect patients. *Nature*, *385*, 154-156.
- Intraub, H. (1985). Visual dissociation: An illusory conjunction of pictures and forms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *11*, 431-442.
- Isaak, M. I., Shapiro, K. L., & Martin, J. (1999). The attentional blink reflects retrieval competition among multiple rapid serial visual presentation items: Tests of an interference model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*, 1774-1792.
- James, W. (1950). *The principles of psychology: Vol.1*. New York: Dover. (Originalarbeit veröffentlicht 1890)
- Jiang, Y., & Chun, M. M. (2001). The influence of temporal selection on spatial selection and distractor interference: An attentional blink study. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *27*, 664-679.
- Johnson, A., & Proctor, R. W. (2004). *Attention: Theory and practice*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

- Johnston, W. A., & Dark, V. J. (1986). Selective attention. *Annual Review of Psychology*, *37*, 43-75.
- Johnston, W. A., & Heinz, S. P. (1979). Depth of nontarget processing in an attention task. *Journal of Experimental Psychology*, *5*, 168-175.
- Jolicoeur, P. (1998). Modulation of the attentional blink by on-line response selection: Evidence from speeded and unspeeded Task1 decisions. *Memory & Cognition*, *26*, 1014-1032.
- Jolicoeur, P. (1999). Concurrent response-selection demands modulate the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*, 1097-1113.
- Jolicoeur, P., Dell'Acqua, R., & Crebolder, J. (2000). Multitasking performance deficits: Forging links between the attentional blink and the psychological refractory period. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII* (pp. 309-330). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Jolicoeur, P., Dell'Acqua, R., & Crebolder, J. M. (2001). The attentional blink bottleneck. In K. Shapiro (Ed.), *The limits of attention: Temporal constraints in human information processing* (pp. 82-99). Oxford, NY: Oxford University Press.
- Joseph, J. S., Chun, M. M., & Nakayama, K. (1997). Attentional requirements in a 'preattentive' feature search task. *Nature*, *387*, 805-807.
- Joseph, J. S., Chun, M. M., & Nakayama, K. (1998). Reply: Vision and attention: The role of training. *Nature*, *393*, 425.
- Juola, J. F., Duruvu, P., & Peterson, M. S. (2000). Priming effects in attention gating. *Memory & Cognition*, *28*, 224-235.
- Kahan, T. A., & Mathis, K. M. (2002). Gestalt grouping and common onset masking. *Perception & Psychophysics*, *64*, 1248-1259.
- Kahneman, D., Treisman, A., & Gibbs, B. J. (1992). The reviewing of object files: Object-specific integration of information. *Cognitive Psychology*, *24*, 175-219.
- Kanwisher, N. G. (1987). Repetition blindness: Type recognition without token individuation. *Cognition*, *27*, 117-143.
- Kanwisher, N. G. (1991). Repetition blindness and illusory conjunctions: Errors in binding visual types with visual tokens. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *17*, 404-421.
- Kanwisher, N. G., & Driver, J. (1992). Objects, attributes, and visual attention: Which, what, and where. *Current Directions in Psychological Science*, *1*, 26-31.
- Kawahara, J.-I. (2003a). Mere presence of distractors: Another determining factor for the attentional blink. *Japanese Psychological Research*, *45*, 140-151.
- Kawahara, J.-I. (2003b). The effect of observer's set on the processing of temporally distributed items. *Japanese Psychological Research*, *45*, 109-114.
- Kawahara, J.-I., Di Lollo, V., & Enns, J. T. (2001). Attentional requirements in visual detection and identification: Evidence from the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *27*, 969-984.

- Kawahara, J.-I., Zuvic, S. M., Enns, J. T., & Di Lollo, V. (2003). Task switching mediates the attentional blink even without backward masking. *Perception & Psychophysics*, *65*, 339-351.
- Keele, S. W., Cohen, A., Ivry, R., Liotti, M., & Yee, P. (1988). Tests of a temporal theory of attention binding. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *14*, 444-452.
- Kessler, K., Schmitz, F., Gross, J., Hommel, B., Shapiro, K., & Schnitzler, A. (2005a). Cortical mechanisms of attention in time: Neural correlates of the Lag-1-sparing phenomenon. *European Journal of Neuroscience*, *21*, 2563-2574.
- Kessler, K., Schmitz, F., Gross, J., Hommel, B., Shapiro, K., & Schnitzler, A. (2005b). Target consolidation under high temporal processing demands as revealed by MEG. *Neuroimage*, *26*, 1030-1041.
- Klein, R., & Shore, D. I. (2000). Relations among modes of visual orienting. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Control of Cognitive Processes: Attention and Performance XVIII* (pp. 195-208). Cambridge, MA: MIT Press.
- Kranczioch, C., Debener, S., & Engel, A. K. (2003). Event-related potential correlates of the attentional blink phenomenon. *Cognitive Brain Research*, *17*, 177-187.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words. *Biological Psychology*, *11*, 99-116.
- LaBerge, D. (1983). Spatial extent of attention to letters and words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *9*, 371-379.
- LaBerge, D., & Brown, V. (1989). Theory of attentional operations in shape identification. *Psychological Review*, *96*, 101-124.
- LaBerge, D., Carlson, R. L., Williams, J. K., & Bunney, B. G. (1997). Shifting attention in visual space: Tests of moving-spotlight models versus an activity-distribution model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *23*, 1380-1392.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*, 451-468.
- Lavie, N., & Tsal, Y. (1994). Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Perception & Psychophysics*, *56*, 183-197.
- Lawrence, D. (1971). Two studies of visual search for word targets with controlled rates of presentation. *Perception & Psychophysics*, *10*, 85-89.
- Li, C., Lin, W., Chang, H., & Hung, Y. (2004). A psychophysical measure of attention deficit in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, *113*, 228-236.
- Logan, G. D., & Gordon, R. D. (2001). Executive control of visual attention in dual-task situations. *Psychological Review*, *108*, 393-434.
- Luck, S. J. (1998). Sources of dual-task interference: Evidence from human electrophysiology. *Psychological Science*, *9*, 223-227.

- Luck, S. J., & Vecera, S. P. (2002). Attention. In Yantis, S. & Pashler, H. (Eds.), *Steven's handbook of experimental psychology: Vol. 1. Sensation and perception* (3rd ed., pp. 235-286). New York: John Wiley & Sons.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (2001). Multiple sources of interference in dual-task performance: The cases of the attentional blink and the psychological refractory period. In K. Shapiro (Ed.), *The limits of attention: Temporal constraints in human information processing* (pp. 124-140). Oxford, NY: Oxford University Press.
- Luck, S. J., Vogel, E. K., & Shapiro, K. L. (1996). Word meanings can be accessed but not reported during the attentional blink. *Nature*, 383, 616-618.
- Mack, A., & Rock, J. (2000). *Inattention blindness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Maki, W. S., Bussard, G., Lopez, K., & Digby, B. (2003). Sources of interference in the attentional blink: Target-distractor similarity revisited. *Perception & Psychophysics*, 65, 188-201.
- Maki, W. S., Couture, T., Frigen, K., & Lien, D. (1997). Sources of the attentional blink during rapid serial visual presentation: Perceptual interference and retrieval competition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1393-1411.
- Maki, W. S., Frigen, K., & Paulson, K. (1997). Associative priming by targets and distractors during rapid serial visual presentation: Does word meaning survive the attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1014-1034.
- Marcantoni, W. S., Lepage, M., Beaudoin, G., Bourgouin, P., & Richer, F. (2003). Neural correlates of dual task interference in rapid visual streams: An fMRI study. *Brain and Cognition*, 53, 318-321.
- Marois, R., Chun, M. M., & Gore, J. C. (2000). Neural correlates of the attentional blink. *Neuron*, 28, 299-308.
- Marois, R., Yi, D.-J., & Chun, M. M. (2004). The neural fate of consciously perceived and missed events in the attentional blink. *Neuron*, 41, 465-472.
- Marr, D. (1982). *Vision*. New York: Freeman.
- Martens, S., Wolters, G., & van Raamsdonk, M. (2002). Blinks of the mind: Memory effects of attentional processes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 1275-1287.
- Maxwell, S. E., & Delaney, H. D. (1990) *Designing experiments and analyzing data*. Belmont, CA: Wadsworth.
- McArthur, G., Budd, T., & Michie, P. (1999). The attentional blink and P300. *Neuroreport*, 10, 3691-3695.
- McCarthy, G., & Nobre, A. C. (1993). Modulation of semantic processing by spatial selective attention. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology: Evoked Potentials*, 88, 210-219.
- McLaughlin, E. N., Shore, D. I., & Klein, R. M. (2001). The attentional blink is immune to masking-induced data limits. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 54(A), 169-196.

- McLean, J. P., Broadbent, D. E., & Broadbent, H. P. (1983). Combining attributes in rapid serial visual presentation tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, *35(A)*, 171-186.
- Meyer, D. E., & Kieras, D. E. (1997a). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 1. Basic mechanisms. *Psychological Review*, *104*, 3-65.
- Meyer, D. E., & Kieras, D. E. (1997b). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 2. Accounts of psychological refractory-period phenomena. *Psychological Review*, *104*, 749-791.
- Miller, J., & Reynolds, A. (2003). The locus of redundant-targets and nontargets effects: Evidence from the psychological refractory period paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *29*, 1126-1142.
- Miller, J., & Schröter, H. (2002). Online response preparation in a rapid serial visual search task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *28*, 1364-1390.
- Mondor, T. A. (1998). A transient processing deficit following selection of an auditory target. *Psychonomic Bulletin & Review*, *5*, 305-311.
- Moore, C. M., & Egeth, H. (1997). Perception without attention: Evidence of grouping under conditions of inattention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *23*, 339-352.
- Moore, C. M., Egeth, H., Berglan, L. R., & Luck, S. J. (1996). Are attentional dwell times inconsistent with serial visual search? *Psychonomic Bulletin & Review*, *3*, 360-365.
- Moran, J., & Desimone, R. (1985). Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science*, *229*, 782-784.
- Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *11*, 56-60.
- Müller-Plath, G. (2000). Formale Modellierung visueller Suchstrategien: mit Anwendungen bei der Lokalisation von Hirnfunktionen und in der Diagnostik von Aufmerksamkeitsstörungen. In *MPI Series in Cognitive Neuroscience* (Vol. 9). Leipzig: Max Planck Institut für neuropsychologische Forschung.
- Müller-Plath, G., & Pollmann, S. (2003). Determining subprocesses of visual feature search with reaction time models. *Psychological Research*, *67*, 80-105.
- Naccache, L., Blandin, E., & Dehaene, S. (2002). Unconscious masked priming depends on temporal attention. *Psychological Science*, *13*, 416-424.
- Navon, D., & Gopher, D. (1979). On the economy of the human-processing system. *Psychological Review*, *86*, 214-255.
- Navon, D., & Miller, J. (2002). Queuing or sharing? A critical evaluation of the single-bottleneck notion. *Cognitive Psychology*, *44*, 193-251.
- Neely, J. H. (1991). Semantic priming effects in visual word recognition: A selective review of current findings and theories. In D. Besner & G. W. Humphreys (Eds.), *Basic Processes in Reading* (pp. 264-336). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Neill, W. T., Hutchison, K. A., & Graves, D. F. (2002). Masking by object substitution: Dissociation of masking and cuing effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 682-694.
- Neter, J., Wasserman, W., & Kutner, M. H. (1990). *Applied linear statistical models*. Burr Ridge, IL: Irwin.
- Neumann, O. (1987). Beyond capacity: A functional view of attention. In H. Heuer & A. F. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action* (pp. 361-394). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Neumann, O. (1992). Theorien der Aufmerksamkeit: Von Metaphern zu Mechanismen. *Psychologische Rundschau*, 43, 83-101.
- Norman, D. A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, 75, 522-536.
- O'Regan, J. K., Rensink, R. A., & Clark, J. J. (1999). Change-blindness as a result of 'mudsplashes'. *Nature*, 398, 34.
- Olson, I. R., & Chun, M. M. (2001). Temporal contextual cuing of visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 1299-1313.
- Olson, I. R., Chun, M. M., & Anderson, A. K. (2001). Effects of phonological length on the attentional blink for words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 1116-1123.
- Pashler, H. (1984a). Evidence against late selection: Stimulus quality effects in pre-viewed displays. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 429-448.
- Pashler, H. (1984b). Processing stages in overlapping tasks: Evidence for a central bottleneck. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 358-377.
- Pashler, H. (1989). Dissociations and dependencies between speed and accuracy: Evidence for a two-component theory of divided attention in simple tasks. *Cognitive Psychology*, 21, 469-514.
- Pashler, H. (1994a). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116, 220-244.
- Pashler, H. (1994b). Graded capacity-sharing in dual-task interference? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 330-342.
- Pashler, H., & Johnston, J. C. (1989). Chronometric evidence for central postponement in temporally overlapping tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 41(A), 19-45.
- Perea, M., & Rosa, E. (2002). The effects of associative and semantic priming in the lexical decision task. *Psychological Research*, 66, 180-194.
- Peterson, M. S., & Juola, J. F. (2000). Evidence for distinct attentional bottlenecks in attention switching and attentional blink tasks. *Journal of General Psychology*, 127, 6-26.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.

- Potter, M. C. (1975). Meaning in visual search. *Science*, *187*, 965-966.
- Potter, M. C. (1993). Very short-term conceptual memory. *Memory & Cognition*, *21*, 156-161.
- Potter, M. C., Chun, M. M., Banks, B. S., & Muckenhoupt, M. (1998). Two attentional deficits in serial target search: The visual attentional blink and an amodal task-switch deficit. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *24*, 979-992.
- Potter, M. C., Dell'Acqua, R., Pesciarelli, F., Job, R., Peressotti, F., & O'Connor, D. H. (2005). Bidirectional semantic priming in the attentional blink. *Psychonomic Bulletin & Review*, *12*, 460-465.
- Potter, M. C., Staub, A., & O'Connor, D. H. (2002). The time course of competition for attention: Attention is initially labile. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *28*, 1149-1162.
- Raymond, J. E. (2003). New objects, not new features, trigger the attentional blink. *Psychological Science*, *14*, 54-59.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*, 849-860.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1995). Similarity determines the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*, 653-662.
- Reeves, A., & Sperling, G. (1986). Attention gating in short-term visual memory. *Psychological Review*, *93*, 180-206.
- Rensink, R. A., O'Regan, J. K., & Clark, J. J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological Science*, *8*, 368-373.
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, *124*, 207-231.
- Rolke, B., Heil, M., Streb, J., & Hennighausen, E. (2001). Missed prime words within the attentional blink evoke an N400 semantic priming effect. *Psychophysiology*, *38*, 165-174.
- Rugg, M. D. (1995). *Electrophysiology of the mind: Event-related brain potentials and cognition*. Oxford, NY: Oxford University Press.
- Ruthruff, E., & Pashler, H. E. (2001). Perceptual and central interference in dual-task performance. In K. Shapiro (Ed.), *The limits of attention: Temporal constraints in human information processing* (pp. 100-123). Oxford, NY: Oxford University Press.
- Sanders, A. F. (1983). Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica*, *53*, 61-97.
- Sanders, A. F. (1990). Issues and trends in the debate on discrete vs. continuous processing of information. *Acta Psychologica*, *74*, 123-167.
- Scheerer, E. (1973). Integration, interruption and processing rate in visual backward masking. *Psychologische Forschung*, *36*, 71-93.

- Schneider, W. X. (1999). Visual-spatial working memory, attention, and scene representation: A neuro-cognitive theory. *Psychological Research*, 62, 220-236.
- Scholl, B. J. (2001). Objects and attention: The state of the art. *Cognition*, 80, 1-46.
- Seiffert, A. E., & Di Lollo, V. (1997). Low-level masking in the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1061-1073.
- Shallice, T. (1994). Multiple levels of control processes. In C. Umiltá & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and performance XV: Conscious and nonconscious information processing* (pp. 395-420). Cambridge, MA: MIT Press.
- Shapiro, K. (2001). Temporal methods for studying attention: How did we get here and where are we going? In K. Shapiro (Ed.), *The limits of attention: Temporal constraints in human information processing* (pp. 1-19). Oxford, NY: Oxford University Press.
- Shapiro, K., Driver, J., Ward, R., & Sorensen, R. E. (1997). Priming from the attentional blink: A failure to extract visual tokens but not visual types. *Psychological Science*, 8, 95-100.
- Shapiro, K., Hillstrom, A. P., & Husain, M. (2002). Control of visuotemporal attention by inferior parietal and superior temporal cortex. *Current Biology*, 12, 1320-1325.
- Shapiro, K. L., Arnell, K. M., & Raymond, J. E. (1997). The attentional blink. *Trends in Cognitive Sciences*, 1, 291-296.
- Shapiro, K. L., Caldwell, J., & Sorensen, R. E. (1997). Personal names and the attentional blink: A visual "cocktail party" effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 504-514.
- Shapiro, K. L., & Luck, S. J. (1999). The attentional blink: A front-end mechanism for fleeting memories. In V. Coltheart (Ed.), *Fleeting memories: Cognition of brief visual stimuli* (pp. 95-118). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Shapiro, K. L., & Raymond, J. E. (1994). Temporal allocation of visual attention: Inhibition or interference? In D. Dagenbach, T. H. Carr, & H. Thomas (Eds.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (pp. 151-188). San Diego, CA: Academic Press.
- Shapiro, K. L., Raymond, J. E., & Arnell, K. M. (1994). Attention to visual pattern information produces the attentional blink in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 357-371.
- Shapiro, K., & Terry, K. (1998). The attentional blink: The eyes have it (but so does the brain). In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 306-329). Oxford, NY: Oxford University Press.
- Sheppard, D. M., Duncan, J., Shapiro, K. L., & Hillstrom, A. P. (2002). Objects and events in the attentional blink. *Psychological Science*, 13, 410-415.
- Shiffrin, R. M., Diller, D., & Cohen, A. (1996). Processing visual information in an unattended location. In A. F. Kramer & M. G. H. Coles (Eds.), *Converging operations in the study of visual selective attention* (pp. 225-245). Washington, DC: American Psychological Association.

- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, *84*, 127-190.
- Shih, S. (2000). Recall of two visual targets embedded in RSVP streams of distractors depends on their temporal and spatial relationship. *Perception & Psychophysics*, *62*, 1348-1355.
- Shih, S., & Sperling, G. (2002). Measuring and modeling the trajectory of visual spatial attention. *Psychological Review*, *109*, 160-30.
- Soto-Faraco, S., & Spence, C. (2002). Modality-specific auditory and visual temporal processing deficits. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, *55(A)*, 23-40.
- Soto-Faraco, S., Spence, C., Fairbank, K., Kingstone, A., Hillstrom, A., & Shapiro, K. (2002). A crossmodal attentional blink between vision and touch. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*, 731-738.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs: General and Applied*, *74*, 1-29.
- Sperling, G., Budiansky, J., Spivak, J. G., & Johnson, M. C. (1971). Extremely rapid visual search: The maximum rate of scanning letters for the presence of a numeral. *Science*, *174*, 307-311.
- Sperling, G., & Reeves, A. (1980). Measuring the reaction time of a shift of visual attention. In R. S. Nickerson (Ed.), *Attention and Performance VIII* (pp. 347-360). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Sperling, G., Reeves, A., Blaser, E., Lu, Z.-L., & Weichselgartner, E. (2001). Two computational models of attention. In J. Braun, C. Koch, & J. L. Davis (Eds.), *Visual attention and cortical circuits* (pp. 177-214). Cambridge, MA: MIT Press.
- Sperling, G., & Weichselgartner, E. (1995). Episodic theory of the dynamics of spatial attention. *Psychological Review*, *102*, 503-532.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method. *Acta Psychologica*, *30*, 276-315.
- Styles, E. A. (1997). *The psychology of attention*. Hove, UK: Psychology Press.
- Swets, J. A. (1998). Separating discrimination and decision in detection, recognition, and matters of life and death. In D. Scarborough & S. Sternberg (Eds.), *Methods, models, and conceptual issues: Vol. 4. An invitation to cognitive science* (pp. 635-702). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Taylor, G. A., & Chabot, R. J. (1978). Differential backward masking of words and letters by masks of varying orthographic structure. *Memory & Cognition*, *6*, 629-635.
- Telford, C. W. (1931). The refractory phase of voluntary and associative responses. *Journal of Experimental Psychology*, *14*, 1-35.
- Tipper, S. P., & Weaver, B. (1998). The medium of attention: Location-based, object-centered, or scene-based? In R. D. Wright (Ed.), *Visual attention* (pp. 77-107). New York: Oxford University Press.

- Tombu, M., & Jolicoeur, P. (2002). All-or-none bottleneck versus capacity sharing accounts of the psychological refractory period phenomenon. *Psychological Research*, *66*, 274-286.
- Tombu, M., & Jolicoeur, P. (2003). A central capacity sharing model of dual-task performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *29*, 3-18.
- Treisman, A. (1993). The perception of features and objects. In A. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention: Selection, awareness, and control: A tribute to Donald Broadbent* (pp. 5-35). New York: Oxford University Press.
- Treisman, A., Kahneman, D., & Burkell, J. (1983). Perceptual objects and the cost of filtering. *Perception & Psychophysics*, *33*, 527-532.
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *12*, 242-248.
- Treisman, A. M. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, *76*, 282-299.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, *12*, 97-136.
- Van Duren, L. L., & Sanders, A. F. (1988). On the robustness of the additive factors stage structure in blocked and mixed choice reaction designs. *Acta Psychologica*, *69*, 83-94.
- Vandenberghe, R., Duncan, J., Dupont, P., Ward, R., Poline, J.-B., Bormans, G., et al. (1997). Attention to one or two features in left or right visual field: A positron emission tomography study. *The Journal of Neuroscience*, *17*, 3739-3750.
- Visser, T. A. W., Bischof, W. F., & Di Lollo, V. (1999). Attentional switching in spatial and nonspatial domains: Evidence from the attentional blink. *Psychological Bulletin*, *125*, 458-469.
- Visser, T. A. W., Zuvic, S. M., Bischof, W. F., & Di Lollo, V. (1999). The attentional blink with targets in different spatial locations. *Psychonomic Bulletin & Review*, *6*, 432-436.
- Vogel, E. K., & Luck, S. (2002). Delayed working memory consolidation during the attentional blink. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*, 739-743.
- Vogel, E. K., Luck, S. J., & Shapiro, K. L. (1998). Electrophysiological evidence for a postperceptual locus of suppression during the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*, 1656-1674.
- Ward, R., Duncan, J., & Shapiro, K. (1996). The slow time-course of visual attention. *Cognitive Psychology*, *30*, 79-109.
- Ward, R., Duncan, J., & Shapiro, K. (1997). Effects of similarity, difficulty, and nontarget presentation on the time course of visual attention. *Perception & Psychophysics*, *59*, 593-600.
- Weber, T. A., Kramer, A. F., & Miller, G. A. (1997). Selective processing of superimposed objects: An electrophysiological analysis of object-based attentional selection. *Biological Psychology*, *45*, 159-182.

- Weichselgartner, E. (1985). Der zeitliche Verlauf eines sog. "automatischen" visuellen Aufmerksamkeitsprozesses. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 32, 665-681.
- Weichselgartner, E., & Sperling, G. (1987). Dynamics of automatic and controlled visual attention. *Science*, 238, 778-780.
- Welford, A. T. (1952). The "psychological refractory period" and the timing of high-speed performance: A review and a theory. *British Journal of Psychology*, 43, 2-19.
- Wickens, C. D. (1980). The structure of attentional resources. In R. Nickerson (Ed.), *Attention and Performance VIII* (pp. 239-257). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Wickens, T. D. (2002). *Elementary signal detection theory*. New York: Oxford University Press.
- Wolford, G. (1975). Perturbation model for letter identification. *Psychological Review*, 82, 184-199.
- Wong, K. F. E. (2002). The relationship between attentional blink and psychological refractory period. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 54-71.
- Wood, N., & Cowan, N. (1995). The cocktail party phenomenon revisited: How frequent are attention shifts to one's name in an irrelevant auditory channel? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 255-260.
- Wyble, B., & Bowman, H. (2004). The attentional blink at 20 items/sec, model prediction and empirical validation of lag-2 sparing. In M. Lovett, C. Schunn, C. Lebiere, & P. Munro (Eds.), *Sixth International Conference on Cognitive Modeling* (pp. 57-58). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Wyble, B., & Bowman, H. (2005, July). Computational and experimental evaluation of the attentional blink: Testing the simultaneous type serial token model. *Paper presented at the XXVII Conference of the Cognitive Science Society, Stresa, Italy*.
- Zuvic, S. M., Visser, T. A. W., & Di Lollo, V. (2000). Direct estimates of processing delays in the attentional blink. *Psychological Research*, 63, 192-198.

Anhang A: Experiment 1

Instruktion Sitzung 1

Vielen Dank, dass du an diesem Experiment teilnimmst!

In dieser Untersuchung geht es um visuelle Aufmerksamkeit.

In jedem Durchgang erscheinen auf einem grauen Viereck schnell hintereinander einzelne Großbuchstaben. Einer der Buchstaben ist weiß, die anderen sind schwarz.

In der Buchstabenfolge jedes Durchgangs kann ein X enthalten sein. Du wirst nach jedem Durchgang gefragt, ob die gezeigte Buchstabenfolge ein X enthielt oder nicht.

Meinst du, dass ein *X dabei* war, dann drücke die *gelbe Taste (= Ja-Taste)!*

Meinst du, dass *kein X dabei* war, dann drücke die *blaue Taste (= Nein-Taste)!*

Die Hälfte der Durchgänge enthält ein X.

Das X kann in weißer oder schwarzer Farbe gezeigt werden.

Das Experiment besteht aus sechs Blöcken mit jeweils ca. 60 Durchgängen.

Zu Beginn wird dir ein **Demonstrationsdurchgang** gezeigt.

Danach folgt ein kurzer **Übungsblock**. Dann beginnt der erste Block.

Hast du noch Fragen?

Instruktion Sitzung 2

Vielen Dank, dass du an diesem Experiment teilnimmst!

In dieser Untersuchung geht es um visuelle Aufmerksamkeit.

In jedem Durchgang erscheinen auf einem grauen Viereck schnell hintereinander einzelne Großbuchstaben. Einer der Buchstaben ist weiß, die anderen sind schwarz. Den weißen Buchstaben sollst du dir merken.

Wenn alle Buchstaben eines Durchgangs gezeigt wurden, wirst du gefragt, welches der weiße Buchstabe war. *Tippe den weißen Buchstaben in die Tastatur ein!*

Außerdem kann in der Buchstabenfolge jedes Durchgangs ein X enthalten sein. Du wirst nach jedem Durchgang gefragt, ob die gezeigte Buchstabenfolge ein X enthielt oder nicht.

Meinst du, dass ein *X dabei* war, dann drücke die *gelbe Taste (= Ja-Taste)!*

Meinst du, dass *kein X dabei* war, dann drücke die *blaue Taste (= Nein-Taste)!*

Jeder Durchgang enthält einen weißen Großbuchstaben.

Die Hälfte der Durchgänge enthält ein X.

Das X kann in weißer oder schwarzer Farbe gezeigt werden.

Das Experiment besteht aus sechs Blöcken mit jeweils ca. 60 Durchgängen.

Zu Beginn wird dir ein **Demonstrationsdurchgang** gezeigt.

Danach folgt ein kurzer **Übungsblock**. Dann beginnt der erste Block.

Hast du noch Fragen?

Tabelle A1

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Reihenfolge auf die T1-Leistungen in Experiment 1. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Reihenfolge aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Reihenfolge	0.817	1	21	.376
Interaktion Reihenfolge × Tempo	2.607	1	21	.121
Interaktion Reihenfolge × Lag	1.507	8	168	.199 ^a
Dreifachinteraktion	2.577	8	168	.035 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle A2

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Geschlecht auf die T1-Leistungen in Experiment 1. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Geschlecht aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Geschlecht	0.039	1	21	.845
Interaktion Geschlecht × Tempo	0.308	1	21	.585
Interaktion Geschlecht × Lag	0.735	8	168	.586 ^a
Dreifachinteraktion	1.116	8	168	.357 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle A3

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Vergütung auf die T1-Leistungen in Experiment 1. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Vergütung aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Vergütung	5.664	1	21	.027
Interaktion Vergütung × Tempo	5.215	1	21	.033
Interaktion Vergütung × Lag	1.366	8	168	.248 ^a
Dreifachinteraktion	1.036	8	168	.400 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle A4

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Tastenbelegung auf die T1-Leistungen in Experiment 1. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Tastenbelegung aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Tastenbelegung	0.512	1	21	.482
Interaktion Tastenbelegung × Tempo	0.008	1	21	.930
Interaktion Tastenbelegung × Lag	0.947	8	168	.447 ^a
Dreifachinteraktion	2.311	8	168	.048 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle A5

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Alter auf die T1-Leistungen in Experiment 1. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Alter aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Alter	0.006	1	16	.937
Interaktion Alter × Tempo	0.210	1	16	.653
Interaktion Alter × Lag	0.668	8	128	.631 ^a
Dreifachinteraktion	0.505	8	128	.762 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle A6

Kennwerte der vierfaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Vergütung auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 1. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Vergütung aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Vergütung	< 0.001	1	21	.998
Interaktion Vergütung × Tempo	0.709	1	21	.409
Interaktion Vergütung × Aufgabe	0.491	1	21	.491
Interaktion Vergütung × Lag	0.499	7	147	.755 ^a
Interaktion Vergütung × Tempo × Aufgabe	1.766	1	21	.198
Interaktion Vergütung × Tempo × Lag	1.971	7	147	.093 ^a
Interaktion Vergütung × Aufgabe × Lag	0.572	7	147	.656 ^a
Vierfachinteraktion	1.387	7	147	.233 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle A7

Kennwerte der vierfaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Geschlecht auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 1. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Geschlecht aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Geschlecht	0.064	1	21	.803
Interaktion Geschlecht × Tempo	0.509	1	21	.483
Interaktion Geschlecht × Aufgabe	0.228	1	21	.638
Interaktion Geschlecht × Lag	1.125	7	147	.351 ^a
Interaktion Geschlecht × Tempo × Aufgabe	0.295	1	21	.593
Interaktion Geschlecht × Tempo × Lag	1.016	7	147	.411 ^a
Interaktion Geschlecht × Aufgabe × Lag	1.870	7	147	.135 ^a
Vierfachinteraktion	1.046	7	147	.396 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle A8

Kennwerte der vierfaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Tastenbelegung (Taste) auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 1. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Tastenbelegung aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Taste	0.728	1	21	.403
Interaktion Taste × Tempo	0.399	1	21	.534
Interaktion Taste × Aufgabe	0.541	1	21	.470
Interaktion Taste × Lag	0.247	7	147	.926 ^a
Interaktion Taste × Tempo × Aufgabe	0.008	1	21	.928
Interaktion Taste × Tempo × Lag	0.114	7	147	.148 ^a
Interaktion Taste × Aufgabe × Lag	0.364	7	147	.803 ^a
Vierfachinteraktion	1.762	7	147	.123 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle A9

Kennwerte der vierfaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Alter auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 1. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Alter aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Alter	0.964	1	16	.341
Interaktion Alter × Tempo	1.215	1	16	.287
Interaktion Alter × Aufgabe	0.983	1	16	.336
Interaktion Alter × Lag	0.628	7	112	.643 ^a
Interaktion Alter × Tempo × Aufgabe	0.006	1	16	.939
Interaktion Alter × Tempo × Lag	0.501	7	112	.754 ^a
Interaktion Alter × Aufgabe × Lag	0.476	7	112	.703 ^a
Vierfachinteraktion	1.380	7	112	.770 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle A10

Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die T1-Intrusionen in Experiment 1. Dabei wurden Durchgänge mit dargebotenem zweiten Zielreiz ausgeschlossen, bei denen der Buchstabe X als T1 genannt wurde.

Tempo	Intrusion	beobachtete Häufigkeit	erwartete Häufigkeit	χ^2 -Wert	p-Wert
100	T1+1	515	36.4	6555.00	< .001
100	T1+2	97	36.4	105.09	< .001
140	T1+1	146	10.76	1770.63	< .001
140	T1+2	15	10.76	1.74	.187

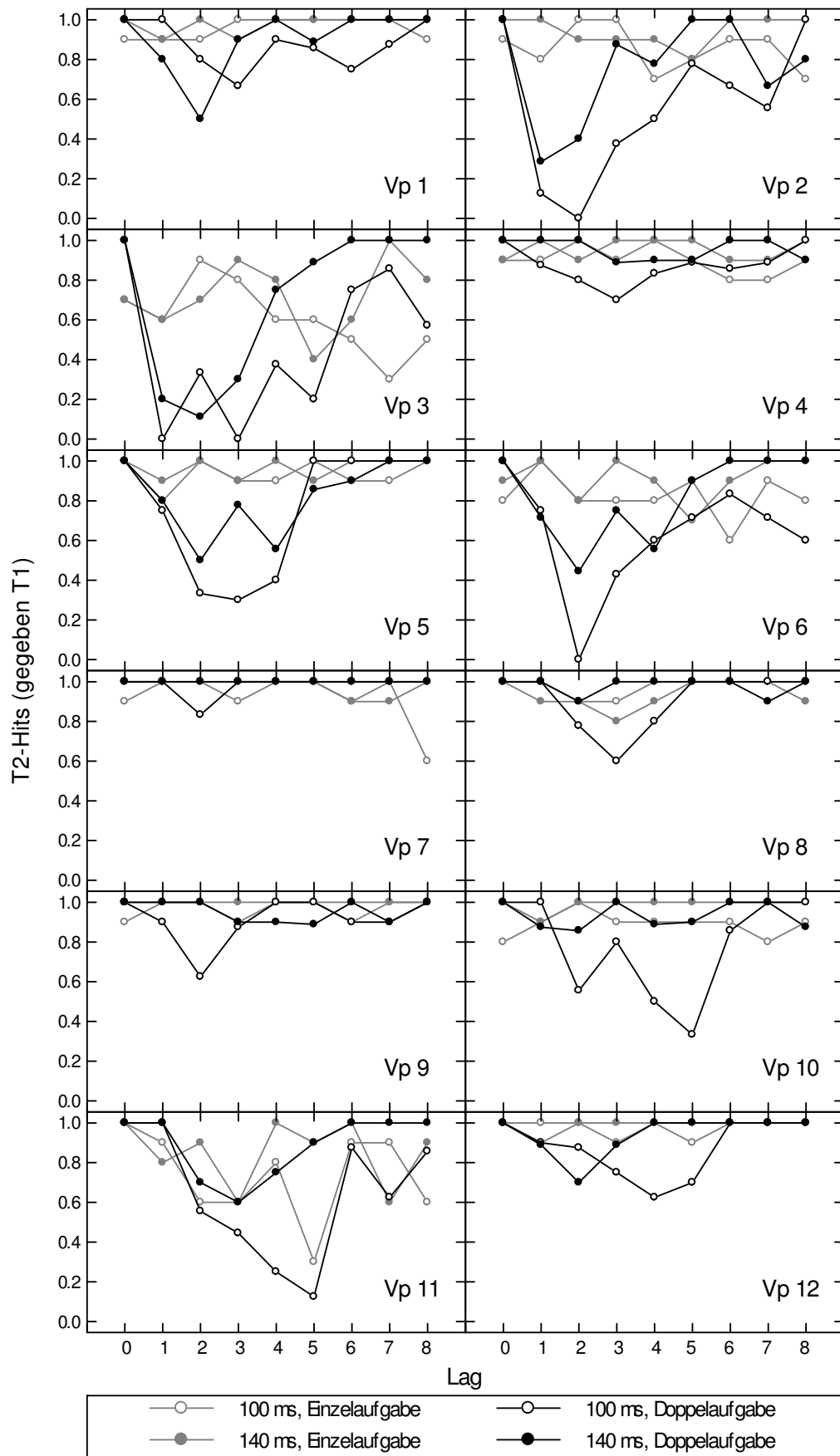


Abbildung A1. Verlauf der T2-Leistungen (gegeben T1) in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag, getrennt nach Tempo und Aufgabe für die Probanden 1 bis 12 aus Experiment 1.

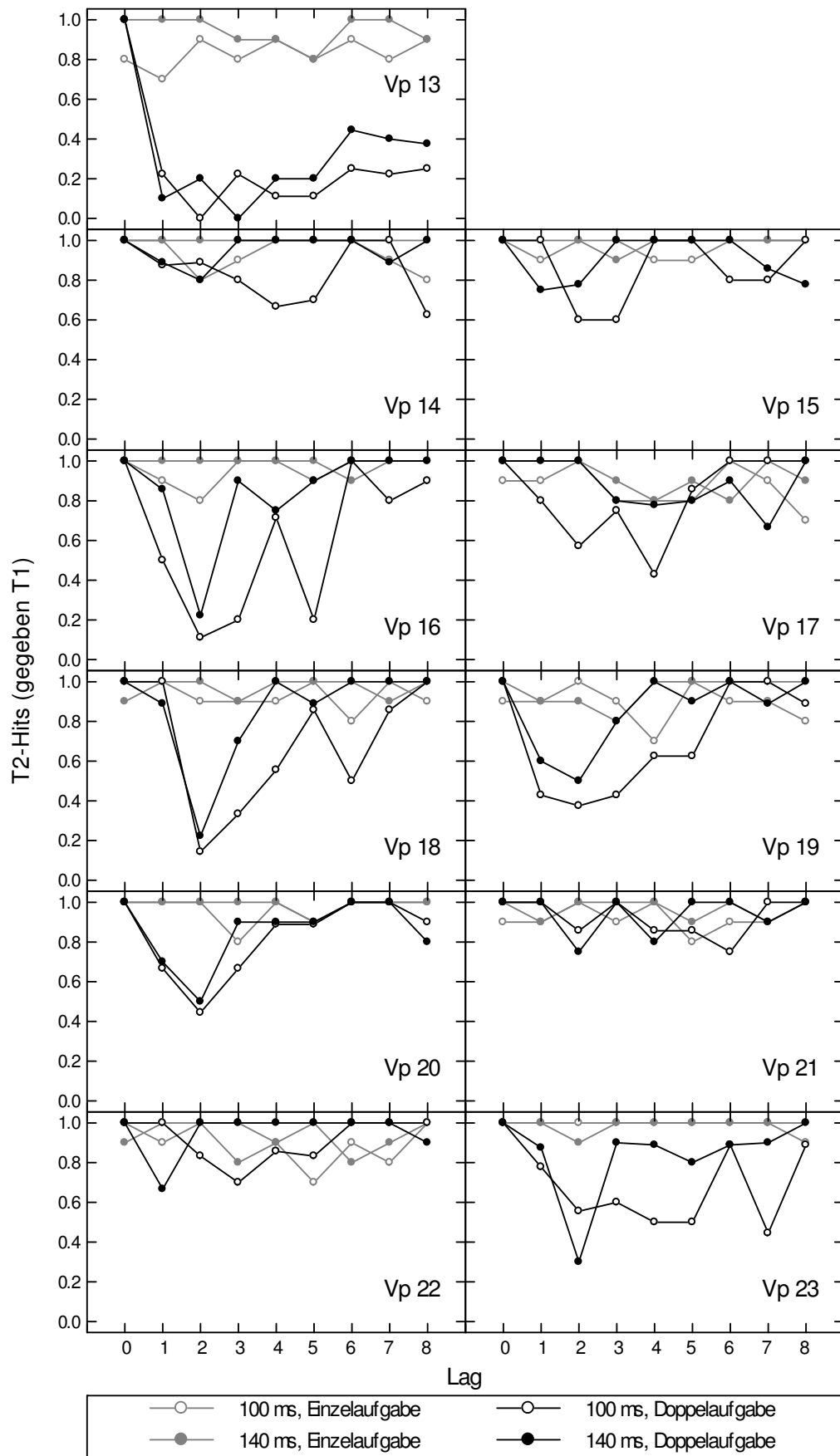


Abbildung A2. Verlauf der T2-Leistungen (gegeben T1) in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag, getrennt nach Tempo und Aufgabe für die Probanden 13 bis 23 aus Experiment 1.

Anhang B: Experiment 2

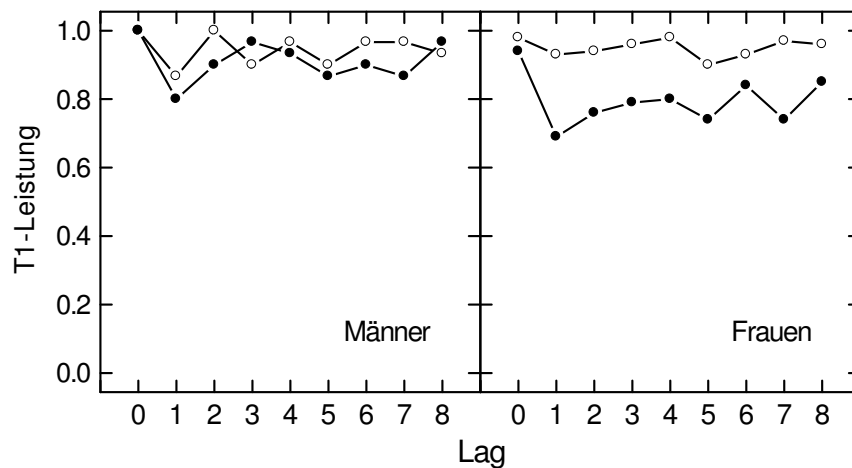


Abbildung B1. Verlauf der T1-Leistungen in Abhängigkeit von Tempo und Lag, getrennt für männliche und weibliche Probanden aus Experiment 2. Gefüllte Kreise stehen für Tempo 100 ms, ungefüllte für Tempo 140 ms.

Tabelle B1

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Reihenfolge auf die T1-Leistungen in Experiment 2. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Reihenfolge aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Reihenfolge	0.014	1	11	.908
Interaktion Reihenfolge \times Tempo	< .001	1	11	.990
Interaktion Reihenfolge \times Lag	0.319	8	88	.854 ^a
Dreifachinteraktion	0.996	8	88	.427 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle B2

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Vergütung auf die T1-Leistungen in Experiment 2. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Vergütung aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Vergütung	0.395	1	11	.543
Interaktion Vergütung × Tempo	0.018	1	11	.895
Interaktion Vergütung × Lag	0.129	8	88	.965 ^a
Dreifachinteraktion	0.756	8	88	.582 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle B3

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Tastenbelegung auf die T1-Leistungen in Experiment 2. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Tastenbelegung aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Tastenbelegung	1.188	1	11	.299
Interaktion Tastenbelegung × Tempo	0.706	1	11	.419
Interaktion Tastenbelegung × Lag	0.504	8	88	.712 ^a
Dreifachinteraktion	0.865	8	88	.509 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle B4

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Alter auf die T1-Leistungen in Experiment 2. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Alter aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Alter	0.239	1	9	.637
Interaktion Alter × Tempo	0.845	1	9	.382
Interaktion Alter × Lag	3.031	8	72	.047 ^a
Dreifachinteraktion	1.392	8	72	.250 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle B5

Kennwerte der vierfaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Reihenfolge der Sitzungen auf die T2-Hits (gegeben T1). Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Reihenfolge aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Reihenfolge	< 0.001	1	11	.987
Interaktion Reihenfolge × Tempo	0.330	1	11	.577
Interaktion Reihenfolge × Aufgabe	1.383	1	11	.264
Interaktion Reihenfolge × Lag	1.910	7	77	.144 ^a
Interaktion Reihenfolge × Tempo × Aufgabe	0.086	1	11	.775
Interaktion Reihenfolge × Tempo × Lag	1.039	7	77	.394 ^a
Interaktion Reihenfolge × Aufgabe × Lag	2.007	7	77	.128 ^a
Vierfachinteraktion	0.839	7	77	.507 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle B6

Kennwerte der vierfaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Vergütung auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 2. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Vergütung aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Vergütung	0.004	1	11	.949
Interaktion Vergütung × Tempo	0.099	1	11	.759
Interaktion Vergütung × Aufgabe	3.110	1	11	.106
Interaktion Vergütung × Lag	1.742	7	77	.167 ^a
Interaktion Vergütung × Tempo × Aufgabe	1.920	1	11	.193
Interaktion Vergütung × Tempo × Lag	0.881	7	77	.475 ^a
Interaktion Vergütung × Aufgabe × Lag	2.069	7	77	.120 ^a
Vierfachinteraktion	0.556	7	77	.693 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle B7

Kennwerte der vierfaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Tastenbelegung (Taste) auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 2. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Tastenbelegung aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Taste	2.286	1	11	.159
Interaktion Taste × Tempo	1.273	1	11	.283
Interaktion Taste × Aufgabe	0.097	1	11	.761
Interaktion Taste × Lag	0.279	7	77	.870 ^a
Interaktion Taste × Tempo × Aufgabe	0.002	1	11	.968
Interaktion Taste × Tempo × Lag	1.212	7	77	.320 ^a
Interaktion Taste × Aufgabe × Lag	0.687	7	77	.590 ^a
Vierfachinteraktion	0.989	7	77	.422 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle B8

Kennwerte der vierfaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Alter auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 2. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Alter aufgeführt.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Alter	1.187	1	9	.304
Interaktion Alter × Tempo	0.034	1	9	.858
Interaktion Alter × Aufgabe	1.041	1	9	.334
Interaktion Alter × Lag	0.273	7	63	.855 ^a
Interaktion Alter × Tempo × Aufgabe	1.277	1	9	.288
Interaktion Alter × Tempo × Lag	0.815	7	63	.502 ^a
Interaktion Alter × Aufgabe × Lag	0.514	7	63	.691 ^a
Vierfachinteraktion	1.245	7	63	.308 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle B9

Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die T1-Intrusionen in Experiment 2. Dabei wurden Durchgänge mit dargebotenem zweiten Zielreiz ausgeschlossen, bei denen der Buchstabe X als T1 genannt wurde.

Tempo	Intrusion	beobachtete Häufigkeit	erwartete Häufigkeit	χ^2 -Wert	p-Wert
100	T1+1	236	16.36	3071.63	< .001
100	T1+2	35	16.36	22.12	< .001
140	T1+1	60	4.92	642.32	< .001
140	T1+3	6	4.92	0.25	.617

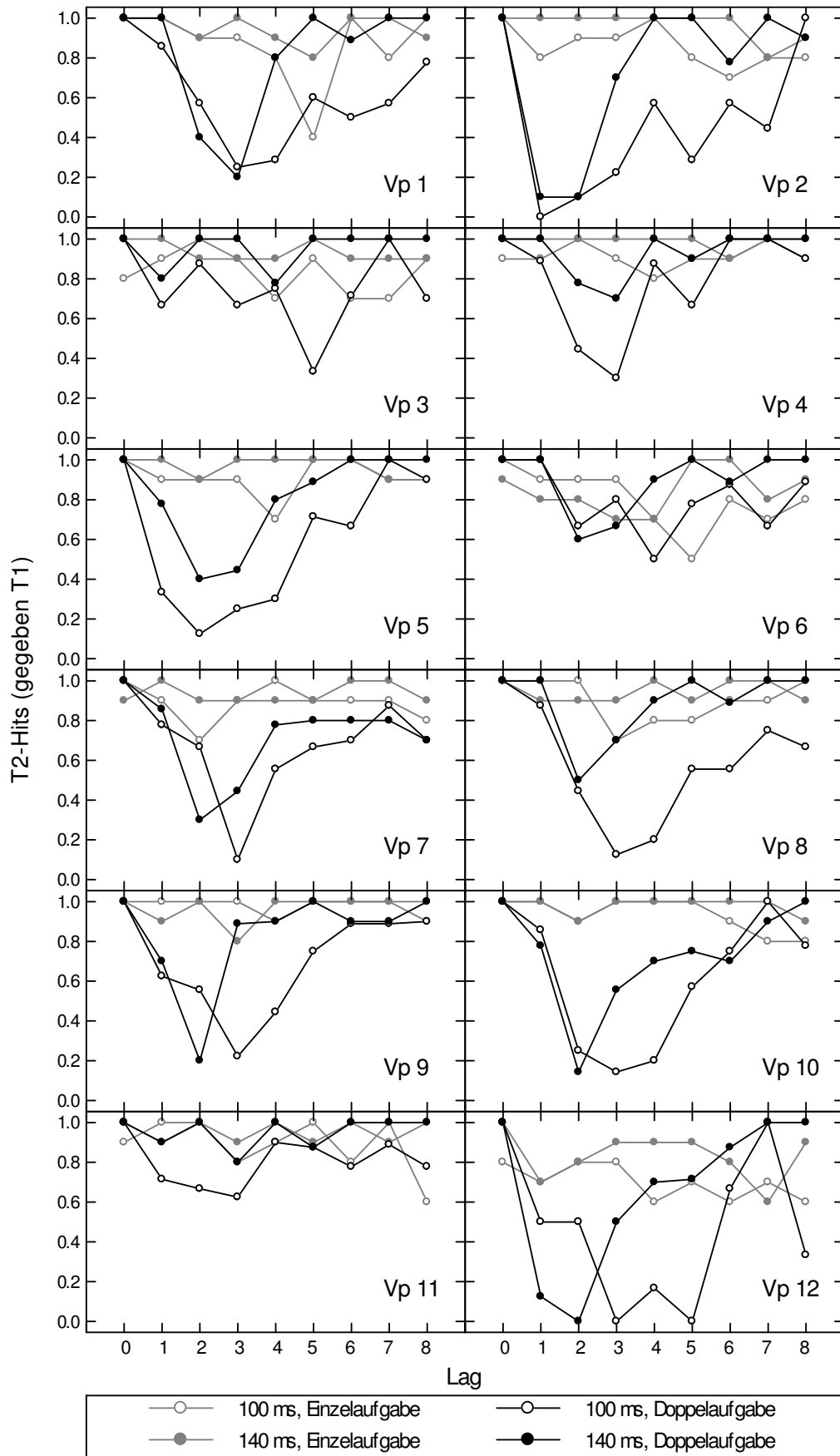


Abbildung B2. Verlauf der T2-Leistungen (gegeben T1) in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag, getrennt nach Tempo und Aufgabe für die Probanden 1 bis 12 aus Experiment 2.

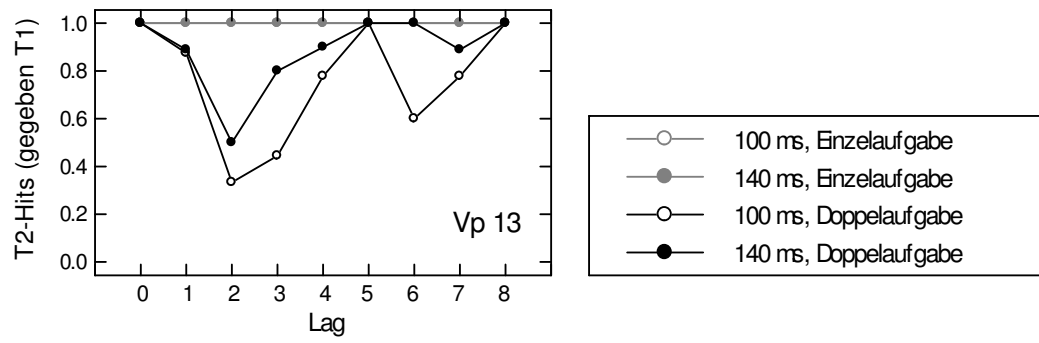


Abbildung B2. Verlauf der T2-Leistungen (gegeben T1) in Abhängigkeit vom T1-T2-Lag, getrennt nach Tempo und Aufgabe für Versuchsperson 13 aus Experiment 2.

Anhang C: Experiment 3

Instruktion

Vielen Dank, dass du an diesem Experiment teilnimmst!

In dieser Untersuchung geht es um visuelle Aufmerksamkeit.

In jedem Durchgang erscheinen auf einem grauen Viereck schnell hintereinander einzelne Großbuchstaben. Der erste der Buchstaben ist weiß, die anderen sind schwarz. Den weißen Buchstaben sollst du dir merken.

Wenn alle Buchstaben eines Durchgangs gezeigt wurden, wirst du gefragt, welches der weiße Buchstabe war. *Tippe den weißen Buchstaben in die Tastatur ein!*

Außerdem kann in der Buchstabenfolge jedes Durchgangs ein X enthalten sein. Du wirst nach jedem Durchgang gefragt, ob die gezeigte Buchstabenfolge ein X enthielt oder nicht.

Meinst du, dass ein *X dabei* war, dann drücke die *gelbe Taste (= Ja-Taste)!*

Meinst du, dass *kein X dabei* war, dann drücke die *blaue Taste (= Nein-Taste)!*

Jeder Durchgang enthält einen weißen Großbuchstaben.

Die Hälfte der Durchgänge enthält ein X.

Eine Sitzung besteht aus zehn Blöcken mit jeweils ca. 40 Durchgängen.

Zu Beginn wird dir ein **Demonstrationsdurchgang** gezeigt.

Danach folgt ein kurzer **Übungsblock**. Dann beginnt der erste Block.

Hast du noch Fragen?

Tabelle C1

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Experimentalhälfte auf die T1-Leistungen in Experiment 3. Das Tempo ging mit den Stufen 40 bis 120 ms ein.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Experimentalhälfte	11.505	1	14	.004
Interaktion Experimentalhälfte × Tempo	2.357	5	70	.075 ^a
Interaktion Experimentalhälfte × Lag	0.210	5	70	.935 ^a
Dreifachinteraktion	0.756	25	350	.639 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

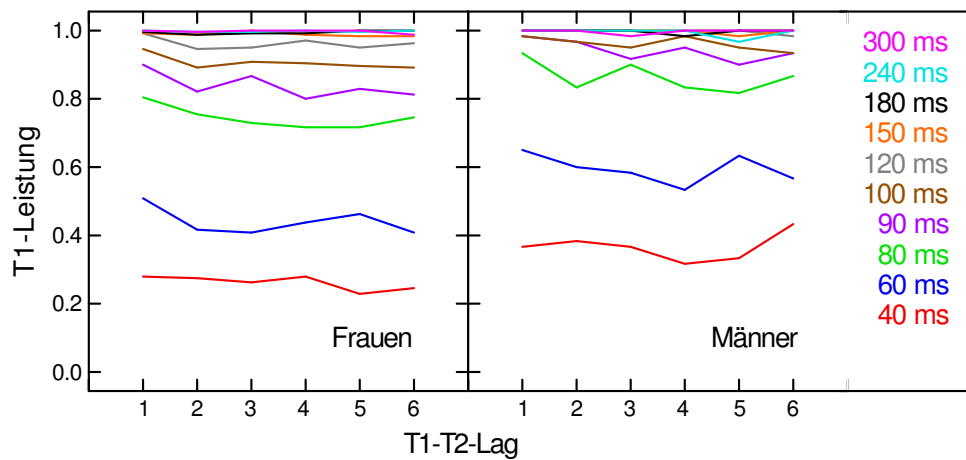


Abbildung C1. Verlauf der T1-Leistungen in Abhängigkeit von Tempo und Lag, getrennt für männliche ($n = 3$) und weibliche ($n = 12$) Probanden aus Experiment 3.

Tabelle C2

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Vergütung auf die T1-Leistungen in Experiment 3. Das Tempo ging mit den Stufen 40 bis 120 ms ein.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Vergütung	1.204	1	13	.293
Interaktion Vergütung × Tempo	0.793	5	65	.475 ^a
Interaktion Vergütung × Lag	1.099	5	65	.365 ^a
Dreifachinteraktion	1.727	25	325	.108 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle C3

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Tastenbelegung auf die T1-Leistungen in Experiment 3. Das Tempo ging mit den Stufen 40 bis 120 ms ein.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Tastenbelegung	0.625	1	13	.443
Interaktion Tastenbelegung × Tempo	0.635	5	65	.546 ^a
Interaktion Tastenbelegung × Lag	0.670	5	65	.491 ^a
Dreifachinteraktion	1.334	25	325	.241 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle C4

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Alter auf die T1-Leistungen in Experiment 3. Das Tempo ging mit den Stufen 40 bis 120 ms ein.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Alter	0.839	1	12	.378
Interaktion Alter × Tempo	0.272	5	60	.781 ^a
Interaktion Alter × Lag	1.492	5	60	.229 ^a
Dreifachinteraktion	0.692	25	300	.678 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle C5

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in Lag-Einheiten (l) für die Probanden 1 bis 3 aus Experiment 3.

Vp	Tempo	a ₀	a ₁	a ₂	l	R ²
1	40	0.787	-0.140	0.895	5.128	.807
1	60	0.633	-0.105	0.617	4.972	.790
1	80	0.451	-0.007	0.017	2.825	.109
1	90	0.422	-0.053	0.134	1.037	.797
1	120	0.974	-0.478	0.561	0.943	.708
1	150	2.549	-1.913	1.978	0.986	.636
2	40	0.988	-0.049	0.502	6.202	.236
2	60	1.119	-0.088	0.159	4.000	.771
2	80	1.122	-0.119	0.226	3.891	.758
2	90	1.112	-0.112	0.098	1.951	.812
2	120	1.000	-0.010	0.001	1.986	.400
2	150	1.113	-0.113	0.128	1.584	.800
3	40	1.140	-0.144	1.141	5.585	.795
3	60	1.173	-0.155	0.369	4.729	.940
3	80	0.998	-0.029	0.063	3.266	.417
3	90	1.058	-0.108	0.132	2.022	.368
3	120	0.899	-0.056	0.051	1.978	.475
3	150	1.025	-0.018	0.032	3.000	.537

Tabelle C6

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in Lag-Einheiten (l) für die Probanden 4 bis 10 aus Experiment 3.

Vp	Tempo	a_0	a_1	a_2	l	R^2
4	40	1.233	-0.233	0.269	1.990	.304
4	60	1.241	-0.241	0.251	1.976	.523
4	80	1.224	-0.212	0.189	0.946	.627
4	90	1.120	-0.120	0.137	1.857	.339
4	120	1.076	-0.099	0.099	0.932	.102
4	150	-	-	-	-	-
5	40	0.671	-0.074	1.248	5.782	.771
5	60	1.061	-0.229	0.384	3.417	.995
5	80	1.114	-0.163	0.297	4.205	.980
5	90	1.100	-0.178	0.247	3.184	.730
5	120	0.917	-0.017	0.049	1.995	.659
5	150	1.330	-0.373	0.376	0.993	.430
6	40	1.003	-0.127	0.289	3.000	.391
6	60	-	-	-	-	-
6	80	1.154	-0.154	0.234	2.835	.904
6	90	1.129	-0.129	0.144	1.986	.669
6	120	1.091	-0.091	0.112	1.755	.520
6	150	1.789	-0.870	0.877	0.957	.102
7	40	0.965	-0.049	1.261	6.378	.323
7	60	1.068	-0.069	1.040	5.790	.432
7	80	1.312	-0.367	0.415	1.959	.605
7	90	1.176	-0.176	0.281	2.979	.797
7	120	1.030	-0.030	0.020	1.991	.435
7	150	1.273	-0.419	0.452	0.952	.589
8	40	1.092	-0.236	0.395	4.051	.995
8	60	0.966	-0.214	0.281	3.581	.965
8	80	1.089	-0.267	0.383	3.102	.974
8	90	1.200	-0.300	0.415	2.783	.965
8	120	0.950	-0.001	0.001	2.500	.120
8	150	1.074	-0.074	0.084	1.948	.255
9	40	1.156	-0.100	1.211	6.158	.713
9	60	1.299	-0.224	0.355	4.000	.886
9	80	0.975	-0.030	0.007	3.000	.530
9	90	1.016	-0.069	0.078	1.965	.291
9	120	0.968	-0.006	0.002	0.966	.429
9	150	0.950	-0.055	0.978	0.978	.322
10	40	1.134	-0.080	0.135	4.000	.379
10	60	1.034	-0.020	0.049	4.000	.537
10	80	1.024	-0.095	0.140	2.238	.335
10	90	1.047	-0.047	0.058	1.963	.327
10	120	-	-	-	-	-
10	150	-	-	-	-	-

Tabelle C7

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in Lag-Einheiten (l) für die Probanden 11 bis 15 aus Experiment 3.

Vp	Tempo	a_0	a_1	a_2	l	R^2
11	40	0.453	-0.072	1.684	7.223	.688
11	60	0.829	-0.200	0.212	3.507	.866
11	80	1.389	-0.444	0.567	2.611	.958
11	90	0.703	-0.153	0.286	1.948	.853
11	120	0.823	-0.173	0.273	1.439	.686
11	150	0.741	-0.003	0.057	0.903	.600
12	40	0.951	-0.061	0.159	4.000	.164
12	60	1.072	-0.123	0.222	3.000	.449
12	80	1.049	-0.113	0.326	4.000	.662
12	90	0.818	-0.018	0.011	1.403	.320
12	120	1.238	-0.361	0.382	0.982	.422
12	150	1.760	-0.852	0.865	0.982	.255
13	40	0.948	-0.035	1.581	6.401	.376
13	60	1.089	-0.108	0.297	4.403	.711
13	80	1.087	-0.143	0.152	2.000	.770
13	90	0.930	-0.030	0.059	1.812	.462
13	120	1.065	-0.246	0.279	0.917	.486
13	150	1.076	-0.099	0.099	0.932	.170
14	40	0.896	-0.104	1.290	6.259	.422
14	60	1.333	-0.326	0.407	3.000	.542
14	80	0.985	-0.049	0.156	4.000	.717
14	90	1.069	-0.124	0.157	1.703	.417
14	120	0.961	-0.008	0.017	3.000	.181
14	150	1.125	-0.125	0.119	1.033	.187
15	40	0.740	-0.070	1.011	5.822	.187
15	60	1.250	-0.187	0.438	4.000	.903
15	80	1.102	-0.102	0.039	1.959	.533
15	90	1.061	-0.067	0.110	3.736	.723
15	120	1.117	-0.105	0.092	0.987	.675
15	150	1.028	-0.021	0.029	3.000	.316

Tabelle C8

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in SOA-Einheiten (t) für die Probanden 1 bis 6 aus Experiment 3.

Vp	Tempo	b_0	b_1	b_2	t	R^2
1	40	0.787	-0.004	0.022	205	.807
1	60	0.633	-0.002	0.010	298	.790
1	80	0.451	-0.001	0.001	226	.109
1	90	0.416	-0.001	0.001	93	.797
1	120	1.182	-0.005	0.006	120	.708
1	150	2.703	-0.014	0.014	150	.636
2	40	0.988	-0.001	0.013	248	.236
2	60	1.119	-0.001	0.003	240	.771
2	80	1.122	-0.001	0.003	311	.758
2	90	1.108	-0.001	0.001	179	.812
2	120	1.000	-0.001	0.001	240	.400
2	150	1.094	-0.001	0.001	253	.800
3	40	1.140	-0.004	0.029	223	.795
3	60	1.173	-0.003	0.006	284	.940
3	80	0.998	-0.001	0.001	261	.417
3	90	1.058	-0.001	0.001	182	.368
3	120	0.899	-0.000	0.001	238	.475
3	150	1.025	-0.001	0.001	450	.537
4	40	1.235	-0.006	0.007	79	.304
4	60	1.299	-0.005	0.005	108	.523
4	80	1.206	-0.003	0.002	72	.627
4	90	1.105	-0.001	0.001	176	.339
4	120	0.980	-0.000	0.001	115	.102
4	150	-	-	-	-	-
5	40	0.671	-0.002	0.031	231	.771
5	60	1.061	-0.004	0.006	205	.995
5	80	1.114	-0.002	0.004	336	.980
5	90	1.100	-0.002	0.003	287	.730
5	120	0.920	-0.001	0.001	233	.659
5	150	1.863	-0.006	0.006	146	.430
6	40	1.003	-0.003	0.007	120	.391
6	60	-	-	-	-	-
6	80	1.154	-0.002	0.003	227	.904
6	90	1.129	-0.001	0.002	179	.669
6	120	1.076	-0.001	0.001	224	.520
6	150	1.818	-0.006	0.006	146	.102

Tabelle C9

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in SOA-Einheiten (t) für die Probanden 7 bis 12 aus Experiment 3.

Vp	Tempo	b_0	b_1	b_2	t	R^2
7	40	0.965	-0.001	0.032	255	.323
7	60	1.068	-0.001	0.018	348	.432
7	80	1.301	-0.004	0.005	159	.605
7	90	1.176	-0.002	0.003	268	.797
7	120	1.032	-0.000	0.001	229	.435
7	150	3.587	-0.018	0.019	147	.589
8	40	1.092	-0.006	0.010	162	.995
8	60	0.966	-0.004	0.005	215	.965
8	80	1.089	-0.003	0.005	248	.974
8	90	1.200	-0.003	0.005	250	.965
8	120	0.950	-0.000	0.001	253	.120
8	150	1.096	-0.001	0.001	263	.255
9	40	1.156	-0.003	0.030	246	.713
9	60	1.299	-0.004	0.006	240	.886
9	80	0.975	-0.001	0.001	240	.530
9	90	1.015	-0.001	0.001	178	.291
9	120	1.516	-0.005	0.005	117	.429
9	150	1.819	-0.006	0.007	143	.322
10	40	1.134	-0.002	0.003	160	.379
10	60	1.034	-0.001	0.001	240	.537
10	80	1.024	-0.001	0.002	179	.335
10	90	1.045	-0.001	0.001	180	.327
10	120	-	-	-	-	-
10	150	-	-	-	-	-
11	40	0.453	-0.002	0.042	289	.688
11	60	0.829	-0.003	0.004	210	.866
11	80	1.389	-0.006	0.007	209	.958
11	90	0.731	-0.002	0.003	168	.853
11	120	0.675	-0.000	0.001	235	.686
11	150	1.444	-0.005	0.005	149	.600
12	40	0.960	-0.002	0.004	160	.164
12	60	1.072	-0.002	0.004	180	.449
12	80	1.049	-0.001	0.004	320	.662
12	90	0.815	-0.000	0.001	143	.320
12	120	1.388	-0.004	0.004	117	.422
12	150	1.772	-0.006	0.006	148	.255

Tabelle C10

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in SOA-Einheiten (t) für die Probanden 13 bis 15 aus Experiment 3.

Vp	Tempo	b_0	b_1	b_2	t	R^2
13	40	0.948	-0.001	0.040	256	.376
13	60	1.089	-0.002	0.005	264	.711
13	80	1.087	-0.002	0.002	160	.770
13	90	0.922	-0.001	0.001	174	.462
13	120	1.576	-0.006	0.007	117	.486
13	150	1.062	-0.001	0.001	139	.170
14	40	0.896	-0.003	0.032	250	.422
14	60	1.333	-0.005	0.007	180	.542
14	80	0.985	-0.001	0.002	320	.717
14	90	1.039	-0.001	0.001	168	.417
14	120	0.961	-0.001	0.001	360	.181
14	150	1.855	-0.006	0.006	151	.187
15	40	0.740	-0.002	0.032	234	.187
15	60	1.250	-0.003	0.007	240	.903
15	80	1.102	-0.001	0.001	159	.533
15	90	1.061	-0.001	0.001	336	.723
15	120	1.555	-0.005	0.004	120	.675
15	150	1.028	-0.000	0.001	450	.316

Tabelle C11

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Alter auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 3. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Alter aufgeführt. Der Faktor Tempo ging nur mit neun Stufen ein, da die Varianz in der Bedingungskombination [Tempo 240 ms, Lag 3] gleich Null war.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Alter	0.638	1	12	.440
Interaktion Alter \times Tempo	0.170	8	96	.854 ^a
Interaktion Alter \times Lag	0.800	5	60	.496 ^a
Dreifachinteraktion	1.031	40	480	.412 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle C12

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Vergütung auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 3. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Vergütung aufgeführt. Der Faktor Tempo ging nur mit neun Stufen ein, da die Varianz in der Bedingungskombination [Tempo 240 ms, Lag 3] gleich Null war.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Vergütung	0.016	1	13	.901
Interaktion Vergütung × Tempo	0.335	8	104	.695 ^a
Interaktion Vergütung × Lag	0.565	5	65	.652 ^a
Dreifachinteraktion	0.629	40	520	.714 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle C13

Kennwerte der zweifaktoriellen Varianzanalysen zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Vergütung auf die Parameter l bzw. t in Experiment 3. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Vergütung aufgeführt.

AV	getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
l	Haupteffekt Vergütung	1.261	1	10	.288
l	Interaktion Vergütung × Tempo	0.480	5	50	.728 ^a
t	Haupteffekt Vergütung	2.214	1	10	.168
t	Interaktion Vergütung × Tempo	0.821	5	50	.497 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle C14

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Tastenbelegung auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 3. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten beruhen auf zweiseitiger Testung. Es sind nur die Effekte mit Beteiligung des Faktors Tastenbelegung aufgeführt. Der Faktor Tempo ging nur mit neun Stufen ein, da die Varianz in der Bedingungskombination [Tempo 240 ms, Lag 3] gleich Null war.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Tastenbelegung	1.933	1	13	.188
Interaktion Tastenbelegung × Tempo	1.219	8	104	.310 ^a
Interaktion Tastenbelegung × Lag	0.461	5	65	.718 ^a
Dreifachinteraktion	1.777	40	520	.106 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

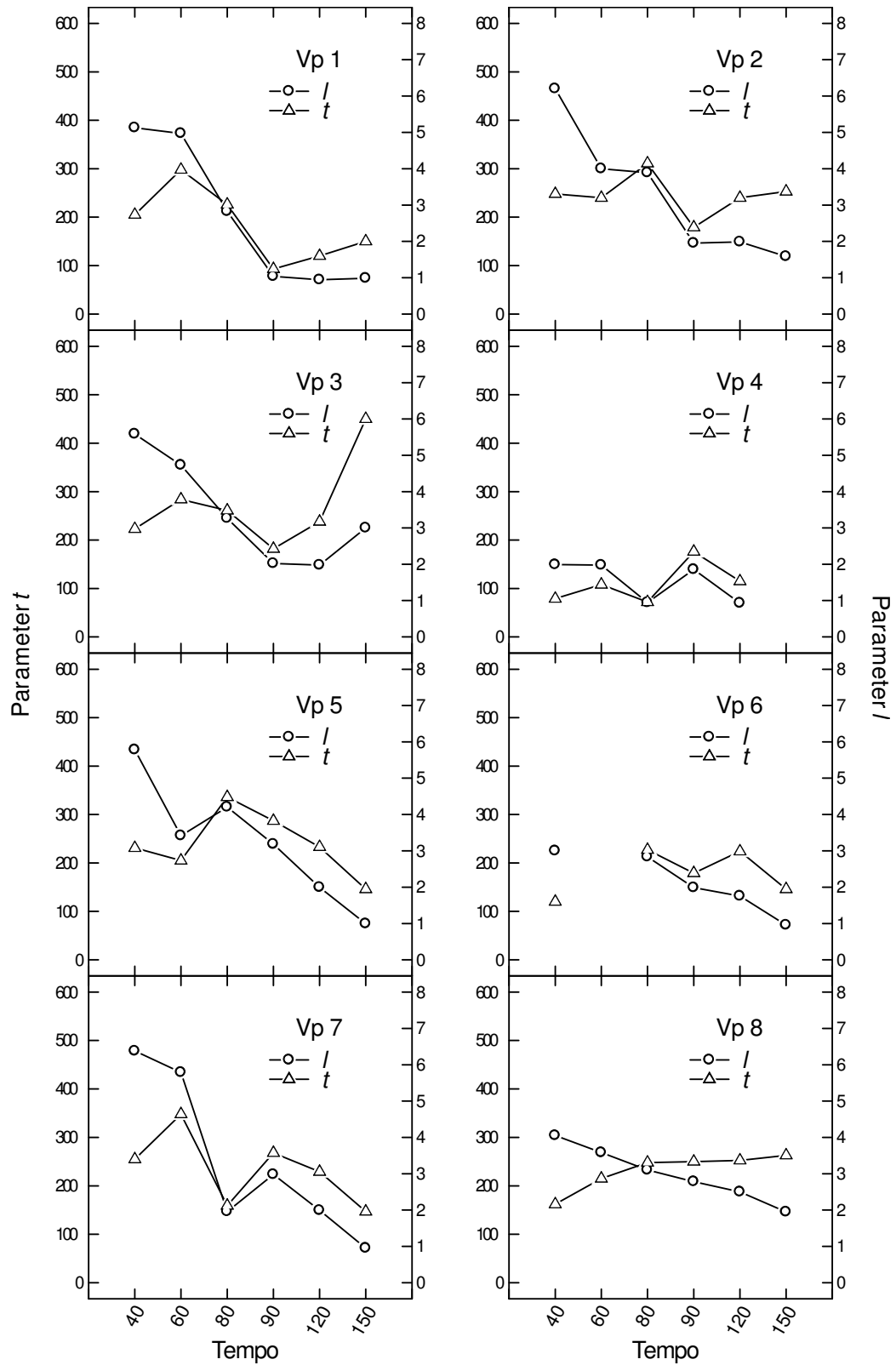


Abbildung C2. Verlauf der geschätzten T2-Minima l und t in Abhängigkeit vom RSVP-Tempo für die Probanden 1 bis 8 aus Experiment 3.

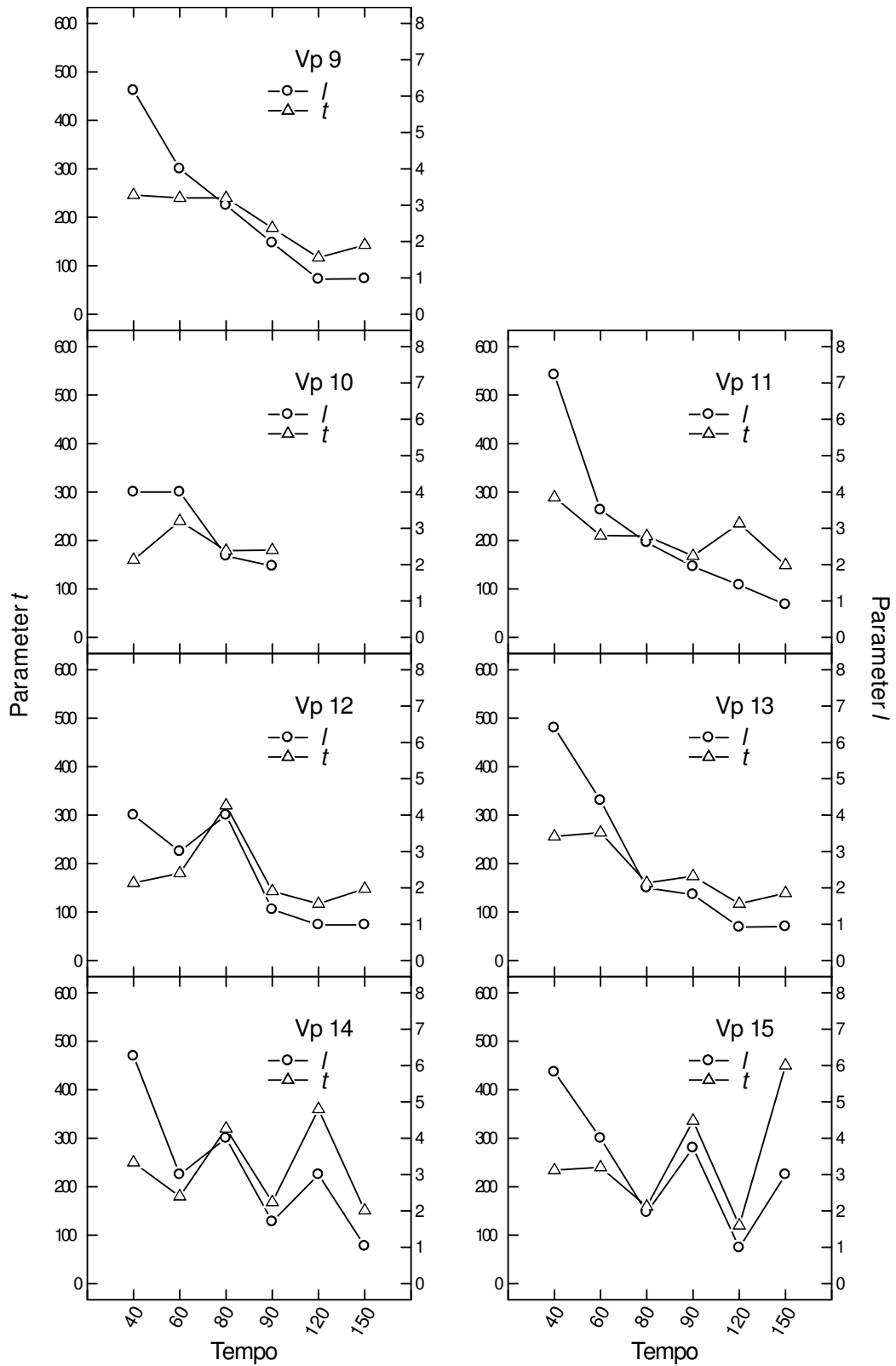


Abbildung C3. Verlauf der geschätzten T2-Minima l und t in Abhängigkeit vom RSVP-Tempo für die Probanden 9 bis 15 aus Experiment 3.

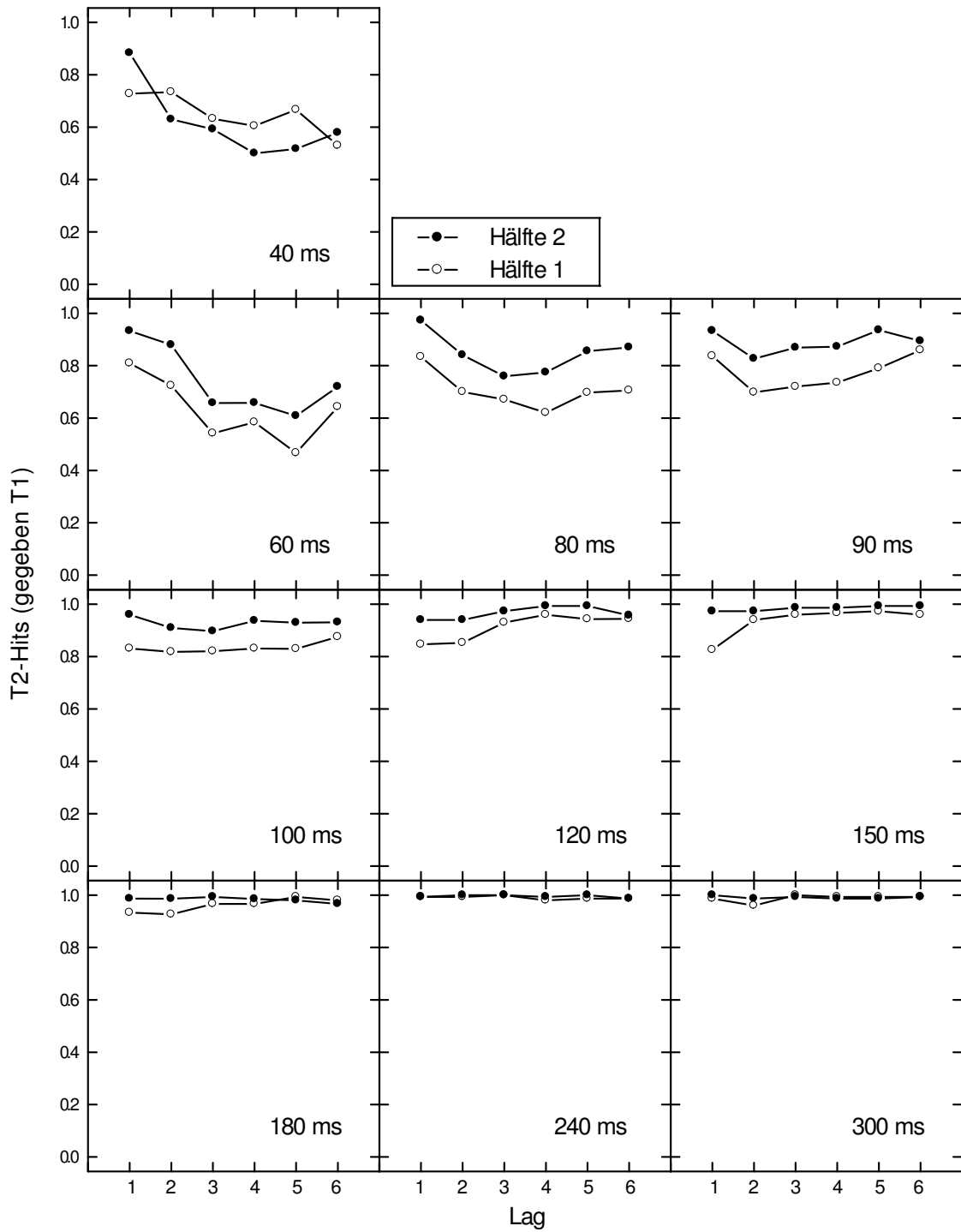


Abbildung C4. Mittlere T2-Leistungen aus Experiment 3 in Abhängigkeit vom Faktor Lag, getrennt nach Tempo-Bedingung und Experimentalhälfte.

Tabelle C15

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Experimentalhälfte auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 3. Der Faktor Tempo ging mit den Stufen 40 bis 180 ms ein.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Experimentalhälfte	8.803	1	14	.010
Interaktion Experimentalhälfte × Tempo	4.969	7	98	.005 ^a
Interaktion Experimentalhälfte × Lag	1.046	5	70	.391 ^a
Dreifachinteraktion	0.695	35	490	.669 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle C16

Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die T1-Intrusionen in Experiment 3. Es wurden alle Intrusionen getestet, bei denen die beobachtete Häufigkeit numerisch größer als die erwartete war. Dabei wurden Durchgänge mit dargebotenem zweiten Zielreiz ausgeschlossen, bei denen der Buchstabe X als T1 genannt wurde.

Tempo	Intrusion	beobachtet	erwartet	χ^2 -Wert	p-Wert
40	T1+1	1409	101.32	16916.14	< .001
40	T1+2	390	101.32	1284.32	< .001
40	T1+3	165	101.32	802.20	< .001
60	T1+1	1441	76.12	25492.88	< .001
60	T1+2	222	76.12	291.22	< .001
80	T1+1	661	34.12	11997.44	< .001
80	T1+2	91	34.12	98.77	< .001
90	T1+1	430	20.52	8511.71	< .001
90	T1+2	41	20.52	21.29	< .001
100	T1+1	265	12.72	5212.04	< .001
100	T1+2	25	12.72	12.35	< .001
120	T1+1	84	4.00	1666.67	< .001
120	T1+2	8	4.00	4.17	.041
150	T1+1	23	1.20	412.54	< .001
150	T1+2	2	1.20	0.56	.456
180	T1+1	10	0.80	111.21	< .001
180	T1+2	2	0.80	1.88	.171
180	T1+3	1	0.80	0.05	.820
180	T1+4	1	0.80	0.05	.820
180	T1+5	1	0.80	0.05	.820
240	T1+1	4	0.36	38.34	< .001
240	T1+2	1	0.36	1.19	.276
240	T1+3	1	0.36	1.19	.276
300	T1+2	1	0.40	0.94	.333
300	T1+4	1	0.40	0.94	.333
300	T1+6	2	0.40	6.67	.010

Anhang D: Experiment 4

Tabelle D1

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Experimentalhälfte auf die T1-Leistungen in Experiment 4. Das Tempo ging mit den Stufen 40 bis 120 und 180 ms ein.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Experimentalhälfte	57.843	1	13	< .001
Interaktion Experimentalhälfte × Tempo	5.792	6	78	.002 ^a
Interaktion Experimentalhälfte × Lag	0.287	5	65	.832 ^a
Dreifachinteraktion	0.859	30	390	.557 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle D2

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Alter auf die T1-Leistungen in Experiment 4. Das Tempo ging mit den Stufen 40 bis 180 ms ein.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Alter	0.610	1	12	.450
Interaktion Alter × Tempo	0.475	7	84	.594 ^a
Interaktion Alter × Lag	0.282	5	60	.891 ^a
Dreifachinteraktion	1.116	35	420	.359 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle D3

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Tastenbelegung auf die T1-Leistungen in Experiment 4. Das Tempo ging mit den Stufen 40 bis 180 ms ein.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Tastenbelegung	0.577	1	12	.462
Interaktion Tastenbelegung × Tempo	1.316	7	84	.286 ^a
Interaktion Tastenbelegung × Lag	1.488	5	60	.220 ^a
Dreifachinteraktion	0.626	35	420	.737 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle D4

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in Lag-Einheiten (l) für die Probanden 1 bis 5 aus Experiment 4.

Vp	Tempo	a_0	a_1	a_2	l	R^2
1	60	0.812	-0.206	0.308	3.000	.708
1	80	1.455	-0.522	0.599	2.131	.908
1	90	0.989	-0.267	0.367	1.926	.818
1	100	1.019	-0.186	0.251	1.991	.546
1	120	1.914	-1.099	1.114	0.965	.195
1	150	1.469	-0.596	0.621	0.960	.604
1	180	1.516	-0.663	0.685	0.984	.272
1	240	1.915	-0.915	0.926	1.045	.520
2	60	1.010	-0.017	1.811	5.950	.293
2	80	1.046	-0.064	0.114	3.000	.297
2	90	0.994	-0.019	0.074	4.403	.562
2	100	1.049	-0.037	0.063	3.000	.537
2	120	1.050	-0.050	0.070	2.357	.867
2	150	-	-	-	-	-
2	180	-	-	-	-	-
2	240	1.770	-0.887	0.894	0.899	.429
3	60	1.123	-0.096	0.121	5.713	.766
3	80	0.955	-0.052	0.100	3.261	.830
3	90	0.784	-0.013	0.026	3.000	.679
3	100	1.023	-0.140	0.175	1.917	.181
3	120	1.222	-0.222	0.280	2.133	.899
3	150	0.939	-0.019	0.035	0.866	.419
3	180	1.034	-0.034	0.045	1.991	.520
3	240	2.714	-0.747	1.748	0.998	.120
4	60	0.622	-0.140	0.394	3.967	.978
4	80	0.870	-0.184	0.307	3.176	.752
4	90	0.763	-0.132	0.251	2.609	.791
4	100	0.794	-0.194	0.336	1.934	.822
4	120	0.786	-0.060	0.116	0.967	.732
4	150	1.129	-0.129	0.160	1.923	.509
4	180	1.985	-1.035	1.050	1.033	.329
4	240	1.692	-0.721	0.706	0.931	.429
5	60	1.133	-0.200	0.236	2.202	.832
5	80	1.235	-0.294	0.396	2.147	.600
5	90	1.182	-0.237	0.306	1.981	.736
5	100	1.022	-0.122	0.212	2.442	.894
5	120	1.022	-0.072	0.112	1.986	.501
5	150	1.109	-0.109	0.124	1.522	.775
5	180	1.853	-0.911	0.922	0.986	.686
5	240	-	-	-	-	-

Tabelle D5

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in Lag-Einheiten (l) für die Probanden 6 bis 10 aus Experiment 4.

Vp	Tempo	a_0	a_1	a_2	l	R^2
6	60	1.011	-0.088	0.108	1.926	.512
6	80	1.051	-0.078	0.132	3.000	.545
6	90	0.932	-0.013	0.042	3.000	.366
6	100	1.113	-0.111	0.186	3.000	.993
6	120	1.070	-0.066	0.118	3.000	.850
6	150	0.973	-0.023	0.039	1.762	.816
6	180	1.030	-0.080	0.095	1.380	.337
6	240	1.806	-0.894	0.909	0.964	.429
7	60	1.081	-0.198	0.294	3.294	.879
7	80	0.873	-0.084	0.087	2.616	.729
7	90	1.345	-0.397	0.543	2.468	.928
7	100	1.162	-0.320	0.422	1.944	.798
7	120	1.088	-0.288	0.400	1.972	.732
7	150	0.566	-0.007	0.117	0.906	.744
7	180	0.787	-0.050	0.114	0.908	.358
7	240	0.950	-0.017	0.033	0.922	.494
8	60	0.984	-0.019	0.283	5.766	.203
8	80	1.055	-0.030	0.185	5.618	.764
8	90	1.013	-0.009	0.240	6.451	.154
8	100	-	-	-	-	-
8	120	-	-	-	-	-
8	150	-	-	-	-	-
8	180	-	-	-	-	-
8	240	-	-	-	-	-
9	60	-	-	-	-	-
9	80	0.472	-0.098	0.166	3.000	.891
9	90	0.611	-0.149	0.237	2.126	.872
9	100	1.008	-0.361	0.522	1.990	.972
9	120	0.617	-0.056	0.146	0.982	.864
9	150	0.814	-0.064	0.117	1.119	.735
9	180	1.074	-0.187	0.215	0.962	.429
9	240	1.708	-0.742	0.750	0.989	.429
10	60	0.907	-0.022	0.228	5.001	.649
10	80	0.956	-0.031	0.046	3.000	.173
10	90	1.096	-0.096	0.106	1.982	.737
10	100	1.026	-0.021	0.073	4.659	.882
10	120	1.080	-0.080	0.090	1.992	.789
10	150	1.132	-0.132	0.147	1.509	.800
10	180	1.102	-0.102	0.102	1.098	.140
10	240	-	-	-	-	-

Tabelle D6

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in Lag-Einheiten (l) für die Probanden 11 bis 14 aus Experiment 4.

Vp	Tempo	a_0	a_1	a_2	l	R^2
11	60	0.912	-0.096	0.453	4.532	.988
11	80	0.926	-0.193	0.298	1.924	.614
11	90	0.676	-0.044	0.124	1.675	.956
11	100	0.840	-0.090	0.159	1.451	.718
11	120	0.859	-0.022	0.049	0.917	.402
11	150	0.743	-0.038	0.114	0.921	.567
11	180	1.536	-0.753	0.791	0.943	.379
11	240	1.514	-0.653	0.673	0.937	.250
12	60	0.941	-0.103	0.175	4.000	.665
12	80	0.927	-0.098	0.274	4.000	.797
12	90	0.949	-0.112	0.258	3.793	.605
12	100	1.170	-0.241	0.432	2.968	.820
12	120	1.111	-0.222	0.350	2.410	.951
12	150	1.002	-0.160	0.236	1.848	.897
12	180	0.773	-0.025	0.060	1.368	.901
12	240	0.974	-0.025	0.035	0.977	.467
13	60	1.259	-0.253	0.356	3.406	.988
13	80	1.169	-0.223	0.291	3.000	.614
13	90	0.993	-0.150	0.399	3.875	.956
13	100	1.163	-0.213	0.309	2.753	.718
13	120	1.150	-0.200	0.265	2.189	.402
13	150	0.975	-0.125	0.160	1.343	.839
13	180	1.625	-0.799	0.825	0.938	.613
13	240	1.915	-0.990	0.999	0.968	.386
14	60	0.625	-0.125	0.204	2.464	.411
14	80	1.154	-0.390	0.567	2.349	.951
14	90	1.243	-0.465	0.646	2.210	.943
14	100	1.190	-0.401	0.570	2.220	.942
14	120	0.813	-0.091	0.248	2.940	.843
14	150	0.892	-0.092	0.157	1.541	.917
14	180	0.980	-0.080	0.105	1.047	.855
14	240	-	-	-	-	-

Tabelle D7

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in SOA-Einheiten (t) für die Probanden 1 bis 5 aus Experiment 4.

Vp	Tempo	b_0	b_1	b_2	t	R^2
1	60	0.812	-0.003	0.005	180	.708
1	80	1.455	-0.007	0.007	170	.908
1	90	0.970	-0.003	0.004	178	.818
1	100	1.017	-0.002	0.002	200	.546
1	120	1.660	-0.007	0.007	119	.195
1	150	0.980	-0.001	0.001	142	.604
1	180	0.871	-0.000	0.001	179	.272
1	240	1.389	-0.002	0.002	265	.520
2	60	1.010	-0.000	0.002	323	.293
2	80	1.046	-0.001	0.001	240	.297
2	90	0.994	-0.000	0.001	396	.562
2	100	1.049	-0.000	0.001	300	.537
2	120	1.050	-0.000	0.001	283	.867
2	150	-	-	-	-	-
2	180	-	-	-	-	-
2	240	1.265	-0.001	0.001	237	.429
3	60	1.123	-0.002	0.001	309	.766
3	80	0.955	-0.001	0.001	261	.830
3	90	0.784	-0.000	0.001	270	.679
3	100	1.023	-0.001	0.002	192	.181
3	120	1.222	-0.002	0.002	256	.899
3	150	0.992	-0.001	0.001	108	.419
3	180	1.086	-0.000	0.001	262	.520
3	240	2.714	-0.007	0.007	239	.120
4	60	0.622	-0.002	0.007	238	.978
4	80	0.870	-0.002	0.004	254	.752
4	90	0.763	-0.001	0.003	235	.791
4	100	0.777	-0.002	0.003	198	.822
4	120	7.063	-0.053	0.053	120	.732
4	150	1.127	-0.001	0.001	291	.509
4	180	0.997	-0.000	0.001	282	.329
4	240	1.046	-0.000	0.001	239	.429
5	60	1.133	-0.003	0.004	132	.832
5	80	1.235	-0.004	0.005	172	.600
5	90	1.177	-0.003	0.003	180	.736
5	100	1.022	-0.001	0.002	244	.894
5	120	1.051	-0.001	0.001	214	.501
5	150	1.062	-0.001	0.001	277	.775
5	180	0.977	-0.000	0.001	161	.686
5	240	-	-	-	-	-

Tabelle D8

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in SOA-Einheiten (t) für die Probanden 6 bis 10 aus Experiment 4.

Vp	Tempo	b_0	b_1	b_2	t	R^2
6	60	1.005	-0.001	0.002	119	.512
6	80	1.051	-0.001	0.002	240	.545
6	90	0.932	-0.001	0.001	270	.366
6	100	1.113	-0.001	0.002	300	.993
6	120	1.070	-0.001	0.001	360	.850
6	150	0.966	-0.000	0.001	286	.816
6	180	1.009	-0.000	0.001	267	.337
6	240	1.259	-0.001	0.001	235	.429
7	60	1.081	-0.003	0.005	198	.879
7	80	0.873	-0.001	0.001	209	.729
7	90	1.345	-0.004	0.006	222	.928
7	100	1.165	-0.003	0.004	194	.798
7	120	1.081	-0.002	0.003	239	.732
7	150	0.640	-0.001	0.001	135	.744
7	180	0.771	-0.000	0.001	165	.358
7	240	0.956	-0.000	0.001	234	.494
8	60	0.984	-0.000	0.005	346	.203
8	80	1.055	-0.000	0.002	449	.764
8	90	1.013	-0.000	0.002	585	.154
8	100	-	-	-	-	-
8	120	-	-	-	-	-
8	150	-	-	-	-	-
8	180	-	-	-	-	-
8	240	-	-	-	-	-
9	60	-	-	-	-	-
9	80	0.472	-0.001	0.002	240	.891
9	90	0.611	-0.002	0.003	191	.872
9	100	1.009	-0.004	0.005	199	.972
9	120	0.585	-0.000	0.001	113	.864
9	150	0.862	-0.001	0.001	163	.735
9	180	1.547	-0.004	0.004	170	.429
9	240	1.265	-0.001	0.001	237	.429
10	60	0.907	-0.001	0.005	314	.649
10	80	0.956	-0.001	0.001	240	.173
10	90	1.101	-0.001	0.001	174	.737
10	100	1.026	-0.000	0.001	466	.882
10	120	1.080	-0.001	0.001	239	.789
10	150	1.079	-0.001	0.001	269	.800
10	180	1.111	-0.001	0.001	196	.140
10	240	-	-	-	-	-

Tabelle D9

Parameterwerte und Modellanpassungsgüten der Regressionslösungen zur Bestimmung des T2-Minimums in SOA-Einheiten (t) für die Probanden 11 bis 14 aus Experiment 4.

Vp	Tempo	b_0	b_1	b_2	t	R^2
11	60	0.912	-0.002	0.008	272	.988
11	80	0.904	-0.002	0.003	160	.614
11	90	0.682	-0.001	0.001	148	.956
11	100	0.840	-0.001	0.002	145	.718
11	120	15.649	-0.125	0.125	119	.402
11	150	0.785	-0.001	0.001	135	.567
11	180	0.917	-0.001	0.001	164	.379
11	240	16.152	-0.064	0.064	238	.250
12	60	0.941	-0.002	0.003	240	.665
12	80	0.927	-0.001	0.003	320	.797
12	90	0.949	-0.001	0.003	341	.605
12	100	1.170	-0.002	0.004	297	.820
12	120	1.111	-0.002	0.003	289	.951
12	150	0.993	-0.001	0.002	282	.897
12	180	0.784	-0.000	0.001	300	.901
12	240	1.104	-0.001	0.001	238	.467
13	60	1.259	-0.004	0.006	204	.988
13	80	3.095	-0.006	0.008	240	.614
13	90	0.993	-0.002	0.004	349	.956
13	100	1.163	-0.002	0.003	275	.718
13	120	1.150	-0.002	0.002	263	.402
13	150	0.900	-0.000	0.001	247	.839
13	180	0.852	-0.000	0.001	178	.613
13	240	1.915	-0.004	0.006	232	.386
14	60	0.625	-0.002	0.003	148	.411
14	80	1.154	-0.005	0.007	188	.951
14	90	1.243	-0.005	0.007	199	.943
14	100	1.190	-0.004	0.006	222	.942
14	120	0.813	-0.001	0.002	353	.843
14	150	0.885	-0.001	0.001	235	.917
14	180	0.977	-0.000	0.001	189	.855
14	240	-	-	-	-	-

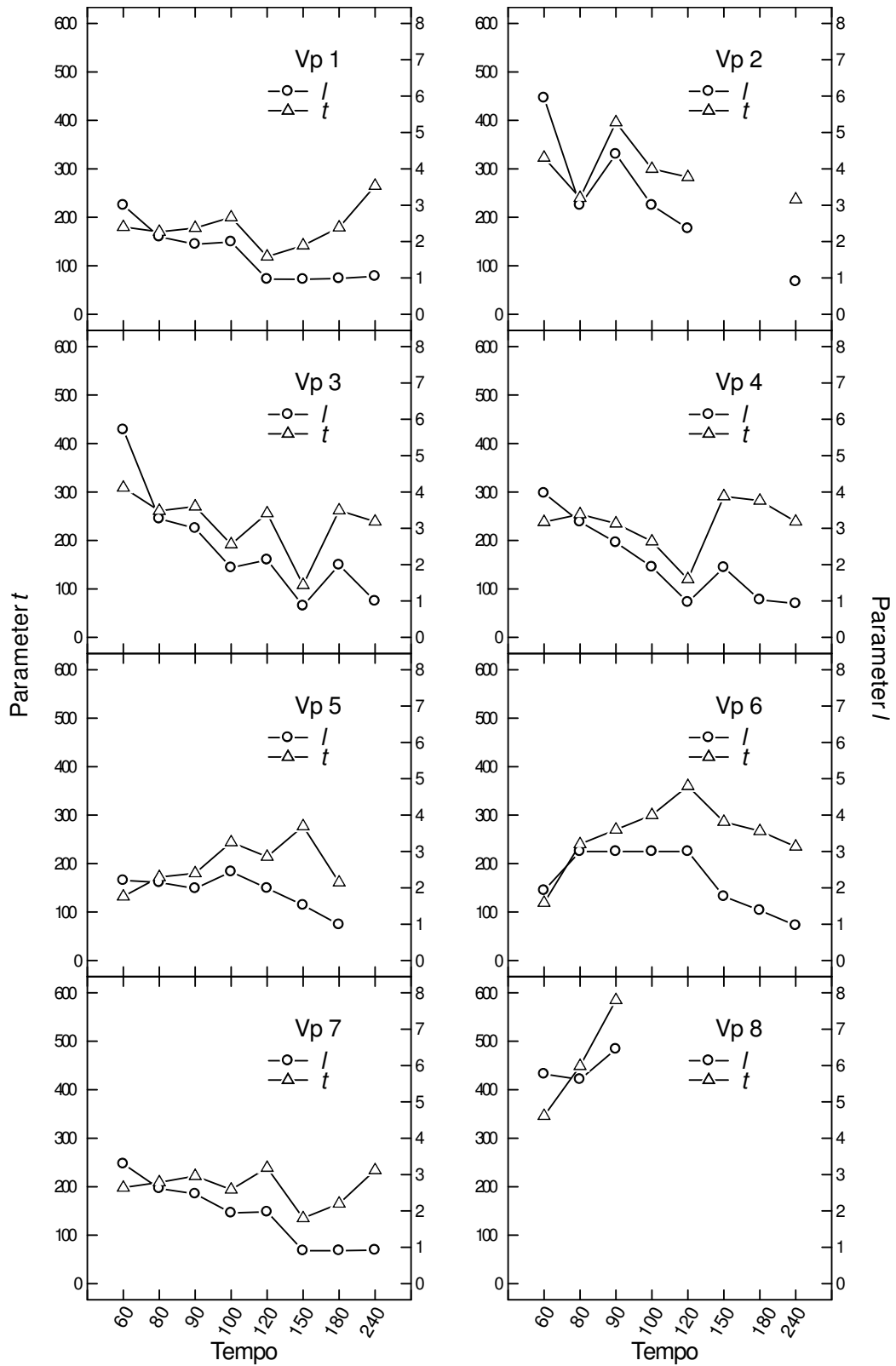


Abbildung D1. Verlauf der geschätzten T2-Minima l und t in Abhängigkeit vom RSVP-Tempo für die Probanden 1 bis 8 aus Experiment 4.

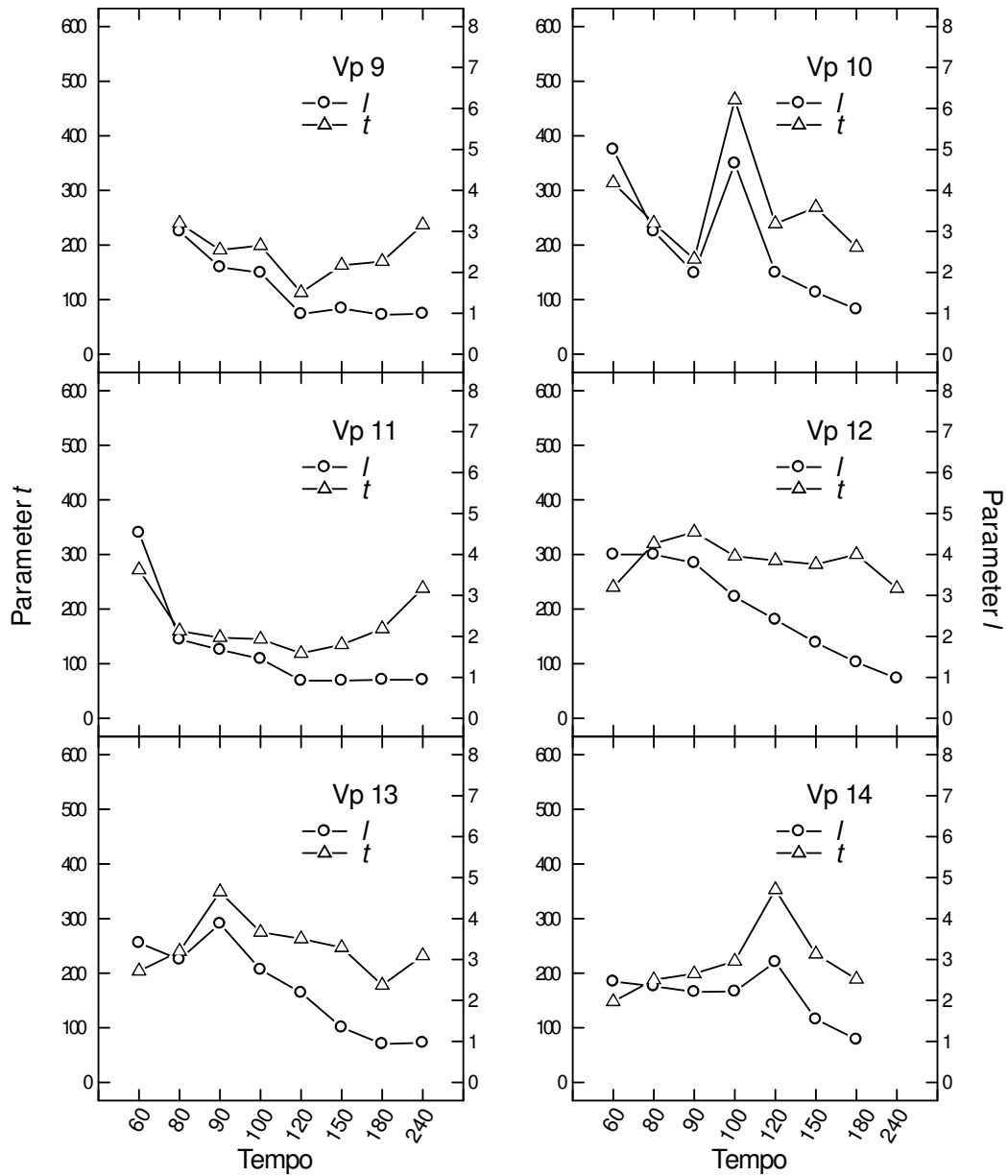


Abbildung D2. Verlauf der geschätzten T2-Minima l und t in Abhängigkeit vom RSVP-Tempo für die Probanden 9 bis 14 aus Experiment 4.

Tabelle D10

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Alter auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 4.

getesteter Effekt	F-Wert	$df_{\text{Zähler}}$	df_{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Alter	0.498	1	12	.494
Interaktion Alter \times Tempo	0.496	9	108	.541 ^a
Interaktion Alter \times Lag	0.203	5	60	.844 ^a
Dreifachinteraktion	0.928	45	540	.493 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle D11

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Tastenbelegung auf die T2-Leistungen (gegeben T1 korrekt) in Experiment 4.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Tastenbelegung	1.589	1	12	.231
Interaktion Tastenbelegung × Tempo	1.013	9	108	.354 ^a
Interaktion Tastenbelegung × Lag	0.203	5	60	.841 ^a
Dreifachinteraktion	1.669	45	540	.119 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle D12

Kennwerte der zweifaktoriellen Varianzanalysen zur Prüfung der Einflüsse des Faktors Alter auf die Parameter *l* bzw. *t* in Experiment 4.

AV	getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
<i>l</i>	Haupteffekt Alter	0.133	1	6	.728
<i>l</i>	Interaktion Alter × Tempo	0.161	7	42	.847 ^a
<i>t</i>	Haupteffekt Alter	0.106	1	6	.756
<i>t</i>	Interaktion Alter × Tempo	0.313	7	42	.791 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

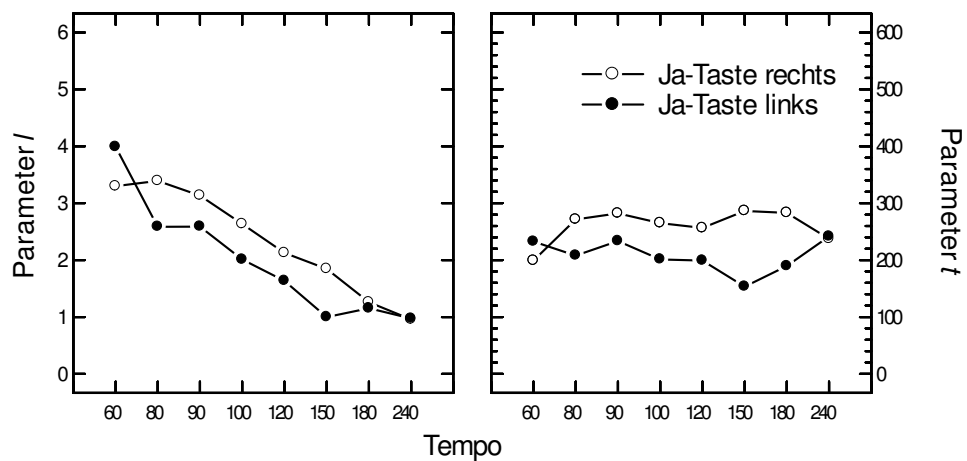


Abbildung D3. Gemittelte Parameter *l* (links) und *t* (rechts) in Abhängigkeit vom RSVP-Tempo und von der Tastenbelegung in Experiment 4.

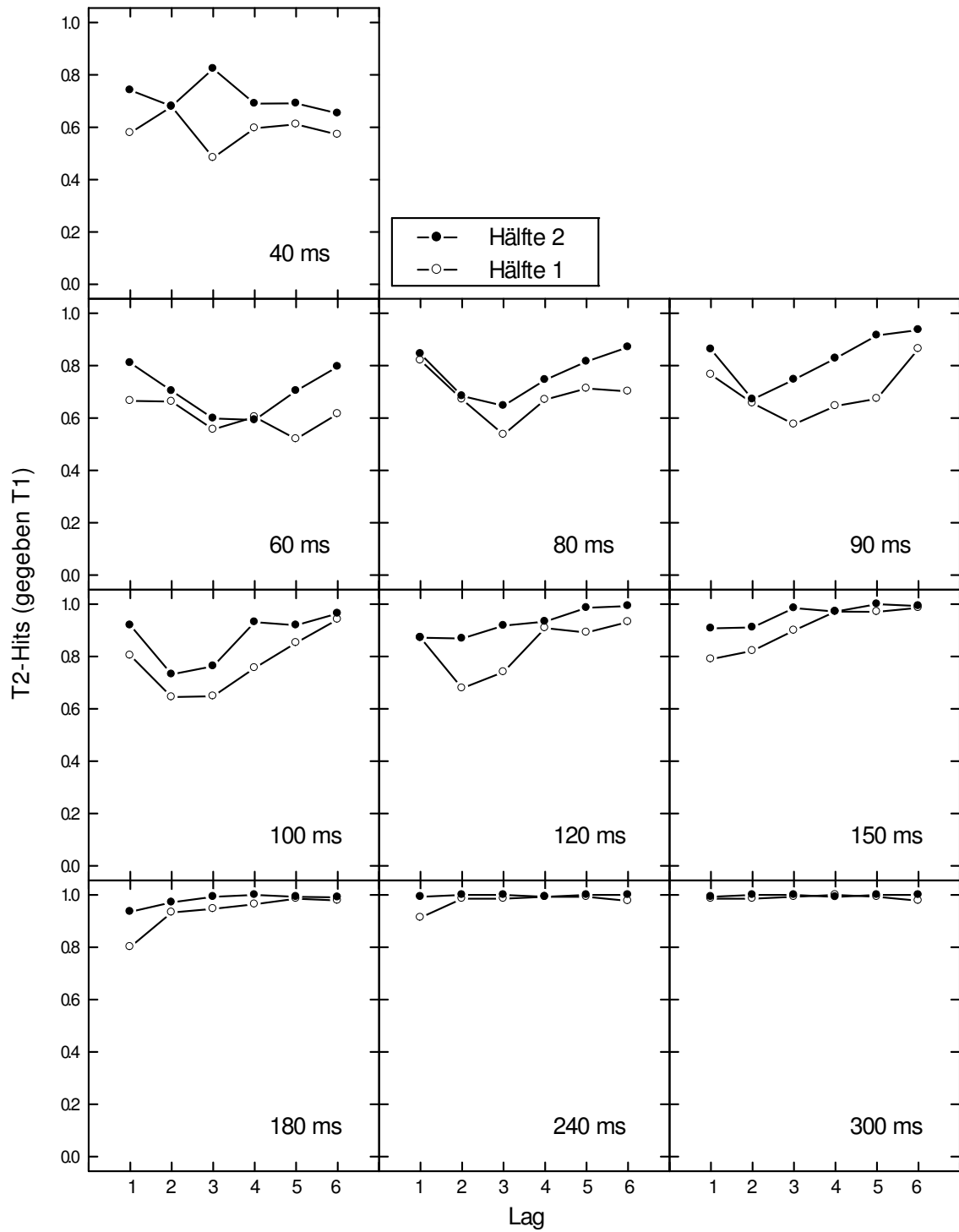


Abbildung D4. Verlauf der T2-Hits (gegeben T1) in Abhängigkeit von Experimentalhälfte und Lag getrennt für die Tempo-Bedingungen.

Tabelle D13

Kennwerte der dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung über die T2-Leistungen mit den Faktoren Experimentalhälfte, Tempo und Lag in Experiment 4.

getesteter Effekt	F-Wert	df _{Zähler}	df _{Nenner}	p-Wert
Haupteffekt Hälfte	14.834	1	13	.002
Interaktion Hälfte × Tempo	0.471	5	65	.648 ^a
Interaktion Hälfte × Lag	2.328	5	65	.108 ^a
Dreifachinteraktion	1.818	25	325	.107 ^a

a: Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Tabelle D14

Kennwerte der Chi-Quadrat-Tests für die T1+n-Intrusionen in Experiment 4. Es wurden alle Intrusionen getestet, bei denen die beobachtete Häufigkeit numerisch größer als die erwartete war. Dabei wurden Durchgänge mit dargebotenem zweiten Zielreiz ausgeschlossen, bei denen der Buchstabe X als T1 genannt wurde.

Tempo	Intrusion	beobachtet	erwartet	χ^2 -Wert	p-Wert
40	T1+1	155	70.16	106.87	< .001
40	T1+2	196	70.16	235.11	< .001
40	T1+3	141	70.16	74.51	< .001
40	T1+4	106	70.16	19.07	< .001
40	T1+5	74	70.16	0.22	.639
40	T1+6	79	70.16	1.16	.281
40	T1+7	83	70.16	2.45	.118
60	T1+1	347	41.88	2315.60	< .001
60	T1+2	137	41.88	225.04	< .001
60	T1+3	64	41.88	12.17	< .001
80	T1+1	284	22.04	3243.30	< .001
80	T1+2	43	22.04	20.76	< .001
90	T1+1	246	16.80	3257.23	< .001
90	T1+2	28	16.80	7.78	.005
100	T1+1	170	10.52	2518.40	< .001
100	T1+2	16	10.52	2.97	.085
120	T1+1	107	6.92	1507.71	< .001
150	T1+1	52	3.48	704.68	< .001
150	T1+2	6	3.48	1.90	.168
180	T1+1	28	2.12	329.1	< .001
240	T1+1	4	1.00	9.37	.002
240	T1+2	2	1.00	1.04	.308
240	T1+6	3	1.00	4.17	.041
240	T1+7	3	1.00	4.17	.041
300	T1+1	6	1.16	21.04	< .001
300	T1+3	3	1.16	3.04	.081