
Enkodierungsprozesse beim Aufgabenwechsel

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

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

vorgelegt von

Patrick Gajewski

aus Hindenburg/Oberschlesien

Düsseldorf 2005

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

1. Referent:	Prof. Dr. Petra Stoerig
2. Referent	Prof. Dr. Martin Heil
3. Referent:	PD Dr. Thomas Kleinsorge
eingereicht am:	06.06.2005
mündliche Prüfung (Disputation) am:	15.07.2005

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Zustandekommen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. P. Stoerig vom Institut für Experimentelle Biologische Psychologie für die Möglichkeit, an ihrem Institut arbeiten und promovieren zu dürfen, als auch für eine langjährige, fruchtbare Zusammenarbeit.

Bei Herrn Prof. Dr. M. Heil möchte ich mich für die Übernahme des Koreferates bedanken.

Bei Herrn PD Dr. T. Kleinsorge vom Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund möchte ich mich für die direkte Betreuung, konstruktive Ideen, Gespräche und viel Geduld bedanken.

Den Mitarbeitern, studentischen Hilfskräften und Zivildienstleistenden des Instituts für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund möchte ich für die Programmierung und Durchführung der Experimente als auch formale und organisatorische Unterstützung danken.

Zum Schluß will ich mich bei meiner Frau Yvonne für ihre dauerhafte Unterstützung und Kompromißbereitschaft, insbesondere in der letzten Phase der Promotion bedanken.

Die Arbeit entstand im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Schwerpunktprogramms SPP 1107 ‚Exekutive Funktionen‘.

Inhaltsverzeichnis

	Zusammenfassung.....	7
1.	Einleitung.....	8
1.1.	Exekutive Funktionen.....	8
1.2.	Modelle der exekutiven Kontrolle	9
1.3.	Aufgabenwechsel.....	11
1.4.	Kontrollierte und automatische Prozesse beim Aufgabenwechsel... 16	
1.5.	Prozesse der Enkodierung eines expliziten Hinweisreizes.....	20
1.5.1.	Das visuelle Kurzzeitgedächtnis.....	21
1.5.2.	Das Paradigma der Gedächtnismaskierung.....	22
1.6.	Eigene Vorarbeiten: Befunde zum Wechsel zwischen zweidimensionalen Aufgaben.....	25
1.6.1.	Generalisierte Umschaltung.....	26
1.6.2.	Nichtgeneralisierte Umschaltung.....	29
1.7.	Ableitung der Hypothesen.....	34
2.	Experimentelle Befunde.....	36
2.1.	Experiment I.....	37
2.1.1.	Methode.....	37
2.1.1.1.	Reize.....	37
2.1.1.2.	Versuchsaufbau.....	38
2.1.1.3.	Aufgaben.....	39
2.1.1.4.	Versuchsablauf.....	40
2.1.1.5.	Versuchsplan.....	41
2.1.1.6.	Probanden.....	41
2.1.1.7.	Datenreduktion und statistische Auswertung.....	41
2.1.2.	Ergebnisse.....	43
2.1.3.	Diskussion.....	45

2.2.	Experiment II.....	46
2.2.1.	Methode.....	46
2.2.1.1.	Änderungen gegenüber Experiment I.....	46
2.2.1.2.	Probanden.....	47
2.2.2.	Ergebnisse.....	47
2.2.3.	Diskussion.....	49
2.3.	Experiment III.....	51
2.3.1.	Methode.....	51
2.3.1.1.	Änderungen gegenüber Experiment I.....	51
2.3.1.2.	Probanden.....	51
2.3.2.	Ergebnisse.....	52
2.3.3.	Diskussion.....	53
2.4.	Experiment IV.....	55
2.4.1.	Methode.....	55
2.4.1.1.	Änderungen gegenüber Experiment I.....	55
2.4.1.2.	Probanden.....	56
2.4.2.	Ergebnisse.....	56
2.4.3.	Diskussion.....	58
2.5.	Experiment V.....	59
2.5.1.	Methode.....	60
2.5.1.1.	Änderungen gegenüber Experiment 1.....	60
2.5.1.2.	Probanden.....	60
2.5.2.	Ergebnisse.....	61
2.5.3.	Diskussion.....	62
2.6.	Experiment VI.....	63
2.6.1.	Methode.....	64
2.6.1.1.	Änderungen gegenüber Experiment I.....	64
2.6.1.2.	Probanden.....	65
2.6.2.	Ergebnisse.....	65
2.6.3.	Diskussion.....	68

3.	Allgemeine Diskussion.....	72
3.1.	Einfluß visueller Maskierung auf Informationsverarbeitung.....	73
3.1.1.	Priming.....	73
3.1.2.	Der negative Kompatibilitätseffekt.....	74
3.1.3.	Die Objektsubstitutionstheorie.....	74
3.1.4.	Attentional Blink aus der Sicht der Objektsubstitutionstheorie.....	76
3.1.5.	Strukturelle Gemeinsamkeiten zwischen Attentional Blink und der Maskierung von expliziten Hinweisreizen.....	77
3.2.	Rolle der Enkodierung in einem Cueing Paradigma.....	79
3.2.1.	Mikroanalyse der Prozeßabfolge.....	79
3.2.2.	Die funktionalen Grundlagen eines informationsbasierten Wechsels.....	81
3.3.	Automatische Prozesse in einem Cueing Paradigma.....	82
3.3.1.	Wechselkosten als Verarbeitungsvorteil einer Aufgabenwiederholung.....	82
3.3.2.	Langzeit- und Kurzzeitpriming als Grundlage der Wechselkosten.....	84
3.3.3.	Perzeptuelles oder konzeptuelles Kurzzeitpriming?.....	85
3.4.	Zwei Arten von Aufgabenrepräsentationen in einem Cueing Paradigma.....	87
3.4.1.	Strukturierte Aufgabenrepräsentation.....	88
3.4.2.	Merkmalsbasierte Aufgabenrepräsentation.....	90
3.5.	Aufgabenrepräsentationen in Modellen der exekutiven Kontrolle...	93
3.5.1.	Aktivierung des Task-Set durch einen expliziten Hinweisreiz.....	94
3.5.2.	Parallele Existenz von zwei Aufgabenrepräsentationen.....	96
	Fazit.....	99
	Literaturverzeichnis.....	100
	Anhang.....	113

Zusammenfassung

Zur Untersuchung kognitiver Umstellungen wird häufig ein Aufgabenwechselfaradigma verwendet. Wechselt eine Aufgabe zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen, nimmt ihre Bearbeitung mehr Zeit in Anspruch als eine Wiederholung der gleichen Aufgabe. Wird ein Aufgabenwechsel zuvor angekündigt, kann dieser kognitive Umstellungsprozeß vorgezogen werden, was die sogenannten Wechselkosten reduziert. Eine Hypothese führt die Reduktion der Wechselkosten durch Vorbereitung auf einen intentionalen, kontrollierten Prozeß zurück und wird mit dem Ausdruck ‚endogene Rekonfiguration‘ bezeichnet. Einige Befunde sprechen jedoch in diesem Zusammenhang für automatische, also nichtintentionale Prozesse.

Zur Klärung der Frage, welche Prozesse der Aufgabenvorbereitung zugrunde liegen, wurden hier Reaktionszeitkosten von seltenen, inkorrekten Aufgabenankündigungen untersucht. Dabei wurde in ein leeres Intervall zwischen Ankündigungsreiz und Testreiz ein Störreiz eingefügt, der die bereits etablierte Repräsentation der angekündigten Aufgabe beeinträchtigen sollte. Um eine potentielle zeitliche Dynamik dieser Interferenz zu untersuchen, wurde das Intervall zwischen dem Störreiz und dem Testreiz variiert.

In Abhängigkeit von der Intervalllänge traten zwei qualitativ unterschiedliche Effekte auf: während das Reaktionszeitprofil bei einem Intervall von ~250 ms dem eines unvorbereiteten Wechsels zwischen aufeinanderfolgenden Aufgaben entsprach, zeigte sich bei kürzeren und längeren Intervallen ein Effekt, wie er typischerweise als Funktion inkorrektcr Aufgabenankündigung beobachtet wird. Die zeitkritische Wirkung des Störreizes weist darauf hin, daß die durch den Hinweisreiz angekündigte Aufgabe in einem kapazitätslimitierten Speicher, vermutlich im Kurzzeitgedächtnis, aufrechterhalten wird. Der während der Interferenz sichtbare Effekt kann dagegen aufgrund seiner Eigenschaften am besten als Priming, d.h. als eine automatische Aufgabenaktivierung charakterisiert werden. Sowohl die Wirkung einer automatischen Aufgabenaktivierung, als auch ihre spätere Aufrechterhaltung im Kurzzeitgedächtnis scheinen parallel zu existieren, können sich jedoch unter bestimmten Umständen ergänzen. Diese Ergebnisse zeigen, daß man komplexe Konstrukte wie die ‚endogene Rekonfiguration‘ als ein Zusammenspiel von grundlegenden psychologischen Phänomenen interpretieren kann.

1. Einleitung

1.1 Exekutive Funktionen

Die sogenannten Exekutiven Funktionen stellen die wohl komplexesten Prozesse dar, die die Natur je hervorgebracht hat. Exekutive Kontrolle äußert sich in einem paradoxen Zustand, wie ihn Gordon Logan auf den Punkt gebracht hat:

„executive control refers to the process by which the mind controls itself“. (Logan, 2003).

Auf funktionaler Ebene können exekutive Funktionen als ein System zur Überwachung und Regulation der Informationsverarbeitung und des Verhaltens definiert werden. Der Zweck der exekutiven Kontrolle besteht im Erreichen einer Kohärenz und optimalen Organisation der kognitiven Aktivität und deren Umsetzung ins zielgerichtete Verhalten.

Es scheint mittlerweile ein Konsens über die Rolle der exekutiven Funktionen zu bestehen, nämlich, daß die exekutiven Funktionen die Voraussetzung dafür sind, sich rasch und erfolgreich an neuartige, unerwartete Situationen in einer variablen Umwelt anzupassen. Das Endziel exekutiver Kontrolle kann in der Erweiterung und Automatisierung des Verhaltensrepertoires gesehen werden: *„the function of the executive system is to facilitate adaptation by making itself redundant“* (Burgess, 1997).

Derartige exekutive Kontrollprozesse kommen in fast jeder alltäglichen Situation ins Spiel, wenn z.B. das kognitive System von einer Anforderung auf eine andere *umgestellt* werden muß, wenn Prozesse der Wahrnehmung oder Handlungskontrolle *vorzubereiten* sind, wenn habituelle Verhaltensantworten auf Stimuli *unterdrückt* werden müssen, wenn bereits eingeleitete Verhaltensantworten *modifiziert* oder *abgebrochen* werden müssen, oder wenn kognitive Operationen *ausgewählt* oder *koordiniert* werden müssen, wie z.B. bei der Bewältigung zeitlich überlappender, kognitiver Anforderungen.

Eine allgemeine Definition der exekutiven Funktionen, die alle hier dargestellten Aspekte beinhaltet, schlug Lezak (1995) vor, indem er schrieb: „unter Exekutivfunktionen werden Funktionen subsumiert, welche einer Person erlauben, selbstständig, absichtlich und zielstrebig selbstdienliche Aktivitäten und Handlungen auszuführen“.

1.2 Modelle der exekutiven Kontrolle

Es sind vielfach Versuche unternommen worden, das komplexe System zur Steuerung, Aufrechterhaltung und Optimierung des Verhaltens in seine funktionalen Einheiten zu unterteilen. Neben klassischen Modellen, die „zentrale Steuerungseinheiten“ postulierten (z.B. Baddeley, 1986), existiert heute ein häufig zitiertes und einflußreiches Modell der intentionalen Kontrolle von Norman und Shallice (1986).

In ihrem Modell haben die Autoren unterschiedliche Verarbeitungsprozesse für automatische und bewußt kontrollierte Handlungen postuliert (Abb. 1.1). Die Handlungssteuerung besteht in diesem Modell aus einer Interaktion von mehreren Subsystemen. In den sog. *cognitive units* finden sich spezielle Verarbeitungseinheiten, die mit funktionalen perzeptuellen Systemen verbunden sind (z.B. Objekterkennung). Der *Contention Scheduling* (CS) - Mechanismus beinhaltet automatisiertes Kognitions- und Verhaltensrepertoire, die sog. Schemata, die elementare motorische oder kognitive Operationen steuern. Der sich quasi-automatisch organisierende Ablauf von Handlungsketten wird im Modell von Norman und Shallice (1986) durch die Aktivierung von gelernten Schemata erklärt. Diese Schemata werden erst dann aktiviert, wenn ihre Auslösebedingungen erfüllt sind. In einer Reizsituation können mehrere Schemata gleichzeitig aktiviert werden. In diesem Fall hemmen sich inkompatible Schemata wechselseitig, so daß jeweils nur das am stärksten aktivierte Schema die Handlungskontrolle übernimmt. Einmal aktiviert, können die Schemata ohne bewußte Aufmerksamkeit und Kontrolle ablaufen, bis sie z. B. durch einen aufmerksamkeitserzeugenden Fehler unterbrochen werden (siehe dazu unten).

Die Schemata können durch sog. Erzeugungsschemata aus dem Gedächtnis der handelnden Person durch passende Stimuli oder sog. Trigger-Daten aus der Umgebung aktiviert werden. Die Trigger-Daten werden durch das perzeptuelle Wahrnehmungssystem in die Trigger-Datenbank (eine Art Schema-Auslöser-Datenbank) aufgenommen. Das Erzeugungsschema kann mit einem Folgeschema verbunden werden und nachfolgende Schemata oder Erzeugungsschemata anstoßen.

Wenn automatisierte Verhaltensweisen unzureichend sind, um mit den Anforderungen einer Situation fertig zu werden, moduliert das *kapazitätslimitierte Supervisory-Attentional-System* (SAS) die Aktivitäten des CS-Systems und realisiert

so adaptive Verhaltensweisen. Das SAS-System wird aktiv, wenn unerwartete Fehler auftreten (weil z.B. eine Rückmeldung über die Verhaltenskonsequenz dem erwarteten Effekt nicht entspricht), wenn ein Schema aufgrund externer Einflüsse unterdrückt werden soll, oder aber wenn es in einer neuen Situation keine gelernte Verknüpfung zwischen Umweltauslösern und entsprechenden Schemata gibt. Infolgedessen werden neue Schemata generiert oder durch externe Stimuli nicht ausreichend aktivierte (aber angemessene) Schemata intentional ausgelöst (Abb. 1.1)

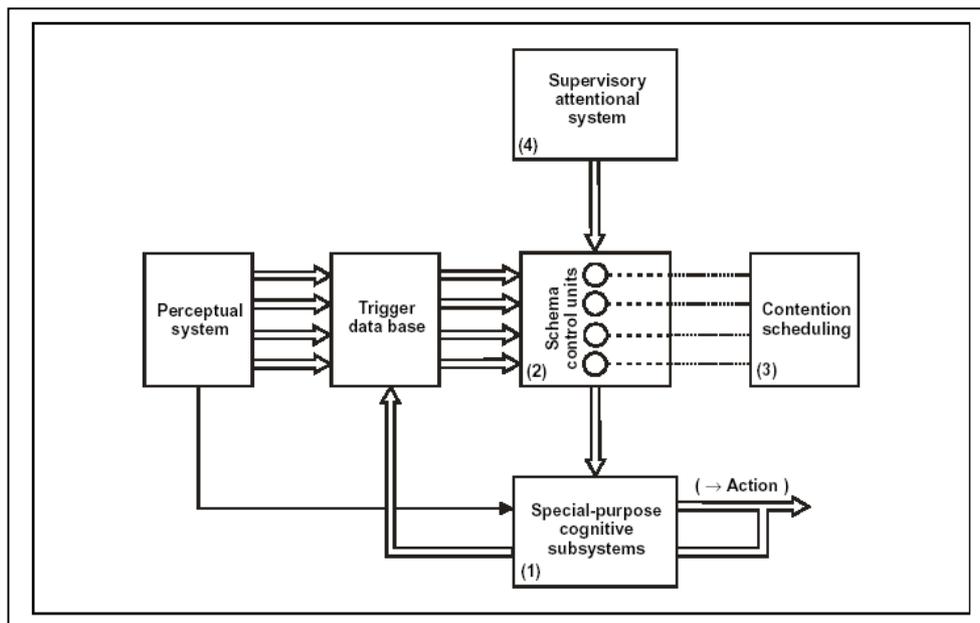


Abb. 1.1. Schematische Darstellung des Modells der Exekutiven Kontrolle von Norman & Shallice (1986).

Ist ein Schema ausgelöst, wird es erst dann wieder inaktiv, wenn das Ziel erreicht wurde, wenn es vom SAS gehemmt wird oder wenn ein stärker aktiviertes, konkurrierendes Schema den Wettstreit gewinnt.

Die Existenz derartiger zentraler Steuerungseinheiten wie „the Will“ (James, 1890), „willsorgaan“ (Donders, 1968), „Central Executive“ (Baddeley, 1986) oder SAS (Norman & Shallice, 1986) ist jedoch zunehmend in Zweifel gezogen worden. Man schreibt ihrer Annahme häufig einen theoretischen Metaphorismus zu und vergleicht sie mit einem Homunkulus (z.B. Altmann, 2003; Hommel, Daum & Kluwe, 2004, Logan, 2003). In den letzten Jahren wird in der kognitiven Psychologie mehr Abstand

von einer einheitlichen Vorstellung über das exekutive System genommen und es werden zunehmend mit Hilfe eleganter Verhaltensexperimente spezifische exekutive Funktionen untersucht. In solchen Experimenten wird das Verhalten der Probanden, also die Bearbeitungszeit und die Fehlerrate während der Durchführung von unterschiedlichen Aufgabenanordnungen analysiert. Es kann sich dabei um relativ einfache Aufgabenanordnungen handeln, in denen z.B. eine zuvor gebahnte Reaktionstendenz gehemmt und eine nicht-dominante Reaktion ausgewählt werden muß, wie z.B. in dem sogenannten *Flanker - Paradigma*, (Eriksen & Eriksen, 1974), oder um schwierigere Anordnungen wie im Falle der sogenannten Doppelaufgaben (vgl. Pashler, 1993), die gleichzeitig bearbeitet werden sollen. Ein anderes Paradigma, das Aufgabenwechselfaradigma, dient der Untersuchung exekutiver Kontrollprozesse, wenn zwischen unterschiedlichen Aufgaben rasch gewechselt werden soll. Da das Aufgabenwechselfaradigma auch in der vorliegenden Arbeit eingesetzt wurde, wird es im nächsten Kapitel detaillierter beschrieben und die Hauptbefunde dargestellt.

1.3 Aufgabenwechsel

Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt auf einem Teilaspekt der exekutiven Kontrolle, nämlich auf der Umstellungsfähigkeit zwischen unterschiedlichen Umwelthanforderungen. Wie sollen aber exekutive Funktionen in die Kontrolle und Steuerung von wechselnden Anforderungen involviert sein? Es wird postuliert, daß bei einem Wechsel eine neue Aufgabenkonfiguration (*Task Set*) aktiviert wird, während die bestehende, konkurrierende Konfiguration unterdrückt wird (Monsell, 1996). Bei einem andauernden Wechsel kommt es zu einer paradoxen Situation, in der die gehemmte Aufgabe immer wieder aktiviert, während die bislang aktive gehemmt werden muß usw. Die Rolle der exekutiven Prozesse besteht vermutlich darin, den Aktivierungs- und Hemmungsprozeß zu initiieren und ein Gleichgewicht zwischen beiden Prozessen herzustellen, um eine optimale Leistung zu gewährleisten.

Für die Untersuchung der Umschaltfähigkeit und deren einzelnen funktionalen Bestandteilen existiert ein mittlerweile sehr gut etabliertes Instrument – das Aufgabenwechselfaradigma. Bisherige Forschung auf diesem Gebiet fand heraus, daß ein Wechsel zwischen zwei Anforderungen mit Zeit- und Fehlerkosten einhergeht und nutzt die Kosten als ein Maß zur Untersuchung kognitiver Prozesse

bei der Umschaltung sowie endogener Aufgabenvorbereitung (s. Monsell, 2003 für eine Übersicht).

In der ersten Untersuchung zum Aufgabenwechsel hat Jersild (1927) seinen Probanden eine Aufgabenliste mit zwei Rechenregeln vorgelegt, die abwechselnd nach dem Schema ABAB angewendet werden sollten. Anschließend hat er die Listenbearbeitungszeiten für beide Aufgaben aus der heterogenen Liste mit den Bearbeitungszeiten aus den entsprechenden homogenen Listen verglichen, in denen jeweils nur eine der beiden Rechenregeln angewendet wurde (entweder AAAA oder BBBB). Die Bearbeitung der Aufgaben aus einer heterogenen Liste dauerte länger als die Bearbeitung der Aufgaben aus einer homogenen Liste.

Fast fünfzig Jahre später haben Spector und Biederman (1976) das Paradigma wiederentdeckt. Eine wichtige Erweiterung des Paradigmas stellte die Einführung von einem symbolischen Hinweisreiz dar (ein ‚+‘ oder ‚-‘ Zeichen für Addition und Subtraktion), der die jeweils aktuelle Aufgabe indizierte. Die Autoren konnten die Hauptbefunde von Jersild (1927) replizieren, beobachteten jedoch zusätzlich eine Kostenreduktion nach der Präsentation der Hinweisreize. In der Interpretation der Befunde gingen die Autoren davon aus, daß die Kosten einen verzögerten Abruf der relevanten Aufgabenregel aus dem Gedächtnis reflektieren. Den Gedächtnisabruf haben Spector und Biederman (1976) als einen endogenen Kontrollprozeß konzipiert, der durch einen exogenen Faktor, den Hinweisreiz, beschleunigt werden konnte.

In einer Publikation aus dem Jahr 1994 wurde das Phänomen der Wechselkosten erneut von Allport, Styles und Hsieh aufgegriffen. Die grundsätzliche Frage betraf die Beteiligung endogener Kontrollprozesse beim Aufgabenwechsel. In ihren Experimenten verwendeten Allport et al. (1994) eine ähnliche Methode wie Jersild (1927) und Spector und Biederman (1976), um die Wechselkosten zu erheben. Die Existenz der Wechselkosten in ihren Experimenten führten Allport et al. (1994) auf proaktive Interferenz zwischen einer nicht relevanten aber aktivierten Aufgabe und der aktuellen, relevanten Aufgabe zurück. Die Ergebnisse von Allport et al. (1994) wiesen weiter darauf hin, daß diese Interferenz mit der Zeit zwar bis zu einem bestimmten Niveau abnimmt, jedoch nicht vollständig abgebaut werden kann. Allport

et al. (1994) nannten diesen Effekt *Task Set Inertia (TSI)*¹. Die einschlägige Beobachtung in diesem Zusammenhang war, daß sich durch eine Verlängerung des Reaktions-Reiz-Intervalls (*RSI; Response-Stimulus-Interval*) die Kosten reduzieren lassen. Die maximale Reduktion konnte bei einer Verlängerung des Intervalls auf 500 ms erreicht werden, eine vollständige Reduktion der Wechselkosten gelang jedoch nicht. Allport et al (1994) interpretierten dieses Ergebnis damit, daß mit einem zunehmenden zeitlichen Abstand zwischen den Aufgaben die proaktive Interferenz abnimmt.

In der experimentellen Anordnung, die Jersild (1927), Spector und Biederman (1976) sowie Allport, Styles und Hsieh (1994) verwendeten, ist jedoch die Leistung der Probanden bei der Bearbeitung der gleichen Aufgabe aus einer heterogenen und einer homogenen Liste nicht völlig vergleichbar. Der Grund liegt darin, daß während der Bearbeitung einer heterogenen Liste zwei Aufgaben aktiv gehalten werden müssen, während bei der Bearbeitung einer homogenen Liste nur eine Aufgabe aktiv ist. Demzufolge spiegelt die Reaktionszeitdifferenz zwischen beiden Bedingungen eine Konfundierung der Wechsellanforderung mit einer erhöhten Gedächtnisbelastung wider.

Dieses Problem kann mit der *Alternating Runs* - Methode gelöst werden (Rogers & Monsell, 1995). Das einfachste Beispiel eines solchen Designs besteht in der Durchführung von zwei Aufgaben A und B nach dem Schema AABBAABB usw. Eine Berechnung der Wechselkosten wird durchgeführt, indem das Ergebnis der Abfolge AA oder BB mit dem Ergebnis der Abfolge AB bzw. BA verglichen wird. Der Vorteil dieser Methode besteht vorwiegend darin, daß die o.g. Konfundierung ausgeschlossen werden kann, weil in diesem Fall beide Aufgabenregeln gleichermaßen aktiv gehalten werden müssen. Auf diese Weise ist es möglich, Wechsel- und Wiederholungsdurchgänge innerhalb eines Blocks zu vergleichen.

Rogers und Monsell (1995) variierten in einer Reihe von Experimenten das Intervall zwischen der Reaktion und dem nächsten Reiz (RSI) und damit die Vorbereitungszeit auf die nächste Aufgabe.

¹ In diesem Zusammenhang wurde zum ersten Mal der Begriff *Task Set* verwendet, der im einfachsten Fall eine Verknüpfung zwischen einem Reiz und einer bestimmten Reaktion bezeichnet. Häufig wird er jedoch im Zusammenhang mit komplexen Tätigkeiten, wie z.B. Autofahren gebraucht, das aus unzähligen Reiz-Reaktions - Einzelverknüpfungen besteht.

Bei einer schrittweisen Verlängerung der Vorbereitungszeit vor dem nächsten Wechsel konnte eine stetige Reduktion der Wechselkosten beobachtet werden, allerdings nur wenn die Länge des Intervalls über einen Block hinweg konstant blieb (siehe Altmann, 2004a für konträre Befunde). Ähnlich dem Ergebnis von Allport et al. (1994) nahm diese Wechselkostenreduktion bei einer Verlängerung des Vorbereitungsintervalls über 600 ms nicht weiter ab. Rogers und Monsell (1995) bezeichneten diese nicht mehr reduzierbaren Kosten als *residuale Wechselkosten*. Aufgrund dieser Beobachtung haben die Autoren aus den Wechselkosten zwei Komponenten des Wechsels extrahiert: eine endogene und eine exogene Komponente. Die erste Komponente stellt einen Index für den intentionalen Wechsel dar und kann vor dem Auftreten des imperativen Stimulus vollzogen werden. Deshalb wird sie als Zeit angesehen, die für eine *endogene Aufgabenrekonfiguration* benötigt wird. Die exogene Komponente, die bei der Präsentation des Testreizes aktiviert wird und sich in den residualen Wechselkosten äußert, schließt den Rekonfigurationsprozeß ab. Demnach kann erst die exogene Komponente, im Sinne einer *Bottom-Up*, also einer reizbasierten Aktivierung eines Schemas in dem Modell von Norman und Shallice (1986), ein Task Set vollständig aktivieren. Da sogar ein sehr langes Vorbereitungsintervall die residualen Wechselkosten nicht eliminiert, lassen sie sich als ein Index für strukturelle Limitationen des kognitiven Systems interpretieren (Rogers & Monsell, 1995). Diese Interpretation der residualen Wechselkosten wird jedoch von anderen Autoren in Frage gestellt (z.B. De Jong, Berendsen, Cools, 1999; De Jong 2000) und vorwiegend auf eine mißlungene Vorbereitung in einem Teil der Durchgänge zurückgeführt.

Während also Rogers und Monsell (1995) für die Erklärung der Wechselkosten die Beteiligung einer endogenen Kontrollinstanz postulieren, kommen Allport et al. (1994) ohne ein derartiges Konzept aus und erklären die Existenz der Wechselkosten durch proaktive Interferenz und Priming von Aufgabeneinstellungen. Die Priming - Hypothese basiert auf der Idee, daß gelernte Assoziationen zwischen Reizen und Reaktionen (Task Sets) bei jedem Durchgang abgerufen werden. Die residuale Aktivierung der Task Sets interferiert mit der Aktivierung des relevanten Task Set bei einem Wechsel der Aufgabe, was die Auswahl der Reaktion verzögert (Allport, 1994; Allport & Wylie, 2000; Waszak, Hommel & Allport, 2003, Wylie & Alport, 2000).

Zunehmend erscheinen jedoch Ansätze, die versuchen, beide Standpunkte zu integrieren (z.B. Goschke, 2000; Meiran, 2000a, 2000b; Meiran, Chorev & Sapir, 2000; Sohn & Anderson, 2001), oder sie auf methodische Unterschiede zurückzuführen (Milan et al., 2005; Monsell, Sumner & Waters, 2003). Auch in einigen Modellen des Task Set - Priming wird angenommen, daß Wechselkosten aus einer Interaktion zwischen dem Priming von Aufgabeneinstellungen und exekutiver Aktivität resultieren (Gilbert & Shallice, 2002; Yeung & Monsell, 2003).

Im Laufe der Zeit wurden Abwandlungen der beiden grundlegenden Paradigmen zur Erhebung von Wechselkosten entwickelt. So entstand z.B. das *Task Cueing Paradigma*, (z.B. Arrington & Logan, 2004; Goschke, 2000; Koch, 2003; Logan & Bundesen, 2003, 2004; Mayr, 2001; Mayr & Kliegl, 2003; Meiran, 1996, 2000a, 2000b; Monsell, Sumner & Waters, 2003), in dem Aufgaben in einer zufälligen Reihenfolge bearbeitet werden, wobei jede Aufgabe durch einen zeitlich vorgelagerten Hinweisreiz angekündigt wird. Der grundlegende Unterschied zwischen den geschilderten Paradigmen, die z.B. Allport et al. (1994) und Rogers & Monsell (1995) verwendet haben einerseits, und dem *Task Cueing Paradigma* andererseits, besteht in der Art der Vorinformation bezüglich der nächsten Aufgabe. Während sowohl in der klassischen Version des Paradigmas, in der die Wechselblöcke mit konstanten Blöcken verglichen werden, als auch in dem *Alternating Runs Paradigma* die Hinweisreize impliziter Natur sind (im Sinne der Kenntnis über die Aufgabenabfolge, z.B. AABBA), wird die Vorinformation im *Task Cueing Paradigma* ausschließlich mit Hilfe expliziter Hinweisreize dargeboten, wobei die Aufgabenabfolge zufällig variiert. Dabei wird die Vorbereitungszeit analog zur Länge des RSI durch die Präsentationszeit des Hinweisreizes (*PCI: Precue-Stimulus Interval*) manipuliert. Es ist dabei wichtig anzumerken, daß ein Hinweisreiz nur die Aufgabenart ankündigt, jedoch keine Information über die Identität des nachfolgenden Testreizes oder die in dem nachfolgenden Durchgang verlangte Reaktion beinhaltet. Der Vorteil des *Task Cueing Paradigmas* besteht zum einen darin, daß mit seiner Hilfe die Gedächtnisbelastung minimiert wird, die mit der Aufrechterhaltung der Aufgabenabfolge zusammenhängt, zum anderen erlaubt die Verwendung der Hinweisreize Kontrolle sowohl der Vorbereitungszeit (PCI), als auch der Zeit, in der der Hinweisreiz erwartet wird, bzw. die Aufgabe von Durchgang n-1 zerfällt (*RPI: Response-Precue Interval*). Dadurch ist der Zeitpunkt bekannt, ab dem

die Vorbereitungsperiode beginnt. Auf diese Weise läßt sich neben der Vorbereitungsperiode zusätzlich eine Komponente extrahieren, die Aufschluß über das Ausmaß des passiven Zerfalls der vorangegangenen Aufgabe erlaubt (Meiran, 2000b).

Ähnlich dem *Alternating Runs Paradigma* werden bei diesem Paradigma die Wechselkosten aus der Differenz zwischen den Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen berechnet.

1.4 Kontrollierte und automatische Prozesse beim Aufgabenwechsel

Anlehnend an die im vorangegangenen Kapitel geschilderte Debatte bezüglich der Ursache der Wechselkosten, wird die Frage diskutiert, ob man die Existenz eines exekutiven Kontrollmechanismus benötigt, um das Phänomen der Wechselkosten und den Vorbereitungseffekt zu erklären, und wenn ja, an welchem Punkt der Informationsverarbeitung die exekutive Kontrolle ausgeübt wird. Eine Möglichkeit, wann die Kontrolle einsetzt, wäre vor allem im Setzen von übergeordneten Zielen und in der Auswahl geeigneter Parameter, weniger jedoch in der Durchführung der Aufgabe selbst zu suchen (Logan & Gordon, 2001). Es wird deshalb allgemein angenommen, daß die exekutive Kontrolle vorwiegend während der Vorbereitung auf eine wechselnde Aufgabe zum Tragen kommt, was als *endogene Rekonfiguration* bezeichnet wird (Monsell, 2003; Rogers & Monsell, 1995; Rubinstein, Meyer & Evans, 2001). Doch für das Verständnis der Entstehung von Wechselkosten und das Postulat der *endogenen Rekonfiguration* ist es von hoher Relevanz, wie der Begriff „endogene“ oder „kontrollierte“ Vorbereitung funktional definiert wird. Mit einer endogenen Vorbereitung wird z.B. eine gezielte intentionale Aktivierung mentaler Strukturen in Erwartung auf ein bevorstehendes Ereignis bezeichnet. Je mehr Zeit in diese Aktivierung investiert wird, desto schneller und fehlerfreier wird die Ausführung der Tätigkeit (Monsell, 2003). Diese Relation spiegelt jedoch lediglich den funktionalen Zusammenhang zwischen der Vorbereitung und dem Ausmaß der Wechselkosten wider. Mayr und Keele (2000) haben diesen Prozeß als eine Konfiguration von perzeptuellen, Aufmerksamkeits-, Gedächtnis- und motorischen Prozessen beschrieben, die notwendig sind, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Zusätzlich werden diese Prozesse durch strategische Operationen beeinflusst, die weniger von direkten exogenen Faktoren abhängen, sondern vielmehr von endogenen Mechanismen wie globalen Erwartungen oder Motivation.

Es wird jedoch trotz derartiger Versuche eine *endogene Rekonfiguration* als ein komplexes Zusammenspiel von psychologischen Phänomenen zu erklären zunehmend bemängelt, daß das Konstrukt weiterhin unterspezifiziert und wenig transparent ist (Altmann, 2003; Logan & Gordon, 2001), was nur einen mäßigen Fortschritt in seinem Verständnis verspricht. Altmann (2003) weist darauf hin, daß einige gut etablierte psychologische Mechanismen wie perzeptuelle Enkodierung (Logan & Bundesen, 2003), Priming (Ruthruff et al., 2001), pro-aktive Interferenz (Allport et al. 1994) und/oder ihre Interaktion in die kognitive Kontrolle beim Aufgabenwechsel und dessen Vorbereitung involviert sind und sie ausreichende Bedingungen für die Erklärung von Wechselkosten darstellen. Schneider und Logan (2005) fügen hinzu: *„We believe that a critical part of theory development involves determining whether behavior can be explained by simple processes and positing complex processes only when necessary, an idea that was central to the cognitive revolution in psychology in the middle of the 20th century. When it became clear that psychological phenomena such as language, problem solving, and concept learning could not be explained solely by the conditioning principles and stimulus-response associations of behaviorism, it was necessary to introduce mental representations and processes as explanatory constructs. Now this idea seems to be reversed in some cases (particularly in the task switching domain) and the onus has been placed on researchers who wish to explain phenomena with basic psychological processes to demonstrate that more complex processes may not be involved.“*

In der Literatur lassen sich tatsächlich zunehmend Hinweise darauf finden, daß das Konstrukt der endogenen Rekonfiguration in einem Cueing Paradigma mit Hilfe automatischer Prozesse teilweise erklärt werden könnte (Altmann, 2003, 2004a, 2004b; Goschke, 2000; Logan & Bundesen, 2003, 2004; Schneider & Logan, 2005). Mayr und Kliegl (2003) argumentierten, daß klassische Wechselkosten aus den Kosten des Wechsels des Aufgabensignals und des Wechsels der Aufgabe resultieren, die in zwei distinkten Verarbeitungsschritten erfolgen: der erste Schritt ist ein durch das Aufgabensignal initiiertes Abrufen der Aufgabenregel, der zweite Schritt ist eine Anwendung dieser Regel auf den Testreiz, um eine Reaktion zu generieren. Mayr und Kliegl (2003) argumentieren weiterhin, daß ein beschleunigter Abruf der Aufgabenregel aus dem Gedächtnis aufgrund einer Wiederholung des Aufgabensignals zustande kommt.

Meiran, Hommel, Bibi und Lev (2002) konnten zeigen, daß sich Probanden über den Zustand ihrer Vorbereitung wenig bewußt sind. In einer möglichen Erklärung für diesen Befund schlagen Meiran et al. (2002) vor, daß sich die Probanden vermutlich nur der Zieltätigkeit bewußt sind, während die Aufgabenvoraktivierung automatisch erfolgt.

Altmann (2004a) variierte die Vorbereitungszeit zwischen Gruppen von Probanden entweder innerhalb der Blöcke, zwischen den Blöcken oder zwischen Probanden. In den beiden ersten Bedingungen wurde eine Kostenreduktion bei einer Verlängerung des Vorbereitungsintervalls beobachtet. Wurde die Vorbereitungszeit zwischen den Probanden variiert, ergab sich kein derartiger Vorteil. Aufgrund dieser Ergebnisse kam Altmann (2004a) zu der Schlußfolgerung, daß der Vorbereitungseffekt zum größten Teil von dem experimentellen Design abhängt und eine unspezifische Vorbereitung (*generic preparation*) und nicht eine wechelspezifische Vorbereitung (Rogers & Monsell, 1995; Meiran, 1996) die wesentliche Rolle in einem *Cueing Paradigma* spielt. In Übereinstimmung mit andern Autoren (Arrington, Altmann & Carr, 2003; Meiran, Chorev & Sapir, 2000; Sohn & Anderson, 2001, 2003) postuliert Altmann (2004a), daß ein unspezifischer Vorbereitungsvorteil Ausdruck eines automatischen Prozesses sei. Altmann (2004a) führt fort, daß ein guter Kandidat für diesen automatischen Prozeß die Enkodierung des Hinweisreizes sei. Er fordert, den Mechanismus der Enkodierung mehr zu spezifizieren und durch einen gezielten Einsatz von Distraktoren zu versuchen, den kritischen Effekt (Wechselkosten) zu beeinflussen (Lavie, 2000; Posner & Boies, 1971).

Koch (2003) verglich in seiner Studie die Vorbereitungseffektivität in einem *Alternating Runs Paradigma* mit und ohne explizite Hinweisreize. Die Kostenreduktion wurde wesentlich stärker, wenn zusätzlich Hinweisreize eingesetzt wurden, als wenn Aufgabenvorbereitung nur aufgrund der Sequenzkenntnis möglich war. Dieser Befund weist auf einen qualitativen Unterschied zwischen beiden Arten der Vorbereitung und zeigt deutlich einen Vorteil der expliziten Hinweisreize.

Logan und Bundesen (2003, 2004), Arrington und Logan (2004) sowie Schneider und Logan (2005) argumentieren aufgrund ihrer Resultate, die sie mit Hilfe formaler Modelle untermauerten, daß die Enkodierung eines wechselnden Hinweisreizes den größten Teil der Wechselkosten ausmacht. Der Befund, daß die Kosten der Enkodierung zunehmen, wenn der Hinweisreiz perzeptuell degradiert wird, weist darauf hin, daß perzeptuelle Mechanismen einen bislang unterschätzten Beitrag zu

der Entstehung der Wechselkosten leisten (vgl. Logan & Bundesen, 2003). Da in den Aufgabenwechselexperimenten eine Wiederholung des Aufgabensignals (*Task cue*) mit der Aufgabenwiederholung und ein Wechsel des Aufgabensignals mit einem Aufgabenwechsel perfekt konfundiert sind, können die Wechselkosten laut Schneider und Logan (2005) als Enkodierungsvorteil einer Wiederholung des Aufgabensignals interpretiert werden.

Logan und Bundesen (2003) untersuchten die Güte von drei formalen Modellen, um Daten aus Experimenten mit maskierten Hinweisreizen, mehreren Hinweisreizen pro Aufgabe und einem Experiment mit unterschiedlichen Vorbereitungsintervallen zu erklären. In dem ersten Modell wurde die Annahme der Aufgabenrekonfiguration, in dem zweiten Modell die Annahme eines Wiederholungsgewinns des Hinweisreizes und in dem dritten Modell eine Annahme von beiden Prozessen gemacht. Die beste Anpassung an die empirischen Daten sowie die sparsamsten Voraussetzungen wies das zweite Modell auf. Aufgrund dieser Resultate nahmen Logan und Bundesen (2003) an, daß Enkodierungsprozesse einen kritischen Beitrag zu Kosten in einem Cueing Paradigma leisten.

Bezugnehmend auf die Ergebnisse von Logan und Bundesen (2003) argumentiert Altmann (2004a), daß den funktionalen Mechanismen beim Aufgabenwechsel vermutlich grundlegende perzeptuelle und mnemonische Prozesse zugrunde liegen, die einen externen Hinweisreiz in eine mentale Repräsentation transformieren und so das Verhalten effektiv steuern. Die kritische Beteiligung von Basisprozessen beim Aufgabenwechsel hat Altmann (2004a) als *Enkodierungshypothese* des Aufgabenwechsels bezeichnet (s. auch Sohn & Anderson, 2003).

Der Prozeß der Enkodierung eines symbolisch kodierten Reizes stellt ebenfalls keinen einheitlichen Mechanismus dar und muß weiter ausdifferenziert werden. Es ist naheliegend, daß visuelle Informationen nach ihrer anfänglichen, sensorischen Analyse der physikalischen Reizeigenschaften in einem stabilen Format gespeichert werden, um weiterer Analyse zur Verfügung zu stehen. Diese Aufgabe wird von einem visuellen Kurzzeitgedächtnis übernommen (Jiang, Olson & Chun, 2000; Pashler & Johnston, 1998; Pasternak & Greenlee, 2005). Dieses System speichert nicht nur Reizdimensionen der Reizumgebung wie Helligkeit, Farbe oder Form ab, sondern scheint zusätzlich an der Kopplung zwischen einer perzeptuellen Repräsentation eines Objekts und der dazugehörigen konzeptuellen Information

beteiligt zu sein. Im nächsten Kapitel wird näher auf die perzeptuelle Informationsanalyse und weitere Implikationen für den Vorbereitungseffekt eingegangen.

1.5 Prozesse der Enkodierung eines expliziten Hinweisreizes

Um den Prozeß der Enkodierung bzw. Aufrechterhaltung visueller Informationen zu verstehen, muß das hypothetische „Enkodierungssystem“ näher untersucht werden.

Es existiert eine Fülle an empirischen Befunden und Modellen, die versuchen, die Funktionsweise eines komplexen Systems mit einer limitierten Kapazität zu untersuchen, in dem visuelle Informationen aufgenommen, zusammengefügt, aufbereitet und gespeichert werden. Dabei versucht man die visuelle Repräsentation an jeder Station dieser Verarbeitungssequenz zu spezifizieren (Lachman, Lachman & Butterfield, 1979).

Psychophysische Studien bedienen sich vielfacher Paradigmen und empirisch gut abgesicherter Phänomene, um die Interaktion zwischen den perzeptuellen und konzeptuellen Prozessen zu untersuchen. Die bekanntesten sind Metakontrast-Maskierung (Stiegler, 1910; Breitmeier, 1984; Neumann & Klotz, 1994), Maskierung durch Verarbeitungsunterbrechung (Spencer & Shuntich, 1970; Turvey, 1973) bzw. durch Objeksubstitution (Di Lollo, Enns & Rensink, 2000), „Attentional Blink“ (Raymond, Shapiro & Arnell, 1992), „Attentional Dwell Time“ (Duncan, Ward & Shapiro, 1994), „Change Blindness“ (Simons, 1996) etc.

Alle Phänomene haben gemeinsam, daß sie umschriebene Wahrnehmungsdefizite reflektieren, bei denen die Detektion und/oder Identifikation bestimmter Reize in einem bestimmten Zeitfenster herabgesetzt ist. Diese Wahrnehmungsdefizite beziehen sich jedoch auf eine Beeinträchtigung bewußter Reizrepräsentation. Diese Beeinträchtigungen können aus einer Verarbeitungsunterbrechung bzw. Interferenz an den niedrigen oder aber höheren Verarbeitungsstufen resultieren. Es scheint sich jedoch zunehmend ein Konsensus über die funktionale Grundlage einiger dieser Phänomene abzuzeichnen. Neue Befunde weisen nämlich darauf hin, daß es sich mit Ausnahme der Metakontrastmaskierung um eine Beeinträchtigung der Konsolidierung der flüchtigen perzeptuellen Repräsentationen in stabilere Gedächtnisrepräsentation handelt (z.B. Brehaut, Enns, Di Lollo, 1999; Chun & Potter, 1995; Giesbrecht & Di Lollo, 1998; Shapiro, Driver, Ward & Sorensen, 1997; Vogel & Luck, 2002).

1.5.1 Das visuelle Kurzzeitgedächtnis

Das visuelle Kurzzeitgedächtnis (VKZG) abgeleitet von *VSTM* (*visual short-term memory*) ist neben dem ikonischen Gedächtnis (Sperling, 1960) und dem Langzeitgedächtnis eine der Hauptkomponenten des visuellen Gedächtnissystems. Das VKZG entspricht vermutlich dem visuell-räumlichen Kurzzeitspeicher (visuo-spatial- sketchpad) in dem Modell von Baddeley (1986) oder den sensorisch-perzeptuellen Strukturen in dem Modell von Norman und Shallice (1986). Während visuelle Inhalte im ikonischen Gedächtnis sehr fragil sind, schnell zerfallen und nicht aktiv aufrechterhalten werden können, werden Informationen im VKZG in einem stabilen Format über mehrere Sekunden aufrechterhalten. Die Kapazität des VKZG ist verglichen mit dem ikonischen Gedächtnis jedoch wesentlich kleiner. Um der Frage nachzugehen, ob sich die Kapazität auf die Anzahl der Reizmerkmale oder Objekte bezieht, präsentierten Luck & Vogel (1997) ihren Probanden Objekte, die sich aus einer Verknüpfung von mehreren Merkmalen zusammensetzten. Die Resultate zeigten, daß nicht eine begrenzte Anzahl von visuellen Merkmalen, sondern eine Anzahl von vier komplexen Objekten diese Kapazität beschreibt. Darüber hinaus konnten zwei Arten der relationalen Enkodierung im VKZG gefunden werden: eine perzeptuelle und eine semantische Enkodierung. Die perzeptuelle, relationale Enkodierung bezieht sich auf perzeptuelle Gruppierung (z.B. Kanizsa, 1979). Die semantische, relationale Enkodierung bezieht sich dagegen auf die Aktivierung einer semantisch assoziierten Information aus dem Langzeitgedächtnis (Biederman et al. 1982).

Die Verwendung von Stimuli, die nicht verbalisierbar sind, was ihre Speicherung im Langzeitgedächtnis erheblich erschwert, hat die Untersuchung des VKZG in den frühen siebziger Jahren revolutioniert (Cermak, 1971; Phillips, 1974; Phillips & Baddeley, 1971). Die grundlegende experimentelle Technik zur Untersuchung des VKZG besteht im Vergleich von zwei sequenziell präsentierten Matrizen (Phillips, 1974; Phillips & Baddeley, 1971) oder Figuren (Cermak, 1971), die durch ein Zeitintervall von 0 bis etwa 30 Sekunden voneinander getrennt sind. Die Eigenschaften der Stimuluspaare können durch die psychophysische Technik der schrittweisen Abweichung zwischen beiden reguliert werden, bis ein bestimmtes Schwellenkriterium in der Performanz erreicht wird. Die Beobachtung, daß Probanden imstande sind mit hoher Sicherheit die richtige Antwort anzugeben, hat zu der Schlußfolgerung geführt, daß sie den ersten Stimulus (oder seine einzelnen

Merkmale) kodiert haben mußten, zumindest für die Zeit, bis der Vergleichsstimulus erschienen ist. Allerdings ließen die Experimente aufgrund der Komplexität des Stimulusmaterials einige Fragen offen: 1. Werden alle oder nur einige der Reizdimensionen (wie z.B. räumliche Frequenz, Helligkeit, Kontrast, Farbe) im gleichen Umfang kodiert? Können einige der Dimensionen mit höherer Genauigkeit als andere kodiert werden? Werden die Reizdimensionen in separaten Verarbeitungskanälen oder als ein einheitliches Objekt im VKZG kodiert?

Um diesen Fragen nachzugehen, wurde in den letzten Jahren eine Serie von Experimenten durchgeführt (s. Magnussen, 2000 für eine Übersicht), die zeigen konnten, daß Probanden imstande waren einzelne Reizdimensionen wie Farbe, Form, räumliche Frequenz usw. mit höchster Genauigkeit und Stabilität im VKZG zu speichern (Magnussen & Greenlee, 1992; Magnussen, Greenlee, Asplund, & Dyrnes, 1991; Magnussen, Idås, & Myhre, 1998).

1.5.2 Das Paradigma der Gedächtnismaskierung

In Bezug auf die Struktur der Gedächtnisrepräsentation der Reizdimensionen konnten weitere Studien zeigen, daß Reizmerkmale in multiplen separaten Kanälen im VKZG gespeichert werden. Zu dieser Schlußfolgerung haben zwei Arten von empirischer Evidenz geführt. Die erste besteht in der Verwendung der Technik der sogenannten Gedächtnismaskierung (*memory masking*), die andere in den Kosten der simultanen Diskrimination (*dual discrimination costs*).

Das Paradigma der Gedächtnismaskierung ist eine experimentelle Technik, in der ein maskierender Stimulus in das Interstimulusintervall zwischen den Vergleichs- und Testreiz eingefügt wird, was zur Erhöhung psychophysischer Schwelle führt (Bennett & Cortese, 1996; Magnussen & Greenlee, 1992; Magnussen et al., 1991). Es ist dabei wichtig anzumerken, daß hier der Begriff „Maskierung“ nicht im klassischen Sinne eine sensorische Maskierung bedeutet, weil hier der zeitliche Abstand zwischen Vergleichs- oder Testreiz und der Maske wesentlich größer ist, so daß die Maske weder das Phänomen des Metakontrastes (der Effektivitätsbereich des Metakontrastes liegt bei einem SOA zwischen 40 und 80 ms, Breitmeyer, 1984) noch andere Arten der Rückwärts- und Vorwärtsmaskierung wie Maskierung durch Licht (Crawford, 1947, Sperling, 1965), oder Rauschen (Kinsbourne & Warrington, 1962) hervorrufen kann.

Wenn die Maske mit dem Vergleichs- bzw. Testreiz übereinstimmt, wird keine Erhöhung der psychophysischen Schwelle beobachtet. Je mehr die Maske dagegen von einem der beiden Reize abweicht, desto höher wird die Schwelle, bis sie an das Zweifache zunimmt (Bennett & Cortese, 1996; Magnussen & Greenlee, 1992; Magnussen et al., 1991).

Eine weitere Eigenschaft der Gedächtnismaskierung ist die Spezifität der Maske bezüglich der Reizdimension, die diskriminiert werden soll. Wenn z.B. eine Entscheidung bezüglich der räumlichen Frequenz getroffen werden soll, wird die Leistung der Probanden nicht durch die Orientierung des Maskenmusters beeinflusst. Andererseits beeinflusst die räumliche Frequenz der Maske die Schwelle nicht, wenn eine Entscheidung bezüglich der Orientierung zwischen dem Referenz- und dem Testreiz getroffen werden soll (Magnussen et al., 1991). Dieses Ergebnis weist darauf hin, daß die Gedächtnismaskierung Verarbeitungsprozesse auf einer relativ fortgeschrittenen Stufe der Reizverarbeitung beeinflusst, auf der die einzelnen Aufgabendimensionen in separaten, unabhängigen Kanälen kodiert (z.B. Pashler, 1998) und durch Prozesse der selektiven Aufmerksamkeit beeinflusst werden (Lalonde & Chaudhuri, 2002).

Diese Hypothese wird zusätzlich durch den Befund gestützt, daß Maskierung durch räumliche Frequenz den perzeptuellen (distalen) und nicht retinalen Koordinaten folgt (Bennett & Coertese, 1996). Diese Schlußfolgerung wurde aus der Tatsache abgeleitet, daß die perzeptuelle Repräsentation der Reizdimensionen die Information über die Entfernung zum Stimulus beinhaltet, d.h. auf dem Prinzip der Größenkonstanz basiert. Diese Beobachtung wird von früheren Ergebnissen bekräftigt, in denen Wiedererkennung von komplexen Mustern ebenfalls auf distaler und nicht retinaler Objektgröße basiert (Bennett & Cortese, 1996; Jolicoeur, 1987; Milliken & Jolicoeur, 1992). Derartige Konstanzleistungen ermöglicht erst eine Verarbeitung in der okzipito-temporalen Area V4 (Schiller, 1995).

Andere Experimente untersuchten im Rahmen des Paradigmas simultane Diskriminationsleistung unter Verwendung von Doppelaufgaben (Greenlee & Thomas, 1993; Magnussen, Greenlee & Thomas, 1996). Diese Studien konnten zeigen, daß bei einer simultanen Entscheidung über zwei oder sogar drei unterschiedliche Reizattribute die Leistung der Probanden weit weniger beeinträchtigt war, als bei einer Entscheidung zwischen zwei Ausprägungen des

gleichen Reizattributes. Auf der anderen Seite führt eine Verschlechterung der Leistung bei Entscheidungen innerhalb der gleichen Domäne zu der Schlußfolgerung, daß es in dieser Situation zu Interferenz innerhalb des gleichen Verarbeitungskanals kommt. Mit anderen Worten tritt eine Interferenz bei Entscheidungen innerhalb, aber nicht zwischen Reizdimensionen auf, was die Hypothese einer parallelen Aufrechterhaltung der Reizdimensionen unterstützt.

Magnussen, Idås und Holst-Myhre (1998) untersuchten mit Hilfe von Doppelaufgaben die Wahlreaktionszeiten bei Entscheidungen zwischen zwei perzeptuellen Dimensionen eines Stimulus. Dabei wurde das *Inter-Stimulus-Intervall (ISI)* zwischen beiden Stimuli von 0 bis 10 Sekunden variiert. Die Reaktionszeitanalyse deutete darauf hin, daß abhängig von der Länge des ISI unterschiedliche Repräsentationsebenen in die Entscheidungsfindung involviert waren: obwohl die Differenz zwischen den Reaktionszeiten für die Entscheidung ‚ungleich‘ und ‚gleich‘ über alle ISIs konstant war, nahm das allgemeine Reaktionszeitniveau bei einer Verlängerung des ISI monoton zu. Die Autoren interpretierten das Resultat als Evidenz für eine Dichotomie zwischen einer perzeptuellen (Echtzeit-) Repräsentation und einer umkodierten, gedächtnisbasierten Repräsentation der Information, die eine Entscheidung determiniert.

Die geschilderten Ergebnisse erlauben, das Konzept des visuellen Kurzzeitgedächtnisses näher einzugrenzen. Dieses System kodiert für Zeiten bis etwa 1 Minute oder länger diverse Reizattribute mit größter Genauigkeit in unabhängigen Verarbeitungskanälen und erlaubt ihre Aufrechterhaltung in einem relativ stabilen Format. Diese Art der Reizrepräsentation kann auf einer relativ späten Stufe in der Hierarchie der visuellen Verarbeitung lokalisiert werden und scheint einen Prozeß widerzuspiegeln, durch den eine Umkodierung der Reizattribute in eine abstrakte Gedächtnisrepräsentation stattfindet.

Für die Annahme der Beteiligung von Enkodierungsprozessen an Kosten in einem Cueing Paradigma (Altmann, 2004a; Logan & Bundesen, 2003) ist die Frage von großem Interesse, wie die Merkmale eines symbolischen Hinweisreizes in einem visuellen Kurzzeitgedächtnis aufrechterhalten werden. Des weiteren ist die Frage relevant ob und wenn ja, in welchem Ausmaß diese Hinweisreizinformation umkodiert wird. Es wurde z.B. argumentiert, daß eine Umkodierung der visuellen

Information eine notwendige Bedingung ist, um in einem stabilen Format gespeichert zu werden (Magnussen, 2000; Magnussen & Greenlee, 1999), was darauf hinweist, daß eine bereits umkodierte Repräsentation in Form einer stabilen Gedächtnisspur für maskierungsbedingte Interferenz weniger anfällig ist. Allerdings konnten Lalonde und Chaudhuri (2002) neulich zeigen, daß sogar eine Umkodierung der perzeptuellen Reizrepräsentation in eine stabile Gedächtnisrepräsentation dennoch interferenzanfällig sein kann, was einen kapazitätsfordernden Prozeß impliziert.

Diese Befunde weisen darauf hin, daß das perzeptuelle Gedächtnissystem eine Schnittstelle zwischen den perzeptuell kodierten Informationen und ihrer stabilen Repräsentation auf einer abstrakten, konzeptuellen Ebene reflektiert. Der Prozeß der Kopplung zwischen beiden Instanzen kann durch die Technik der Gedächtnismaskierung manipuliert werden und scheint durch einen *Top-Down* Einfluß moduliert zu sein.

1.6 Eigene Vorarbeiten: Befunde zum Wechsel zwischen mehrdimensionalen Aufgaben

Die Aufgaben, die in den klassischen Experimenten zum Aufgabenwechsel eingesetzt werden, bestehen häufig aus numerischen Aufgaben (z.B. ist die Zahl größer oder kleiner als 5 und ist die Zahl gerade oder ungerade) oder Stroop Aufgaben (MacLeod, 1992; benenne die Druckfarbe des Wortes, bzw. lese das Wort, das die Farbe bezeichnet, z.B. "rot" gedruckt in blauer Farbe).

Eine besondere Variante der Aufgaben, die man im Aufgabenwechselfparadigma einsetzen kann, besteht darin, daß sie sich aus zwei Aufgabendimensionen zusammensetzen. In den bisherigen Studien zum Aufgabenwechsel wurden eindimensionale Aufgaben verwendet, was lediglich eine quantitative Aussage über das Ausmaß der Wechselkosten erlaubt. Durch Anwendung zweidimensionaler Aufgaben ist es zusätzlich möglich, den Wechsel einer Dimension als Funktion des Wechsels bzw. Wiederholung der anderen zu untersuchen. Diese Variante bringt eine wichtige zusätzliche Information, nämlich, wie sich beide Aufgabendimensionen zueinander verhalten (siehe unten für weitere Details). Dieser Parameter erlaubt Schlüsse auf die Art der Repräsentation der Aufgabe im Verarbeitungssystem zu ziehen und durch gezielte experimentelle Manipulationen den funktionalen Grundlagen beim Aufgabenwechsel näher zu kommen.

In den nachfolgend berichteten Experimenten wurden die einzelnen Aufgaben in einer Zufallsabfolge präsentiert. Dabei lassen sich zwei Möglichkeiten unterscheiden: im ersten Fall können die Einzelaufgaben unangekündigt auftreten, d.h. die aktuelle Aufgabe wird gleichzeitig mit dem Erscheinen des imperativen Reizes spezifiziert. Im zweiten Fall werden die jeweiligen Aufgaben vorangekündigt, wobei hier eine Manipulation des Intervalls zwischen dem Hinweisreiz und dem Testreiz Aufschluß über die Vorbereitungsprozesse erlaubt (z.B. Altmann, 2004a; Koch, 2001; Mayr, 2001; Mayr & Kliegl, 2003; Meiran, 1996; 2000a, 2000b; Monsell, Sumner & Waters, 2003; Sudevan & Taylor, 1987).

1.6.1 Generalisierte Umschaltung

In dem ersten Versuch, der einen Wechsel zwischen zweidimensionalen Aufgaben untersuchte (Kleinsorge & Heuer, 1999), wurden Probanden aufgefordert, zwischen Aufgaben zu wechseln, die aus einer faktoriellen Kombination von zwei Aufgabenregeln (numerisch vs. räumlich; im folgenden *Urteil* genannt) und zwei Reiz-Reaktions-Zuordnungen (kompatibel vs. inkompatibel; im folgenden *Mapping* genannt) resultierten.

In diesem Versuch haben Kleinsorge & Heuer (1999) die Reaktionszeiten als Funktion der Übergänge zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen untersucht. Dabei ergaben sich vier Möglichkeiten:

- beide Aufgabendimensionen des letzten Durchgangs werden *wiederholt*
- die Aufgabe im aktuellen Durchgang unterscheidet sich von der Aufgabe im letzten Durchgang im Hinblick auf die *erste* Dimension
- die Aufgabe im aktuellen Durchgang unterscheidet sich von der Aufgabe im letzten Durchgang im Hinblick auf die *zweite* Dimension
- die Aufgabe im aktuellen Durchgang unterscheidet sich von der Aufgabe im letzten Durchgang im Hinblick auf *beide* Dimensionen

Die Analyse der entsprechenden Reaktionszeiten hat zur Beobachtung eines spezifischen Reaktionszeitmusters geführt, bei dem ein Wechsel der Urteilsart zu einer Zunahme der Reaktionszeiten führt, verglichen mit einem Wechsel des Mapping. Wenn allerdings ein Wechsel beider Dimensionen gleichzeitig erforderlich war, wurden die Reaktionszeiten kürzer, als beim Wechsel der Urteilsart alleine (Abb. 1.2).

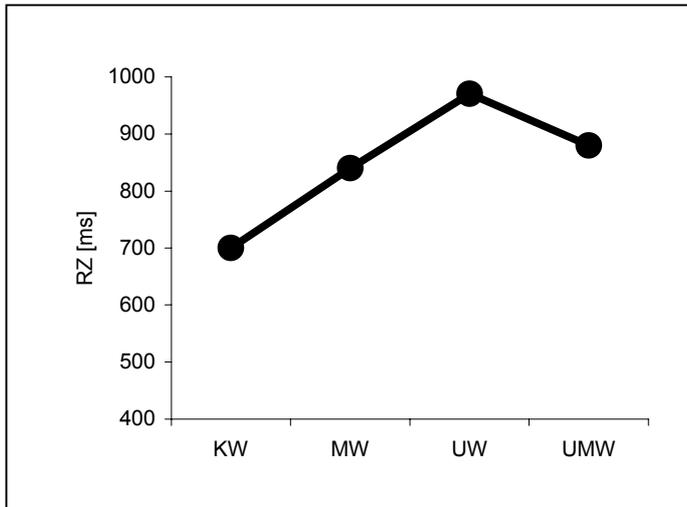


Abb. 1.2. Reaktionszeitprofil als Funktion der Übergänge zwischen den Aufgaben (*KW*: kein Wechsel, *MW*: Mappingwechsel, *UW*: Urteilswechsel, *UMW*: Urteil und Mappingwechsel)

In mehreren Experimenten wurde die Robustheit dieser Beobachtung bestätigt. So konnten Kleinsorge, Heuer & Schmidtke (2001a, 2001b) zeigen, daß dieser Effekt von spezifischen Reizen und ihrer Anordnung als auch vom Schwierigkeitsgrad der Aufgaben weitgehend unbeeinflusst bleibt.

Bei der Erklärung dieses contraintuitiven Befundes der Kostenreduktion bei einer steigender Anzahl der zu wechselnden Dimensionen wurden von Kleinsorge & Heuer (1999) zwei Annahmen gemacht. Erstens: beide Dimensionen, d.h. die Art des Urteils und Mapping (in der Originalpublikation wird die Reaktion als dritte Dimension betrachtet) sind hierarchisch organisiert, wobei die Urteilsart auf einer höheren, das Mapping auf einer niedrigeren Ebene angesiedelt sind. Der untergeordnete Status des Mapping entstammt einer sequentiellen Abfolge während der Ausführung einer Tätigkeit: es wird zunächst ein Ziel spezifiziert, während im zweiten Schritt das Mittel zur Umsetzung des Ziels ausgewählt wird.

Zweitens: ein Wechsel auf einer übergeordneten Ebene führt zu einer unbeabsichtigten Umschaltung auf der niedrigeren Ebene. Aus dieser Annahme heraus läßt sich der erleichternde Effekt einer Mappingumschaltung ableiten, wenn auf der höheren Ebene die Urteilsart umgeschaltet wurde. Umgekehrt scheint es schwieriger, die Urteilsart zu wechseln und gleichzeitig das wiederholte Mapping beizubehalten. Die Annahme einer Umschaltung, die auf eine untere Ebene generalisiert, impliziert also, daß bei einem Wechsel der Urteilsart das Mapping automatisch ebenfalls umgeschaltet wird. Falls das Mapping jedoch gleichgehalten werden muß, bedarf es einer korrektiven Rück-Umschaltung, die den gesamten Umschaltprozeß verzögert.

Eine Umschaltung, die von einer höheren auf eine niedrigere Dimension generalisiert, weist darauf hin, daß beide Aufgabendimensionen, also die Urteilsart und das Mapping, in einem Abhängigkeitsverhältnis stehen, d.h. miteinander gekoppelt sind und so einen strukturierten Aufgabenraum bilden (Abb. 1.3). Würden dagegen die Aufgabendimensionen in einem ungebundenen Format vorliegen, würde man kein interaktives sondern eher ein additives Muster der Wechselkosten erwarten, d.h. die Kosten sollten als Funktion der Anzahl der zu wechselnden Aufgabendimensionen monoton zunehmen.

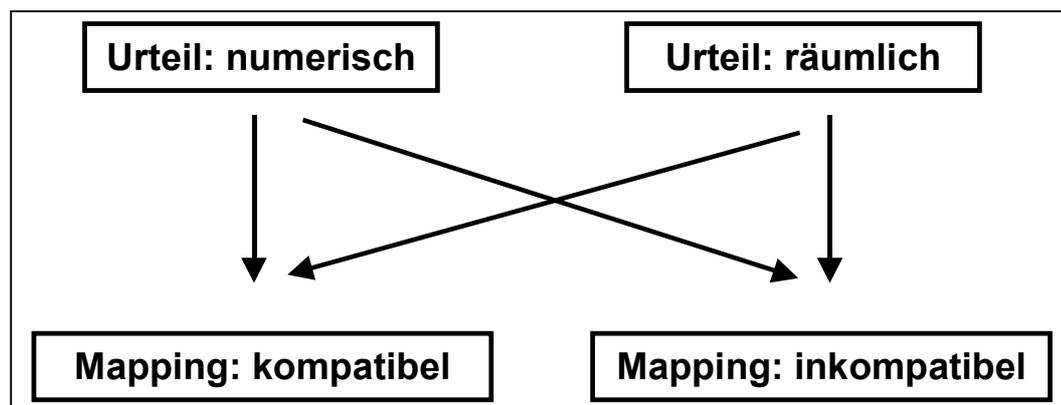


Abb. 1.3. Eine schematische Darstellung eines strukturierten Aufgabenraumes (modifiziert nach Kleinsorge & Heuer, 1999).

Der generalisierte Umschaltmechanismus läßt sich in seiner reinen Form beobachten, wenn keine Vorbereitung auf die bevorstehende Aufgabe stattfindet. Dementsprechend wird dieses spezifische Wechselkostenprofil als eine Signatur der Wirkung der vorangegangenen Aufgabe interpretiert und mit dem Ausdruck „Effekt der *Inter-Task Relation*“ bezeichnet. Dieser Prozeß der Umschaltung könnte mit einer effektiven, handlungsbezogenen Reaktionstendenz in Verbindung gebracht werden, die auf Basis von einem konzeptuell repräsentierten „Aufgabenraum“ entsteht (Abb. 1.3). Dabei bezieht sich der Aufgabenraum auf die Gesamtheit der in der Situation relevanten Aufgaben. Es kann demzufolge angenommen werden, daß alle Aufgaben im Langzeitgedächtnis simultan repräsentiert sind und beim Erscheinen eines Testreizes automatisch abgerufen werden. Dadurch wird das Aktivierungsniveau der relevanten Aufgabe kurzfristig erhöht und wirkt sich auf die Bearbeitung der nachfolgenden Aufgabe aus.

In Anlehnung an die „Zweikomponenten-Theorie des Aufgabenwechsels“ von Rogers und Monsell (1995), in der Wechselkosten eine endogene und eine exogene Komponente beinhalten, sollte in einem Folgeversuch untersucht werden, wie eine endogene Aufgabevorbereitung diesen robusten Effekt moduliert. In dem Experiment von Kleinsorge, Heuer und Schmidtke (2002, Exp. 2) wurden zu diesem Zweck Hinweisreize eingeführt, die eine bevorstehende Aufgabe ankündigten (z.B. Meiran, 1996). In der Kontrollbedingung, in der ein Hinweisreiz simultan mit dem imperativen Reiz präsentiert wurde, wurde das nicht-monotone Reaktionszeitmuster repliziert. In der Bedingung, in der eine aufgabenspezifische Vorbereitung möglich war, war dagegen neben einer allgemeinen Reduktion des Reaktionszeitniveaus das charakteristische Ergebnismuster nur noch rudimentär vorhanden (Abb. 1.4).

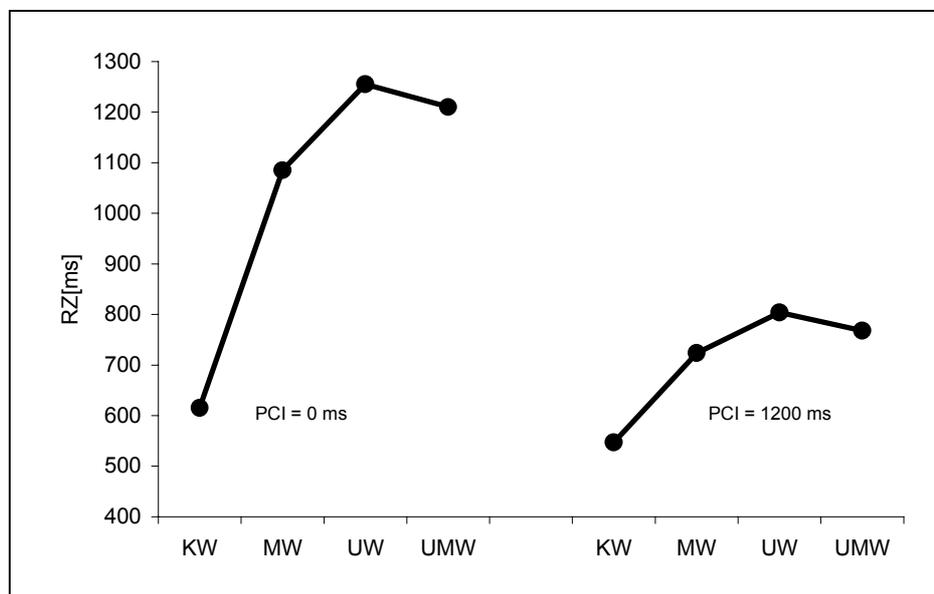


Abb. 1.4. Reaktionszeitprofile als Funktion der Übergänge zwischen aufeinanderfolgenden Aufgaben ohne Möglichkeit zur Vorbereitung (links) und mit der Möglichkeit zur Vorbereitung (rechts). (KW: kein Wechsel, MW: Mappingwechsel, UW: Urteilswechsel, UMW: Urteil und Mappingwechsel, PCI: Precue-Intervall - Präsentationszeit des Hinweisreizes).

Demzufolge scheint der Rekonfigurationsprozeß bei einer zeitlich vorgezogenen endogenen Vorbereitung nicht den gleichen Prozeß zu reflektieren wie in der Situation, in der keine Vorbereitung möglich ist.

1.6.2 Nichtgeneralisierte Umschaltung

Die Rekonfigurationstheorie postuliert weiterhin, daß mit zunehmender Vorbereitungszeit der Einfluß der vorangegangenen Aufgabe abnimmt, während der

Einfluß der vorbereiteten Aufgabe größer wird (Rogers & Monsell, 1995). Dies impliziert ein reziprokes Verhältnis zwischen dem Einfluß der letzten und der angekündigten Aufgabe. Alternativ dazu wäre denkbar, daß sich beide Task Sets nicht reziprok zueinander verhalten, sondern daß sie parallel koexistieren. Das Ergebnis des Experiments von Kleinsorge et al. (2002, Exp. 2, Abb. 1.4) läßt jedoch diesbezüglich keine endgültige Antwort zu.

Eine Möglichkeit diese Frage zu beantworten, ermöglichte eine Erweiterung des experimentellen Designs. Kleinsorge, Gajewski & Heuer (2005, Exp. 1) führten seltene (in 12% aller Trials) invalide Hinweisreize ein, die eine inkorrekte Vorinformation bezüglich der Urteils-, Mappings- oder beider Dimensionen gleichzeitig übermittelten. Eine inkorrekte Vorinformation führt formal ebenfalls zum Aufgabenwechsel, der sich dann vollzieht, wenn sich die angekündigte Aufgabe plötzlich als falsch erweist. Der Zusammenhang zwischen der Aufgabe des Hinweisreizes und der Aufgabe des Testreizes wird mit dem Ausdruck „*Precue-To-Task Relation*“ bezeichnet. Zusätzlich wurde in dem Experiment das Vorbereitungsintervall variiert, um die zeitliche Dynamik der Aufgabenrekonfiguration zu untersuchen.

Wenn man die Wechselkosten auf der Basis *korrekter Hinweisreize* betrachtet (*Inter-Task Relation*), kommt zweierlei zum Vorschein: erstens, es wurde unabhängig von der Länge des Vorbereitungsintervalls keine Reduktion der Wechselkosten beobachtet und zweitens unabhängig von der Länge des Vorbereitungsintervalls trat ein nicht-monotones Wechselkostenprofil auf (Abb. 1.5). Die erste Beobachtung führte auf den ersten Blick zu der Annahme, daß die Probanden die Hinweisreize ignoriert haben. Auch das zweite Ergebnis stünde mit der Annahme im Einklang, daß keine neue Aufgabe endogen vorbereitet wurde, weil der Einfluß der vorangegangenen Aufgabe offenbar nicht abgeschwächt wurde (vgl. Kleinsorge et al., 2002). Gleichzeitig konnte jedoch ein monotoner Anstieg der Kosten mit der Verlängerung des Vorbereitungsintervalls beobachtet werden, wenn man die Reaktionszeit als Funktion der *inkorrekt* angekündigten Aufgabendimension aufschlüsselt (*Precue-To-Task Relation*, Abb. 1.6). Die Tatsache, daß substantielle Kosten als Funktion inkorrekt Aufgabenankündigung beobachtet wurden, schloß die Möglichkeit aus, daß Hinweisreize nicht beachtet wurden.

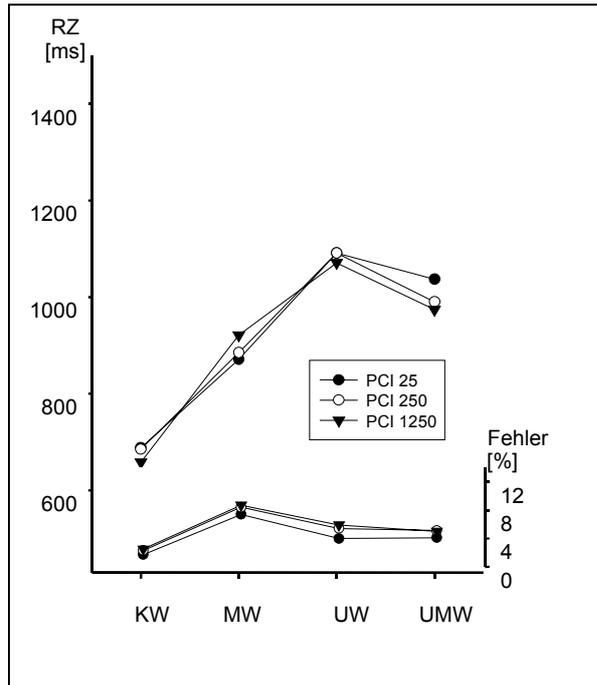


Abb. 1.5. Reaktionszeitprofile als Funktion der Übergänge zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufgaben mit einer validen Aufgabenankündigung. (*KW*: kein Wechsel, *MW*: Mappingwechsel, *UW*: Urteilswechsel, *UMW*: Urteil und Mappingwechsel, *PCI*: Präsentationszeit des Hinweisreizes in Millisekunden).

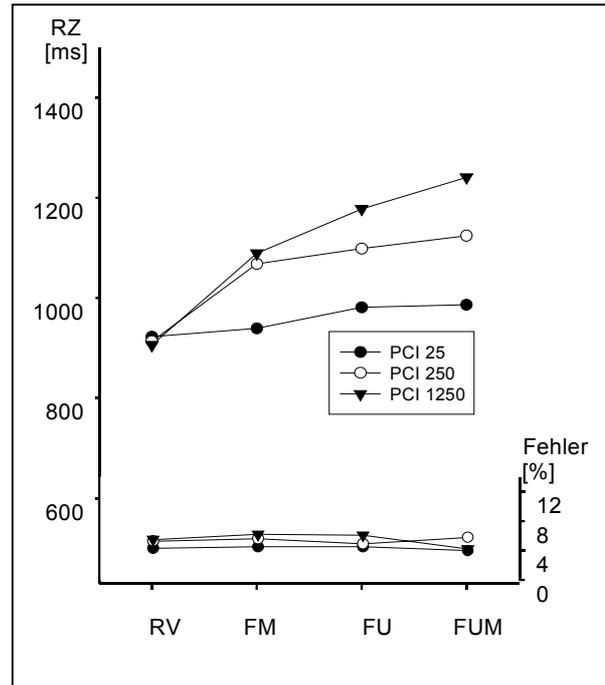


Abb. 1.6. Reaktionszeitprofile als Funktion inkorrekt angekündigter Aufgabendimensionen. Die Datenbasis bilden Aufgabenwiederholungen zwischen Durchgängen $n-1$ und n (*KW*). (*RV*: korrekte Ankündigung, *FM*: falsch angekündigtes Mapping, *FU*: falsch angekündigtes Urteil, *FUM*: falsch angekündigtes Urteil und Mapping, *PCI*: Präsentationszeit des Hinweisreizes in Millisekunden).

Durch die Einführung von invaliden Hinweisreizen gelang es eine Unterscheidung zwischen zwei Wechselarten zu treffen. Auf der einen Seite konnte ein Reaktionszeitgewinn bei einer simultanen Umschaltung beider Dimensionen beobachtet werden, wenn ein Wechsel korrekt angekündigt wird. Auf der anderen Seite offenbarte sich eine Zunahme der Reaktionszeitkosten, wenn beide Dimensionen inkorrekt angekündigt wurden. Die unterschiedlichen Kostenprofile führen zu der Annahme, daß es sich hierbei um zwei separate Umschaltmechanismen handelt.

In einem nachfolgenden Experiment sollte die Robustheit eines nichtgeneralisierten Umschaltmechanismus untersucht werden, wenn zwischen die Aufgabenankündigung und den Testreiz ($n+1$) eine andere Aufgabe (n) eingefügt wird (Kleinsorge & Gajewski, Exp. 1, im Druck). In dem Versuch wurde die Aufgabe für den übernächsten Durchgang ($n+1$) von einem Hinweisreiz spezifiziert. Zusätzlich waren die physikalischen Attribute des imperativen Stimulus im Durchgang $n+1$, auf

den die angekündigte Aufgabe angewendet werden sollte, in den meisten Durchgängen mit einer inkompatiblen Aufgabe assoziiert. Dadurch konnte gewährleistet werden, daß die Hinweisreize ausreichend verarbeitet wurden, damit eine korrekte Reaktion im Durchgang n+1 erfolgen konnte. Die wichtigsten Befunde waren: 1. eine massive und spezifische Interferenz zwischen der vorbereiteten Aufgabe und der Ausführung der Aufgabe n, 2. ein monotoner Anstieg der Kosten als Funktion der Nichtübereinstimmung der Aufgabenmerkmale zwischen dem Hinweisreiz und dem imperativen Stimulus im Durchgang n+1. (Abb. 1.7).

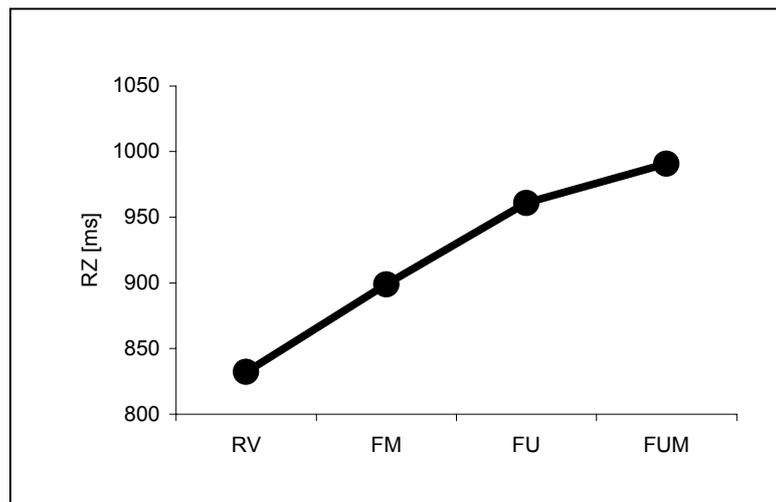


Abb.1.7. Reaktionszeitprofil als Funktion der Inkongruenz zwischen den Aufgabenmerkmalen des Hinweisreizes und den Aufgabenmerkmalen des imperativen Reizes im Durchgang n+1. *RV*: kongruentes Urteil und Mapping, *FM*: inkongruentes Mapping, *FU*: inkongruentes Urteil, *FUM*: inkongruentes Urteil und Mapping

Diese Ergebnisse zeigen, daß sowohl bei inkorrekt angekündigten Aufgaben, als auch während einer Konfliktauflösung zwischen inkongruenten Aufgabenmerkmalen das resultierende Kostenprofil einem monoton ansteigenden Trend folgt. Diese Kosten nehmen als Funktion der Anzahl inkongruenter Aufgabendimensionen zu. Ein derartiges Kostenmuster konnte unter diesen Umständen erwartet werden, denn es sollte länger dauern zwei inkorrekt angekündigte bzw. inkongruente Aufgabenmerkmale zu revidieren als nur eines davon. Dementsprechend kann angenommen werden, daß dieser Aktualisierungsprozeß seriell abläuft und das monotone Kostenprofil einen nichtgeneralisierten Wechsel charakterisiert. Während ein unteradditives Muster der Wechselkosten, wie im Kapitel 1.6.1 ausgeführt, eine strukturierte Repräsentation der Aufgabendimensionen impliziert, könnte

argumentiert werden, daß ein monotoner Anstieg der Kosten eine unstrukturierte bzw. ungebundene Aufgabenrepräsentation darstellt, in der die Aufgabendimensionen entkoppelt, also als separate Entitäten vorliegen.

Das Ergebnis des Experimentes von Kleinsorge et al (2005, Exp.2), in dem ein monotonen Kostenprofil bereits 100 ms nach der inkorrekten Aufgabenankündigung zum Vorschein kommt, deutet auf einen relativ frühen Ursprung dieser Aufgabenrepräsentation hin und kann deshalb nicht mit einem weitgehend kontrollierten Prozeß in Verbindung gebracht werden. Diese Beobachtung impliziert, daß Enkodierungsmechanismen bei der Verarbeitung und Aufrechterhaltung der Hinweisreizinformation eine kritische Rolle spielen. Es ist deshalb naheliegend, diese Prozesse im Zusammenhang mit den Funktionen des visuellen Kurzzeitgedächtnisses zu untersuchen. Die Untersuchungen zur Gedächtnismaskierung (Magnussen, 2000), die eine Interferenz im VKZG zwischen einem Testreiz und einer Maske bei langen Intervallen zeigen, könnten möglicherweise eine Annäherung an die Art der Repräsentation erlauben, die dem Reaktionszeitmuster des nichtgeneralisierten Wechsels zugrunde liegt.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß man formal zwei Arten von Aufgabenumschaltung unterscheiden kann: einen klassischen, „tätigkeitsbasierten“ (*Inter-Task Relation*) und einen „informationsbasierten“ Wechsel (*Precue-To-Task Relation*). Die Resultate legen nahe, daß beide Wechselarten unterschiedliche funktionale Grundlagen haben, bzw. die Aufgaben zumindest in unterschiedlichen Formaten repräsentiert werden. Bemerkenswert ist allerdings, daß beide Arten der Aufgabenrepräsentation parallel existieren können, ohne miteinander zu interferieren.

1.7 Ableitung der Hypothesen

Die grundlegende Fragestellung betrifft die funktionalen Grundlagen von zwei Umschaltmechanismen, die sich beim Wechsel zwischen zweidimensionalen Aufgaben beobachten lassen. Diese Umschaltmechanismen spiegeln einen ‚tätigkeitsbasierten‘ und einen ‚informationsbasierten‘ Wechsel wider. Ein besonderes Interesse liegt allerdings an den Effekten eines informationsbasierten Wechsels, die Aufschluß über Prozesse erlauben, die in der Vorbereitungsphase stattfinden.

Es wird angenommen, daß ein symbolischer Hinweisreiz ein Task Set aus dem Gedächtnis abrufft. Diese Aufgabenrepräsentation muß über eine gewisse Zeitspanne aktiv im Kurzzeitgedächtnis aufrechterhalten werden, damit sie später zur Generierung einer korrekten Reaktion auf Basis des imperativen Stimulus genutzt werden kann. Damit wird also eine aufgabenrelevante Voreinstellung etabliert, die gegen Störeinflüsse abgeschirmt werden muß, damit die Aufgabenvorbereitung effektiv ist.

Um die Annahme einer wesentlichen Beteiligung vom Kurzzeitgedächtnisressourcen während der Aufgabenvorbereitung zu überprüfen, wird nach der Darbietung eines expliziten Hinweisreizes ein anderer Reiz kurz dargeboten, der mit der Repräsentation der Aufgabenmerkmale des Hinweisreizes interferieren soll. Diese Interferenz sollte sich auf Kosten eines informationsbasierten Wechsels auswirken, wenn die Annahme eines ressourcenlimitierenden Prozesses zutrifft. Wird dagegen keine aufgabenspezifische Interferenz beobachtet, so kann diese Hypothese in Frage gestellt werden und der Vorgang der Aufgabenvorbereitung entweder auf automatische, kapazitätsfreie, bzw. fortgeschrittene, kontrollierte Prozesse zurückgeführt werden.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wird die Methode der Gedächtnismaskierung eingesetzt, die erlauben sollte, Interferenz zwischen der Maske und der zu maskierenden Information hervorzurufen.

Wenn eine kurzzeitgedächtnisbasierte Repräsentation der Aufgabendimensionen zur Verfügung steht, sollte ein monoton ansteigendes Kostenprofil als Funktion inkorrekt angekündigter Aufgabendimensionen sichtbar werden. Dieses Kostenmuster deutet darauf hin, daß die Aufgabenattribute in keinem Abhängigkeitsverhältnis stehen und dementsprechend in einem "ungebundenen" Format existieren. Dies würde auf eine

separate Kodierung der Aufgabenmerkmale in unabhängigen Verarbeitungskanälen hinweisen, die bei ihrer falschen Ankündigung seriell revidiert werden. Alternativ dazu könnte eine serielle Aktualisierung der Aufgabendimensionen mit einer Kapazitätslimitierung in Verbindung stehen.

Während der Interferenzeinwirkung sollte dagegen eine andere Art der Aufgabenrepräsentation evident werden, die die spezifischen Aufgabeninformationen beinhaltet. Hierbei sollte es sich um eine kapazitätsfreie Art der Repräsentation handeln. Als Index für einen kapazitätsfreien Repräsentationsmodus wird ein Reaktionszeitvorteil herangezogen, wenn zwei Aufgabenmerkmale inkorrekt angekündigt werden, relativ zu einer inkorrekten Ankündigung nur eines Aufgabenmerkmals. Diese strukturierte Art der Aufgabenrepräsentation scheint aufgrund ihrer robusten Eigenschaften und einer langüberdauernden Wirkung eine automatische Aktivierung des Task Set zu reflektieren.

2. Experimentelle Befunde

In den nachfolgenden Experimenten soll die Repräsentation der angekündigten Aufgabe selektiv beeinflusst werden, indem die Aufgabenmerkmale des Hinweisreizes mit Merkmalen einer sog. Substitutionsmaske interferieren. Zu diesem Zweck wird die Technik der Gedächtnismaskierung verwendet. Es wird nicht erwartet, daß dabei die bewußte Repräsentation des maskierten Reizes durch die Maske beeinträchtigt wird. Vielmehr soll sich die Interferenz auf den Vorgang der Revision von falsch angekündigten Aufgabendimensionen während der Aufgabenbearbeitung auswirken.

Die Substitutionsmaske besteht dabei aus einer Überlagerung aller Hinweisreize, so daß sie keine informationsneutrale Maske, wie im Falle einer Maskierung durch Rauschen oder Metakontrast darstellt. Die kritische Eigenschaft einer Substitutionsmaske besteht darin, daß sie nicht unspezifisch mit der Reizinformation interferiert, sondern daß sie mit spezifischen Aufgabenmerkmalen interferiert.

Die Wirkung der klassischen Maskierung ist in kritischer Weise von der zeitlichen Spanne zwischen dem Beginn des ersten und dem Beginn des zweiten Reizes, also der *Stimulus-Onset-Asynchrony* (SOA) abhängig. In den nachfolgenden Experimenten wird jedoch nicht das Intervall zwischen Hinweisreiz und Maske variiert, sondern zwischen der Maske und dem Testreiz (*MSI: Maske-Stimulus-Intervall*), um eine potentielle Dynamik der Interferenz einzuschätzen.

Als abhängige Variable gelten dabei die Reaktionszeiten als Funktion des Wechsels zwischen den Aufgaben bzw. als Funktion der inkorrekt angekündigten Aufgabendimensionen.

2.1. Experiment I

In Experiment 1 wird die Wirkung der Hinweisreizmaskierung durch Substitution auf Kosten eines informationsbasierten Wechsels untersucht. Da Interferenzeffekte sich mit unterschiedlicher Latenz entfalten können, wurden hier zwei *MSI* - Zeitintervalle eingesetzt. Ein auf diese Weise maskierter, expliziter Hinweisreiz sollte deshalb je nach *MSI* – Länge unterschiedliche Wirkung entfalten.

Wenn die Aufgabenmerkmale des Hinweisreizes in einem ressourcenlimitierten, visuellen Zwischenspeicher gespeichert sind, sollte ihre Repräsentation beeinträchtigt werden, was sich auf die Kosten eines informationsbasierten Wechsels auswirken sollte. Wenn also die Annahme einer kritischen Beteiligung von Enkodierung und Aufrechterhaltung von Aufgabenmerkmalen eines Hinweisreizes im VKZG zutrifft, sollten die Aufgabenmerkmale mit den Aufgabenmerkmalen der überlagerten Maske interagieren.

2.1.1. Methode

2.1.1.1. Reize

Der Bildschirm wurde in vier Felder unterteilt, was in einer sichtbaren 2 x 2 – Matrix resultierte. Der Testreiz bestand aus einer Zahl 1 bis 9 ausgenommen 5, die in einem der 4 Felder erschien. Die Zahl war entweder von einem Quadrat oder von einer Raute umgeben.

Der Hinweisreiz bestand aus einem Pfeil, der nach oben oder nach unten gerichtet war. Der Pfeil war ebenfalls von einem Quadrat oder einer Raute umrandet. Nach jedem Hinweisreiz erschien die Maske, die aus einer Überlagerung aller 4 möglichen Hinweisreize resultierte (Pfeil nach oben und unten umrandet von einem Quadrat und einer Raute). Alle Stimuli wurden in weiß auf einem schwarzen Hintergrund präsentiert. Die Pfeile des Hinweisreizes waren 4 cm hoch und 0.5 cm breit. Die Seiten der Quadrate, des Hinweisreizes betragen 5 x 5 cm, die Seiten der Rauten 6.5 x 6.5 cm. Die Quadrate und Rauten des imperativen Reizes betragen entsprechend 3 x 3 cm und 3.5 x 3.5 cm. Die Zahlen waren 1.5 cm hoch und 1.5 cm breit. Die verwendeten Stimuli illustriert die Abb. 2.1.

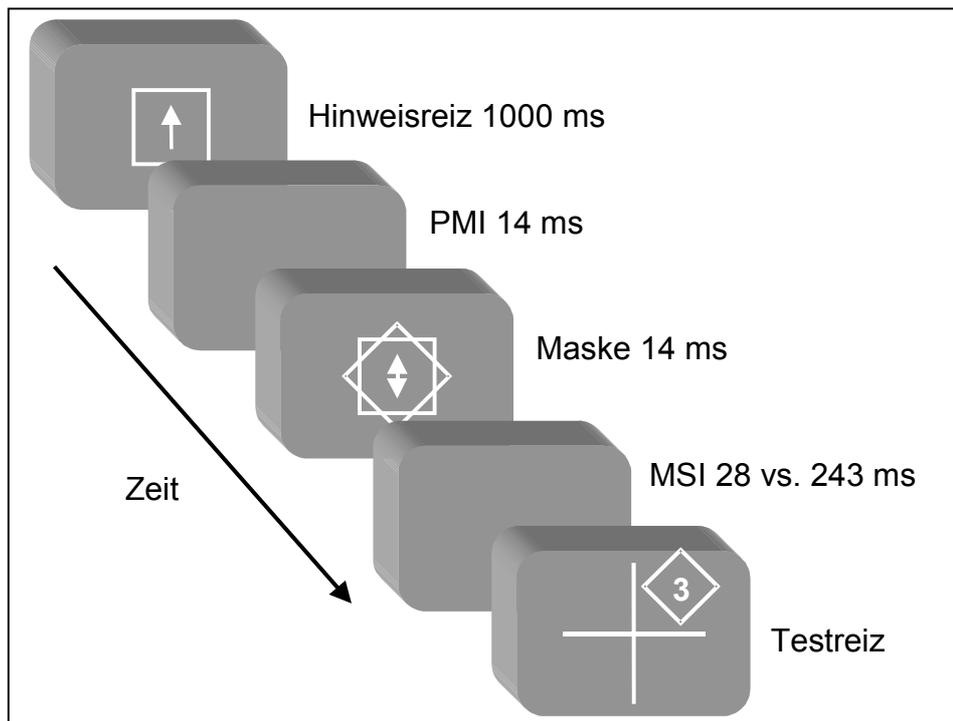


Abb. 2.1. Eine schematische Darstellung der verwendeten Reize. *PMI*: Precue-Mask-Interval, *MSI*: Mask-Stimulus-Interval

2.1.1.2. Versuchsaufbau

Die Reize wurden auf einem 14" VGA – Farbmonitor dargeboten. Die Bildwiederholungsfrequenz betrug 70Hz. Die Entfernung vom Monitor betrug 60 cm. Auf der Reaktionsbox befanden sich zwei „obere“ und zwei „untere“ Tasten. Die horizontale Entfernung zwischen den Tasten betrug 6 cm. Als Reaktionstasten wurden nur die zwei unteren Tasten verwendet. Das Experiment wurde von einem 486-er Computer gesteuert. Die Software wurde in der Programmiersprache C++ (C++ Builder 3, Borland) programmiert und wurde im MS-DOS – Modus ausgeführt, um eine optimale zeitliche Auflösung zu gewährleisten. Das Verhalten der Probanden wurde während des gesamten Versuches über ein Kamera - Bildschirm – System vom Versuchsleiter überwacht. Der Versuchsleiterraum war von dem Versuchslabor räumlich getrennt.

2.1.1.3. Aufgaben

Die Aufgaben resultierten aus einer faktoriellen Kombination der Aufgabendimensionen: Art des Urteils (*Urteil*: numerisch vs. räumlich) und Urteils-Reaktions-Zuordnung (*Mapping*: kompatibel vs. inkompatibel).

Die Art des Urteils (*Urteil*) wurde von der vertikalen Position der Reize innerhalb der Matrix indiziert: wenn die Zahl in der oberen Zeile der Matrix erschien, sollten die Probanden eine Entscheidung bezüglich des numerischen Wertes der Zahl treffen, d.h. ob die Zahl zu der Zahlengruppe (1, 2, 3, 4) oder (6, 7, 8, 9) gehört. Wenn die Zahl dagegen in der unteren Hälfte der Matrix erschien, sollte eine Entscheidung bezüglich der horizontalen Position der Zahl (links vs. rechts), unabhängig von ihrem numerischen Wert, getroffen werden.

Die Urteils-Reaktions-Zuordnung (*Mapping*) wurde durch die Zahlenumrandung indiziert. Ein Quadrat indizierte ein kompatibles, eine Raute ein inkompatibles Mapping.

Wenn das Urteil bezüglich des numerischen Wertes der Zahl verlangt wurde (obere Zeile), sollten die Probanden bei einem kompatiblen Mapping mit dem Druck der linken Taste reagieren, wenn eine Zahl aus der Gruppe (1, 2, 3, 4) erschien und mit dem Druck der rechten Taste reagieren, wenn die Zahl aus der Gruppe (6, 7, 8, 9) präsentiert wurde. Eine Raute indizierte ein inkompatibles Mapping. In diesem Fall war die Tastenzuordnung umgekehrt, d.h. bei den Zahlen 1, 2, 3, 4 sollte die rechte Taste, bei den Zahlen 6, 7, 8, 9 dagegen die linke Taste gedrückt werden.

Wenn ein Urteil bezüglich der räumlichen Position verlangt wurde (untere Zeile), sollten die Probanden die linke Taste drücken, wenn eine Zahl links erschien und die rechte Taste, wenn die Zahl rechts erschien. Diese Zuordnung traf zu, wenn die Zahl von einem Quadrat umrandet war. War die Zahl dagegen von einer Raute umrandet, sollte die Zuordnung umgekehrt werden.

Die Hinweisreize bestanden aus einem Pfeil, der von einem Quadrat oder einer Raute umrandet war. Ein Pfeil, der nach oben gerichtet war, indizierte ein numerisches Urteil. Wenn der Pfeil nach unten gerichtet war, indizierte er ein räumliches Urteil. Ein Pfeil, der von einem Quadrat umrandet war, indizierte ein kompatibles Mapping, wenn er von einer Raute umrandet war, ein inkompatibles

Mapping. Die Maske bestand aus einer Überlagerung aller vier Hinweisreize und beinhaltete somit alle Aufgabeninformationen.

2.1.1.4. Versuchsablauf

Zu Beginn eines jeden Durchgangs wurde für 1000 ms ein Hinweisreiz dargeboten. Nach jedem Hinweisreiz erschien ein leerer Bildschirm für 14 ms (*PMI: Precue-Maske-Interval*). Anschließend wurde die Maske für 14 ms präsentiert. Nach dem Ausblenden der Maske, wurde nach einem Zeitintervall von entweder 28 ms oder 243 ms (*MSI: Maske-Stimulus-Intervall*) der Testreiz präsentiert. Die Sequenz illustriert die Abbildung 2.2.

Probanden erhielten eine Rückmeldung aus „richtig“ in grüner Schrift und „falsch“ in roter Schrift. Die Rückmeldung erschien für 200 ms.

Das *Response-Stimulus-Intervall (RSI)* betrug 2000 ms. Die unterschiedliche Dauer der Maske-Stimulus-Intervalle wurde in dem *Response-Precue-Interval (RPI)* kompensiert. Dementsprechend betrug das *RPI* in der Bedingung mit dem *MSI* von 243 ms - 529 ms, in der Bedingung mit dem *MSI* von 28 ms - 747 ms. Diese Werte wurden durch Subtraktion der Präsentationszeiten der einzelnen Reize und Intervalle von einem festen *RSI* von 2000 ms errechnet.

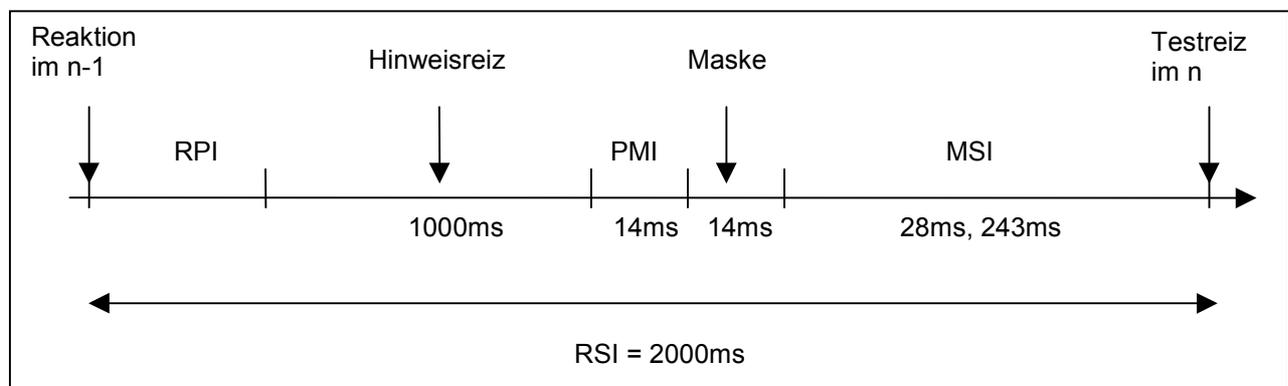


Abb. 2.2. Schematische Darstellung der zeitlichen Abfolge der Ereignisse von der Reaktion im Durchgang n-1 bis zur Präsentation des Testreizes im Durchgang n. Nach einem variablen *Response-Precue-Interval (RPI)* wird für 1000 ms ein Hinweisreiz präsentiert. Anschließend erscheint ein leeres *Precue-Mask-Interval (PMI)* für 14 ms dem eine Maske folgte. Das *Mask-Stimulus-Interval (MSI)* wurde zweistufig variiert: 28 und 243 ms. Die Gesamtdauer von der Reaktion im Durchgang n-1 bis zur Präsentation des Testreizes im Durchgang n betrug 2000 ms.

Jeder Proband nahm an einer experimentellen Sitzung teil, die aus 2 Übungsblöcken und 20 Testblöcken mit jeweils 134 Trials bestand. Zu Beginn eines Blocks wurden jeweils 6 Durchgänge als Aufwärmphase dargeboten. Zu Beginn des Experiments bekam jede Versuchsperson eine schriftliche Instruktion (s. Anhang).

Das gesamte Experiment dauerte etwa 3 Stunden. Die Probanden hatten die Gelegenheit zwischen den Blöcken eine Pause einzulegen.

2.1.1.5. Versuchsplan

Das experimentelle Design resultierte aus einer Kombination der Faktoren: *Art des Urteils* (numerisch vs. räumlich), *Mapping* (kompatibel vs. inkompatibel), *Art des Urteils im n-1* (numerisch vs. räumlich), *Mapping im n-1* (kompatibel vs. inkompatibel), *angekündigte Art des Urteils* (numerisch vs. räumlich), *angekündigtes Mapping* (kompatibel vs. inkompatibel), *MSI* (28 vs. 243 ms), was zu einer Gesamtzahl von 128 Faktorenkombinationen führt. Die einzelnen Faktorenkombinationen wurden in einer randomisierten Reihenfolge präsentiert, mit der Einschränkung, daß die Art der Übergänge zwischen aufeinanderfolgenden Durchgängen (KW, MW, UW, UMW) gleich häufig war. Die Hinweisreize waren in 70% aller Durchgänge valide, in jeweils 10% kündigten sie entweder die Art des Urteils, das Mapping oder beide Aufgabendimensionen inkorrekt an. Die Reaktionen wurden mit der gleichen Häufigkeit auf die linke und rechte Taste verteilt.

Der Faktor *Maske-Stimulus-Intervall (MSI)* wurde zwischen den Blöcken variiert. Seine Reihenfolge wurde über die Probanden ausbalanciert.

2.1.1.6. Probanden

An dem Experiment nahmen 5 Frauen und 7 Männer teil. Das mittlere Alter betrug 23,9 Jahre (Altersspanne 21 – 30 Jahre). Die Probanden wurden für die Teilnahme entlohnt. Alle Probanden waren Rechtshänder mit einem normalen oder korrigierten Visus.

2.1.1.7. Datenreduktion und statistische Auswertung

Im Fokus des Interesses steht das Ausmaß der Reaktionszeitkosten einerseits als Funktion des Wechsels zwischen aufeinanderfolgenden Aufgaben (*ITR: Inter-Task-Relation*) und andererseits als Funktion zwischen der durch den Hinweisreiz angekündigten und der aktuell zu bearbeitenden Aufgabe (*PTT: Precue-To-Task Relation*).

Die Variable *ITR* wird durch vier Ausprägungen charakterisiert 1. Urteils- und Mappingwiederholung, 2. Wechsel vom Mapping beim wiederholten Urteil, 3. Wechsel vom Urteil beim wiederholten Mapping und 4. Wechsel vom Urteil und Mapping.

Die Variable *PTT* wird ebenfalls durch vier Ausprägungen charakterisiert: 1. Eine valide Ankündigung des Urteils und Mapping, 2. eine invalide Ankündigung des Mappings bei einer validen Ankündigung des Urteils, 3. Eine invalide Ankündigung des Urteils bei einer validen Ankündigung des Mappings, 4. Invalide Ankündigung von Urteil und Mapping.

Für die *ITR* – Berechnungen wird als Grundlage der Datensatz ausgewählt, bei dem die aktuelle Aufgabe korrekt angekündigt wurde (um durch die invalide angekündigten Aufgaben entstehende Varianz zu minimieren). Für die *PTT* - Analyse wird der Datensatz zugrundegelegt, bei dem die Aufgabe im Durchgang n-1 mit der Aufgabe im Durchgang n übereinstimmt (Aufgabenwiederholungen = kein Urteilswechsel und kein Mappingwechsel). Auch diese Datensatzreduktion hatte zum Ziel die Varianz zu minimieren und gleichzeitig einen „Netto-Effekt“ der inkorrekten Vorinformation ohne einen Wechsel zwischen aufeinanderfolgenden Durchgängen zu untersuchen. Beide Analysearten werden ebenfalls für die Fehlerraten durchgeführt.

Um die Anzahl der Faktorenkombinationen zu reduzieren wird bei der Mittelwertberechnung über den Faktor gleiche vs. unterschiedliche Reaktion in zwei sukzessiven Durchgängen gemittelt. Weiterhin wird über den Faktor aktuelles Urteil und aktuelles Mapping gemittelt. Obwohl die einzelnen Urteilsarten (numerisch vs. räumlich) als auch beide Reiz-Reaktionszuordnungen (kompatibel vs. inkompatibel) sich in ihrem Schwierigkeitsgrad unterscheiden, liegt der Fokus der Analyse nicht auf den Wechseln zwischen den spezifischen Aufgabenarten, sondern auf dem Wechsel innerhalb einer Dimension (z.B. Urteilswechsel). Deshalb setzt sich z.B. die Ausprägung Urteilswiederholung sowohl aus einer Wiederholung des numerischen, als auch des räumlichen Urteils zusammen. Bei einem Urteilswechsel handelt es sich entsprechend entweder um einen Wechsel vom numerischen zum räumlichen Urteil oder umgekehrt, die ebenfalls zusammengefaßt werden. Kleinsorge & Heuer (1999) konnten zeigen, daß die quantitative Charakteristik durch die Art der Aufgaben zwar moduliert wird, die grundlegenden qualitativen Charakteristika jedoch stabil bleiben. Die gleiche Logik wird auch auf die Dimension des Mapping angewendet.

Nach der Datenreduktion besteht das Design aus den Faktoren *ITR* (4) und *MSI* (2) für die *ITR* – Analyse und aus den Faktoren *PTT* (4) und *MSI* (2) für die *PTT* – Analyse.

Bei der Reaktionszeitanalyse werden Übungsblöcke, die ersten 6 Durchgänge eines jeden Blocks, Fehlerdurchgänge, Durchgänge nach einem Fehlerdurchgang (vgl. Rabbitt, 1966), sowie Reaktionszeiten kürzer als 100 ms und länger als 2500 ms nicht berücksichtigt. Das letzte Kriterium basiert auf früheren Erfahrungswerten, wodurch etwa 1% der Durchgänge von der Auswertung ausgeschlossen wurden (z.B. Kleinsorge et al. 2005). In die Fehleranalyse werden die Übungsblöcke, sowie die ersten 6 Durchgänge in jedem Block nicht einbezogen.

Für die inferenzstatistische Auswertung wird das Allgemeine Lineare Modell mit Meßwiederholung (ANOVA) verwendet (SPSS, Version 11.5.1). Bei einer eventuellen Verletzung der Sphäritätssannahme wird eine Greenhouse-Geisser-Korrektur (GG) für die Freiheitsgrade verwendet. Bei der Untersuchung der Haupteffekte werden Bonferroni korrigierten multiplen Mittelwertvergleiche eingesetzt. Um spezifische Effekte bei Interaktionen zu bestimmen werden paarige T-Tests durchgeführt, wobei der Typ I – Fehler durch die Formel $0.05/c$ (c - Anzahl der Vergleiche) (Howell D.C., 2002) kontrolliert wird. In den meisten Fällen wird jedoch nur ein paariger Test eingesetzt: im ersten Schritt werden Differenzen zwischen einer inkorrekten Ankündigung beider Aufgabendimensionen und einer inkorrekten Ankündigung des Urteils (*FUM-FU*) gebildet. Im zweiten Schritt werden diese Differenzen mit Hilfe eines paarigen T-Test zwischen beiden *MSI*-Stufen verglichen.

2.1.2. Ergebnisse

Die Abbildung 2.3a zeigt den Effekt des Wechsels zwischen spezifischen, aufeinanderfolgenden Aufgaben in Abhängigkeit von der Länge des Maske-Stimulus-Intervalls.

Es offenbart sich ein charakteristisches, nicht monotones Muster der Reaktionszeitkosten, das für beide *MSI* – Längen vergleichbar ist. Dies spiegelt die ANOVA mit einem signifikanten Haupteffekt des Faktors *ITR*, ($F(3,33) = 26.26$, $p < .0001$) wider. Die Reaktionszeit beim Wechsel des Urteils (920 ms) war signifikant länger, als bei einem Wechsel des Mappings (855 ms, $p = .041$) und signifikant länger, als wenn sowohl Urteil als auch Mapping gewechselt wurde (887 ms, $p = .039$). Sowohl der Haupteffekt des *MSI*, als auch die Interaktion *ITR* x *MSI* waren weit von der Signifikanz entfernt ($F < 1$).

Die Abbildung 2.3b stellt die Reaktionszeiten der inkorrekt angekündigten Aufgabenmerkmale als Funktion des *MSI* dar. Wie man der Abbildung entnehmen kann, resultiert eine invalide Aufgabenankündigung in substantiellen Reaktionszeitkosten. Dies äußert sich in einem signifikanten Haupteffekt des Faktors *PTT* ($F(3,33) = 15.29, p < .0001$). Für die aktuelle Fragestellung ist es jedoch wichtiger, daß diese Kosten mit der Länge des *MSI* variieren, was mit einer signifikanten Interaktion zwischen den Faktoren *PTT* und *MSI* einhergeht ($F(3,33) = 3.14, p = .034$).

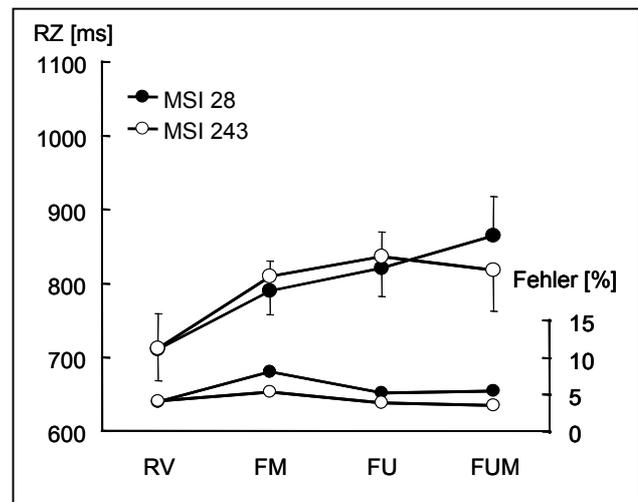
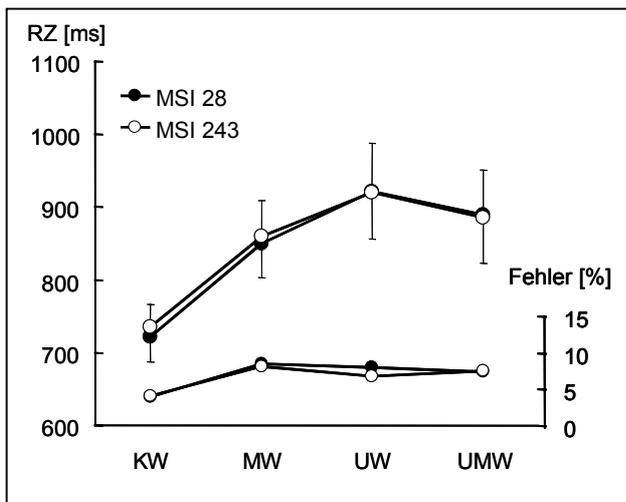


Abb. 2.3a. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion des Wechsels zwischen aufeinanderfolgenden Aufgaben in den Durchgängen n-1 und n (*Inter-Task Relation*) auf der Datenbasis der korrekten Aufgabenankündigung im Durchgang n. Fehlerbalken sind für ein kurzes *MSI* nach oben, für ein langes *MSI* nach unten abgetragen.

(*KW*: kein Wechsel, *MW*: Mappingwechsel, *UW*: Urteilswechsel, *UMW*: Urteil und Mappingwechsel,

Abb. 2.3b. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion der inkorrekt angekündigten Aufgabendimensionen im Durchgang n auf der Datenbasis der Aufgabenwiederholungen zwischen den Durchgängen n-1 und n (*Precue-To-Task Relation*). Fehlerbalken sind für ein kurzes *MSI* nach oben, für ein langes *MSI* nach unten abgetragen.

(*RV*: korrekte Aufgabenankündigung, *FM*: falsch angekündigtes Mapping, *FU*: falsch angekündigtes Urteil, *FUM*: falsch angekündigtes Urteil und Mapping, *MSI*: Maske-Stimulus-Intervall).

Der Unterschied der Differenzwerte (*FUM-FU*) zwischen den beiden *MSI*-Stufen betrug 63 ms und verfehlte damit knapp das Signifikanzniveau ($t(11) = 2,06, p = .063$).

Bezüglich der Fehlerraten ergibt sich bei der *ITR*-Analyse ein signifikanter Haupteffekt des Wechsels ($F(3,33) = 14.23, p < .0001$), der auf eine signifikant geringere Fehleranzahl in der Bedingung „Kein Wechsel“ (4%) verglichen mit allen 3 Wechselbedingungen (8%) zurückzuführen ist. Die Wechselbedingungen

unterschieden sich nicht untereinander. Bei der Untersuchung der Fehlerraten der *PTT* – Relation ergibt sich ein Haupteffekt des *MSI* ($F(1,11) = 4.9, p=.050$), der auf eine höhere Fehlerquote beim *MSI* = 28 ms zurückgeht (5,6% vs. 4%). Kein weiterer Haupteffekt oder Interaktion erreichte das Signifikanzniveau.

2.1.3. Diskussion

In Experiment 1 konnte die Beobachtung eines Reaktionszeitvorteils bei einem gleichzeitigen Wechsel des Urteils und Mapping gegenüber dem Wechsel der Urteilsdimension alleine repliziert werden. Dieses unteradditive Wechselkostenprofil war deckungsgleich für beide *MSI* – Längen. Bei der Untersuchung der invaliden Ankündigungen der Aufgabendimensionen zeigte sich ein anderes Bild der „informationsbasierten Kosten“. Bei einem kurzen *MSI* lagen die Kosten einer inkorrekten Ankündigung von beiden Aufgabendimensionen höher als bei einer inkorrekten Ankündigung der Urteilsdimension alleine, während sie bei dem längeren *MSI* niedriger waren als bei einer inkorrekten Ankündigung der Urteilsinformation. Für die Interpretation der Befunde spielen zwei Beobachtungen eine zentrale Rolle: zum einen unterscheidet sich das Wechselkostenmuster der *ITR* – Beziehung von dem Kostenmuster der *PTT* – Beziehung. Dieses Ergebnis impliziert einen qualitativen Unterschied zwischen einem tätigkeitsbasierten und einem informationsbasierten Wechsel. Zweitens, es konnte eine Modulation des informationsbasierten Wechsels als Funktion des *MSI* beobachtet werden, die bei der *ITR* - Beziehung nicht auftrat. Bei einem kurzen *MSI* steigen die Kosten monoton an, während bei einem langen *MSI* das Muster eine unteradditive Form einnimmt. Obwohl der Unterschied der Differenzwerte (*FUM-FU*) über beide *MSI*-Stufen das Signifikanzniveau knapp verfehlte, betrug er immerhin 63 ms. Demnach scheint das *MSI* die Repräsentation der angekündigten Aufgabe bei dieser experimentellen Anordnung unterschiedlich zu beeinflussen. Es stellt sich nun die Frage, auf welche Faktoren dieser Effekt zurückzuführen ist. Ein möglicher Grund wäre die Verwendung von unterschiedlich langen Maske-Stimulus-Intervallen, unabhängig vom Vorhandensein der Maske. Eine andere Möglichkeit wäre ein Zusammenspiel der Maske und des Maske-Stimulus-Intervalls. Eine dritte Möglichkeit wäre, daß diese Interaktion auf die spezifische räumliche Anordnung der Stimuli zurückzuführen ist. Diese Alternativhypothese soll im folgenden Experiment untersucht werden.

2.2. Experiment II

Im zweiten Versuch soll dem möglichen Einwand begegnet werden, daß der spezifische Einfluß der maskierten Hinweisreize auf einen informationsbasierten Wechsel auf die Art der verwendeten Stimuli und nicht auf repräsentationale Faktoren zurückgeht. Bei einem gerichteten Pfeil, der als ein Urteilsankündigungsreiz fungiert, wird gleichzeitig die räumliche, selektive Aufmerksamkeit ausgerichtet (*spatial pre-cueing*, Posner & Petersen, 1990). Bei einem inkorrekt angekündigten Urteil wird eine Neuausrichtung der räumlichen Aufmerksamkeit erforderlich. Die Zeit, die für die Neuausrichtung der Aufmerksamkeit benötigt wird, könnte zu einer Verlangsamung der Reaktionszeit bei einem invalide angekündigten Urteil führen. Zweitens könnte die Form der Umrandung, die Information über das Mapping übermittelt, bei invalider Ankündigung einen objektspezifischen Inhibitionsprozeß auslösen (z.B. Park & Kanwisher, 1994). Diese Alternativerklärungen können ausgeräumt werden, wenn die im Experiment 1 beobachteten Befunde unverändert bleiben, wenn die Bedeutung der Reizmerkmale, die das Urteil und Mapping kodieren, vertauscht werden. Dies würde darauf hinweisen, daß der im Experiment 1 beobachtete Effekt gegen diese spezielle Reizkonfiguration immun ist. Wenn, im Gegensatz dazu, die Reaktionszeiten bei einem invalide angekündigten Mapping dagegen höher liegen, als bei einem invalide angekündigten Urteil, wenn sich also das Reaktionszeitmuster umkehrt, würde das bedeuten, daß der im Experiment 1 beobachtete Effekt auf die Art der Reize und ihre räumliche Verteilung an sich zurückzuführen ist.

2.2.1. Methode

2.2.1.1. Änderungen gegenüber Experiment 1

Im Experiment 2 wurde die Anordnung bezüglich der Reizmerkmale des imperativen Stimulus vertauscht, d.h. die Art des Urteils wurde von einem Quadrat oder von einer Raute indiziert. Wenn die Zahl von einem Quadrat umgeben war, sollte die numerische Aufgabe durchgeführt werden, wenn die Zahl von einer Raute umgeben war sollte die räumliche Aufgabe durchgeführt werden.

Die Urteils-Reaktions-Zuordnung wurde dagegen durch die vertikale Position der Zahl indiziert. Wenn die Zahl in der oberen Bildschirmhälfte erschien, handelte es sich um ein kompatibles, wenn sie in der unteren Bildschirmhälfte erschien, um ein inkompatibles Mapping.

Die Aufgabenmerkmale des Hinweisreizes wurden ebenfalls vertauscht. Die Art des Urteils wurde von der Pfeilumrandung indiziert: ein Quadrat indizierte dabei ein numerisches Urteil, eine Raute ein räumliches Urteil. Das Mapping wurde durch die Pfeilrichtung indiziert: wenn der Pfeil nach oben gerichtet war, indizierte er ein kompatibles Mapping, wenn er nach unten gerichtet war, indizierte er ein inkompatibles Mapping.

Außer der Umkehrung der Bedeutung der Merkmale des Hinweisreizes und des Testreizes unterschieden sich beide Experimente in ihrem Aufbau nicht.

2.2.1.2. Probanden

An Experiment 2 nahmen 6 Frauen und 6 Männer teil. Das mittlere Alter betrug 23,7 Jahre (Altersspanne 20 – 27 Jahre). Die Probanden wurden für die Teilnahme entlohnt. Außer zwei waren alle Probanden Rechtshänder mit einem normalen oder korrigierten Visus.

2.2.2. Ergebnisse

Um eventuelle Unterschiede zwischen Experiment 1 und 2 aufzudecken wurden sie einer gemeinsamen Varianzanalyse unterzogen, wobei ein Zwischensubjektfaktor *Experiment* eingeführt wurde.

Abb. 2.4a stellt die Reaktionszeiten als Funktion der *Inter-Task Relation* und des *MSI* dar. Bei der Betrachtung des Diagramms 2.4a fällt auf, daß das Reaktionszeitniveau im Experiment 2 über alle Wechselarten hinweg konstant bleibt. Der Unterschied zwischen den Reaktionszeitmustern führt dennoch nicht zu einer signifikanten Interaktion zwischen den Faktoren *Experiment* und *ITR* ($F(3,66) = 2.64, p=.096$ (GG)). Darüber hinaus ergab die ANOVA einen hochsignifikanten Haupteffekt des Faktors *ITR* ($F(3,66) = 64.60, p<.0001$ (GG)). Betrachtet man den Faktor *ITR* für das Experiment 2 separat, wird er ebenfalls signifikant ($F(3,33) = 40.71, p<.0001$ (GG)) und reflektiert hierbei unspezifische Wechselkosten: die Wechselbedingungen unterschieden sich voneinander nicht (MW: 969; UW: 969 ms; UMW 964 ms). Andererseits unterscheiden sie sich signifikant von einer Aufgabenwiederholung (KW: 747 ms, $p<.001$ für alle Vergleiche). Kein weiterer Haupteffekt oder Interaktion erreichte statistische Signifikanz.

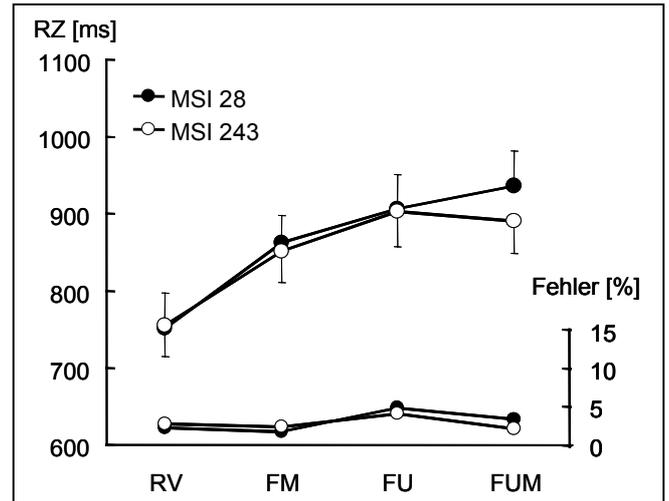
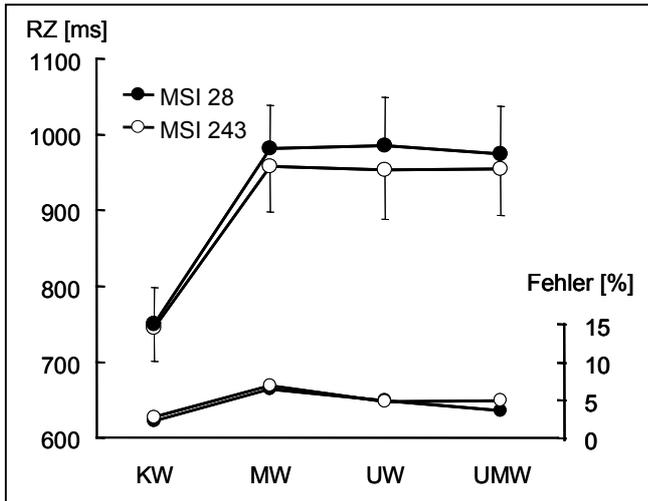


Abb. 2.4a. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion des Wechsels zwischen aufeinanderfolgenden Aufgaben in den Durchgängen n-1 und n (*Inter-Task Relation*) auf der Datenbasis der korrekten Aufgabenankündigung im Durchgang n. Gegenüber Exp. 1 wurde in Exp. 2 die Bedeutung der Aufgabenmerkmale vertauscht. Fehlerbalken sind für ein kurzes MSI nach oben, für ein langes MSI nach unten abgetragen. (KW: kein Wechsel, MW: Mappingwechsel, UW: Urteilswechsel, UMW: Urteil und Mappingwechsel, MSI: Maske-Stimulus-Intervall).

Abb. 2.4b. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion der inkorrekt angekündigten Aufgabendimensionen im Durchgang n auf der Datenbasis der Aufgabenwiederholungen zwischen den Durchgängen n-1 und n (*Precue-To-Task Relation*). Gegenüber Exp. 1 wurde in Exp. 2 die Bedeutung der Aufgabenmerkmale vertauscht. Fehlerbalken sind für ein kurzes MSI nach oben, für ein langes MSI nach unten abgetragen. (RV: korrekte Aufgabenankündigung, FM: falsch angekündigtes Mapping, FU: falsch angekündigtes Urteil, FUM: falsch angekündigtes Urteil und Mapping, MSI: Maske-Stimulus-Intervall).

Vergleicht man dagegen die Reaktionszeitprofile der Precue-To-Task Beziehung als Funktion von MSI zwischen Experimenten 1 und 2, fällt eine deutliche Ähnlichkeit der Ergebnismuster auf (vgl. Abb. 2.3b und 2.4b). Die Interaktion zwischen den Faktoren MSI und PTT wurde signifikant ($F(3,66) = 6.13, p < .001$) und bleibt von dem Faktor *Experiment* unbeeinflusst ($F < 1$). Betrachtet man das Experiment 2 separat, wird diese Interaktion ebenfalls signifikant ($F(3,33) = 3.34, p = .031$). Ähnlich der ITR – Analyse, erreichte auch der Faktor PTT statistische Signifikanz ($F(3,33) = 18.39, p < .0001$ (GG)). Dieser Effekt reflektiert das Ausmaß der Kosten einer inkorrekten Aufgabenankündigung. Der Unterschied der Differenzwerte ($FUM-FU$) zwischen den beiden MSI-Stufen betrug im Experiment 2 66 ms und erreichte damit das Signifikanzniveau ($t(11) = 4,69, p < .001$). Dieser Unterschied gerechnet über beide Experimente hinweg betrug 64 ms ($t(23) = 3,90, p < .001$).

Bezüglich der Fehlerraten im Experiment 2 ergab die Varianzanalyse gerechnet über die Faktoren ITR und MSI einen signifikanten Einfluß des Faktors ITR auf die Anzahl falscher Reaktionen ($F(3,33) = 11.06, p = .002$ (GG)), die vorwiegend in der Bedingung *Mappingwechsel* gemacht wurden (6,6%). Die Fehleranzahl sank beim

Wechsel zwischen beiden Aufgabendimensionen auf 4,2%, ($p=.027$). Die Fehlerrate bei einer Aufgabenwiederholung betrug 2,4% und war signifikant niedriger als in den Wechselbedingungen ($p<.0001$), (Abb. 2.4a).

Die Fehleranalyse über die Faktoren *PTT* und *MSI* ergab ähnlich wie im Experiment 1 einen Haupteffekt des Faktors *PTT* ($F(3,33) = 6.21$, $p=.002$), der auf eine höhere Fehleranzahl bei invalider Ankündigung des Urteils (4,4%), verglichen mit allen anderen Bedingungen zurückgeht (Spannbreite $p=.002$ bis $p=.043$). Kein weiterer Haupteffekt oder Interaktion wurde signifikant.

2.2.3 Diskussion

Das Experiment 2 untersuchte die Alternativhypothese, daß die unterschiedlichen Reaktionszeitmuster als Funktion inkorrektur Aufgabenankündigung und des *MSI* im Experiment 1 auf die spezifische, räumliche Konfiguration der Stimuli zurückzuführen sind. Während das Reaktionszeitprofil als Funktion der Inter-Task Relation im Vergleich zu Experiment 1 deutlich flacher wurde, blieb sowohl die quantitative als auch qualitative Charakteristik der Kosten der inkorrektur Ankündigung als Funktion des *MSI* erhalten.

Etwas unerwartet war der Befund einer qualitativen Änderung des Reaktionszeitmusters der Inter-Task Relation. Das typische, unteradditive Wechselkostenprofil kann wie bereits in der Einleitung beschreiben als hochgradig robust und replizierbar eingestuft werden. Dennoch bleibt jegliche Modulation der Wechselkosten beim Vertauschen der Bedeutung der Aufgabenmerkmale des Urteils und Mappings aus. Dieses Ergebnis könnte eine Limitierung der Annahme einer hierarchischen Organisation der Aufgabendimensionen implizieren. In der Studie von Kleinsorge, Heuer und Schmidtke (2001a) wurden die Reize, die die einzelnen Aufgabendimensionen kodierten (räumliche Position des Reizes, die die Entscheidungsregel kodierten und Farbe des Reizes, die die Reiz-Reaktionszuordnung zu kodierten) ebenfalls vertauscht. Es wurden dabei 3 potentielle Ausgänge in Betracht gezogen: erstens das grundlegende Wechselkostenmuster würde erhalten bleiben, was auf eine reizunabhängige repräsentationale Struktur der Aufgaben hinweist, zweitens das Wechselkostenmuster würde sich umkehren, indem die Kosten beim Mappingwechsel höher als beim Urteilswechsel liegen und drittens das Muster würde seine Struktur verlieren, wenn sowohl die inhärente Aufgabenstruktur als auch die

spezifische Reizkonfiguration in Wechselwirkung treten. Obwohl Kleinsorge et al. (2001a) keine qualitative Änderung des Wechselkostenmuster nach dem Vertauschen der Reizmerkmale beobachtet haben, scheint in diesem Experiment eher die dritte Variante zuzutreffen. Es kann demnach nicht geschlußfolgert werden, daß in dem aktuellen Experiment das nicht-monotone Wechselkostenmuster von den spezifischen Reizmerkmalen abhängt (was eine Umkehr des Reaktionszeitmusters indizieren würde), sondern sich hierbei um ein Zusammenspiel beider Einflußgrößen handelt. Die Ursache für diese Differenz zwischen dem Experiment und der Untersuchung von Kleinsorge et al. (2001a) liegt vermutlich an dem Merkmal, das die Information über das Urteil übermittelt. Während Kleinsorge et al. (2001a) die Urteilsinformation in der Farbe des Stimulus (grün und rot) kodiert haben, wurden in dem vorliegenden Versuch geometrische Figuren (Quadrat und Raute) verwendet, die möglicherweise eine stärkere Reizabhängigkeit der Aufgabenrepräsentation begünstigt haben. Zweitens, Kleinsorge et al. (2001a) verwendeten in ihrer Studie keine expliziten Hinweisreize und kürzere RSI - Intervalle, wodurch sich der Einfluß der Aufgabe vom Durchgang n-1 stärker auf die Aufgabe n auswirken konnte, als das in diesem Experiment der Fall war. Allerdings, auch wenn die strukturierte Aufgabenrepräsentation beim „tätigkeitsbasierten“ Wechsel durch die Umkehr der Reizmerkmale abgeschwächt wurde, bleibt die Repräsentation der Aufgabenmerkmale bei einem „informationsbasierten“ Wechsel erhalten. Demnach scheint es, daß die unstrukturierte Repräsentation in dem vorliegenden Experiment robuster gegen Änderungen der Reizmerkmale ist als die strukturierte Aufgabenrepräsentation. Dies weist darauf hin, daß das monotone bzw. nichtmonotone Kostenprofil als Funktion des *MSI* im Falle einer invaliden Vorinformation nicht auf einer frühen Verarbeitungsstufe anzusiedeln ist, sondern bereits eine umkodierte, abstrakte Repräsentation der Aufgabendimensionen reflektiert. Diese Beobachtung spielt eine entscheidende Rolle bei der Lokalisation dieses Effektes in der Informationsverarbeitungskette. Auf die Implikationen dieses Befundes wird in der allgemeinen Diskussion näher eingegangen.

Das Experiment 2 läßt jedoch weiterhin die Frage offen, ob die Modulation des Kostenmusters als Funktion der *PTT* - Relation und des *MSI* vom *MSI* alleine oder aber von der Interaktion zwischen *MSI* und Maske abhängig ist.

2.3. Experiment III

Der dritte Versuch hatte zum Ziel die Hypothese zu bestätigen, daß die unterschiedlichen Kostenprofile als Funktion inkorrekt angekündigter Aufgabendimensionen aus einer Interaktion der *Maske* mit einem unterschiedlich langen *MSI* resultieren. Mit anderen Worten soll untersucht werden, ob die Maske notwendig ist diesen Effekt hervorzurufen. Es wäre z.B. denkbar, daß auch ein leeres Intervall alleine zwischen Maske und Testreiz die Differenzierung der Kostenprofile hervorrufen kann. Der Unterschied zwischen dem Beginn der Präsentation des Hinweisreizes und des Testreizes liegt zwischen beiden *MSI* – Bedingungen immerhin bei 218 ms.

Wenn also beim Entfernen der Maske die spezifischen *PTT* – Profile als Funktion des *MSI* erhalten bleiben, würde das bedeuten, daß der in den Experimenten 1 und 2 beobachtete Effekt auf die Länge des Intervalls und nicht auf ihre Interaktion mit der Maske zurückzuführen ist.

2.3.1. Methode

2.3.1.1. Änderungen gegenüber Experiment 1

In Experiment 3 wurden die gleichen Stimuli wie im Experiment 1 verwendet. Im Unterschied zum Experiment 1 wurde jedoch keine Maske präsentiert. Anstelle der Maske wurde ein leeres Intervall von 14 ms eingefügt. Da die Maske nicht vorhanden war, wird im Folgenden anstatt *MSI* die Bezeichnung *PSI* (*Precue-Stimulus-Intervall* – die Dauer vom Ausblenden des Hinweisreizes bis zum Erscheinen des Testreizes) eingeführt. Die zeitliche Abfolge der Reize entsprach ansonsten der im Experiment 1. Der Versuch dauerte etwa 3 Stunden.

2.3.1.2. Probanden

An dem Experiment nahmen 5 Frauen und 9 Männer teil. Das mittlere Alter betrug 25,7 Jahre (Altersspanne 19 – 29 Jahre). Die Probanden wurden für die Teilnahme entlohnt. Alle Probanden waren Rechtshänder mit einem normalen oder korrigierten Visus.

2.3.2. Ergebnisse

Abbildung 2.5a stellt Reaktionszeiten und Fehlerraten der *Inter-Task Relation* als Funktion des *PSI* dar. Wie man der Abbildung entnehmen kann, zeichnet sich bei dem kurzen *PSI* ein eindeutig unteradditives Muster der Reaktionszeiten ab, das auch bei einem langen *PSI* in etwas abgeschwächter Form zu erkennen ist. Der Haupteffekt des Faktors *ITR* wurde erwartungsgemäß signifikant ($F(3,39) = 43.2$, $p < .0001$). Dieser Effekt geht auf eine signifikante Verlängerung der Reaktionszeiten zwischen einer Aufgabenwiederholung und allen anderen Kategorien ($p < .001$) zurück. Zusätzlich reflektiert er eine signifikante Reaktionszeitverkürzung zwischen einem Wechsel von beiden Dimensionen verglichen mit einem Wechsel des Urteils alleine (846 vs. 870 ms, $p = .007$). Darüber hinaus waren die Reaktionszeiten bei einem kurzen *PSI* im Mittel um 32 ms länger als bei einem langen *PSI* ($F(1,13) = 19.5$, $p < .001$). Wie in den vorangegangenen Experimenten wurde auch hier die Interaktion zwischen den Faktoren *PSI* und *ITR* nicht signifikant ($F(3,39) = 1.9$, $p = .13$).

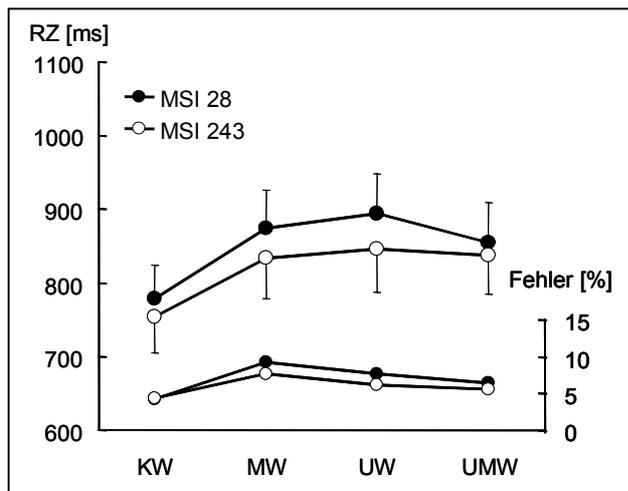


Abb. 2.5a. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion des Wechsels zwischen aufeinanderfolgenden Aufgaben in den Durchgängen n-1 und n (*Inter-Task Relation*) auf der Datenbasis der korrekten Aufgabenankündigung im Durchgang n. Gegenüber Exp. 1 wurde in Exp. 3 keine Maske präsentiert. Fehlerbalken sind für ein kurzes *MSI* nach oben, für ein langes *MSI* nach unten abgetragen. (*KW*: kein Wechsel, *MW*: Mappingwechsel, *UW*: Urteilswechsel, *UMW*: Urteil und Mappingwechsel, *MSI*: Maske-

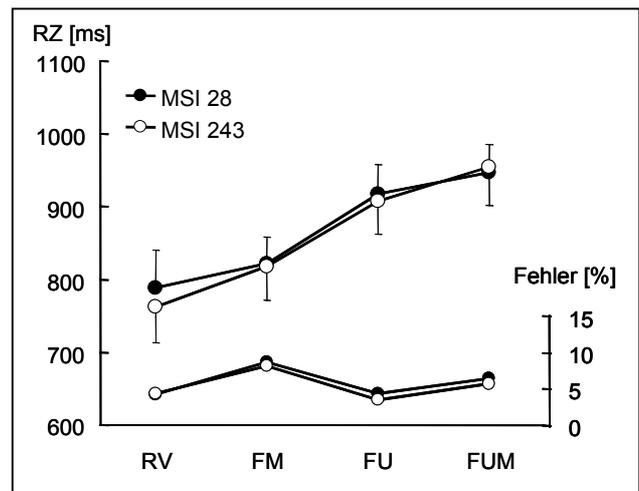


Abb. 2.5b. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion der inkorrekt angekündigten Aufgabendimensionen im Durchgang n auf der Datenbasis der Aufgabenwiederholungen zwischen den Durchgängen n-1 und n (*Precue-To-Task Relation*). Gegenüber Exp. 1 wurde in Exp. 3 keine Maske präsentiert. Fehlerbalken sind für ein kurzes *MSI* nach oben, für ein langes *MSI* nach unten abgetragen. (*RV*: korrekte Aufgabenankündigung, *FM*: falsch angekündigtes Mapping, *FU*: falsch angekündigtes Urteil, *FUM*: falsch angekündigtes Urteil und Mapping, *MSI*: Maske-Stimulus-Intervall).

Abb. 2.5b stellt die Reaktionszeiten und Fehlerraten als Funktion der inkorrekten Aufgabenankündigung dar. Wie man der Abbildung leicht entnehmen kann, nehmen die Reaktionszeiten bei beiden Längen des leeren Intervalls zwischen dem Hinweisreiz und dem Testreiz monoton zu. Dementsprechend wurde der Haupteffekt des Faktors *PTT* signifikant ($F(3,39) = 20.8, p < .0001$). Dieser Effekt geht auf die RT-Verzögerung um 156 ms zwischen den korrekten Aufgabenankündigungen und falscher Ankündigung der Urteilsdimension ($p < .0001$), sowie korrekter Ankündigung und falscher Ankündigung beider Aufgabendimensionen (Differenz 167 ms, $p < .0001$) zurück. Die Interaktion zwischen den Faktoren *PSI* und *PTT* wurde nicht signifikant ($F(3,39) = 1.7, p = .16$).

Im Bezug auf die Fehlerraten (Abb. 2.5a) ergab die ANOVA einen signifikanten Haupteffekt des Faktors *ITR* ($F(3,39) = 18.5, p < .0001$). Die Probanden machten in der Bedingung mit einem Mappingwechsel doppelt so viele Fehler wie bei einer Aufgabenwiederholung (4,2% vs. 8,4 %, $p < .0001$). Etwas weniger stark nahm die Fehlerrate bei einem Urteilswechsel zu (6,9%, $p = .005$). In der Bedingung mit einem Wechsel beider Dimensionen nahm dagegen die Fehlerrate ab, verglichen mit einem Wechsel des Mapping alleine (5,9% vs. 8,4%, $p < .001$). Es wurde kein Effekt des *PSI*, und keine Interaktion zwischen den Faktoren *PSI* und *ITR* gefunden.

Die Fehleranalyse über die Faktoren *PSI* und *PTT* (Abb. 2.5b) ergab keine Haupteffekte und keine signifikante Interaktion, obwohl man ebenfalls eine deutliche Zunahme der Fehlerrate in der Bedingung finden konnte, in der das Mapping inkorrekt angekündigt wurde, verglichen mit einer korrekten Ankündigung beider Dimensionen (4,2% vs. 8,3%).

2.3.3. Diskussion

Im Gegensatz zum Experiment 2 wurde das nichtmonotone Muster der Wechselkosten als Funktion der *Inter-Task Relation* repliziert, obwohl dieses Profil bei einem langen Intervall flacher war. Statistisch gesehen unterschieden sich beide Profile jedoch nicht.

Des weiteren scheint das allgemeine Reaktionszeitniveau zwischen dem kurzen und langen *MSI* bzw. *PSI* über die Experimente hinweg zu schwanken. Trotz der gleichen Zeit- und Stimulusstruktur der Experimente 1 und 3 war nur in dem letzteren die mittlere Reaktionszeit bei einem kurzen *PSI* verglichen mit einem langen *PSI*

signifikant verlängert. Interessanterweise ergibt sich tatsächlich eine signifikante Interaktion zwischen *MSI/PSI* und *Experiment*, wenn sie in einer gemeinsamen ANOVA analysiert werden ($F(1,24) = 4.7, p=.049$). Dieses Ergebnis deutet darauf hin, daß die Reaktionszeiten durch eine Verlängerung des Intervalls zwischen Hinweisreiz und Testreiz reduziert werden können, allerdings unter der Bedingung, daß keine Maske vorhanden ist. Auch die leichte Abflachung des Profils bei einem langen *PSI* schlägt sich in einer signifikanten Interaktion zwischen den Faktoren *ITR* und *Experiment* ($F(3,72) = 5.6, p=.002$) nieder. Diese Abweichung scheint jedoch zu schwach zu sein, um in eine dreifache Interaktion mit dem *MSI bzw. PSI* - Faktor zu treten. Eine mögliche Erklärung für die Abflachung des Profils im Experiment 3 könnte mit einem passiven Zerfall der Aufgabenstruktur vom letzten Durchgang in Verbindung stehen (vgl. z.B. Altmann, 2002). Da sich die Abflachung im Experiment 1 nicht zeigt, könnte es andererseits als ein Hinweis darauf gewertet werden, daß die Maske einen präventiven Einfluß gegen einen passiven Zerfall der Aufgabenrepräsentation vom letzten Durchgang hat. Diese Annahme entstammt der Idee, daß die Maske alle Aufgabenmerkmale eines Hinweisreizes beinhaltet und durch Priming die Repräsentation der angekündigten Aufgabe stärkt. Auf diese Annahme wird näher in der allgemeinen Diskussion eingegangen.

Hinsichtlich der Kosten der inkorrekten Hinweisreize wurde sowohl bei einem kurzen, als auch einem langen *PSI* ein deutlicher, monotoner Anstieg der Kosten gefunden. Beide Profile waren deckungsgleich, so daß daraus geschlußfolgert werden kann, daß das „Öffnen der Schere“ in Experimenten 1 und 2 als Funktion des *MSI* nicht ausschließlich auf die unterschiedliche Länge des Intervalls zwischen dem Hinweis- und dem Testreiz zurückzuführen ist. Vielmehr scheint dieser spezifische Effekt durch eine Interaktion zwischen der Maske und der Länge des Intervalls zustande zu kommen.

Zusammenfassend liefert das Experiment 3 klare Evidenz dafür, daß das Vorhandensein der Maske unter bestimmten zeitlichen Bedingungen einen qualitativ anderen Prozeß in der Verarbeitung der symbolisch kodierten Information anstößt, als wenn keine Maske präsentiert wird.

2.4. Experiment IV

In den bisher geschilderten Experimenten wurde die kritische Variable *MSI* zwischen Blöcken von Durchgängen variiert. Das könnte zu dem Einwand führen, daß die Dissoziation zwischen beiden Kostenprofilen nicht auf eine Interaktion zwischen der Maske und der Länge des Maske-Stimulus-Intervalls alleine zurückzuführen ist, sondern auf strategische Faktoren, wie z.B. auf eine spezifische Erwartungshaltung. Rogers und Monsell (1995) beobachteten in ihren Experimenten, daß eine Reduktion der Wechselkosten nur dann auftritt, wenn das Vorbereitungsintervall zwischen und nicht innerhalb der Blöcke variiert wurde. Diesen Befund interpretierten Rogers und Monsell (1995) als ein starkes Argument für eine endogene Aufgabenrekonfiguration. Dies impliziert, daß sich Probanden aktiver in die Aufgabenvorbereitung aufgrund eines Hinweisreizes engagieren, wenn die Zeit, die für die Vorbereitung zur Verfügung steht, innerhalb eines Blocks konstant bleibt und dadurch die zeitliche Unsicherheit reduziert.

Um diesem Einwand zu begegnen, wurde hier eine Bedingung eingeführt, in der das *MSI* entweder zwischen oder aber innerhalb der Blöcke variiert wurde. Wenn sich die Kostenprofile zwischen beiden Arten der *MSI* - Präsentation voneinander unterscheiden würden, würde das eine strategisch induzierte Beeinflussung des in den vorangegangenen Experimenten beobachteten Effektes nahelegen. Wenn sich dagegen die beobachtete Unterschiedlichkeit beider Kostenprofile 1. als Funktion der *MSI* - Abstufung replizieren läßt und 2. kein Unterschied zwischen der geblockten vs. randomisierten Manipulation des *MSI* auftritt, würde das Ergebnis die Robustheit des Effektes bestätigen, der von einer globalen Erwartungshaltung als einem strategischen Faktor unabhängig bleibt.

2.4.1. Methode

2.4.1.1. Änderungen gegenüber Experiment 1

Im Experiment 4 wurde gegenüber Experiment 1 eine zusätzliche Bedingung eingeführt, in der das *Maske-Stimulus-Intervall* innerhalb der Blöcke zufällig variiert wurde. Da sich das experimentelle Design um einen zweistufigen Faktor erweitert hat, wurde die Anzahl der Blöcke auf 40 erhöht, so daß der Versuch an zwei aufeinanderfolgenden Tagen absolviert wurde. Dabei hat die Hälfte der Probanden mit der geblockten, die andere Hälfte mit der zufälligen Manipulation des *MSI*

begonnen. Innerhalb der Bedingung „geblocktes MSI“ wurde die Reihenfolge von kurzem und langem *MSI* ebenfalls über die Probanden ausbalanciert.

2.4.1.2. Probanden

An Experiment 4 nahmen 6 Frauen und 6 Männer teil. Das mittlere Alter betrug 23,7 Jahre (Altersspanne 20 – 29 Jahre). Die Probanden wurden für die Teilnahme entlohnt. Ein Proband war Linkshänder. Alle Probanden wiesen einen normalen oder korrigierten Visus auf.

2.4.2. Ergebnisse

In Bezug auf die *Inter-Task* – Beziehung ergab die ANOVA einen Haupteffekt des *MSI* ($F(1,11) = 21,65, p < .001$), der wie im Experiment 3 auf längere Reaktionszeiten in der Bedingung mit einem kurzen vs. langen *MSI* (757 ms vs. 731 ms) zurückgeht. Erwartungsgemäß wurde auch der Haupteffekt des Wechsels, also des Faktors *ITR* signifikant ($F(3,33) = 43,44, p < .001$, Abb. 2.6a). Die signifikante Erhöhung der Reaktionszeitkosten im Vergleich zu einer Aufgabenwiederholung (675 ms) wurde in allen Wechselbedingungen sichtbar ($p < .0001$).

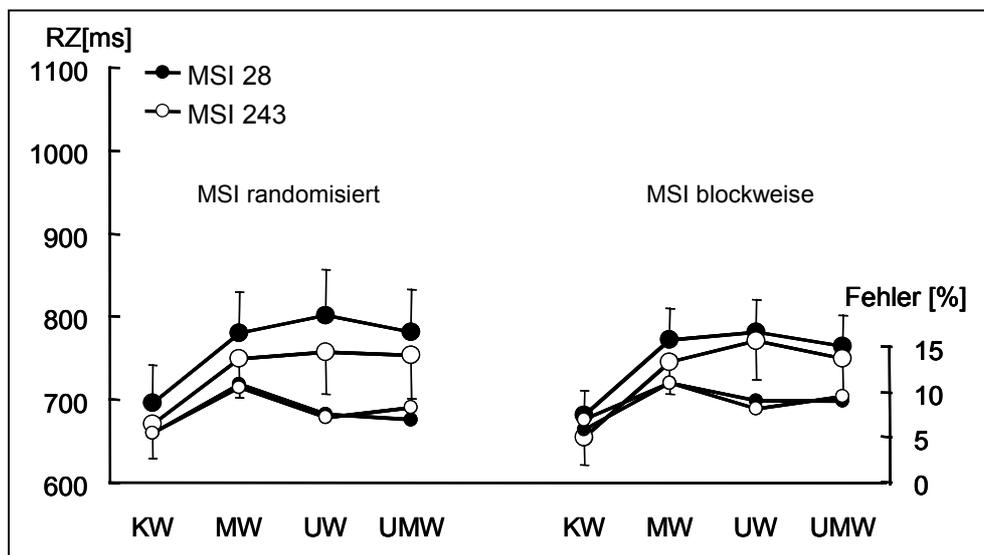


Abb. 2.6a. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion des Wechsels zwischen aufeinanderfolgenden Aufgaben in den Durchgängen $n-1$ und n (*Inter-Task Relation*) auf der Datenbasis korrekter Aufgabenankündigung im Durchgang n sowie der Art der Manipulation des *MSI*. Das *MSI* wurde in einer zufälligen Reihenfolge (links) bzw. zwischen den Blöcken (rechts) variiert. Fehlerbalken sind für ein kurzes *MSI* nach oben, für ein langes *MSI* nach unten abgetragen. (KW: kein Wechsel, MW: Mappingwechsel, UW: Urteilswechsel, UMW: Urteil und Mappingwechsel, *MSI*: Maske-Stimulus-Intervall).

Die Wechselkosten beim Wechsel des Urteils alleine (777 ms) waren tendenziell höher, als bei einem Wechsel des Mappings (762 ms, $p=.085$) und signifikant höher, als wenn sowohl Urteil als auch Mapping gewechselt wurde (764 ms, $p=.003$). Kein weiterer Haupteffekt oder Interaktion erreichte das Signifikanzniveau.

Hinsichtlich der Reaktionszeitkosten als Funktion der invaliden Ankündigung der Aufgabendimensionen, konnte auch hier eine Verlängerung der Reaktionszeiten bei einem kurzen im Vergleich zum langen *MSI* beobachtet werden (776 ms vs. 739 ms, $F(1,11) = 9.51$, $p<.01$). Ähnlich den vorangegangenen Experimenten wurde der Haupteffekt des Faktors *PTT* signifikant ($F(3,33) = 18.56$, $p<.001$), der steigende Kosten bei einer invaliden Ankündigung des Mappings (742 ms, $p=.016$), des Urteils (805 ms, $p<.001$) und beider Aufgabendimensionen (813 ms, $p<.001$) verglichen mit einer korrekten Ankündigung (669 ms) reflektiert (Abb. 2.6b).

Die einzige signifikante Interaktion beinhaltet eine unterschiedliche Ausprägung der Variable *PTT* in Abhängigkeit von der Länge des *MSI* ($F(3,33) = 6.34$, $p=.002$). Die nichtsignifikante Interaktion *Art der MSI – Manipulation x MSI x PTT* ($F(3,33) = 1.98$, $p=.13$) weist darauf hin, daß der spezifische Effekt von der geblockten, bzw. zufälligen Präsentation des *MSI* unbeeinflusst bleibt. Kein weiterer Haupteffekt oder Interaktion wurden signifikant.

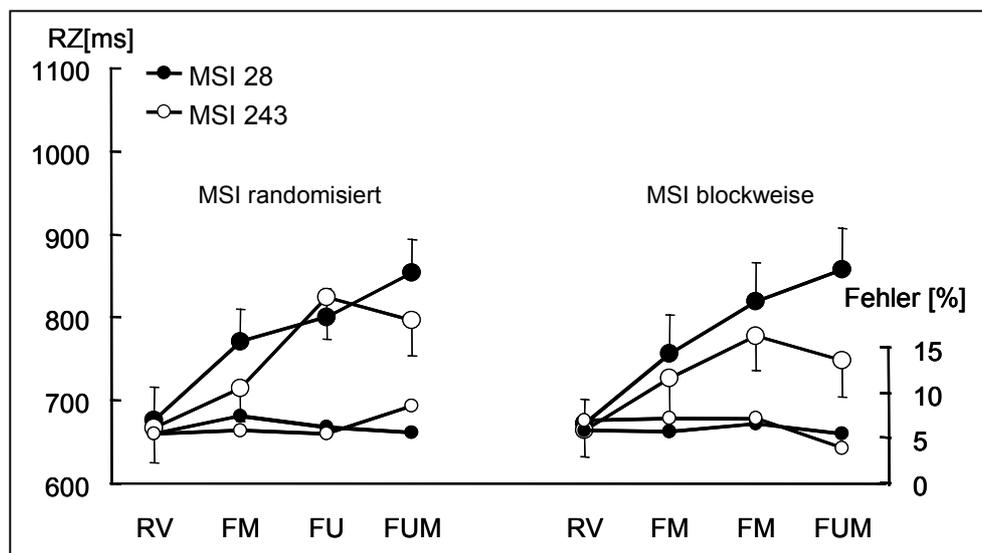


Abb. 2.6b. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion inkorrekt angekündigter Aufgabendimensionen im Durchgang n auf der Datenbasis der Aufgabenwiederholungen zwischen den Durchgängen $n-1$ und n (*Precue-To-Task Relation*) sowie der Art der Manipulation des *MSI*. Das *MSI* wurde in einer zufälligen Reihenfolge (links) bzw. zwischen den Blöcken (rechts) variiert. Fehlerbalken sind für ein kurzes *MSI* nach oben, für ein langes *MSI* nach unten abgetragen. (RV: korrekte Aufgabenankündigung, FM: falsch angekündigtes Mapping, FU: falsch angekündigtes Urteil, FUM: falsch angekündigtes Urteil und Mapping, *MSI*: Maske-Stimulus-Intervall).

Der Unterschied zwischen den Differenzwerten (*FUM-FU*) zwischen den beiden *MSI*-Stufen betrug bei einem randomisierten *MSI* 66 ms ($t(11) = 2,91, p=.014$), bei einer geblockten Manipulation des *MSI* 88 ms ($t(11) = 2,39, p=.035$).

Die Fehleranalyse ergab hinsichtlich der *ITR* – Beziehung einen signifikanten Haupteffekt des Wechsels ($F(3,33) = 12.07, p<.001$). Wie bei der Analyse der Reaktionszeiten, ging dieser Effekt auf eine Erhöhung der Fehleranzahl beim Mappingwechsel (11,8%, $p<.001$), Urteilswechsel (8,7%, $p=.005$) und Wechsel von beiden Dimensionen (9,2%, $p=.01$) im Vergleich zu einer Aufgabenwiederholung (6,5%) zurück. Die Fehleranzahl beim Mappingwechsel war auch signifikant höher, als beim Urteilswechsel ($p=.012$) und Wechsel von beiden Dimensionen ($p=.002$), (Abb. 2.6 oben).

Die Fehleranalyse in der *PTT* – Beziehung ergab keine signifikanten Haupteffekte oder Interaktionen.

2.4.3. Diskussion

Das Ziel von Experiment 4 war Überprüfung der Hypothese, daß eine geblockte bzw. zufällige Variation des *Maske–Stimulus–Intervalls* das, in den Experimenten 1 und 2 beobachtete Kostenmuster der inkorrekten Aufgabenankündigung, in unterschiedlicher Weise beeinflusst. Wenn sich diese Hypothese bestätigt hätte, würde dies auf eine strategisch induzierte Modifikation des Effektes hinweisen. Das Ergebnis zeigt jedoch eindeutig, daß das nicht der Fall ist. Sowohl die Wechselkostenprofile der *Inter-Task* Beziehung als auch die Kosten inkorrekt angekündigter Aufgaben scheinen gegen diese Manipulation immun zu sein. Dieser Befund bestätigt die Resultate von Altmann (2004a), der ebenfalls keinen Unterschied in der Vorbereitungseffektivität und der Höhe der Kosten bei einer zufälligen vs. geblockten Variation des Vorbereitungsintervalls beobachtete. Die divergierenden Befunde zwischen der Studie von Rogers und Monsel (1995) einerseits und Altmann (2004a) bzw. diesem Experiment andererseits können durch die Unterschiede in dem verwendeten Paradigma bedingt sein. Rogers und Monsel verwendeten ein *Alternating Runs Paradigma*, während in dieser und in Altmanns Studie ein *Cueing Paradigma* eingesetzt wurde. Koch (2003) konnte zeigen, daß eine Verwendung von expliziten Hinweisreizen die Wechselkosten deutlicher und zuverlässiger reduziert, als eine exklusive Kenntnis der Aufgabensequenz. Dies

deutet auf unterschiedliche Mechanismen während der Vorbereitungsphase hin, je nachdem ob ein expliziter Hinweisreiz für die Aufgabenvorbereitung eingesetzt wird oder nicht.

Durch eine weitere Replikation der zwei unterschiedlichen Kostenprofile als Funktion der invaliden Hinweisreize und *MSI*, erwies sich der Effekt als relativ stabil.

Nachdem sich die Grundbeobachtung 1. gegen Änderungen der Reizkonfiguration als robust erwiesen hat, 2. sie als eine spezifische Interaktion zwischen der Maske und dem *Maske-Stimulus-Intervall* abgesichert werden konnte und 3. sich gegen spezifische Erwartungshaltung als einem strategischen Faktor immun erwies, ist es berechtigt das Phänomen funktional näher einzugrenzen. Die Fragen, die weiterhin ungeklärt bleiben beziehen sich auf die Robustheit des Effektes in Bezug auf die Spezifität der Maske, sowie Änderungen der zeitlichen Struktur, um eine möglichst hohe Generalisierbarkeit des Phänomens zu gewährleisten. Zu diesem Zweck wird im Experiment 5 eine aufgabenneutrale Maske verwendet und im Experiment 6 wird die Präsentationszeit der Maske variiert.

2.5. Experiment V

Das Experiment 5 untersucht die Generalisierbarkeit des Phänomens, wenn eine Maskenform verwendet wird, die nicht aus einer Überlagerung von allen Aufgabenmerkmalen des symbolischen Hinweisreizes resultiert. Die hier relevante Frage betrifft die Anfälligkeit der Aufgabenrepräsentation, die aufgrund eines Hinweisreizes etabliert wird, auf die Wirkung einer unspezifischen Maske, die keine Aufgabeninformation beinhaltet.

In einigen Studien, die darauf abzielten die Theorie der Objektsubstitution zu untermauern (z.B. Enns & Di Lollo, 1997, Di Lollo, Enns & Rensink, 2000), wurde eine Vier-Punkte Maske verwendet, die sich dort als sehr effektiv erwiesen hat². Diese Maske besteht aus vier ausgefüllten Kreisen, die an den Ecken eines imaginären Quadrates angeordnet sind. Die besondere Eigenschaft dieser Maske besteht darin, daß sie mit dem zu maskierenden Reiz keine gemeinsamen physikalischen Charakteristika teilen muß, um effektiv zu wirken.

² Die Bezeichnung "Substitutionmaske" leitet sich nicht aus der "Substitutionstheorie" ab. Eine Substitutionsmaske ist ein Sonderfall einer Mustermaske, die alle Merkmale des zu maskierenden Reizes beinhaltet.

Daraus wurde geschlossen, daß diese Art der Maskierung höhere kognitive Prozesse beeinflußt. Die Annahme wurde u.a. aus der Robustheit des Effektes gegenüber Änderungen der physikalischen Reizeigenschaften abgeleitet (Enns & Di Lollo, 2000). Weiterhin konnte gezeigt werden, daß die Stärke der Maskierung von Manipulationen der selektiven Aufmerksamkeit abhängig ist (Enns & Di Lollo, 2000; Giesbrecht, Kingstone & Bischof, 2003). Der zeitliche Maskierungsverlauf bei dieser Maskenart ist im Vergleich mit den Verläufen der „klassischen“ Maskierungsarten wie Metakontrast oder Rauschen um etwa 100 ms verzögert, d.h. der maximale Maskierungseffekt wird bei einem SOA von 150 ms beobachtet.

Wenn die Vier-Punkte – Maske gleichermaßen effektiv ist wie eine Substitutionsmaske, um die in den vorangegangenen Experimenten beobachtete Differenzierung zwischen den Kostenprofilen hervorzurufen, würde das darauf hinweisen, daß der Maskierungseffekt nicht auf einer spezifischen Interferenz zwischen den Aufgabenmerkmalen basiert, sondern eine allgemeine Verarbeitungsunterbrechung bzw. Interferenz auf höheren Stufen der Informationsverarbeitung reflektiert.

2.5.1. Methode

2.5.1.1. Änderungen gegenüber Experiment 1

In Experiment 5 wurden die gleichen Stimuli wie im Experiment 1 verwendet. Im Unterschied zum Experiment 1 wurde jedoch anstatt einer Substitutionsmaske, die aus einer Überlagerung aller vier möglichen Hinweisreize bestand, eine Maske präsentiert, die aus vier weißen, ausgefüllten Kreisen mit einem Durchmesser von 0,8 cm bestand. Die vier Kreise waren so angeordnet, daß sie der Position der Ecken der Substitutionsmaske entsprachen. Die zeitliche Abfolge der Reize entsprach ansonsten der im Experiment 1. Der Versuch dauerte etwa 3 Stunden.

2.5.1.2. Probanden

An dem Experiment 5 nahmen 6 Frauen und 6 Männer teil. Das mittlere Alter betrug 22,6 Jahre (Altersspanne 18 – 27 Jahre). Die Probanden wurden für die Teilnahme entlohnt. Zwei Probanden waren Linkshänder. Alle Probanden wiesen einen normalen oder korrigierten Visus auf.

2.5.2. Ergebnisse

Die Modulation der Wechselkosten als Funktion der *Inter-Task* Beziehung im Experiment 5 entsprach der in den vorangegangenen Experimenten (Abb.2.7a). Der Haupteffekt des Wechsels wurde signifikant ($F(3,33) = 49.29, p < .0001$) und war auf die Reaktionszeitdifferenz zwischen den Aufgabenwiederholungen (794 ms) und allen Wechselbedingungen (925 ms, 953 ms, 943 ms) entsprechend für Mappingwechsel, Urteilswechsel und Wechsel beider Dimensionen zurückzuführen. Die Wechselbedingungen unterschieden sich statistisch nicht untereinander, obwohl die Reaktionszeitprofile für beide Stufen des *MSI* einem nichtmonotonen Trend folgten. Dieser Trend war für ein kurzes *MSI* deutlicher ausgeprägt als für ein langes *MSI* (Abb. 2.7a). Weiterhin wurde ein Haupteffekt des Faktors *MSI* ($F(1,11) = 5.12, p = .045$) signifikant, der wie in den vorangegangenen Experimenten leicht verlängerte Reaktionszeiten bei einem kurzen *MSI* (909 ms) verglichen mit einem langen *MSI* (898 ms) widerspiegelt.

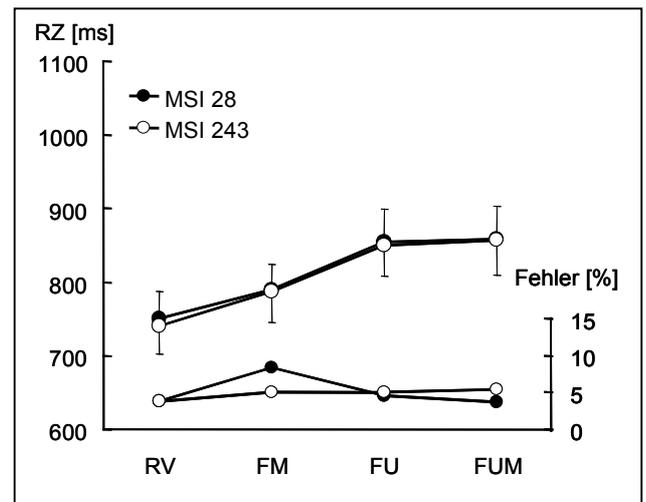
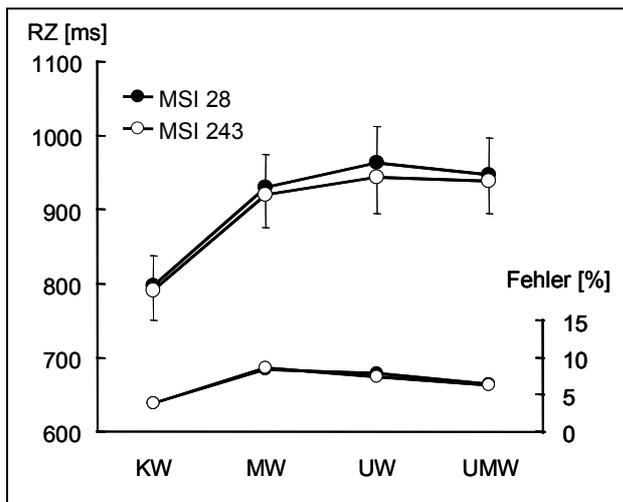


Abb. 2.7a. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion des Wechsels zwischen aufeinanderfolgenden Aufgaben in den Durchgängen n-1 und n (*Inter-Task Relation*) auf der Datenbasis der korrekten Aufgabenankündigung im Durchgang n. Im Unterschied zu Exp. 1 wurde in Exp. 5 eine unspezifische Maske präsentiert. Fehlerbalken sind für ein kurzes *MSI* nach oben, für ein langes *MSI* nach unten abgetragen. (KW: kein Wechsel, MW: Mappingwechsel, UW: Urteilswechsel, UMW: Urteil und Mappingwechsel, *MSI*: Maske-Stimulus-Intervall).

Abb. 2.7b. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion der inkorrekt angekündigten Aufgabendimensionen im Durchgang n auf der Datenbasis der Aufgabenwiederholungen zwischen den Durchgängen n-1 und n (*Precue-To-Task Relation*). Im Unterschied zu Exp. 1 wurde in Exp. 5 eine unspezifische Maske präsentiert. Fehlerbalken sind für ein kurzes *MSI* nach oben, für ein langes *MSI* nach unten abgetragen. (RV: korrekte Aufgabenankündigung, FM: falsch angekündigtes Mapping, FU: falsch angekündigtes Urteil, FUM: falsch angekündigtes Urteil und Mapping, *MSI*: Maske-Stimulus-Intervall).

Hinsichtlich der *Precue-To-Task* Beziehung (Abb. 2.7b) wurde ein Haupteffekt der inkorrekten Aufgabenankündigung ($F(3,33) = 12.08, p < .001$) gefunden. Dieser Effekt reflektiert Kosten einer inkorrekten Ankündigung des Urteils (852 ms; $p < .001$) als auch des Urteils und Mappings (857 ms; $p = .008$) verglichen mit einer korrekten Aufgabenankündigung (744 ms). Zusätzlich reflektiert der *PTT* – Effekt einen signifikanten Unterschied zwischen einem inkorrekt angekündigten Mapping und einer inkorrekten Ankündigung von beiden Aufgabendimensionen (788 ms vs. 857 ms; $p = .044$). Sowohl der Haupteffekt des *MSI*, als auch die Interaktion *MSI* x *PTT* waren weit von einem statistisch bedeutsamen Ergebnis entfernt (beide *F*'s < 1).

Ähnlich der Reaktionszeitanalyse ergab die Analyse der Fehlerraten einen signifikanten Haupteffekt des Faktors *ITR* ($F(3,33) = 12.08, p < .001$); die Probanden reagierten bei einem Mappingwechsel in 8.4%, beim Urteilswechsel in 7.6% und beim Wechsel beider Dimensionen in 6.3% der Durchgänge falsch, während sie bei einer Aufgabenwiederholung deutlich weniger Fehler (3.8%) machten (Abb.2.7a). Kein weiterer Haupteffekt oder Interaktion erreichte das Signifikanzniveau.

Die mittlere Fehlerrate in der *Precue-To-Task* – Beziehung betrug 4.9%. Die Fehleranalyse ergab keine signifikanten Differenzen zwischen den Bedingungen (Abb. 2.7b).

2.5.3. Diskussion

Die Frage, die Experiment 5 zugrunde lag, bezog sich auf den Einfluß der Spezifität der Maske auf die, in den Experimenten 1,2 und 4 beobachteten Effekte. Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß eine aufgabenunspezifische Maske nicht effizient ist eine Differenzierung der Kostenprofile als Funktion inkorrekt angekündigter Aufgaben und der Länge des *MSI* hervorzurufen. Dies betraf im gleichen Maße die Kosten als Funktion der *Inter-Task* – als auch der *Precue-To-Task* Beziehung. Aus dem Ergebnis kann geschlußfolgert werden, daß eine Überlappung von Aufgabenmerkmalen eine notwendige Bedingung ist, damit sich eine Modulation der Kostenprofile beobachten läßt. Dennoch scheint die Maske einen allgemeinen Einfluß auf die Kosten in der *Precue-To-Task* Beziehung zu haben: beide Profile flachen gleichermaßen ab, so daß man annehmen kann, daß eine Vier-Punkte Maske vermutlich einen unspezifischen Ablenkereiz darstellt. Giesbrecht, Bischof und Di Lollo (2003) verwendeten eine Vier-Punkte Maske in einem Attentional Blink

Paradigma. Obwohl sie einen unspezifischen Maskierungseffekt beobachten konnten, konnte das typische Verarbeitungsdefizit des zweiten beachteten Testreizes in der Reizabfolge (Attentional Blink) nicht repliziert werden (mehr dazu im Kap. 3.1.4.).

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß eine Vier-Punkte Maske einen relativ starken und unspezifischen Ablenkreiz darstellt, der bereits bei einem kurzen *MSI* die merkmalsbasierte Aufgabenrepräsentation beeinflusst. Auf eine detaillierte Analyse der Maskierungsmechanismen in Abhängigkeit von der Art der verwendeten Maske wird in der allgemeinen Diskussion eingegangen.

2.6. Experiment VI

Das Experiment 6 hatte zum Ziel die zeitliche Dynamik des geschilderten Maskierungseffektes zu untersuchen. Es ist in der Literatur häufig berichtet worden, daß eine geringfügige Änderung der zeitlichen Parameter wie z.B. der Länge des SOA (Kahneman, 1967; Breitmeyer, 1984), des ISI (*Interstimulus-Intervall*: der zeitliche Abstand zwischen dem Ende des Zielreizes und Beginn der Maske; Francis, 1997), oder aber der STA (*Stimulus-Termination-Asynchrony*: der zeitliche Abstand zwischen dem Ende des Zielreizes und dem Ende der Maske; Macknik & Livingstone, 1998) die Charakteristik der Maskierungsfunktion dramatisch ändern kann. In den klassischen Maskierungsexperimenten wird jedoch, wie bereits erwähnt, die Sichtbarkeit des maskierten Reizes manipuliert und weniger der Einfluß eines maskierten (aber sichtbaren) Reizes auf die Verarbeitung eines weiteren Reizes untersucht. Ein angemesseneres Paradigma zur Einschätzung der Zeit, die für die ‚Bindung der Aufmerksamkeit‘ an einen Reiz notwendig ist, ist das *Attentional Dwell Time* (ADT) Paradigma (Duncan, Ward & Shapiro, 1994). In diesem Paradigma sollen Probanden 2 Objekte identifizieren, die kurz nacheinander präsentiert werden und durch eine Maske getrennt werden. Die kritische Messung bezieht sich auf die Dauer, wie lang die Verarbeitung des ersten Reizes mit der Identifikation des zweiten Reizes interferiert. Die Interferenz äußert sich in verlängerten Reaktionszeiten, als auch in einer erhöhten Fehleranzahl. Wenn man in dem Paradigma das SOA stufenweise von einer simultanen Reizpräsentation bei SOA = 0 ms bis SOA = 1000 ms variiert, erscheint bei einem SOA von etwa 300 ms eine signifikante Abnahme der Anzahl korrekter Antworten, wenn beide Reize identifiziert werden sollen. Die Beeinträchtigung der Performanz verschwindet allmählich bei längeren SOAs.

Dieses charakteristische Defizit ähnelt ebenfalls dem Verlauf der Performanz in einem *Attentional Blink* - Paradigma in dem ebenfalls zwei Zielreize, die kurz nacheinander dargeboten werden und von einem Distraktor zeitlich getrennt werden, identifiziert werden sollen (Raymond et al., 1992, Chun & Potter, 1995).

Die kritische Frage, die das Experiment 6 zu klären versucht, bezieht sich darauf, inwieweit sich eine Modulation der Kostenprofile bei einem informationsbasierten Wechsel durch eine Änderung der zeitlichen Parameter hervorrufen lässt. Das Experiment zielt darauf, durch eine zusätzliche Verlängerung der Präsentationszeit der Maske sowohl einen potentiellen Effekt der Maskendarbietungszeit als auch eine dadurch entstehende Verlängerung der Gesamtzeit zwischen dem Hinweisreiz und dem Testreiz auf die Art der Kostenprofile zu untersuchen.

Bei einer zusätzlichen Verlängerung des SOA auf über 1500 ms (gemessen vom Beginn der Präsentation des Hinweisreizes bis zum Beginn der Präsentation des Testreizes) wären zwei potentielle Ausgänge möglich: 1. es gibt keine weitere Modulation des in den Experimenten 1 und 2 beobachteten Kostenprofils über das *MSI* von 243 ms hinweg und 2. das Kostenprofil kehrt zum ursprünglichen Zustand zurück, d.h. zu dem Zustand wenn das *MSI* kurz ist.

Eine Entscheidung zwischen diesen beiden Alternativen würde erlauben Schlüsse auf die Flexibilität/Rigidität der zugrundeliegenden Prozesse zu ziehen. Dadurch wäre eine bessere Eingrenzung der Art der Verarbeitung möglich, die den Maskierungseffekt bedingt.

2.6.1. Methode

2.6.1.1. Änderungen gegenüber Experiment 1

In Experiment 6 wurden die gleichen Stimuli wie in Experiment 1 verwendet. Im Unterschied zu Experiment 1 wurde in einer zusätzlichen Bedingung die Präsentationszeit der Maske von 14 ms auf 243 ms verlängert. Die Abbildung 2.8 illustriert, wie auf diese Weise drei unterschiedliche SOA – Bedingungen entstanden sind: SOA kurz (1056 ms), SOA mittel (1271 und 1285 ms) und SOA lang (1500 ms). Die SOA – Werte beziehen sich auf das Zeitintervall zwischen dem Beginn des Hinweisreizes und dem Beginn des Testreizes (Abb. 2.8).

Alle Bedingungen wurden in einer randomisierten Reihenfolge dargeboten. Die Erweiterung des experimentellen Designs hat zu einer Verdoppelung der Gesamtuntersuchungszeit bis auf etwa 5 Stunden geführt. Aus diesem Grund wurde

der Versuch an zwei aufeinanderfolgenden Tagen während der gleichen Tageszeit durchgeführt.

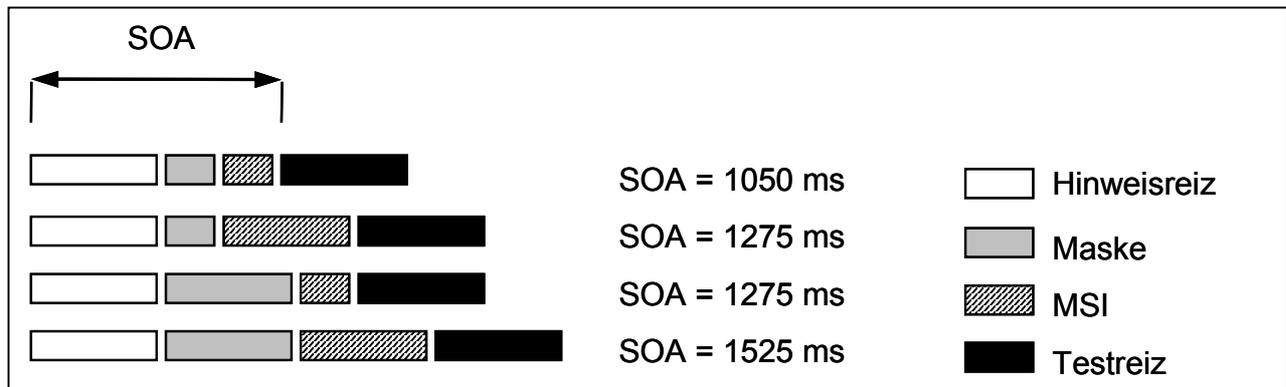


Abb. 2.8. Schematische Darstellung der zeitlichen Reizabfolge und der Präsentationsdauer der Maske und des Maske-Stimulus-Intervalls im Experiment 6. Das SOA beschreibt die Dauer zwischen dem Hinweis- und dem Testreiz.

2.6.1.2. Probanden

An dem Experiment nahmen 4 Frauen und 8 Männer teil. Das mittlere Alter betrug 26,3 Jahre (Altersspanne 23 – 29 Jahre). Die Probanden wurden für die Teilnahme entlohnt. Alle Probanden waren Rechtshänder. Alle Probanden wiesen einen normalen oder korrigierten Visus auf.

2.6.2. Ergebnisse

Hinsichtlich der *Inter-Task* Beziehung (Abb. 2.9a) ergab die ANOVA über die Faktoren *MSI* (28 ms vs. 243 ms), *Maskenpräsentationszeit* (14 ms. vs. 243 ms) sowie den vierstufigen Faktor *ITR* einen signifikanten Haupteffekt des Faktors *MSI* ($F(1,11) = 9.06, p=.012$), der auf eine Verlängerung der Reaktionszeiten in der Bedingung mit einem kurzem *MSI* verglichen mit einem langen *MSI* (896 ms vs. 880 ms) zurückzuführen ist. Weiterhin wurde erwartungsgemäß der Haupteffekt des Faktors *ITR* signifikant ($F(3,33) = 64.96, p<.001$). Dieser Effekt spiegelt das Ausmaß der Wechselkosten wider. Verglichen mit einer Wiederholung der Aufgabe (774 ms) benötigten die Probanden 911 ms für einen Wechsel des Mapping, 936 ms für einen Wechsel des Urteils und 930 ms für einen gleichzeitigen Wechsel beider Dimensionen (Abb. 2.9a). Die paarweisen Vergleiche ergaben signifikante Unterschiede zwischen allen Stufen des Faktors *ITR* außer zwischen der Stufe *MW* vs. *UMW* ($p=.06$) und *UW* vs. *UMW* ($p=.44$). Kein weiterer Haupteffekt oder Interaktion wurde signifikant.

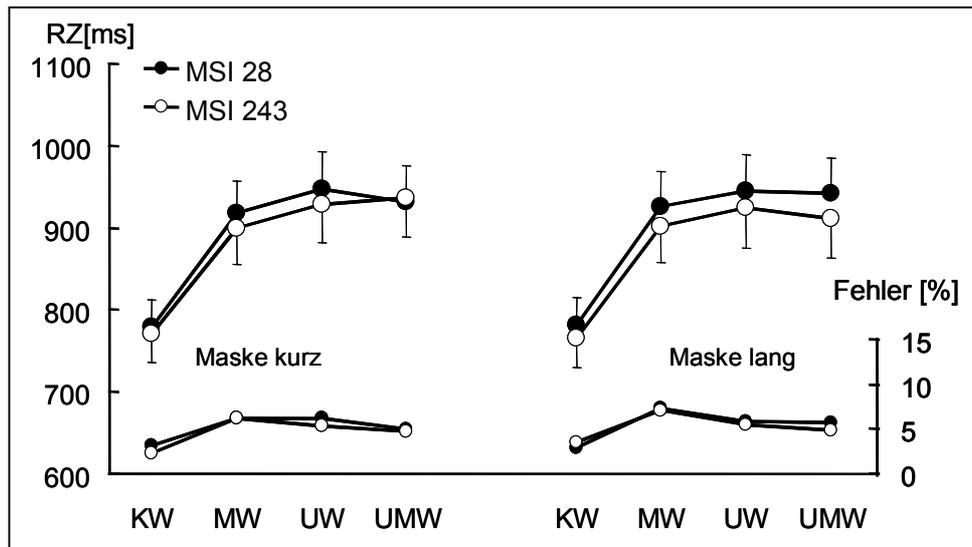


Abb. 2.9a. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion des Wechsels zwischen aufeinanderfolgenden Aufgaben in den Durchgängen $n-1$ und n (*Inter-Task Relation*) auf der Datenbasis korrekter Aufgabenankündigung im Durchgang n . Gegenüber Exp. 1 wurde in Exp. 6 die Präsentationszeit der Maske von 14 ms (links) auf 243 ms (rechts) verlängert. Fehlerbalken sind für ein kurzes *MSI* nach oben, für ein langes *MSI* nach unten abgetragen. (*KW*: kein Wechsel, *MW*: Mappingwechsel, *UW*: Urteilswechsel, *UMW*: Urteil und Mappingwechsel, *MSI*: Maske-Stimulus-Intervall).

Bezüglich der *Precue-To-Task* Beziehung (Abb. 2.9b) ergab die ANOVA über die Faktoren *MSI* (28 ms vs. 243 ms), *Maskenpräsentationszeit* (14 ms vs. 243 ms) und *PTT* einen signifikanten Haupteffekt des *MSI* ($F(1,11) = 14.75, p=.003$), der ähnlich wie bei der *ITR* – Analyse durch eine Verlängerung der Reaktionszeiten bei einem kurzen *MSI* (838 ms) im Vergleich zu einem langen *MSI* (817 ms) bedingt war. Darüber hinaus wurden die Probanden erwartungsgemäß langsamer, wenn sich die Aufgabe als inkorrekt angekündigt herausstellte. Dies führte zu einem Haupteffekt des Faktors *PTT* ($F(3,33) = 15,81, p<.001$), der auf essentiellen Unterschieden in der Aufgabenbearbeitungszeit in Abhängigkeit von falsch angekündigten Aufgabendimensionen beruht (alle Differenzen zwischen $p<.001$ und $p=.043$, außer der Differenz zwischen *FU* vs. *FUM*; $p=.82$). Dabei lag die mittlere Reaktionszeit bei 787 ms, wenn die Aufgabe korrekt angekündigt wurde und stieg auf 816 ms bzw. 853 ms, wenn entsprechend Mapping oder Urteil inkorrekt angekündigt wurde. Bei einer falschen Ankündigung beider Aufgabendimensionen lag die mittlere RT bei 855 ms. Für die Fragestellung des Experimentes ist die Interaktion zwischen den Faktoren *Präsentationszeit der Maske* und dem Faktor *PTT*, als auch die Interaktion zwischen *MSI* und *PTT* wichtiger. Sowohl der Haupteffekt der *Präsentationszeit der Maske*, als auch beide Interaktionen waren weit von dem Signifikanzniveau entfernt (alle F 's < 1).

Nichtsdestotrotz wurde die dreifache Interaktion zwischen den Faktoren *Maskenpräsentationszeit*, *MSI* und *PTT* signifikant ($F(3,33)=4.88$, $p=.019$, GG).

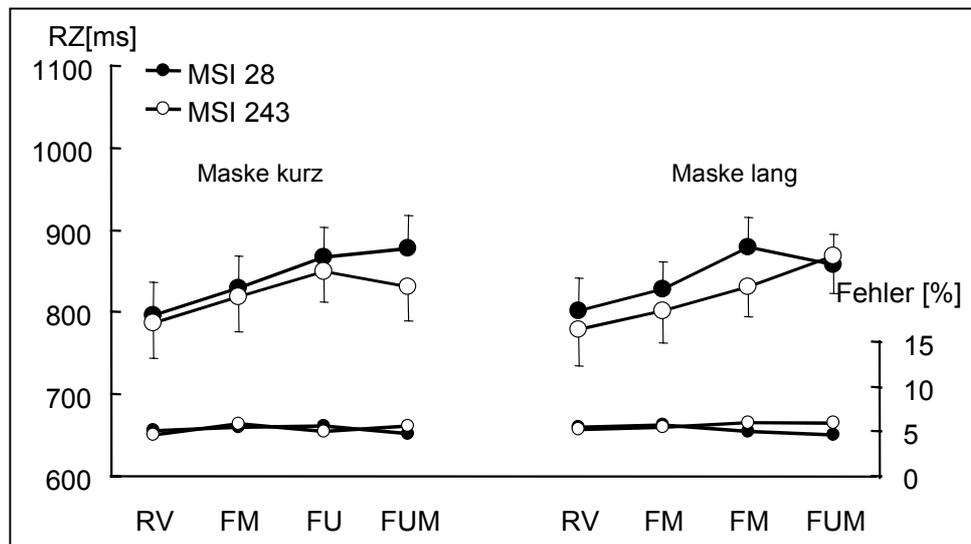


Abb. 2.9b. Reaktionszeitprofile und Fehlerraten als Funktion der inkorrekt angekündigten Aufgabendimensionen im Durchgang n auf der Datenbasis der Aufgabenwiederholungen zwischen den Durchgängen $n-1$ und n (*Precue-To-Task Relation*). Gegenüber Exp. 1 wurde in Exp. 6 die Präsentationszeit der Maske von 14 ms (links) auf 243 ms (rechts) verlängert. Fehlerbalken sind für ein kurzes *MSI* nach oben, für ein langes *MSI* nach unten abgetragen. (RV: korrekte Aufgabenankündigung, FM: falsch angekündigtes Mapping, FU: falsch angekündigtes Urteil, FUM: falsch angekündigtes Urteil und Mapping, *MSI*: Maske-Stimulus-Intervall).

Wie man der Abbildung 2.9b und dem Vorhandensein dieser Interaktion entnehmen kann ist bei dieser experimentellen Anordnung weder die exklusive Beteiligung des Faktors *MSI* noch die alleinige Beteiligung des Faktors *Maskenpräsentationszeit* ausreichend, um eine reliable Modulation der Kostenprofile hervorzurufen. Durch eine Verlängerung der Maskenpräsentationszeit wird der Einfluß des *MSI* auf die Kostenprofile invertiert. Das bedeutet, daß die Länge der Maske die Umkehr des Effektes nicht beeinflusst, sondern der zeitliche Abstand zwischen dem Hinweisreiz und dem Testreiz für diese Effekturnkehr kritisch ist.

Um diese Hypothese zu überprüfen wurde eine zusätzliche ANOVA berechnet, in der die Faktoren *Maskenpräsentationszeit* (kurz vs. lang) sowie *MSI* (kurz vs. lang) in einen dreistufigen Faktor *SOA* (kurz, mittel, lang) zusammengefaßt wurden. Um diese Vorgehensweise zu rechtfertigen, wurden die Bedingungskombinationen kurze Maske / langes *MSI*, sowie lange Maske / kurzes *MSI* auf eventuelle Interaktion mit dem Faktor *PTT* getestet, bevor beide Faktorenkombinationen zu einem

gemeinsamen, mittleren SOA zusammengefaßt wurden (Formal hatte die Analyse die gleiche Anzahl an Faktoren, wie die oben dargestellte außer, daß die Bedingungskombinationen kurze Maske / kurzes *MSI*, sowie lange Maske / langes *MSI* nicht berücksichtigt wurden). Diese ANOVA ergab keine Interaktion zwischen den Faktoren *PTT*, *Maskenpräsentationszeit* und *MSI* ($F(3,33)=1.2$, $p=.32$). Dementsprechend wurden im nächsten Schritt beide Faktorenkombinationen zu einem mittleren SOA zusammengefaßt. Eine ANOVA über die Faktoren SOA (kurz, mittel, lang) und *PTT* ergab Evidenz für einen signifikanten Haupteffekt des Faktors SOA ($F(2,22) = 4.36$, $p=.025$), der wie in der ersten Analyse auf verlängerte Reaktionszeiten bei kurzen SOAs zurückzuführen ist. Umgekehrt, werden die Reaktionszeiten kürzer, wenn das SOA länger wird. Wichtiger, die Interaktion zwischen den Faktoren SOA und *PTT* wurde signifikant ($F(6,66)=2.57$, $p=.026$), was auf eine Modulation der Kostenprofile beim informationsbasierten Wechsel in Abhängigkeit vom zeitlichen Abstand der Reize voneinander hinweist. Dabei nahmen die Kosten einer inkorrekten Aufgabenankündigung der Aufgabendimensionen bei einem kurzen SOA monoton zu, während das Profil bei einem mittleren SOA eindeutig nicht monoton ist, was auch die Ergebnisse der Experimente 1, 2 und 4 bestätigt. Wird das SOA zusätzlich verlängert, erscheint wieder ein monoton ansteigendes Kostenprofil der informationsbasierten Kosten.

Die mittlere Fehlerrate als Funktion der *Inter-Task* – Beziehung betrug 5,6%. Die entsprechende ANOVA über die Fehlerraten ergab einen Haupteffekt des Wechsels (*ITR*; $F(3,33) = 10.45$, $p<.001$). Paarweise Vergleiche ergaben einen signifikante Zunahme der Fehlerrate beim Aufgabenwechsel relativ zur Aufgabenwiederholung (Spannbreite zwischen $p=.002$ bis $p=.003$), sowie eine signifikante Differenz zwischen den Bedingungen *MW* vs. *UMW* ($p=.036$). Keine weiteren Effekte oder Interaktionen erreichten das Signifikanzniveau.

Betrachtet man die *Precue-To-Task* – Beziehung, so ergab sich eine mittlere Fehlerrate von 5,9%. Es wurde kein signifikanter Haupteffekt oder Interaktion in den Fehlerraten gefunden.

2.6.3. Diskussion

Das Ziel dieses Experimentes war zu untersuchen, ob die Kostenprofile in den Experimenten 1, 2 und 4 einer dynamischen, qualitativen Änderung unterliegen

können, wenn die zeitlichen Parameter manipuliert werden. Speziell sollte mit Hilfe des Experimentes entschieden werden, ob eine Verlängerung des Intervalls zwischen dem Hinweisreiz und dem Testreiz die Charakteristik der Reaktionszeitkosten weiterhin verändern kann, oder die Art des Kostenprofils bei einem mittleren Intervall die entgültige Form eingenommen hat.

Mit Hilfe einer Verlängerung der Präsentationszeit der Maske ist es gelungen zu zeigen, daß 1. die Dauer der Maskenpräsentation den spezifischen Maskierungseffekt nicht beeinflusst, und 2. ein nichtmonotones Kostenprofil als Funktion der inkorrekten Aufgabenankündigung einen vorübergehenden Zustand reflektiert.

Leider war es in dem hier dargestellten Experiment aus methodischen Gründen nicht möglich mehrere Stufen des SOA zu verwenden, um eine feinere Auflösung der Modulation der Kostenprofile zu untersuchen. Dennoch lassen sich aufgrund von den drei SOA - Zeiten einige, wichtige Schlüsse ziehen.

Erstens, es scheint daß sowohl bei einem kurzen als auch einem langen SOA die Information über die Aufgabenmerkmale, die der Hinweisreiz übermittelt in keiner Weise beeinträchtigt ist. Diese Aussage bestätigt das monoton ansteigende Kostenprofil, wenn keine Maske, dafür aber ein leeres Intervall unterschiedlicher Länge präsentiert wird (Exp. 3), wenn kein leeres Intervall zwischen dem Hinweisreiz und dem Testreiz eingefügt wird (Kleinsorge, Gajewski & Heuer, 2005, Exp. 1), bzw. wenn sogar eine intervenierende Aufgabe dazwischen eingefügt wird (Kleinsorge & Gajewski, im Druck).

Zweitens, es scheint, daß bei einem mittleren SOA von etwa 1280 ms (lange Maske / kurzes *MSI*, bzw. kurze Maske / langes *MSI*) die Repräsentation der Aufgabenmerkmale auf eine bestimmte Art beeinflusst bzw. beeinträchtigt wird (s.u.). Nur unter der Voraussetzung, daß eine Maske den Hinweisreiz maskiert und das Intervall zwischen der Präsentation der Maske und Präsentation des Testreizes etwa 250 ms lang ist, läßt sich nämlich ein nicht-monotones bzw. unteradditives Kostenprofil als Funktion falscher Aufgabenankündigungen beobachten (Exp. 1, 2, 4), während es bei unvorbereiteter, bzw. korrekt angekündigter Umschaltung zwischen den Aufgaben eher als Normalfall gilt (z.B. Kleinsorge & Heuer, 1999, Kleinsorge, Heuer & Schmidtke, 2001a; Kleinsorge, Gajewski & Heuer, 2005).

Diese zeitliche Charakteristik der Modulation der Kostenprofile ähnelt im gewissen Sinne dem Verlauf der Identifikationsleistung als Funktion des SOA in *Attentional Dwell Time* (ADT; Duncan et al., 1994; Ward et al., 1997), bzw. Attentional Blink (AB; Raymond, Arnell & Shapiro, 1992) - Paradigmen. An dieser Stelle sollen nun einige empirische und strukturelle Gemeinsamkeiten zwischen den ADT bzw. AB – Paradigma und dem hier relevanten Paradigma kurz skizziert werden.

Erstens: eine besondere Eigenschaft des Attentional Blink ist die sog. Lag-1 – Aussparung (*Lag-1 sparing*, Raymond, 1992; Chun & Potter, 1995). Lag-1 – Aussparung beschreibt eine unbeeinträchtigte Identifikation des zweiten beachteten Zielreizes, wenn er direkt dem ersten folgt, wenn also der zeitliche Abstand zwischen beiden Zielreizen gering ist. Entsprechend der Lag-1 – Aussparung im Attentional Blink Paradigma konnte in den bisherigen Experimenten eine fehlende Interferenz zwischen den Merkmalen des Hinweisreizes und der Maske bei einem kurzen *MSI* beobachtet werden.

Zweitens: bei einem zeitlichen Abstand von etwa 300 ms zwischen beiden Reizen ist die Detektion und Identifikation des zweiten Reizes am ADT bzw. AB- Paradigmen stark beeinträchtigt, so daß die Leistung auf Zufallsniveau fällt. Diese Situation würde in etwa der Beeinflussung der Informationsverarbeitung bei einem mittleren SOA in den vorliegenden Experimenten entsprechen, die sich in einer qualitativen Änderung des Kostenprofils äußert.

Drittens: eine weitere Ähnlichkeit der Befunde aus dem Experiment 6 mit den Befunden in den ADT bzw. AB- Paradigmen besteht in einer Erholung des Verarbeitungsdefizits bei einer Verlängerung des Intervalls zwischen dem ersten und dem zweiten Zielreiz. Wenn der zeitliche Abstand über etwa 500 ms verlängert wird, kann eine substantiell verbesserte Erkennungsrate des zweiten Reizes beobachtet werden. Dies würde dem monotonen Kostenprofil als Funktion der *Precue-To-Task* Beziehung bei einem langen SOA entsprechen. Die zeitlich vorübergehende Änderung der Kostenprofile in Abhängigkeit des SOA illustriert die Abbildung 2.10.

Auch hinsichtlich des in den vorliegenden Experimenten verwendeten Paradigmas, lassen sich einige methodische Gemeinsamkeiten mit dem Attentional Blink Paradigma erkennen: erstens wie bei einem AB – Paradigma soll der erste Zielreiz identifiziert werden (Hinweisreiz), zweitens: nach der Präsentation des ersten Reizes erscheint kurz ein Distraktor (Maske) und drittens: anschließend wird der zweite

Zielreiz dargeboten, der ebenfalls zunächst identifiziert werden muß (Testreiz). Obwohl die zeitlichen Parameter (wie die Präsentationszeit des Hinweisreizes) erheblich von den Präsentationszeiten der Stimuli im AB – Paradigma abweichen (1000 ms vs. 10 bis 100 ms pro Item), sind andere Zeitparameter, bzw. Intervalle ähnlich (leeres Intervall zwischen Hinweisreiz und Maske = 14 ms, Präsentationszeit der Maske 14 ms, *MSI* von 28 und 243 ms).

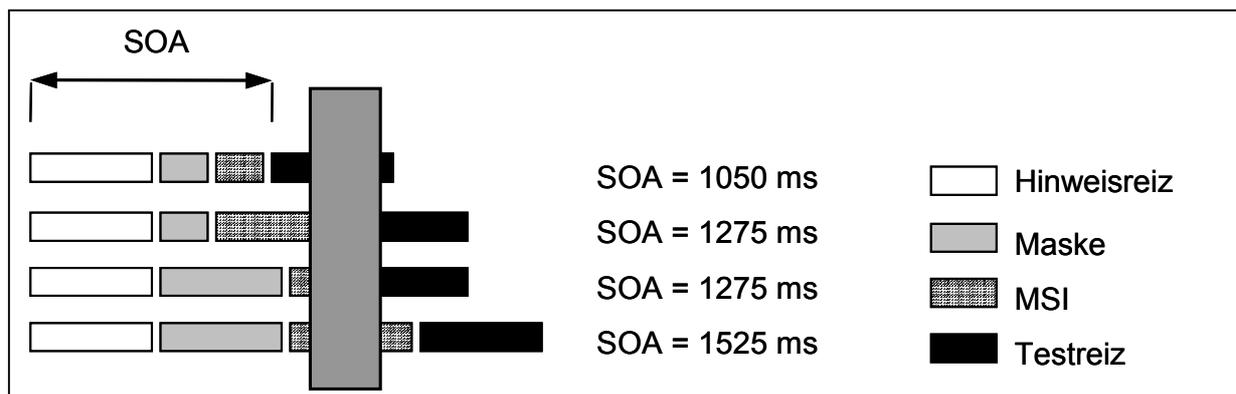


Abb. 2.10. Schematische Darstellung der zeitlich vorübergehenden Änderung der Kostenprofile als Funktion der PTT Relation in Abhängigkeit vom SOA. Im Bereich des grauen, senkrechten Balkens erscheint ein nicht-monotones Kostenprofil, außerhalb dieses Bereiches steigen die Kosten monoton an.

Sowohl die empirischen als auch methodischen Ähnlichkeiten zwischen beiden Paradigmen erlauben eine erste Annäherung an die Prozesse, die in diesen Experimenten eine Rolle spielen mögen. Dafür kann man sich die Erklärungen zunutze machen, die für die Verarbeitungsdefizite in den ADT und AB - Paradigmen angeboten werden.

Während das Defizit im ADT – Paradigma ursprünglich auf eine kurzzeitige Auslastung der perzeptuellen Aufmerksamkeitsprozesse zurückgeführt wurde (Duncan et al., 1994; Ward et al., 1997), weisen neuere Befunde darauf hin, daß das Defizit im AB – Paradigma eine Beeinträchtigung der Konsolidierung der Gedächtnisspur im visuellen Arbeitsgedächtnis reflektiert (z.B. Brehaut, Enns, Di Lollo, 1999; Chun & Potter, 1995; Giesbrecht & Di Lollo, 1998; Shapiro, Driver, Ward & Sorensen, 1997; Vogel, Luck & Shapiro, 1998; Vogel & Luck, 2002). Da das ADT – Paradigma tatsächlich eine Variante des AB – Paradigmas ist, kann angenommen werden, daß beide Effekte die gleiche funktionale Grundlage haben (Theeuwes, Godijn & Pratt, 2004).

Auf eine detaillierte Interpretation der Befunde, sowie ihre Implikationen für den Aufgabenwechsel wird nun im Kapitel ‚Allgemeine Diskussion‘ näher eingegangen.

3. Allgemeine Diskussion

Zusammenfassung:

Innerhalb der gleichen experimentellen Anordnung wurde nach dem Hinweisreiz, der die nächste Aufgabe korrekt oder inkorrekt ankündigte, eine Substitutionsmaske eingeblendet. Der zeitliche Abstand zwischen Maske und Testreiz wurde variiert. Als Folge konnten bei inkorrekt angekündigten Aufgaben zwei Reaktionszeitprofile unterschieden werden: bei kurzem Maske-Stimulus-Intervall stiegen die Reaktionszeiten monoton an, bei längerem MSI zeigte sich dagegen, daß inkorrekte Ankündigung beider Aufgabendimensionen weniger Kosten verursachte als die nur einer Dimension.

Es zeigte sich, daß dieser Effekt nicht davon abhängt, welche physikalischen Merkmale den einzelnen Aufgabenmerkmalen zugeordnet sind (Exp. 2), er aus einer Interaktion der Maske mit dem Intervall zwischen Maske und Testreiz (*MSI*) resultiert (Exp. 3), von zeitlichen Erwartungen unbeeinflusst bleibt (Exp. 4), von einer Maske abhängt, die Merkmale des Hinweisreizes beinhaltet (Exp. 5), sowie eine zeitlich vorübergehende Natur hat (Exp. 6).

Die Grundlage des ersten Teils der Diskussion bilden Befunde, die mit Hilfe verschiedener experimenteller Paradigmen gewonnen wurden, die sowohl untereinander als auch mit dem hier verwendeten Ansatz gewisse Gemeinsamkeiten und theoretische Überlappungen aufweisen. Zu diesen Paradigmen gehören Priming, Negativer Kompatibilitätseffekt, Rückwärtsmaskierung und Attentional Blink. Die für die vorliegende Fragestellung relevanten Erkenntnisse werden anschließend synthetisiert und auf die hier dargestellten Befunde angewandt. Daraus wird ersichtlich, daß Enkodierungsmechanismen und automatische Prozesse für die Erklärung der Resultate herangezogen werden können. Auf deren Grundlage werden anschließend theoretische Implikationen für zwei Arten von Aufgabenrepräsentationen diskutiert und in das Konzept „Exekutive Funktionen“ eingebunden.

3.1. Einfluß visueller Maskierung auf die Informationsverarbeitung

Eine zentrale Frage dieser Arbeit betrifft den Einfluß eines Maskenreizes auf die Verarbeitung und Aufrechterhaltung von Aufgabenmerkmalen eines expliziten Hinweisreizes. Durch die Interferenz zwischen Aufgabenmerkmalen des Hinweisreizes und der Maske sollten Kosten einer inkorrekten Aufgabenankündigung manipuliert werden. Die bereits erwähnten Phänomene, die hierbei eine Rolle spielen können, werden im Folgenden kurz skizziert.

3.1.1. Priming

Eine den berichteten Experimenten formal ähnliche methodische Vorgehensweise wird beim klassischen Priming-Paradigma angewandt. Bei den Experimenten zum impliziten Priming wird gewöhnlich ein maskierter Primereiz dargeboten und seine erleichternde Wirkung auf die Reaktion auf einen Testreiz untersucht. Dabei lassen sich zwei Arten von Priming unterscheiden. Bei dem sogenannten perzeptuellen Priming wird die Reizidentifikationsschwelle durch einen Primereiz herabgesetzt, und auf diese Weise die Reaktion auf einen physikalisch ähnlichen bzw. gleichen Zielreiz beschleunigt (Form, Farbe, Helligkeit, Kontrast, mögliche oder unmögliche Objekte etc. z.B. Bar & Biederman, 1998; Breitmeyer, Ho & Singhal, 2004; Leuthold & Koop, 1998; Posner & Snyder, 1975; Schacter, 1987; Schacter, Cooper & Valdisseri, 1992; Squire, 1986, Wiggs & Martin, 1998). Das perzeptuelle Priming basiert nicht auf einer exakten Übereinstimmung der physikalischen Reizeigenschaften zwischen Prime und Testreiz. Deutliche Abweichungen in Größe, Form oder Orientierung können einen gleich starken Effekt hervorrufen wie eine Reizwiederholung (Allport et al, 1985; Wiggs & Martin, 1998). Beim impliziten, semantischen Priming wird unter Verwendung von subliminal präsentierten Wörtern (z.B. Marcel, 1980, 1983a, 1983b, Meyer & Schvaneveldt, 1971; Potter, 1999; Schvaneveldt & Meyer, 1973) oder Bildern (z.B. Hines, Czerwinski, Sawyer & Dwyer, 1986; O'Connor & Potter, 2002) der Gedächtnisabruf für konzeptuell ähnliche Reize verbessert und so die Entscheidung zugunsten eines gleichen bzw. semantisch assoziierten Reizes schneller getroffen, als bezüglich eines semantisch nicht verknüpften Reizes. Auf weitere Implikationen im Zusammenhang mit Priming wird im Kapitel 3.3. eingegangen.

3.1.2. Der negative Kompatibilitätseffekt

Eine Beschleunigung der Informationsverarbeitung durch einen identischen Primereiz tritt jedoch nicht immer auf: Wenn ein Richtungs-Prime (nach links bzw. rechts gerichteter Pfeil), durch eine Substitutionsmaske (Pfeil nach rechts und links) maskiert wird, wird die nachfolgende Reaktion bezüglich eines kompatiblen Testreizes am Ende des Durchgangs im Vergleich zu einem mit dem Prime inkompatiblen Testreiz verzögert. Dieser *Negative Compatibility Effect* (NCE) wurde von Eimer und Schlaghecken (1998, 2002, 2003) beschrieben und mit einem Inhibitionsprozeß während der unmittelbaren Kopplung zwischen perzeptuellen und motorischen Funktionen in Verbindung gebracht. Klapp und Hinkley (2002) schlugen eine Interpretation vor, in der der NCE einen Wettbewerb zwischen unbewußten inhibitorischen und bewußten exzitatorischen Prozessen reflektiert. Diese Inhibitionshypothese wurde jedoch kürzlich von Lleras und Enns (2004) in Frage gestellt (s. auch Verleger et al, 2004). Lleras und Enns (2004) konnten durch eine Reihe von Experimenten zeigen, daß die Beschleunigung der nicht gebahnten Reaktion auf positives Priming zurückzuführen ist, das durch die Eigenschaften der Maske bedingt wird. Das charakteristische Merkmal der Experimente von Eimer und Schlaghecken (1998, 2002) sowie Klapp & Hinkley (2002) war die Verwendung einer Substitutionsmaske, also einer Überlagerung von beiden Primereizen. Eine Substitutionsmaske wurde verwendet, weil sie wegen ihrer großen Ähnlichkeit mit dem Prime sehr effektiv maskiert (Breitmeyer, 1984; Kinsbourne & Warrington, 1962). Da sie aber beide Primes enthält, ist eine Überlagerungsmaske keine neutrale Maske, sondern kann als ein positiver Prime wirken, indem sie den tatsächlich nicht gezeigten Prime vorspiegelt. Mit anderen Worten: bedingt durch die sequentielle Abfolge von Ereignissen geht von der Maske ein positiver Primingeffekt aus, der auf den neu dazugekommenen Merkmalen der Maske basiert (Lleras & Enns, 2004).

3.1.3. Die Objektsubstitutionstheorie

Lleras & Enns (2004) interpretieren den negativen Kompatibilitätseffekt im Rahmen der sogenannten *Object Substitution Theory* (OS), die ursprünglich zur Erklärung einiger Maskierungseffekte entwickelt wurde, welche sich mit Hilfe klassischer Modelle zur visuellen Rückwärtsmaskierung nicht erklären ließen (Enns & Di Lollo, 1997; Enns, 2004; Di Lollo, Enns & Rensink, 2000). Sie beruht auf dem Prinzip einer zirkulären Aktualisierung von Objektrepräsentationen im visuellen System. Die

Aktualisierung von Objektrepräsentationen bezieht sich auf einen Prozeß, in dem eine aktuell aufgenommene Information mit der bereits bestehenden Objektrepräsentation integriert wird. Diese Integration führt zu einer aktualisierten Repräsentation des Objektes (Moore & Enns, 2004). Wenn sich das Objekt über die Zeit nicht ändert, resultiert die Aktualisierung in seiner verstärkten Repräsentation. Wenn sich allerdings die Szene kurzzeitig ändert, bewirkt die Aktualisierung den Ersatz der ursprünglichen Objektrepräsentation durch die neuere Information. Im Kontext der Rückwärtsmaskierung konnte mit Hilfe dieses Aktualisierungsmodells erklärt werden, warum die Reizidentifikation auch dann beeinträchtigt wird, wenn der Reiz selbst von der Maske nicht überlagert wird (Di Lollo, Enns & Rensink, 2000; Enns, 2004). Die Objektsubstitutionstheorie postuliert, daß visuelle Maskierung Folge einer Unterbrechung in der Kommunikation zwischen rückgekoppelten tieferen und höheren Verarbeitungsstufen ist (Enns & Di Lollo, 2000; Lamme & Roelfsema, 2000).

Theoretisch liegt der Objektsubstitutionstheorie das Konzept der Maskierung durch Unterbrechung zugrunde (Bachmann & Allik, 1976; Spencer & Shuntich, 1970). Demzufolge wird die Verarbeitung des Zielreizes durch den zweiten Reiz (Maske) unterbrochen, bevor der Zielreiz vollständig verarbeitet wurde. Dieser Konflikt reflektiert einen Wettbewerb um Verarbeitungsressourcen, die in den Prozeß der Objekterkennung involviert sind (Kolers, 1968). Der Verlauf dieser Maskierungsfunktion (Prozentsatz der korrekten Antworten als Funktion des SOA zwischen Zielreiz und Maske) unterscheidet sich grundlegend von der Metakontrast-Maskierungsfunktion. Weiterhin tritt diese Art der Maskierung nur dann ein, wenn die Maske dem Zielreiz folgt, was bei einer Metakontrastmaskierung nicht unbedingt der Fall sein muß (Bachmann & Allik, 1976; Michaelis & Turvey, 1979). Wichtiger für die Annahme einer postsensorischen Verarbeitungsunterbrechung durch die Maske ist jedoch, daß eine Manipulation des Informationsgehaltes des Testreizes und/oder der Maske die Effektivität der Maske stärker beeinflusst (Di Lollo et al. 2000, Enns & Di Lollo, 2000) als die physikalischen Eigenschaften des Testreizes wie z.B. Helligkeit oder Kontrast (Breitmeyer, 1984; Spencer & Shuntich, 1970).

3.1.4. Attentional Blink aus Sicht der Objektsubstitutionstheorie

Giesbrecht und Di Lollo (1998) erweiterten den Erklärungsbereich der Objektsubstitutionstheorie und schlugen eine Erklärung für das Auftreten des Wahrnehmungsdefizits im Attentional Blink vor. Wie in der Diskussion von Experiment 6 angedeutet, wird mit dem Begriff Attentional Blink (AB) eine herabgesetzte Identifikationsleistung eines zweiten Zielreizes bezeichnet, die auftritt, wenn etwa 300 ms vor diesem ein erster Zielreiz identifiziert werden mußte (Raymond, Arnell & Shapiro, 1992). Dieser Effekt wird mit einer Auslastung der Kapazität des visuellen Arbeitsgedächtnisses in Verbindung gebracht (z.B. Chun & Potter, 1995). Giesbrecht und Di Lollo (1998) belegten diese Hypothese durch eine Manipulation der Maskierungseigenschaften des zweiten Zielreizes in der Sequenz. In mehreren Experimenten untersuchten sie den AB- Effekt entweder bei der Rückwärtsmaskierung (Unterbrechung), simultaner Maskierung (Integration) oder Maskierung durch einen Distraktor (wie in den typischen AB- Versuchen). Das am stärksten ausgeprägte AB- Defizit wurde bei einer Rückwärtsmaskierung beobachtet, während die Maskierung durch Integration kein Defizit bewirkte. In Übereinstimmung mit anderen Ansätzen interpretierten Giesbrecht und Di Lollo (1998) ihren Befund im Sinne einer Interferenz zwischen dem zweitem Testreiz und der nachfolgenden Maske. Die Natur dieser Interferenz charakterisierten sie genauer, indem sie zur Erklärung ihrer Resultate den Substitutionsprozeß herangezogen haben. Demnach sollte die Mustermaske die visuelle Repräsentation des zweiten, sich im Zeitfenster des Attentional Blink befindlichen Zielreizes ersetzen.

In einer neueren Studie gingen Giesbrecht, Kingstone und Bischof (2003) detailliert der Frage nach der Interaktion zwischen dem Attentional Blink und Maskierung des zweiten Zielreizes durch Objektsubstitution nach. Für die Überprüfung der Substitutionshypothese im AB wurde in diesen Versuchen eine Vier-Punkte-Maske verwendet, deren Maskierungseffektivität wesentlich gesteigert wird, wenn die räumliche Aufmerksamkeit über dem Display verteilt ist. Unter der Annahme, daß der räumlichen und zeitlichen selektiven Aufmerksamkeit die gleichen Mechanismen zugrunde liegen, sollte in mehreren Experimenten der Einfluß diverser Maskierungsanordnungen auf den AB- Effekt ermittelt werden, die bislang zur Untermauerung der Objektsubstitutionshypothese eingesetzt wurden. Diese Manipulationen waren jedoch wirkungslos im Bezug auf das Auftreten des Attentional Blink, obwohl ein deutlicher, unspezifischer Maskierungseffekt des zweiten Zielreizes

erkennbar war (vgl. Ergebnisse und Diskussion von Exp. 5). Giesbrecht und Kollegen (2003) folgerten daraus, daß Maskierung durch Objektsubstitution, die höhere kognitive Prozesse beeinflußt, ineffizient ist den AB-Effekt hervorzurufen und schlugen eine Neuinterpretation vor, in der sie eine Unterbrechung der früheren visuellen Verarbeitung für den AB verantwortlich machten.

Die Ineffektivität der Vier-Punkte-Maske hinsichtlich des Attentional Blink könnte allerdings auch in ihrer exklusiven Wirksamkeit in der Domäne der räumlichen selektiven Aufmerksamkeit liegen. Während eine Vier-Punkte-Maske ihre Effektivität bei einer zunehmenden Anzahl der über dem Display verteilten Objekte steigert, scheint sie bei fokussierter Aufmerksamkeit nicht effizient zu maskieren. Diese Hypothese impliziert, daß der räumlichen und zeitlichen selektiven Aufmerksamkeit unterschiedliche Prozesse zugrunde liegen (z.B. Theeuwes, Godijn & Pratt, 2004).

Die Interpretation des Attentional Blink von Giesbrecht, Kingstone und Bischof (2003) widerspricht den Befunden, in denen semantisches Priming im Attentional Blink gezeigt werden konnte. So berichten einige Autoren eine semantische bzw. konzeptuelle Beeinflussung der Entscheidungsprozesse bei nachfolgenden Verifikationsaufgaben durch die im AB dargebotene, nicht-identifizierte Information (Isaak, Shapiro & Martin, 2000; Luck, Vogel & Shapiro, 1998; Maki, Frigen & Poulson, 1997; Rolke, Heil, Streb & Hennighausen, 2001; Shapiro, Driver, Ward & Sorensen, 1997). Diese Befunde zeigen eindeutig, daß der Angriffspunkt der Maske nach der Extraktion der konzeptuellen Information zu suchen ist.

3.1.5. Strukturelle Gemeinsamkeiten zwischen dem Attentional Blink und der Maskierung expliziter Hinweisreize

In der Diskussion des Experimentes 6 wurde ein Vergleich zwischen dem zeitlichen Verlauf der Maskierung und dem Verlauf des Attentional Blink gezogen. Allerdings könnte man argumentieren, daß in der aktuellen experimentellen Anordnung neben den unterschiedlichen zeitlichen Parametern auch andere Voraussetzungen für einen solchen Vergleich nicht erfüllt sind. Ein Einwand könnte sich darauf beziehen, daß in dem Attentional Blink Paradigma grundsätzlich die Detektion- und/oder Identifikationsleistung des zweiten Zielreizes untersucht wird. Dabei tritt Attentional Blink nur dann auf, wenn 1. der erste Zielreiz beachtet wurde (Broadbent & Broadbent, 1986; Raymond, Shapiro & Arnell, 1992), 2. der erste Zielreiz maskiert wurde (Chun & Potter, 1995, Raymond et al. 1992), 3. der erste Zielreiz mit dem

nachfolgenden maskierenden Reiz hinsichtlich räumlicher Lage und perzeptueller Ähnlichkeit übereinstimmt (Raymond et al. 1992), und 4. der zweite Zielreiz ebenfalls rückwärtsmaskiert wird (Giesbrecht & Di Lollo, 1998). In den hier berichteten Experimenten scheinen mit Ausnahme der letzten alle Voraussetzungen erfüllt zu sein.

Kann der in dieser Arbeit beobachtete Effekt - eine vorübergehende Interferenz zwischen den Aufgabenmerkmalen des Hinweisreizes und der Maske – trotz dieser fehlenden Voraussetzung mit Hilfe eines Attentional Blink Ansatzes erklärt werden?

In der Literatur finden sich dazu zwei relevante Befunde. Der erste stammt aus einer Studie von Kawahara, Zuwic, Enns und Di Lollo (2003), die den Einfluß von Aufgabenwechseln auf die Stärke des Attentional Blink untersuchte. Zuvor hatten Kawahara und Mitarbeiter (2001) gezeigt, daß eine Maskierung des zweiten Zielreizes keine zwingende Voraussetzung für einen AB ist. In diesen Versuchen präsentierten die Autoren als ersten Zielreiz einen Buchstaben, als zweiten einen Kreis mit einer Linie unterschiedlicher Orientierung, deren Richtung beurteilt werden sollte. Unter diesen Umständen fand sich AB auch dann, wenn dem zweiten Zielreiz keine Maske folgte. Der AB trat offenbar auf, weil beide Reize zu unterschiedlichen Reizkategorien gehörten, wodurch laut Kawahara et al. (2001, 2003) eine Aufgabenwechselsituation entstand. Folglich kann ein Wechsel zwischen zwei Reizkategorien ausreichen, einen Attentional Blink auszulösen, auch wenn der zweite Zielreiz nicht maskiert wird. Kawahara et al. (2003) erklären ihren Befund mit der Verzögerung der Enkodierung des zweiten Zielreizes (s. Chun & Potter, 1995; Jolicoeur, 1999 für ähnliche Konzepte). Dieses Defizit führen die Autoren auf zwei Prozesse zurück: 1. auf eine Rekonfiguration des visuellen Verarbeitungssystems während des Aufgabenwechsels, und 2. auf eine Ausschöpfung der Verarbeitungskapazität durch Enkodierung des ersten Zielreizes (Chun & Potter, 1995; Jolicoeur, 1999).

Der zweite Hinweis auf eine verzögerte Gedächtniskonsolidierung des zweiten, unmaskierten Zielreizes im Attentional Blink-Paradigma stammt von Vogel & Luck (2002). In einer früheren elektrophysiologischen Studie konnten Vogel, Luck & Shapiro (1998) keine Reduktion der früheren EKP-Komponenten und gleichzeitig eine vollständige Unterdrückung der P3-Komponente während des Attentional Blink beobachten. Dieses Ergebnis stimmt laut Vogel et al (1998) mit der Annahme überein, daß während des Attentional Blink der zweite Zielreiz perzeptuell

verarbeitet, jedoch nicht ins Arbeitsgedächtnis transferiert wird. Weiterhin wird von den Autoren angenommen, daß die perzeptuelle Repräsentation des Zielreizes länger fortbestehen kann, wenn dem Zielreiz kein maskierender Stimulus folgt. In diesem Fall wird die Gedächtniskonsolidierung der Identität des zweiten Zielreizes lediglich um die Zeit verzögert, die für die Konsolidierung des ersten Zielreizes benötigt wird. Diese Hypothese wurde von Vogel & Luck (2002) mit Hilfe ereigniskorrelierter Potentiale untersucht. Speziell sollte die Latenz der P3 Aufschluß über die Verzögerung in der Konsolidierung der Gedächtnisspur geben. Tatsächlich konnten Vogel und Luck (2002) trotz eines fehlenden behavioralen AB-Effektes eine signifikante Latenzverschiebung auch dann beobachten, wenn der zweite Zielreiz nicht maskiert wurde. Vogel und Luck (2002) schlossen daraus, daß die durch eine Maske verhinderte Konsolidierung der Information im Arbeitsgedächtnis die funktionale Grundlage für den Attentional Blink bildet.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß in den hier vorgestellten Befunden zwei Grundphänomene eine kritische Rolle spielen: Priming und Auslastung der Verarbeitungsressourcen während der Gedächtniskonsolidierung. Während Priming offenbar einen robusten, automatischen Prozeß reflektiert, ist der Prozeß der Umwandlung der visuellen Information in eine stabile Gedächtnisrepräsentation anfällig für diverse Interferenzeinflüsse. Eine wichtige Beobachtung bezieht sich auf eine gleichzeitige Existenz von beiden Phänomenen, die unabhängig voneinander zu sein scheinen.

Wie lassen sich nun die in dieser Arbeit geschilderten Befunde zur Maskierung expliziter Hinweisreize mit Hilfe dieser Grundphänomene erklären?

3.2. Rolle der Enkodierung in einem Cueing Paradigma

Da es sich bei den hier berichteten Experimenten um ein atypisches Paradigma handelt läßt sich keins der hier diskutierten Paradigmen direkt auf das hier verwendete Paradigma übertragen. Dennoch läßt sich eine Sequenz der Ereignisse skizzieren, die die dargestellten Befunde synthetisieren kann.

3.2.1. Mikroanalyse der Prozeßabfolge

Im ersten Schritt wird für eine Sekunde ein symbolischer Hinweisreiz präsentiert. Die lange Präsentation des Reizes läßt den Probanden ausreichend viel Zeit, die in Form von Pfeilen, Quadraten und Rauten kodierte Aufgabeninformation zu verarbeiten.

Diese muß jedoch über eine gewisse Zeitspanne aktiv im VKZG gespeichert werden. Anschließend wird für 14 ms eine Substitutionsmaske dargeboten. Die Maske beeinträchtigt die Aufrechterhaltung der durch den Hinweisreiz übermittelten Aufgabeninformation. Durch diese Interferenz wird die Konsolidierung des Testreizes vorübergehend erschwert. Dieses Defizit wird etwa 250 ms nach Präsentation der Maske deutlich, was der Zeit entspricht, während der die fokussierte Aufmerksamkeit an den ersten Reiz gebunden bleibt (Duncan, Ward & Shapiro, 1994, Vogel et al. 1998). Nach einem sehr kurzen (~25 ms) Intervall scheint diese Beeinträchtigung noch nicht vorhanden, nach einem langen (~500 ms) Intervall nicht mehr vorhanden zu sein (Abb 2.10, S.70). Diese zeitliche Dynamik entspricht weitgehend der des Attentional Blink. Möglicherweise werden die Aufgabendimensionen als zwei separate Entitäten im Kurzzeitgedächtnis aufrechterhalten, was dazu beitragen kann, daß seine Kapazität nahezu ausgeschöpft wird (Giesbrecht & Di Lollo, 1998, Magnussen, Greenlee & Thomas, 1996).

In Übereinstimmung mit der Hypothese einer verzögerten Gedächtniskonsolidierung des zweiten Zielreizes im Attentional Blink, - sei es aufgrund der Maskierung des ersten Zielreizes (Chun & Potter, 1995; Giesbrecht & Di Lollo, 1998; Seiffert & Di Lollo, 1997, Vogel et al., 1998) oder des Aufgabenwechsels zwischen dem ersten und zweiten Zielreiz (Kawahara et al., 2001, 2003) - kann gefolgert werden, daß bei einem Maske-Stimulus-Intervall von 250 ms die Etablierung einer Aufgabenrepräsentation auf der Basis des Testreizes vorübergehend verhindert wird. Aus diesem Grund mißlingt der Abgleich zwischen der im Arbeitsgedächtnis gespeicherten Repräsentation der Aufgabenmerkmale des Hinweisreizes mit den Aufgabenmerkmalen des Testreizes. Es entsteht eine transiente Repräsentationslücke.

In diesem Zeitfenster wird eine strukturierte Aufgabenrepräsentation evident, die durch eine Inkongruenz zwischen einer aktivierten Aufgabe des Hinweisreizes und Testreizes entsteht. Der Gedächtnisabruf der Aufgabe aufgrund des Testreizes erfolgt dabei automatisch, trotz des AB-Defizits. Die Auflösung der Inkongruenz zwischen den zwei nicht übereinstimmenden, kurzzeitig aktivierten Aufgabenrepräsentationen entspricht dabei dem Reaktionszeitmuster, das als Funktion der *Inter-Task* Relation beobachtet wird.

Auf eine inhaltliche Interpretation dieses Phänomens wird im Kapitel 3.5. näher eingegangen.

3.2.2. Die funktionalen Grundlagen des informationsbasierten Wechsels

Die bisherige Interpretation der Resultate stimmt mit der Auffassung einer wesentlichen Beteiligung von Enkodierungsmechanismen an der Entstehung der Kosten in einem Cueing Paradigma aus folgenden Gründen überein:

1. die Kosten einer inkorrekten Aufgabenankündigung liegen trotz Wiederholung der aktuellen Aufgabe aus dem Durchgang n-1 bei über 200 ms. Dies trifft auch zu, wenn die Vorinformation nur für 100 ms vor der Präsentation des Testreizes andauert. Aufgrund bisheriger Befunde ist eine kontrollierte Aufgabenvorbereitung während eines derart kurzen Intervalls nicht möglich (z.B. Rogers & Monsell, 1995) und wird deshalb als Kontrollbedingung einer Experimentalbedingung gegenübergestellt, die eine endogene Vorbereitung ermöglicht (s. Altmann, 2004a, Tab.1 für eine Übersicht). Interessanterweise offenbart sich eine monotone Zunahme der Kosten als Funktion der Anzahl inkorrekt angekündigter Aufgabendimensionen bei einem langen (1250 ms) und nicht bei einem kürzeren (250 ms) Vorbereitungsintervall (Kleinsorge, Gajewski & Heuer, 2005, Exp. 1). Im Gegensatz dazu konnte ein monotones Kostenprofil bei einem Vorbereitungsintervall von sowohl 100 ms als auch 1250 ms beobachtet werden, wenn die Hinweisreize zwingend gemacht wurden, indem sie die Aufgabe für gelegentlich auftretende neutrale Testreize spezifizierten (Kleinsorge et al. 2005, Exp.2). Diese Beobachtung weist darauf hin, daß es durch eine Ressourcenmobilisierung möglich ist, den Effekt zu modulieren.

Zweitens: wenn es sich hierbei um einen weit fortgeschrittenen endogenen Wechselprozeß handeln würde, sollten die Kosten nicht von einem eher ‚peripheren‘ Reiz wie eine 14 ms lang präsentierte Maske beeinflussbar sein. Die spezifische Annahme ist, daß Aufgabenmerkmale eines Hinweisreizes in einem visuellen Kurzzeitgedächtnis aufrechterhalten werden. Dieser Prozeß ist kapazitätsfordernd und deshalb ist er anfällig für Interferenz (Jolicoeur & Dell’Acqua, 1998; Potter, 1976). Zusätzlich kann er durch einen *Top-Down* Einfluß moduliert werden.

Es scheint, daß ein Großteil der Kosten eines informationsbasierten Wechsels in einem Cueing Paradigma auf einen kapazitätsfordernden und strategisch modifizierbaren Mechanismus zurückgeführt werden kann.

3.3. Automatische Prozesse in einem Cueing Paradigma

Bislang wurden die Ergebnisse aus der Perspektive der Enkodierungsmechanismen geschildert. Dabei bezieht sich der Begriff ‚Enkodierung‘ auf sensorische Reizanalyse, Kopplung der Reizmerkmale mit ihrer spezifischen Bedeutung, eine ressourcenfordernde Aufrechterhaltung der Aufgabenmerkmale im VKZG. Eine ressourcenfordernde Verarbeitung impliziert, daß sich dabei nicht um automatische Prozesse handelt (Posner & Snyder, 1975). Im Folgenden soll genauer auf automatische Mechanismen in einem Aufgabenwechsel- und speziell einem Cueing Paradigma eingegangen werden.

3.3.1. Wechselkosten als Verarbeitungsvorteil einer Aufgabenwiederholung

Die Annahme einer exklusiven Rolle endogener (intentionaler) Kontrollprozesse während der Vorbereitungsphase in einem Cueing Paradigma wird zunehmend in Frage gestellt. Als Erklärung für den Vorbereitungseffekt werden statt dessen häufiger automatische Prozesse verantwortlich gemacht. Unter dem Oberbegriff automatische Prozesse wird vorwiegend der Priming - Effekt verstanden. Priming reflektiert einen Mechanismus, bei dem die Reizverarbeitung und/oder Handlung aufgrund vorausgegangener, gleicher oder ähnlicher Reize oder Konzepte effizienter wird. Das geschieht unabhängig davon, ob dies beabsichtigt war (Neely, 1977). Das bedeutet, daß automatische Prozesse wie Priming von den intentionalen Prozessen offenbar unabhängig sind (Posner & Snyder, 1975). Diese Annahme kann jedoch nicht als allgemeingültig betrachtet werden (s. z.B. Bargh & Ferguson, 2000 für einen Überblick).

Die Vorreiter des Ansatzes, daß Priming die funktionale Grundlage der Entstehung von Wechselkosten bildet, waren Allport und seine Mitarbeiter (Allport, Styles & Hsieh, 1994, Allport & Wylie, 2000). In ihrem Erklärungsansatz postulierten sie, daß Aktivierung einer zuvor bearbeiteten Aufgabe langandauernd ist und sich auf die Bearbeitung der aktuellen Aufgabe auswirkt. Dabei muß die Aktivierung der irrelevanten Aufgabe gehemmt werden. Wenn die zuvor gehemmte Aufgabe wieder relevant wird, muß die Hemmung wieder überwunden, und die Aufgabe ausreichend aktiviert werden. Dieser Effekt wurde im Rahmen des negativen Priming interpretiert. Umgekehrt ergibt sich ein Vorteil einer Wiederholung der gleichen Aufgabe im Sinne des positiven Priming.

Dreisbach, Heider und Kluwe (2002) fanden in Übereinstimmung mit Befunden von Sohn und Carlson (2000), sowie Ruthruff, Remington und Johnston (2001) Evidenz für eine Dissoziation zwischen Vorbereitung und Wechselkosten und führen das Vorhandensein der Wechselkosten auf einen Verarbeitungsvorteil bei einer Aufgabenwiederholung zurück.

Bei dem Vorbereitungseffekt wird eine stärkere Reduktion der Reaktionszeiten bei einer Ankündigung des Aufgabenwechsels, als bei einer Ankündigung einer Aufgabenwiederholung primär diskutiert (z.B. Rogers & Monsell, 1995; Meiran, 1996). Gleichzeitig wird jedoch ein unspezifischer Vorbereitungseffekt beobachtet, bei dem die Reduktion der Reaktionszeiten sowohl beim Aufgabenwechsel- als auch Wiederholungsdurchgängen in dem gleichen Maße auftritt. Dies wird als Hinweis auf automatische Vorbereitungseffekte interpretiert (Altmann, 2004a).

In einer Studie von Sohn & Carlson (2000) wurde die Möglichkeit zur Aufgabenvorbereitung manipuliert. In den Bedingungen ohne eine spezifische Aufgabenerwartung konnte weder eine Aufgabenwiederholung noch ein Aufgabenwechsel vorbereitet werden. Deshalb sollten die Unterschiede zwischen beiden Bedingungen auf einen automatischen, erleichternden Effekt der Aufgabenwiederholung zurückzuführen sein. Die Ergebnisse zeigten, daß die Kostenreduktion mit und ohne Aufgabenvorbereitung in beiden Bedingungen vergleichbar war. Diese Beobachtung weist auf eine wesentliche Beteiligung des Wiederholungseffektes im Aufgabenwechselfparadigma hin. Dieser Effekt wird mit einer persistierenden Aktivierung einer Aufgabe in Verbindung gebracht, die die Leistung bei einer Wiederholung dieser Aufgabe erleichtert und mit einer wechselnden Aufgabe interferiert.

Arrington und Logan (2004) sowie Logan und Bundesen (2003, 2004) kamen aufgrund ihrer Experimente und formaler Modelle zu der Schlußfolgerung, daß ein großer Anteil der Wechselkosten in einem Cueing Paradigma aus der Differenz zwischen einem Wechsel und Wiederholung der Aufgabensignale resultiert. Da man laut Logan und Bundesen (2003) die Wechselkosten durch eine erleichterte Enkodierung bei einer Wiederholung des Aufgabensignals erklären kann, ist die Annahme eines intentionalen Prozesses während der Aufgabenvorbereitung nicht notwendig (s. auch Mayr & Kliegl, 2003 für ähnliche Befunde, jedoch eine abweichende Interpretation).

Sohn und Anderson (2003) argumentieren ähnlich, indem der wesentliche Aspekt eines erleichternden Effektes bei einer Aufgabenwiederholung in der Wiederholung der Reizdimensionen des Hinweisreizes besteht, während die Analyse eines wechselnden Hinweisreizes die Wechselkosten in dem nachfolgenden Durchgang wesentlich bestimmt.

Diese Befunde erweitern das Verständnis der Entstehung von Wechselkosten und weisen darauf hin, daß automatische Prozesse eine kritische Rolle in der Entstehung der Wechselkosten spielen.

3.3.2. Langzeit- und Kurzzeitpriming als Grundlage der Wechselkosten

Die oben zitierten Untersuchungen machen mehr oder weniger explizit die Annahme einer essentiellen Beteiligung des Priming in einer Aufgabenwechselsituation. Es wird jedoch dabei selten zwischen einem längerandauernden (globalen) Priming des Task Set, bzw. bestimmter S-R – Verknüpfungen und einem kurzfristigen (lokalen) Priming zwischen einem Hinweisreiz und der Aufgabe differenziert (s. jedoch Allport & Wylie, 2000). Zusätzlich muß bei einem unmittelbaren Wechsel zwischen aufeinanderfolgenden Aufgaben in einer unvorhersagbaren Reihenfolge ebenfalls von einem relativ kurzfristigen, lokalen Priming ausgegangen werden.

Die bisherigen Ansätze, die ein Task Set - Priming als Ursache der Wechselkosten postulieren, untersuchten diese Hypothese jedoch primär unter Verwendung einer vorhersagbaren Aufgabenabfolge (z.B. *Alternating Runs*, Rogers & Monsell, 1995). Auch die formalen Modelle, die Beteiligung von Priming beim Aufgabenwechsel analysieren, basieren auf Simulationen ohne explizite Hinweisreize und gehen eher von globalen Primingeffekten aus (Gilbert & Shallice, 2002; Yeung & Monsell, 2003).

In einem Cueing Paradigma lassen sich kurzzeitige Primingeffekte zwischen den Reizen innerhalb eines Durchgangs als auch zwischen den aufeinanderfolgenden Durchgängen untersuchen. Bei dem Kurzzeitpriming kann es sich ebenfalls um die Wirkung der Aufgabenmerkmale einer Maske auf den Testreiz (im Sinne des *NCE*, S.73) handeln.

In der nachfolgenden Diskussion wird deshalb zwischen kurzzeitigen und langzeitigen Primingeffekten unterschieden.

3.3.3. Perzeptuelles oder konzeptuelles Kurzzeitpriming?

Wenn es sich bei den hier berichteten Experimenten tatsächlich um Priming in der Sequenz Hinweisreiz - Maske - Testreiz handelt, stellt sich die Frage, ob es sich dabei um ein perzeptuelles oder ein konzeptuelles Priming handelt. Der Hinweisreiz besteht aus zwei Aufgabenmerkmalen. Dieser Hinweisreiz könnte als ein perzeptuell kodiertes Objekt ohne seine spezifische Bedeutung repräsentiert sein. Evidenz für eine Entkopplung symbolisch kodierter Aufgabenmerkmale von ihrer spezifischen Bedeutung liefert ein Experiment von Kleinsorge, Schmidtke, Gajewski und Heuer (2003).

Alternativ dazu können Reizmerkmale in Form einer assoziativen Verknüpfung zwischen dem visuellen Reiz und der damit verknüpften Aufgabeninformation repräsentiert werden (Gordon & Irwin, 2000). Für diese Alternative sprechen einige Befunde. Rabbitt und Vyas (1973) untersuchten die Frage, welche Faktoren einen erleichternden Wiederholungseffekt bedingen. Die Autoren konnten zeigen, daß die gleichen, abstrakten S-R - Verknüpfungen und weder die gleichen Reize noch die gleichen Reaktionen alleine die Reaktionszeitreduktion hervorrufen. Allport et al. (1985) argumentieren, daß auch das Phänomen des negativen Priming nicht von den physikalischen Ähnlichkeiten zwischen Prime und Probe abhängt, sondern auf semantischen Assoziationen beruht. Arrington und Logan (2004) untersuchten den Beitrag des episodischen vs. semantischen Gedächtnisses in der Entstehung der Wechselkosten in einem Cueing Paradigma. Dazu manipulierten sie die Anzahl der möglichen Zielreize (d.h. S-R-Verknüpfungen) zwischen Probandengruppen. Da die Leistung zwischen den Gruppen sehr ähnlich war, schlossen Arrington und Logan (2004) daraus, daß eine Aufgabe auf der Aktivierung der semantischen Information bezüglich eines Task Set aus dem Gedächtnis basiert. In einer neuen Studie testeten Schneider und Logan (2005) die Annahme des positiven Priming im Cueing Paradigma. Ihre Ergebnisse sowie ein formales Modell liefern Evidenz, daß die wichtigste Quelle der Wechselkosten im Priming von Aufgabensignalen (*Task Cues*) zu suchen ist.

Gewöhnlich werden die Aufgaben, die ein Hinweisreiz übermittelt in Form abstrakter Symbole, bzw. Wörter kodiert. Deshalb übermittelt ein symbolischer Hinweisreiz weder die Identität des imperativen Reizes noch die relevante Reaktion, sondern Information über abstrakte Aufgabendimensionen, bzw. eine Subgruppe der relevanten S-R - Verknüpfungen. Demzufolge muß es sich in einem Cueing

Paradigma um konzeptuelles Priming handeln, wenn man Primingeffekte der Aufgabensignale auf die Bearbeitung der Testaufgabe findet (Schneider & Logan, 2005).

Angesichts der raschen Etablierung von semantischen Verknüpfungen, starker Robustheit und hoher Replikabilität, auch unter schwierigen perzeptuellen Situationen (Maskierung, Doppelaufgaben, RSVP – Paradigma) kann angenommen werden, daß es sich auch in der Aufgabenwechselsituation vorwiegend um ein konzeptuelles Priming handelt. In diesem Sinne bedeutet Priming eine erleichterte Verarbeitung von spezifischen Task Sets bzw. Aufgabenkombinationen (z.B. numerisch/inkompatibel). Für ein konzeptuelles/semantisches Priming in den vorliegenden Experimenten spricht zum einen die Tatsache, daß der Prime (Hinweisreiz, bzw. Maske) sich mit dem Testreiz räumlich nicht überlappt und, und was wichtiger ist, die physikalischen Reizeigenschaften zwischen beiden Reizen unterschiedlich sind. Zum zweiten deutet das Ergebnis des zweiten Experimentes zweifellos auf die Beteiligung des konzeptuellen Priming hin, weil man unter der Annahme eines rein perzeptuellen Priming bei einer Änderung der Bedeutung von Reizmerkmalen nicht ein gleiches, sondern ein „spiegelverkehrtes“ Ergebnismuster hätte erwarten können (vgl. Abb. 2.3b und 2.4b).

Insgesamt bietet das Phänomen des Priming eine sparsame und plausible Erklärung für eine Reihe von Beobachtungen in einem Aufgabenwechselparadigma. Es beinhaltet einige für das perzeptuelle und kognitive System nützliche Eigenschaften

1. wenn eine Hinweisreiz - Task Set Assoziation einmal etabliert wurde, kann sie effektiv und schnell wieder aktiviert werden.
2. je häufiger die Assoziation durch ihre wiederholte Aktivierung gestärkt wird, desto schneller und genauer erfolgt die damit verknüpfte Reaktion (Wiggs, Martin, Howard, 1994).
3. durch eine wiederholte Exposition nimmt die Beanspruchung der kognitiven Ressourcen ab (Desimone, 1996).
4. eine einmal etablierte Assoziation ist resistent gegen Zerfall über lange Zeitintervalle hinweg (Cave, 1997; Tulving, Schacter & Stark, 1982).
5. die Ereignisse die miteinander verknüpft werden, müssen keine perzeptuelle oder semantische Ähnlichkeit haben (Cooper, Schacter, Ballesteros, Moore, 1992).
6. ein minimales Ausmaß an Aufmerksamkeit ist notwendig, um Priming zu beobachten (Bentin, Moscovitch, Nirhod, 1998). Und schließlich ist Priming nicht anfällig für (z.B. maskierungsbedingte) Interferenzwirkungen (Fisk & Schneider, 1984).

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß aufgrund der in diesem Kapitel zitierten Befunde angenommen werden muß, daß globale und lokale Primingeffekte eine kritische Rolle in der Entstehung von Wechselkosten spielen. Dennoch kann daraus nicht geschlußfolgert werden, daß automatische Prozesse die Resultate aus den Experimenten zum Aufgabenwechsel vollständig erklären können.

3.4. Zwei Arten von Aufgabenrepräsentationen in einem Cueing Paradigma

Es sollen nun theoretische Implikationen automatischer und Enkodierungsprozesse für die hier dargestellten Experimente detaillierter diskutiert werden.

Kleinsorge, Gajewski & Heuer (2005) beobachteten in zwei Experimenten, daß der Effekt der *Inter-Task Relation*, der sich in einem nichtmonotonen Profil der Wechselkosten äußert, über drei Längen des Vorbereitungsintervalls (25, 250, 1250 ms) unverändert blieb. Gleichzeitig offenbarte sich eine monotone Zunahme der Kosten als Funktion inkorrekt angekündigter Aufgabendimensionen (*Precue-To-Task Relation*). Sie folgerten daraus, daß Aufgaben in zwei qualitativ unterschiedlichen Formaten repräsentiert werden und sie deshalb die Kosten unterschiedlich modulieren. Die unterschiedlichen Kostenprofile können also mit separaten Verarbeitungsprozessen in Verbindung gebracht werden. Dadurch wird die Annahme in Frage gestellt, daß nur eine relevante Aufgabenrepräsentation aktiv aufrechterhalten werden kann (z.B. Mayr & Kliegl, 2000).

Bemerkenswert war allerdings, daß beide Arten der Aufgabenrepräsentation parallel existieren. Eine Möglichkeit die simultane Existenz von Aufgabenrepräsentationen zu erklären wäre, daß sie nicht gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis aufrechterhalten werden, weil es sonst zur Interferenz kommen würde (Klingberg & Roland, 1997; Koch, Metin & Schuch, 2003; Lalonde & Chaudhuri, 2002; Todd & Marois, 2004).

Eine andere Alternative wäre, daß es sich dabei um eine simultane Existenz von einem kapazitätsunabhängigen Basisprozeß und einem kapazitätsfordernden Prozeß handelt (z.B. Altmann & Gray, 1999; Maki, Frigen & Poulson, 1997).

Um diese Annahme zu rechtfertigen muß man die Eigenschaften der beiden Aufgabenrepräsentationen genauer untersuchen.

3.4.1. Strukturierte Aufgabenrepräsentation

Bei einer strukturierten Aufgabenrepräsentation handelt es sich offenbar um eine überlernte Repräsentation der dimensional Aufgaben, die im Langzeitgedächtnis gespeichert ist. Diese Art der Repräsentation beinhaltet einen strukturierten ‚Aufgabenraum‘, der sich aus einer hierarchischen Anordnung von beiden Aufgabendimensionen zusammensetzt. Diese Repräsentation wird während der Ausführung eines jeden Durchgangs aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen und wird bei einem Wechsel von beiden Aufgabendimensionen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen evident. Allerdings muß an dieser Stelle bemerkt werden, daß sich die Ausführungen auf einen doppelten Wechsel, d.h. einen Wechsel von beiden Aufgabendimensionen gleichzeitig beziehen. Wird nur ein Wechsel des Urteils erforderlich, muß das Mapping "rückgeschaltet" werden, ein Prozeß, der zweifellos kapazitätsfordernd ist.

Wie in der Einleitung dargestellt, äußert sich die strukturierte Aufgabenrepräsentation in einem nichtmonotonen Kostenprofil (d.h. die Umschaltung zwischen zwei Aufgabendimensionen nimmt weniger Zeit in Anspruch als eine Umschaltung der Urteilsdimension alleine). Dieses Reaktionszeitmuster tritt fast immer auf, wenn man einen Wechsel beider Aufgabendimensionen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen untersucht. Dieses Profil ist zudem charakteristisch für diverse, experimentelle Anordnungen, in denen keine Aufgabenvorbereitung möglich ist, die Aufgabe korrekt (s. Effekte der *Inter-Task Relation* in der vorliegenden Arbeit) oder sogar inkorrekt (d.h. Effekte der *Inter-Task Relation* auf der Datenbasis von falschen Aufgabenankündigungen - nicht berichtete Ergebnisse) angekündigt wird. Zusätzlich bleibt der Effekt über kurze oder lange Intervalle zwischen sukzessiven Durchgängen unverändert (Kleinsorge et al., 2005) und bleibt vom Vorhandensein einer Maske sowie der Länge des Maske-Stimulus-Intervalls weitgehend unbeeinflusst.

Dies weist darauf hin, daß ein „Abdruck“ der Aufgabe vom vorangegangenen Durchgang eine überdauernde Struktur hat, die durch eine angekündigte Aufgabe weder modifiziert wird noch interferenzanfällig ist. Diese Beobachtungen deuten auf eine extrem robuste Struktur dieser Repräsentation hin.

Dieses Konzept entspricht der Annahme eines ‚passiven Carry-Over‘, die von den Verfechtern der Task Set Priming - Hypothese als Ursache der Wechselkosten diskutiert wird (Allport et al., 1994; Allport & Wylie, 2000, Gillbert & Shallice, 2002, Waszak, Hommel & Allport, 2003). Die generalisierte Umschaltung kann deshalb als

Folge eines Langzeit- und Kurzzeitpriming der strukturierten Aufgabenrepräsentation auf die Ausführung der aktuellen Aufgabe interpretiert werden.

Abbildung 3.1 stellt schematisch die wichtigsten Einflußfaktoren bei der Bearbeitung einer wechselnden Aufgabe in dem vorliegenden Paradigma dar.

Die langzeitgedächtnisbasierte Repräsentation des Aufgabenraumes (eine gemeinsame Repräsentation aller relevanten Aufgaben) wirkt sich auf die Bearbeitung jeder einzelnen Aufgabe im gleichen Maße aus. Diese Repräsentation wird durch jeden Abruf und Ausführung der zweidimensionalen Aufgaben gefestigt. Zusätzlich wirkt sich die im Durchgang n-1 ausgeführte Aufgabe auf die Bearbeitung der aktuellen Aufgabe im Sinne des Kurzzeitpriming aus und moduliert dadurch die Wechselkosten. Wird eine inkongruente Aufgabe hinsichtlich beider Aufgabendimensionen relevant, werden die Task Sets ersetzt. Wird dagegen ein Wechsel nur in einer Dimension verlangt, muß eine korrektive Rückschaltung der anderen Dimension erfolgen (siehe S. 26). Zusätzlich kann die Repräsentation der Aufgabe aus Durchgang n-1 durch die Aufgabenmerkmale der Maske gestärkt werden: wenn durch den Hinweisreiz eine neue Aufgabe korrekt angekündigt wird, sollte im Sinne des Negativen Kompatibilitätseffektes die komplementäre Aufgabe aktiviert werden (d.h. die Aufgabe aus n-1, s. Abb. 3.1).

Eine besondere Situation stellt die Beobachtung einer generalisierten Umschaltung als Funktion inkorrekt angekündigter Aufgabenankündigung etwa 250 Millisekunden nach der Präsentation der Maske dar. Es ist naheliegend, daß diesem Kostenmuster eine Inkongruenz zwischen aktiven Aufgabenrepräsentationen zugrunde liegt. Es stellt sich nun die Frage, wie sich die generalisierte Umschaltung in diesem Zeitfenster erklären läßt und insbesondere zwischen welchen aktiven, inkongruenten Aufgaben liegt ein Konflikt vor?

Erstens, es wäre denkbar, daß es sich dabei um eine Inkongruenz zwischen der Aufgabe im Durchgang n-1 und der Aufgabe des (komplementären) Hinweisreizes handelt. Zweitens, es wäre möglich, daß es sich dabei um eine andere Form der Inkongruenz zwischen der Aufgabe eines Hinweisreizes und des Testreizes handelt, als eine aktive kapazitätsfordernde Auflösung der Aufgabeninkongruenz. Auf weitere Implikationen dieser Annahme wird im Kapitel 3.5.2. eingegangen.

folgenden soll diese Art der Repräsentation mit dem Begriff ‚merkmalsbasierte Aufgabenrepräsentation‘ bezeichnet werden. Die merkmalsbasierte Repräsentation kann über längere Zeit aktiv aufrechterhalten werden und kann trotz einer Interferenzeinwirkung reaktiviert werden. Es gibt zwei Arten von Evidenz, die für diese Annahme sprechen: erstens, diese Repräsentation überdauert Interferenz, die durch eine Maske hervorgerufen wird (Exp. 6) und zweitens, sie überdauert Interferenz, die durch Ausführung einer anderen Aufgabe entsteht (Kleinsorge & Gajewski, im Druck). Eine aktive Aufrechterhaltung der Aufgabeninformationen über längere Zeit geht mit zunehmenden Kosten einher (Altmann & Gray, 1999). Diese Repräsentation zerfällt nach der Ausführung der relevanten Aufgabe, wenn ihre Aufrechterhaltung nicht mehr notwendig ist, weil sie ihre Wirkung in dem nachfolgenden Durchgang (n+1) nicht mehr nachweisen läßt. (s. auch Altmann, 2002, Altmann & Gray, 1999, 2002; s. auch Schneider & Logan, 2005 für ein ähnliches Konzept).

Abbildung 3.2 stellt schematisch die wichtigsten Einflußfaktoren bei der Bearbeitung eines inkorrekt angekündigten Aufgabenwechsels bei einer tatsächlichen Aufgabenwiederholung aus dem Durchgang n-1 dar.

Der kapazitätsfordernde Prozeß basiert hier auf der Enkodierung und einer aktiven Aufrechterhaltung von Aufgabeninformation sowie einer anschließenden Aktualisierung von inkorrekt angekündigten Aufgabendimensionen. Wenn sich die angekündigten Aufgabeninformationen nach der Präsentation des Testreizes als inkorrekt erweisen, müssen sie revidiert werden. Dieser Abgleichprozeß reflektiert eine Konfliktauflösung zwischen inkongruenten (visuellen) Informationen (DeSchepper & Treisman, 1996; Egly, Driver & Rafal, 1994; Kahneman, Treisman & Gibbs, 1992; Lowe, 1985; Neil, 1997; Neill et al., 1992; Park & Kanwisher, 1994). Der Vorgang der Revision beansprucht kognitive Ressourcen, wodurch die Kosten mit der Anzahl der inkorrekt angekündigten (inkongruenten) Aufgabendimensionen monoton zunehmen. Der monotone Anstieg der Kosten deutet darauf hin, daß beide Dimensionen in keinem Abhängigkeitsverhältnis stehen und das Gegenteil einer strukturierten Repräsentation implizieren. Insofern kann während der Aktualisierung von inkongruenten Aufgabendimensionen von einem sequentiellen Prozeß ausgegangen werden. Es wäre z.B. denkbar, daß beide Aufgabendimensionen im VKZG entweder in separaten Kanälen, oder als zwei separate Informationen kodiert

sind. Andererseits wäre denkbar, daß einer sequentiellen Aktualisierung von Aufgabenmerkmalen eine Kapazitätslimitierung zugrunde liegt.

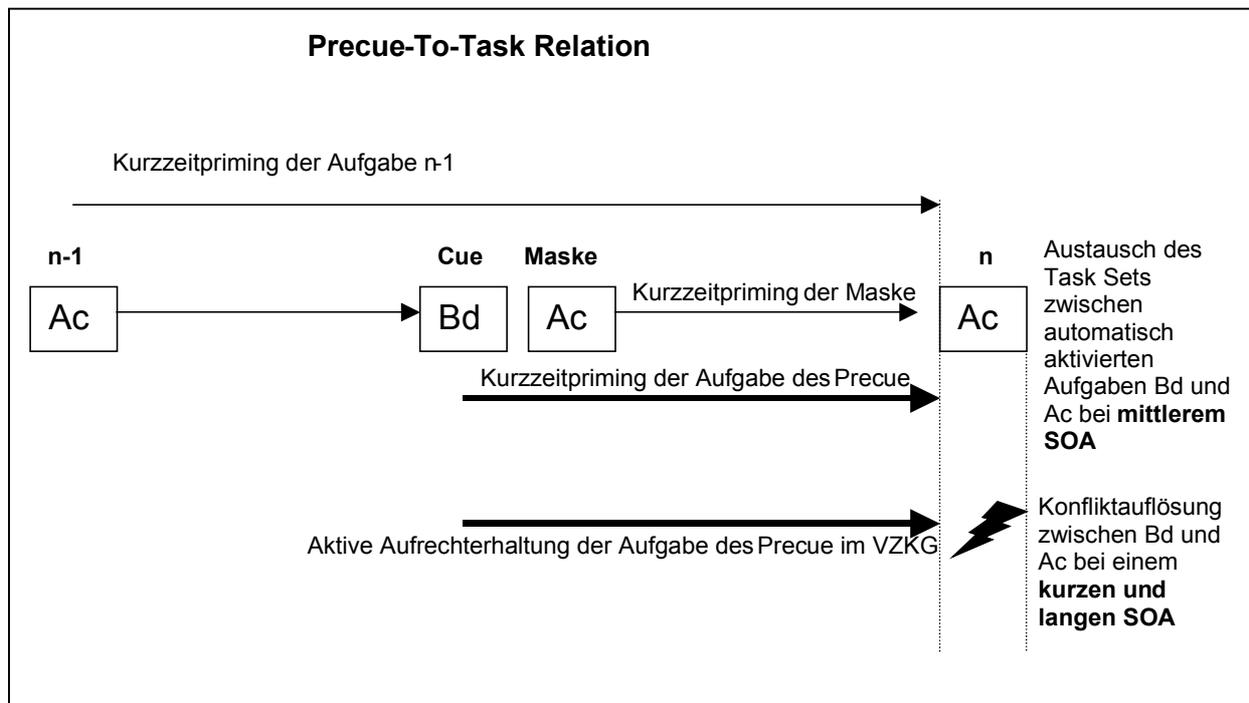


Abb. 3.1. Eine schematische Darstellung der wirksamen Prozesse bei der Preuce-To-Task Relation. Die Langzeitprimingeffekte aus Abb. 3.1 wurden hier aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht berücksichtigt. Die vorangegangene Aufgabe (Ac) im Durchgang n-1 bahnt positiv die Aufgabe im Durchgang n (Ac). Bei einer Ankündigung einer neuen Aufgabe (Bd) werden ihre Aufgabenmerkmale aktiv im VKZG aufrechterhalten. Die nachfolgende Maske beeinflusst nicht die Aufgabenrepräsentation im VKZG bei kurzen und langen Intervallen zwischen dem Hinweisreize und dem Testreiz (SOA kurz und lang). Sie interferiert jedoch bei mittlerem SOA wodurch die Aufgabenrepräsentation beeinträchtigt wird. Es entsteht eine vorübergehende 'Repräsentationslücke'. In diesem Zeitfenster wird der Austausch von inkongruenten Task Sets evident, die von dem Hinweisreiz und dem Testreiz aktiviert wurden. Die aktive Aufrechterhaltung der Information als auch die Konfliktauflösung bei einem inkorrekt angekündigtem Aufgabenwechsel implizieren einen kapazitätsfordernden Prozeß, der durch Priming nicht beeinflusst wird und vice versa. (A,B: Urteil; c,d: Mapping).

Die Maskierung bewirkt Interferenz, die sich mit einer Latenz von etwa 250 ms auf die ressourcenfordernde Auflösung der Inkongruenz zwischen den Aufgabenmerkmalen des Hinweis- und des Testreizes auswirkt. In der Phase wird die strukturierte Aufgabenrepräsentation evident, die durch Priming der inkongruenten Aufgabe des Hinweisreizes auf den Testreiz entsteht (vgl. Abb. 3.1.). Wenn die Ressourcen des Kurzzeitgedächtnisses wieder verfügbar sind, wird die merkmalsbasierte Repräsentation reaktiviert (Exp. 6). Diese Ausführungen mögen zum Teil spekulativ anmuten. Dennoch scheint es, daß mit Hilfe dieses relativ komplexen Zusammenspiels von grundlegenden psychologischen Prozessen eine plausible Interpretation der vorliegenden Befunde möglich ist.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß die hier diskutierten Resultate und ihre Interpretation mit neueren Ergebnissen im Einklang stehen, in denen Evidenz für eine Beteiligung des Priming und die Rolle der Enkodierung sowie Aufrechterhaltung der Aufgabeninformation im VKZG im expliziten Cueing – Paradigma als kritisch für die Entstehung der Reaktionszeitkosten postuliert wurde (Altmann, 2003, 2004a, 2004b; Altmann & Gray, 1999; Arrington, Altmann & Carr, 2003; Arrington & Logan, 2004; Dreisbach, Heider & Kluwe, 2002; Logan & Bundesen, 2003, 2004; Schneider & Logan, 2005; Sohn & Anderson, 2001, 2003; Sohn & Carlson, 2000). Auch gibt es Hinweise, daß Priming und ein kapazitätsfordernder Prozeß der Kurzzeitgedächtniskonsolidierung parallel und unabhängig voneinander existieren können (z.B. Maki, Frigen & Poulson, 1997, Vogel, Luck & Shapiro, 1998).

3.5. Aufgabenrepräsentationsebenen in Modellen der exekutiven Kontrolle

Nach einer detaillierten Darstellung der funktionalen Zusammenhänge in Anlehnung an die bestehenden Befunde und Theorien zur Rolle von enkodierungs- und automatischen Prozessen in einem Cueing Paradigma, gilt es einen integrativen Ansatz zu skizzieren und das Phänomen von zwei distinkten Aufgabenrepräsentationen in den Kontext der exekutiven Kontrolle einzubinden.

Nach dem Modell von Norman und Shallice (1986) werden bereits etablierte Schemata, entweder durch einen Reiz oder unter Beteiligung einer kontrollierenden Instanz des SAS (*Supervisory Attentional System*) aktiviert. Ein Schema besteht nach deren Auffassung aus Verhaltenseinheiten. Es können relativ einfache Reiz-Reaktionsverknüpfungen aber auch relativ komplexe Tätigkeiten sein. Funktional kann man die Einheiten als Task Sets bezeichnen, die nach einer gewissen Übung automatisch ablaufen können. Bezogen auf die experimentelle Situation kann man von einer reizbezogenen Aktivierung einer bestimmten Aufgabenregel ausgehen, die durch eine bestimmte Anzahl von S-R – Verknüpfungen eindeutig definiert ist. Mit anderen Worten wird das Verhalten durch eine automatische Aktivierung der Aufgabeneinstellungen eingeleitet. Aktivierung eines habituellen Verhaltens aufgrund eines externen Reizes wird mit dem Begriff ‚exogene Kontrolle‘ bezeichnet.

Die intentionale, bzw. kontrollierte Aktivität äußert sich dagegen bei der Organisation der Schemata, ihrer Hemmung, Modifizierung sowie längerfristiger Zielsetzung. Die

Intention eine Tätigkeit auszuführen wird mit einem endogenen Kontrollprozeß in Verbindung gebracht. Dabei wird angenommen, daß bei einem Wechsel zwischen unterschiedlichen Aufgabeneinstellungen der endogene Prozeß eine neue Einstellung initiiert, während die Ausführung einer Aufgabe von den Eigenschaften des Reizes abhängig ist (Rogers & Monsell, 1995).

Die Aufgabenrekonfigurationstheorie postuliert, daß ein mentaler ‚Gangwechsel‘ eingeleitet wird, indem das kognitive System durch Lenkung der Aufmerksamkeit auf relevante Reizattribute, konzeptuelle Kriterien, Verhaltensmuster usw. gerichtet wird und sie auf diese Weise ins prozedurale Arbeitsgedächtnis ruft. Dieser Prozeß scheint intuitiv zeitfordernd zu sein und kann zum großen Teil vor die Reizpräsentation vorgezogen werden (Monsell, 2003). Die Vertreter der Aufgabenrekonfigurationstheorie (DeJong, 2000; Meiran, 1996; Monsell, 1996, 2003; Rogers & Monsell, 1995; Rubinstein, Meyer & Evans, 2001) führen die Existenz der Kosten beim Wechsel zwischen Aufgabeneinstellungen auf diesen Kontrollprozeß zurück, der nur beim Aufgabenwechsel aktiv ist.

Im Gegensatz dazu, gehen Vertreter der Aktivierungsansätze (Allport et al. 1994, Allport & Wylie, 1999, 2000; Waszak, Hommel & Allport, 2003) davon aus, daß es nicht notwendig ist einen zusätzlichen Prozeß für die Erklärung der Wechselkosten zu postulieren. Gilbert and Shallice (2002) argumentieren, daß der Verarbeitungsprozeß bei wiederholten und nichtwiederholten Durchgängen prinzipiell der gleiche ist. Der einzige Unterschied besteht in dem initialen Zustand des Verarbeitungsnetzwerks, der in der Konsequenz den Prozeß der Reaktionsauswahl beeinflusst. Diese Idee beinhaltet, daß Assoziationen zwischen Reizen und Reaktionen gelernt werden und sie ihrerseits die Leistung in jedem einzelnen Durchgang beeinflussen. Diese S-R - Verknüpfungen gelten als Task Sets mit einer residualen Aktivierung, die bei einem Wechsel der Aufgabe mit der nun relevanten Aufgabe interferieren und auf diese Weise die Reaktionszeiten verzögern.

3.5.1. Aktivierung des Task Set durch einen expliziten Hinweisreiz

Es wird angenommen, daß unter Anwendung eines Signals, das die nachfolgende Aufgabe ankündigt, der Prozeß der Rekonfiguration eingeleitet werden kann (Sudevan & Taylor, 1987). Diese Annahme ist jedoch nicht unproblematisch, weil in einigen Studien keine Reduktion der Wechselkosten durch Vorbereitung beobachtet werden konnte (z.B. Altmann, 2004a; Dreisbach et al., 2000; Sohn & Carlson, 1998),

die Vorbereitung in einem Teil der Durchgänge mißlingt (De Jong, 2000), oder die Probanden sich über den Zustand ihrer Vorbereitung nicht bewußt sind (Meiran, Hommel, Bibi & Lev, 2002). Obwohl für die Verarbeitung eines Hinweisreizes häufig ausreichend viel Zeit zu Verfügung steht, führt er nicht zu einem vollständigen Umschaltprozeß, was sich in den residualen Wechselkosten widerspiegelt. Dementsprechend scheint es, daß ein Hinweisreiz nur bedingt für eine endogene Vorbereitung genutzt werden kann (Altmann, 2004a).

Eine mögliche Erklärung dafür wäre, daß ein symbolischer Hinweisreiz keine konkrete Reizidentität und demzufolge keine Reaktion ankündigt, was dazu führt, daß residualen Wechselkosten auf die Programmierung von Reaktionen beim Erscheinen des imperativen Reizes zurückgehen. Tatsächlich haben Schuch und Koch (2003) und Wylie, Foxe & Javitt (2004) neulich zeigen können, daß bei einer Kombination des Aufgabenwechsels mit dem Go/No-Go – Paradigma die residualen Wechselkosten signifikant reduziert werden, wenn im vorangegangenen Durchgang keine Reaktion ausgewählt werden mußte (No-Go – Durchgänge). Allerdings bewirkt die Einführung der No-Go – Durchgänge in einem beachtlichen Anteil der Durchgänge eine Beeinträchtigung der globalen Motivation, sich in die Aufgabenvorbereitung zu engagieren. Kleinsorge & Gajewski (2004) konnten den Befund von Schuch und Koch (2003) replizieren, führten jedoch zusätzlich eine Bedingung ein, in der nach einem No-Go – Trial in 80% der Fälle eine Aufgabenwiederholung auftreten konnte. Diese Manipulation hat dazu geführt, daß die allgemeine Vorbereitungseffektivität zugenommen hat, so daß Wechselkosten nach den No-Go – Durchgängen wieder zu verzeichnen waren. Dieses Ergebnis weist darauf hin, daß eine Mobilisierung der Ressourcen in der Vorbereitungsphase möglich und effizient ist Kosten hervorzurufen. Eine weitere Evidenz gegen die Annahme, daß Reaktionsprogrammierung die einzige Ursache der Wechselkosten ist, ist die Tatsache, daß symbolische Hinweisreize mit deutlichen Kosten einhergehen, wenn sie die nachfolgenden Aufgaben inkorrekt ankündigen. Eine plausible Erklärung für die divergierenden Befunde wäre, daß es sich bei den Kosten, die aufgrund des Wechsels zwischen tatsächlich ausgeführten Aufgaben und nichtausgeführten Aufgaben, wie im Falle des No-Go Durchgangs oder einer falsch angekündigten Aufgabe, um zwei separate Effekte handelt, die sich unter Verwendung zweidimensionaler Aufgaben als zwei unterschiedliche Umschaltprofile darstellen lassen (Kleinsorge, Gajewski & Heuer, 2005). Noch eine andere

Möglichkeit für die Ineffektivität der Hinweisreize auf die Kostenreduktion könnte darin bestehen, daß die Aufgabenmerkmale eines symbolischen Hinweisreizes von ihrer spezifischen Bedeutung entkoppelt sind. Dies kann zutreffen, wenn kein Task Set bzw. keine unmittelbare Assoziation zwischen den physikalischen Merkmalen des Hinweisreizes und den entsprechenden S-R Verknüpfungen der Aufgaben etabliert wurden (Kleinsorge, Schmidtke, Gajewski & Heuer, 2003).

Die Zeit, die für die Aktivierung eines Task Set benötigt wird, hängt von dem Grad seiner Voraktivierung ab (z.B. Allport et al. 1994). In einem Cueing Paradigma wird ein Task Set durch die vorgelagerte Präsentation eines Hinweisreizes voraktiviert. Wenn ein mit dem Hinweisreiz kongruenter Testreiz präsentiert wird, muß beim Erscheinen des Testreizes kein neues Task Set aktiviert werden. Wenn dagegen eine Aufgabe inkorrekt angekündigt wurde, muß ein anderes Task Set aktiviert werden, wodurch die Bearbeitungszeit verzögert wird. Die Differenz zwischen einem positiv gebahnten Task Set und Hemmung eines voraktivierten Task Set sowie einer anschließender Aktivierung eines neuen Task Set durch einen Testreiz beträgt in den hier referierten Experimenten durchschnittlich 200 ms. Eine Verlängerung der Vorbereitungsphase, bzw. eine strategische Ressourcenmobilisierung gibt die Möglichkeit die Repräsentation des aktivierten Task Set zusätzlich zu festigen. In dieser Situation wird ein stärkeres Maß an Inhibition benötigt, wenn sich das voraktivierte Task Set als falsch erweist. Dieser „Re-Konfigurationsprozeß“ führt schließlich zu höheren Kosten.

3.5.2. Parallele Existenz von zwei Aufgabenrepräsentationen

Zweifellos bedingt sowohl die Vorbereitungsmotivation, die Vorbereitungszeit, als auch die Stärke der Kopplung eines Reizmerkmals mit einer Aufgabe die Wahrscheinlichkeit ein Task Set zu aktivieren. Die grundsätzliche Frage die sich jedoch dabei stellt ist, wie der Transfer zwischen einer symbolisch kodierten Information und der Aktivierung eines Task Sets abläuft.

Nach den bisherigen Ausführungen spielen bei einer hinweisreizbasierten Vorbereitung zwei parallel ablaufende Mechanismen eine kritische Rolle: Priming und Aufrechterhaltung von Aufgabeninformationen im visuellen Arbeitsgedächtnis. Der erste Mechanismus hat eine weitgehend automatische Grundlage. Im Gegensatz dazu ist die aktive Aufrechterhaltung der Aufgabeninformation interferenzanfällig und

deshalb kann angenommen werden, daß der Mechanismus aufmerksamkeits- und kapazitätsfordernd ist.

Priming aktiviert die Langzeitrepräsentation der Aufgabe, die mit dem Hinweisreiz assoziiert ist. Vom gleichen Prozeß kann ausgegangen werden, wenn der Testreiz dargeboten wird. Da man jedoch bei einem Hinweisreiz die Aufgabenmerkmale nicht direkt mit einer entsprechenden Reaktion verknüpfen kann, müssen sie über eine gewisse Zeitspanne aktiv aufrechterhalten und gegen potentielle Interferenzeinflüsse abgeschirmt werden. Die Form dieser Repräsentation im Kurzzeitgedächtnis entspricht vermutlich einem perzeptuell - konzeptuellen „Compound“, das man als Task Set bezeichnen kann. Diese Repräsentation kann durch eine kognitive Ressourcenmobilisierung verstärkt werden (Falkenstein, Hoormann, Hohsbein & Kleinsorge, 2003; Kleinsorge, 2001; Kleinsorge & Gajewski, 2004; Kleinsorge, Gajewski & Heuer, 2005, vgl. Exp. 1 und 2).

Indizien für eine Dichotomie zwischen zwei parallelen Prozessen liefern z.B. Experimente, die einen Zusammenhang zwischen der Kongruenz eines Prime mit dem Testreiz und der Intervalllänge zwischen beiden Reizen untersuchten: bei kurzen Vorbereitungsintervallen wird nur ein erleichternder Effekt beobachtet (Kurzzeitpriming), während ein inhibitorischer aufmerksamkeitsfordernde Effekt nur bei langen Vorbereitungsintervallen gefunden wurde (Posner & Boies, 1971; Posner & Klein, 1973; Posner & Snyder, 1975, s. auch Eimer, 1999).

Bezugnehmend auf Keele und Boies (1973) argumentieren Posner und Snyder (1975), daß mit dem Erscheinen eines Prime eine automatische, kapazitätsunabhängige Aktivierung beginnt, die im weiteren Verlauf der Vorbereitung bewußt und kapazitätsfordernd wird. Da Priming jedoch relativ stabil und langandauernd ist, kann davon ausgegangen werden, daß seine Wirkung auch eine kapazitätsfordernde Tätigkeit überdauert.

Eine inhaltlich verwandte Unterscheidung zwischen zwei parallelen Prozessen beim Aufgabenwechsel postulierte Altmann und Gray (1999). In ihrem SASM – Modell (*Serial Attention as Strategic Memory*) postulierten sie mehrere Einflußfaktoren, die Kosten beim Wechsel und Aufrechterhaltung von Aufgaben erklären. Einen Faktor repräsentiert die Grundaktivierung der Aufgaben, die durch ihre wiederholte Bearbeitung verstärkt wird (Langzeitpriming). Die zweite Einflußgröße stellt assoziatives Priming durch unmittelbare Aktivierung der Aufgabe dar (Kurzzeitpriming). Ein weiterer Parameter, der dem Modell zugrundegelegt wird, ist

die Enkodierungszeit des Hinweisreizes, die einer strategischen Kontrolle unterliegt. Altmann und Gray (1999) haben in ihren Experimenten beobachtet, daß Aufrechterhaltung einer angekündigten Aufgabe mit einem Anstieg der Reaktionszeiten und Fehler verbunden ist, je länger das Task Set aufrechterhalten werden muß. Daraus schlossen Altmann und Gray, daß die Stärke der Aufgabenrepräsentation mit der Zeit sukzessiv abnimmt, wenn sie nicht aktiv aufrechterhalten wird. Aufgrund der Annahmen die dem Modell zugrunde liegen, sowie empirischer Daten scheint die Hypothese einer parallelen Aufgabenaktivierung und Aufrechterhaltung einer anderen Aufgabe durchaus plausibel zu sein.

Eine weitere Evidenz für parallele Koexistenz von Priming und Konsolidierung der Inhalte im visuellen Kurzzeitgedächtnis stellen die bereits erwähnten Befunde zum Attentional Blink dar (Giesbrecht & Di Lollo, 1998; Luck, Vogel & Shapiro, 1998; Maki, Frigen & Poulson, 1997; Rolke, Heil, Streb & Hennighausen, 2001; Shapiro, Driver, Ward & Sorensen, 1997).

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß eine hierarchisch organisierte, strukturierte Aufgabenrepräsentation bei einer Auflösung der Inkongruenz zwischen zwei kurzzeitig aktivierten Task Sets evident wird. Die Aktivierung und Aufrechterhaltung dieser Form der Repräsentation erfordert vermutlich ein wesentlich kleineres Ausmaß an kognitiven Ressourcen, als im Falle einer aktiven Aufrechterhaltung der Aufgaben im Kurzzeitgedächtnis. Diese Art der Umschaltung wird erst dann kapazitätsfordernd, wenn eine korrektive Rückumschaltung einer Dimension verlangt wird.

Dagegen wird eine unstrukturierte Repräsentation der Aufgabendimensionen bei einer Konfliktauflösung zwischen zwei inkongruenten Task Sets sichtbar, wenn ein Task Set in Form von Aufgabenmerkmalen des Hinweisreizes aktiv aufrechterhalten werden muß. Die Auflösung des Konfliktes zwischen unterschiedlich Repräsentierten Task Sets scheint besonders kapazitätsfordernd zu sein und erfolgt vermutlich für jede Aufgabendimension separat. Dieser ressourcenkonsumierende Prozeß läßt sich durch Interferenz vorübergehend unterdrücken, was zur Folge hat, daß die gut etablierte, langzeitgedächtnisbasierte, und durch den Hinweisreiz voraktivierte Repräsentation der Aufgabe zum Vorschein kommt. Diese automatische Aktivierung von zwei inkongruenten Task Sets resultiert etwa 250 ms nach dem Beginn der Interferenz in einer generalisierten Umschaltung.

Fazit:

Die übergeordnete Frage die diese Arbeit zu klären versuchte betrifft die Beteiligung von automatischen und Enkodierungsprozessen während einer Aufgabenvorbereitung sowie beim Wechsel zwischen Aufgaben. Eine Hypothese führt die Existenz der Wechselkosten und ihre Reduktion durch Vorbereitung auf einen endogenen, kontrollierten Prozeß zurück. Viele Befunde sprechen jedoch in diesem Zusammenhang für automatische Prozesse, insbesondere Priming. Sowohl der ersten als auch der zweiten Extremposition alleine ist bislang nicht gelungen das Phänomen der Wechselkosten und des Vorbereitungseffektes zu erklären. Vielleicht bedeutet diese Dichotomie zwischen den beiden Interpretationen keinen Nachteil für die Entwicklung von psychologischen Theorien von höheren kognitiven Funktionen. Sie gibt schließlich den Antrieb für die weitere Erforschung dieser Phänomene. Ein wichtiger Trend in der Erforschung der Mechanismen einer "flexiblen" Umschaltfähigkeit zwischen Aufgaben ist die zunehmende Fraktionierung der Prozesse, die dieser Fähigkeit zugrunde liegen. Dieser Trend erlaubt allmählich das Konstrukt des "cleveren Homunkulus" in seine Einzelelemente zu zerlegen. Aus diesem Grund werden seit einiger Zeit die Grundannahmen über kontrollierte Prozesse hinterfragt. So werden durch einen Wandel des Menschenbildes, extensive Kognitionsforschung und ständig verbesserte technische Verfahren zur Untersuchung neurophysiologischer Vorgänge die höheren, kognitiven Funktionen mehr und mehr verstanden. Diese Tendenz spiegelt sich auch in der kognitiven Psychologie wider, in der komplexe Konstrukte, die bislang empirisch nur unzureichend zugänglich waren allmählich demontiert werden. Wie Schneider und Logan (2005) es in ihrer neuen Arbeit festgehalten haben: *"...complex phenomena need not arise from complex processes; interactions of simpler processes may be sufficient"*. Dies betrifft in dem gleichen Maße das Konzept des Aufgabenwechsels, als einen wesentlichen Teil des Konstruktes „Exekutive Funktionen“. Auch in diesem Forschungsfeld zeichnet sich diese theoretische Schwerpunktverschiebung in Richtung sparsamer und empirisch gut abgesicherter Erklärungen.

Literaturverzeichnis:

- Allport, D. A., Styles, E. A., & Hsieh, S (1994). Shifting intentional set: Exploring the dynamic control of tasks. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and Performance XV*. (pp. 421-452). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Allport, D. A., Tipper, S. P., & Chmiel, N. R. (1985). Perceptual integration and postcategorical filtering. In M. Posner & O.S.M. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI*. (pp.107-132). Hillsdale, NJ: Earlbaum.
- Allport, D. A., & Wylie, G. R. (1999). Task-switching: Positive and negative priming of Task Set. In G. W. Humphreys, J. Duncan, & A. Treisman (Eds.), *Attention, space and action* (pp. 273-296). Oxford: Oxford University Press.
- Allport, D. A., & Wylie, G. R. (2000). Task switching, stimulus-response bindings, and negative priming. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. (pp.35-70). Cambridge, MA: MIT Press.
- Altmann, E. M. (2002). Functional decay of memory for tasks. *Psychological Research*, 66, 287-297.
- Altmann, E. M. (2003). Task switching and the pied homunculus: where are we being led? *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 340-341.
- Altmann, E. M. (2004a). The preparation effect in task switching: carryover of SOA. *Memory & Cognition*, 32, 153-163.
- Altmann, E. M. (2004b). Advance preparation in task switching: what work is being done? *Psychological Science*, 15, 616-622.
- Altmann, E. M., & Gray, W. D. (1999). Serial attention as strategic memory. *Proceedings of the twenty first meeting of the Cognitive Science Society* (pp. 25-30). Hillsdale NJ: Erlbaum.
- Altmann, E. M., & Gray, W. D. (2002). Forgetting to remember: The functional relationship of decay and interference. *Psychological Science*, 13, 27-33.
- Arrington, C. M., Altmann, E. M., & Carr, T. H. (2003). Tasks of a feather flock together: Similarity effects in task switching. *Memory & Cognition*, 31, 781-789.
- Arrington, C. M., & Logan, G. D. (2004). Episodic and semantic components of the compound stimulus strategy in the explicit task-cuing procedure. *Memory & Cognition*, 32, 965-978.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: University Press.
- Bachmann, T., & Allik, J. (1976). Integration and interruption in the masking of form by form. *Perception*, 5, 79-97.
- Bar, M., & Biederman, I. (1998). Subliminal visual priming. *Psychological Science*, 9, 464-469.

- Bargh, J. A., & Ferguson, M. J. (2000). Beyond behaviorism: On the automaticity of higher mental processes. *Psychological Bulletin*, 126, 925-945.
- Bennett, P. J., & Cortese, F. (1996). Masking of spatial frequency in visual memory depends on distal, not retinal, frequency. *Vision Research*, 36, 233-238.
- Bentin, S., Moscovitch, M., & Nirhod, O. (1988). Levels of processing and selective attention effects on encoding in memory. *Acta Psychologica*, 98, 311-342.
- Biederman, I., Mezzanotte, R. J., & Rabinowitz, J. C. (1982). Scene perception: detecting and judging objects undergoing relational violations. *Cognitive Psychology*, 14, 143-177.
- Brehaut, J., Enns, J. T., & Di Lollo, V. (1999). Visual masking plays two roles in the attentional blink. *Perception & Psychophysics*, 61, 1436-1448.
- Breitmeyer, B. (1984). *Visual masking: An integrative approach*. Oxford: University Press.
- Breitmeyer, B., Ro, T., & Singhal, N. (2004). Unconscious color priming occurs at stimulus-dependent not percept-dependent levels of visual processing. *Psychological Science*, 15, 198-202.
- Broadbent, D. E., & Broadbent, M. H. P. (1986). Encoding speed of visual features and the occurrence of illusory conjunctions. *Perception*, 15, 515-524.
- Burgess, P. W. (1997). Theory and methodology in executive function research. In P. Rabbitt (Ed.), *Methodology of Frontal and Executive Function* (pp. 81-116). Hove: Psychology Press.
- Cave, C., & Squire, L. R. (1992). Intact and long-lasting repetition priming in amnesia. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 509-520.
- Cermak, G. W. (1971). Short-term recognition memory for complex free-form figures. *Psychonomic Science*, 25, 209-211.
- 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.
- Cooper, L. A., Schacter, D. L., Ballesteros, S., & Moore, C. (1992). Priming and recognition of transformed three-dimensional objects: Effects of size and reflection. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 43-57.
- Crawford, B. H. (1947). Visual adaptation in relation to brief conditioning stimuli. *Proceedings of the Royal Society of London: Series B*, 134, 283-302.
- De Jong, R. (2000). An intention-activation account of residual switch costs. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII* (pp. 357-376). Cambridge, MA: MIT Press.

- De Jong, R., Berendsen, E., & Cools, R. (1999). Goal neglect and inhibitory limitations: Dissociable causes of interference effects in conflict situations. *Acta Psychologica*, 101, 379-394.
- DeSchepper, B., & Treisman, A. (1996). Visual memory for novel shapes: Implicit coding without attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22, 27-47.
- Desimone, R. (1996). Neural mechanisms for visual memory and their role in attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences - USA*, 93, 13494-13499.
- 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.
- Donders, F. C. (1868). Over de snelheid van psychische processen. *Onderzoekingen, gedann in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche hoogeschool*, 2. reeks, 2, 92-120.
- Dreisbach, G., Haider, H., & Kluwe, R. H. (2002). Preparatory processes in the task-switching paradigm: Evidence from the use of probability cues. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 28, 468-483.
- Duncan, J., Ward, R., & Shapiro, K. (1994). Direct measurement of attentional dwell time in human vision. *Nature*, 369, 313-315.
- Egly, R., Driver, J., & Rafal, R. (1994). Shifting visual attention between objects and locations: Evidence from normal and parietal lesion subjects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 161-177.
- Eimer, M., & Schlaghecken, F. (1998). Effects of masked stimuli on motor activation: Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1737-1747.
- Eimer, M., & Schlaghecken, F. (2002). Links between conscious awareness and response inhibition: Evidence from masked priming. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 514-520.
- Eimer, M., & Schlaghecken, F. (2003). Response facilitation and inhibition in subliminal priming. *Biological Psychology*, 64, 7-26.
- Enns, J. T. (2004). Object substitution and its relation to other forms of visual masking. *Vision Research*, 44, 1321-1331.
- Enns, J.T., & Di Lollo, V. (1997). Object substitution: A new form of visual 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.

Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16, 143-149.

Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoormann, J., & Kleinsorge, T. (2003). Short-term mobilisation of resources is revealed in the ERP. *Psychophysiology*, 40, 914-923.

Fisk, A. D., & Schneider, W. (1984). Memory as a function of attention, level of processing and automatization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 181-197.

Francis, G. (1997). Cortical dynamics of lateral inhibition: Metacontrast masking. *Psychological Review*, 104, 572-594.

Gilbert, S. J., & Shallice, T. (2002). Task switching: A PDP model. *Cognitive Psychology*, 44, 297-337.

Giesbrecht, B.L., 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.L., & Di Lollo, V. (1998) Beyond the attentional blink: visual masking by object substitution. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1454-1466.

Goschke, T. (2000). Intentional reconfiguration and involuntary persistence in task set switching. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII* (pp. 331-355). Cambridge, MA: MIT Press.

Gordon, R.D., & Irwin, D.E. (2000). The role of physical and conceptual properties in preserving object continuity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26, 136-150.

Greenlee, M. W., & Thomas, J. P. (1993). Simultaneous discrimination of the spatial frequency and contrast of periodic stimuli. *Journal of the Optical Society of America A*, 10, 395-404.

Hines, D., Czerwinski, M., Sawyer, P. K., & Dwyer, M. (1986). Automatic semantic priming: Effect of category exemplar level and word association level. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12, 370-379.

Hommel, B., Daum, I., & Kluwe, R.H. (2004). Exorcizing the homunculus, phase two: editors' introduction. *Acta Psychologica* (Amst), 115, 99-104.

Howell, D. C. (2002). *Statistical Methods for Psychology, 5th ed.*. Belmont, CA: Duxbury Press.

Isaak, M. I., Shapiro, K. L., & Martin, J. (1999). The attentional blink reflects retrieval competition among multiple rapid serial visual presentation items: Tests of the interference model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1774-1792.

- James, W. (1890). *The principles of psychology*. New York, NY: Holt.
- Jersild, A. T. (1927). Mental set and shift. *Archives of Psychology*, 81, 5-82.
- Jiang, Y., Olson, I. R., & Chun, M. M. (2000). Organization of visual-short term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26, 683-702.
- Jolicoeur, P. (1987). A size-congruency effect in memory for visual shape. *Memory & Cognition*, 15, 531-543
- 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. (1998). The demonstration of short-term consolidation. *Cognitive Psychology*, 36, 138-202.
- Kahneman, D. (1967). An onset-onset law for one case of apparent motion and metacontrast. *Perception & Psychophysics*, 2, 577-584.
- Kahneman, D., Treisman, A. & Gibbs, B. (1992). The reviewing of object files: Object-specific integration of information. *Cognitive Psychology*, 24, 175-219.
- Kanizsa, G. (1979). *Organization in vision*. New York: Praeger.
- Kawahara, J., Di Lollo, V., & Enns, J. T. (2001). Attentional requirements in visual detection and identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 969-984.
- Kawahara, J., 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., & Boies, S. J. (1973). Processing demands of sequential information. *Memory & Cognition*, 1, 85-90.
- Kinsbourne, M., & Warrington, E. K. (1962a). The effect of an aftercoming random pattern of the perception of brief visual stimuli. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 14, 223-234.
- Klapp, S. T., & Hinkley, L. B. (2002). The negative compatibility effect: unconscious inhibition influences reaction time and response selection. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131, 255-269.
- Kleinsorge T. (2001). The time course of effort mobilization and strategic adjustments of response criteria. *Psychological Research*, 65, 216-223.
- Kleinsorge, T., & Gajewski P. D. (2004). Preparation for a forthcoming task is sufficient to produce subsequent shift costs. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 302-306.

- Kleinsorge, T., & Gajewski, P. D. (im Druck). Pending intentions: Effects of prospective task encoding on the performance of another task. *Psychological Research*.
- Kleinsorge, T., Gajewski, P. D., & Heuer, H. (2005). Task sets under reconstruction: Effects of partially incorrect precues. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58A, 521-546.
- Kleinsorge, T., & Heuer, H. (1999). Hierarchical switching in a multi-dimensional task space. *Psychological Research*, 62, 300-312.
- Kleinsorge, T., Heuer, H., & Schmidtke, V. (2001a). Hierarchical switching in a multi-dimensional task space is not induced by specific task cues. *Zeitschrift für Psychologie*, 209, 105-117.
- Kleinsorge, T., Heuer, H., & Schmidtke, V. (2001b). Task Set reconfiguration with binary and three-valued task dimensions. *Psychological Research*, 65, 192-201.
- Kleinsorge, T., Heuer, H., & Schmidtke, V. (2002). Processes of task set reconfiguration: Switching operations and implementation operations. *Acta Psychologica*, 111, 1-28.
- Kleinsorge, T., Heuer, H., & Schmidtke, V. (2004). Assembling a task space: Global determination of local shift costs. *Psychological Research*, 68, 31-40.
- Kleinsorge, T., Schmidtke, V., Gajewski, P. D., & Heuer, H. (2003). The futility of explicit knowledge of a sequence of tasks. *The European Journal of Cognitive Psychology*, 15, 455-469.
- Klingberg, T., & Roland, P. E. (1997). Interference between two concurrent tasks is associated with activation of overlapping fields in the cortex. *Cognitive Brain Research*, 6, 1-8.
- Koch, I. (2001). Automatic and intentional activation of task sets. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 27, 1474-1486.
- Koch, I. (2003). The role of external cues for endogenous advance reconfiguration in task switching. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 488-492.
- Koch, I., Metin, B., & Schuch, S. (2003). The role of temporal uncertainty for process interference and code overlap in perception-action dual tasks. *Psychological Research*, 67, 244-252.
- Kolers, P. A. (1968). Some psychological aspects of pattern recognition. In P. A. Kolers & M. Eden (Eds.), *Recognizing patterns* (pp. 4-61). Cambridge, MA: MIT Press.
- Lachmann, R., Lachmann, J. L., & Butterfield, E. L. (1979). *Cognitive Psychology and information processing*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

- Lalonde, J., & Chaudhuri, A. (2002). Task-dependent transfer of perceptual to memory representations during delayed spatial frequency discrimination. *Vision Research*, 42, 1759-1769.
- Lamme, V. A. F., & Roelfsema, P. R. (2000). The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends in Neurosciences*, 23, 571-579.
- Lavie, N. (2000). Selective attention and cognitive control: Dissociating attentional functions through different types of load. In S. Monsell & J. S. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII* (pp. 175-194). Cambridge, MA: MIT Press.
- Lezak, M.D. (1995). *Neuropsychological Assessment*. New York: Oxford University Press.
- Leuthold H., & Kopp B. (1998). Mechanisms of priming by masked stimuli: Inferences from event-related potentials. *Psychological Science*, 9, 263-269.
- Lleras, A., & Enns, J. T. (2004). Negative compatibility or object updating? A cautionary tale of mask-dependent priming. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 475-493.
- Logan, G. D. (2003). Executive control of thought and action: In search of the wild homunculus. *Current Directions in Psychological Science*, 12, 45-48.
- Logan, G. D. & Bundesen, C. (2003). Clever homunculus: Is there an endogenous act of control in the explicit task-cuing procedure? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 575-599.
- Logan, G. D., & Bundesen, C. (2004). Very clever homunculus: Compound stimulus strategies for the explicit task-cuing procedure. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 832-840.
- Logan, G. D., & Gordon, R. D. (2001). Executive control of visual attention in dual-task situations. *Psychological Review*, 108, 393-434.
- Lowe, D. G. (1985). Further investigations of inhibitory mechanisms in attention. *Memory & Cognition*, 13, 74-80.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281.
- Macknik, S. L., & Livingstone, M. S. (1998). Neuronal correlates of visibility and invisibility in the primate visual system. *Nature Neuroscience*, 1, 144-149.
- MacLeod, C. M. (1992). The Stroop task: The "gold standard" of attentional measures. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 12-14.
- Magnussen, S. (2000). Low-level memory processes in vision. *Trends in Neurosciences*, 23, 247-251.

- Magnussen, S., & Greenlee, M. W. (1992). Retention and disruption of motion information in visual short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 151-156.
- Magnussen, S., & Greenlee, M. W. (1999). The psychophysics of perceptual memory. *Psychological Research*, 62, 81-92.
- Magnussen, S., Greenlee, M. W., Asplund, R., & Dyrnes, S. (1991). Stimulus-specific mechanisms of visual short-term memory. *Vision Research*, 31, 1213-1219.
- Magnussen, S., Greenlee, M. W., & Thomas, J. P. (1996). Parallel processing in visual short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 202-212.
- Magnussen, S., Idås, E., & Myhre, S. H. (1998). Representation of orientation and spatial frequency in perception and memory: A choice reaction time analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 707-718.
- 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.
- Marcel, A. J. (1980). Conscious and preconscious recognition of polysemous words: locating the selective effects of prior verbal context. In R.S. Nickerson (Ed.), *Attention and performance VIII* (pp.435–457). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Marcel, A. J. (1983a). Conscious and unconscious perception: experiments on visual masking and word recognition. *Cognitive Psychology*, 15, 197–237.
- Marcel, A. J. (1983b). Conscious and unconscious perception: an approach to the relations between phenomenal experience and perceptual processes. *Cognitive Psychology*, 15, 238–300.
- Mayr, U. (2001). Age differences in the selection of mental sets: The role of inhibition, stimulus ambiguity, and response-set overlap. *Psychology and Aging*, 16, 96-109.
- Mayr, U. & Keele, S. W. (2000). Changing internal constraints on action: The role of backward inhibition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129, 4-26.
- Mayr, U., & Kliegl, R. (2000). Task Set switching and long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26, 1124-1140.
- Mayr, U., & Kliegl, R. (2003). Differential effects of cue changes and task changes on Task Set selection costs. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 29, 362-372.
- Meiran, N. (1996). The reconfiguration of processing mode prior to task performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22, 1423-1442.

- Meiran, N. (2000a). Modeling cognitive control in task-switching. *Psychological Research*, 63, 234-249.
- Meiran, N. (2000b). Reconfiguration of stimulus task sets and response task sets during task switching. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII* (pp. 377-399). Cambridge, MA: MIT Press.
- Meiran, N., Chorev, Z., & Sapir, A. (2000). Component processes in task switching. *Cognitive Psychology*, 41, 211-253.
- Meiran, N., Hommel, B., Bibi, U., & Lev, I. (2002). Consciousness and control in task switching. *Conscious Cognition*, 11, 10-33.
- Meyer, D. E., & Schvaneveldt, R. W. (1971). Facilitation in recognizing pairs of words: Evidence of a dependence between retrieval operations. *Journal of Experimental Psychology*, 90, 227-234.
- Michaels, C. F., & Turvey, M. T. (1979). Central sources of visual masking: Indexing structures supporting seeing at a single, brief glance. *Psychological Research*, 41, 1-61.
- Milan, E. G., Sanabria, D., Tornay, F., & Gonzalez, A. (2005). Exploring Task Set reconfiguration with random task sequences. *Acta Psychologica (Amst)*. 118, 319-331.
- Milliken, B., & Jolicoeur, P. (1992). Size effects in visual recognition memory are determined by perceived size. *Memory & Cognition*, 20, 83-95.
- Monsell, S. (1996). Control of mental processes. In V. Bruce (Ed.), *Unsolved mysteries of the mind* (pp. 93-148). Hove, England: Erlbaum.
- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 134-140.
- Monsell, S., Sumner, P., & Waters, H. (2003). Task Set reconfiguration with predictable and unpredictable task switches. *Memory & Cognition*, 31, 327-342.
- Moore, C. M., & Enns, J. T. (2004). Object substitution and the flash-lag effect. *Psychological Science*, 15, 866-871.
- Neely, J. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory: Roles of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 106, 226-254.
- Neill, W. T. (1997). Episodic retrieval in negative priming and repetition priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1617-1630.
- Neill, W. T., Valdes, L. A., Terry, K. M., & Gorfein, D. S. (1992). Persistence of negative priming: II. Evidence for episodic trace retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 993-1000.

- Neumann, O., & Klotz, W. (1994). Motor responses to nonreportable, masked stimuli: Where is the limit of direct parameter specification? In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and performance XV* (pp. 123-150). Cambridge, MA: MIT Press.
- Norman, D. A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. In Davidson, R.J., Schwartz, G.E., and Shapiro, D. (Eds.), *Consciousness and Self-Regulation IV* (pp.1-18). New York: Plenum.
- O'Connor, K. J., & Potter, M. C. (2002). Constrained formation of object representations. *Psychological Science*, 13, 106-111.
- Park, J. & Kanwisher, N. (1994). Negative priming for spatial locations: Identity mismatching, not distractor inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 613-623.
- Pashler, H. (1992). Dual-task interference and elementary mental mechanisms. In D. E. Meyer & S.Kornblum (Eds.), *Attention and performance XIV* (pp. 245-264). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Pashler, H. (1988). Familiarity and visual change detection. *Perception & Psychophysics*, 44, 369-378.
- Pashler, H., & Johnston, J. C. (1998). Attentional limitations in dual-task performance. In H. Pashler (Ed.), *Attention*, (pp 155-189). Psychology Press/Erlbaum (UK) Taylor & Francis, Hove, England UK.
- Phillips, W. A. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception & Psychophysics*, 16, 283-290.
- Phillips, W. A., & Baddeley, A. D. (1971). Reaction time and short-term visual memory. *Psychonomic Science*, 22, 73-74.
- Posner, M. I., & Boies, S. J. (1971). Components of attention. *Psychological Review*, 78, 391-408.
- Posner, M. I., & Klein, R. M. (1973). On the functions of consciousness. In S. Kornblum (Ed.), *Attention and Performance IV* (pp. 21-35). New York: Academic Press.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M. I., & Snyder, C. (1975). Attention and cognitive control. In R.L.Solso (Ed.), *Information processing and cognition: The Loyola symposium* (pp. 55-85). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Potter, M. C. (1976). Short-term conceptual memory for pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2, 509-522.

Potter, M. C. (1999). Understanding sentences and scenes: The role of conceptual short term memory. In V. Coltheart (Ed), *Fleeting Memories: Cognition of Brief Visual Stimuli*. Cambridge (pp. 13-47). MIT Press.

Rabbitt, P. M. (1966). Errors and error correction in choice-response tasks. *Journal of Experimental Psychology*, 71, 264–272.

Rabbitt, P. M., & Vyas, S. M. (1973). What is repeated in the “repetition effect”? In S. Kornblum (Ed.), *Attention and performance IV* (pp. 327 –342). New York: Academic Press.

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, 849-60.

Rogers, R. D. & Monsell, S. (1995). The 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.

Rubinstein, J. S., Meyer, D. E., & Evans, J. E. (2001). Executive control of cognitive processes in task switching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 763-797.

Ruthruff, E., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (2001). Switching between simple cognitive tasks: The interaction of top-down and bottom-up factors. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 1404-1419.

Schacter, D. L. (1987). Implicit memory: History and current status. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13, 501-518.

Schacter, D. L., Cooper, L. A., & Valdiserri, M. (1992). Implicit and explicit memory for novel objects in older and younger adults. *Psychology and Aging*, 7, 299-308.

Schiller, P. H. (1995). Effect of lesions in visual cortical area V4 on the recognition of transformed objects. *Nature*, 376, 342-344.

Schneider, D. W., Logan, G. D. (2005). Modeling task switching without switching tasks: A short-term priming account of explicitly cued performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134, 343-367.

Schuch, S. & Koch, I. (2003). The role of response selection for inhibition of task sets in task shifting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 92-105.

Schvaneveldt, R. W., & Meyer, D. E. (1973). Retrieval and comparison processes in semantic memory. In S. Kornblum (Ed.), *Attention and performance IV* (pp. 395-409). New York: Academic Press.

- 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.
- 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.
- Simons, D. J. (2000). Current approaches to change blindness. *Visual Cognition*, 7, 1-15.
- Sohn, M. H., & Anderson, J. R. (2001). Task preparation and task repetition: Two-component model of task switching. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 764-778.
- Sohn, M. H., & Anderson, J. R. (2003). Stimulus-related priming during task switching. *Memory & Cognition*, 31, 775-780.
- Sohn, M. H., & Carlson, R. A. (2000). Effects of repetition and foreknowledge in Task Set reconfiguration. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26, 1445-1460.
- Spector, A., & Biederman, I. (1976). Mental set and mental shift revisited. *American Journal of Psychology*, 89, 669-679.
- Spencer, T. J., & Shuntich, R. (1970). Evidence for an interruption theory of backward masking. *Journal of Experimental Psychology*, 85, 198-203.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs: General and Applied*, 74, 1-30.
- Sperling, G. (1965). Temporal and spatial visual masking: I. Masking by impulse flashes. *Journal of the Optical Society of America*, 55, 541-559.
- Squire, L.R. (1986). Memory and the brain. In: S. Friedman, K.A. Klivington, and R.W. Peterson (Eds.), *Brain, Cognition, and Education* (pp. 171-202), New York: Academic Press.
- Stigler, R. (1910). Chronotopische Studien über den Umgebungskontrast. *Pflügers Archiv für Gesamte Physiologie*, 135, 365-435.
- Sudevan, P., & Taylor, D. A. (1987). The cuing and priming of cognitive operations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 89-103.
- Theeuwes, J., Godijn R., & Pratt, J. (2004). A new estimation of the attentional dwell time. *Psychonomic Bulletin & Review* 11, 60-64.
- Todd, J. J. & Marois, R. (2004). Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature*, 428, 751-754.

- Tulving, E., Schacter, D. L., & Stark, H. A. (1982). Priming effects in word-fragment completion are independent of recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 8, 336-142.
- Turvey, M. T. (1973). On peripheral and central processes in vision: Inferences from an information-processing analysis of masking with patterned stimuli. *Psychological Review*, 81, 1-52.
- Verleger, R., Jaskowski, P., Aydemir, A., van der Lubbe, R.H., & Groen, M. (2004). Negative compatibility or object updating? A cautionary tale of mask-dependent priming. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 475-493.
- Vogel, E. K., & Luck, S. J. (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 post-perceptual locus of suppression during the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1656-1674.
- Waszak, F., Hommel, B., & Allport, A. (2003). Task-switching and long-term priming: Role of episodic stimulus-task bindings in task-shift costs. *Cognitive Psychology*, 46, 361-413.
- Waszak, F., Hommel, B., & Allport, A. (2004). Semantic generalization of stimulus-task bindings. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 1027-1033.
- Wiggs, C. L., & Martin, A. (1998). Properties and mechanisms of perceptual priming. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 227-233.
- Wiggs, C. L., Martin, A., & Howard, D. V. (1994). Direct and indirect measures of frequency monitoring in young and elderly adults. *Aging & Cognition*, 1, 247-259.
- Wylie, G. R., & Allport, A. (2000). Task switching and the measurement of "switch costs.". *Psychological Research*, 63, 212-233.
- Wylie, G. R., Javitt, D. C., & Foxe, J. J. (2004). The role of response requirements in task switching: dissolving the residue. *Neuroreport*, 15, 1079-1087.
- Yeung, N., & Monsell, S. (2003). Switching between tasks of unequal familiarity: The role of stimulus-attribute and response-set selection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 455-469.

A I: Beispiel für eine schriftliche Instruktion (Exp. 1)

Liebe(r) Versuchsteilnehmer(in)!

Vielen Dank, für die Teilnahme am ersten Teil des Experimentes

Zu Beginn werden Sie die Gelegenheit haben, mit der Aufgabe vertraut zu werden und den Ablauf zu üben. Anschließend kommt die Testphase.

Bei dem Versuch handelt sich um ein Reaktionszeitexperiment, bei dem Sie also so schnell wie möglich bei möglichst niedriger Fehleranzahl reagieren sollen.

Das gesamte Experiment setzt sich aus mehreren Blöcken zusammen, die wiederum viele einzelne Durchgänge beinhalten.

In jedem einzelnen Durchgang wird Ihnen am Computerbildschirm zunächst ein Pfeil gezeigt, der nach oben oder unten zeigen kann und von einem Quadrat oder einer Raute umrandet ist. Direkt danach erscheint ganz kurz eine „Maske“, die sich aus allen 4 möglichen Pfeil- und Umrandungskombinationen (Pfeil nach oben, nach unten, vom Quadrat und Raute umgeben) zusammensetzt. Diese Maske ist für Sie unwichtig.

Wichtig dagegen ist der Pfeil, weil er die nächste Aufgabe ankündigt.

Nach dem Pfeil erscheint eine Zahl auf dem Bildschirm. Diese Zahl wird innerhalb eines Rasters eingeblendet, das den Bildschirm in 4 Felder teilt (rechts oben, links oben, rechts unten und links unten).

- Wenn die Zahl von einem Quadrat umrandet ist, geht es um den numerischen Wert der Zahl. Sie sollen die linke Taste drücken, wenn sie kleiner als 5 und die rechte, wenn sie größer als 5 ist. Dies gilt aber nur, wenn die Zahl in der oberen Zeile erscheint! Wenn die Zahl dagegen unten erscheint, gilt die umgekehrte Zuordnung. Dann sollen Sie die linke Taste drücken, wenn die Zahl größer als 5 ist und die rechte Taste, wenn sie kleiner als 5 ist.
- Wenn die Zahl von einer Raute umgeben ist, achten Sie bitte auf ihre Position (ist sie links oder rechts?) unabhängig von ihrem Wert. Nehmen wir an, sie befindet sich auf der linken Seite. Dann sollen Sie die linke Taste drücken. Wenn sie sich auf der rechten Seite befindet, drücken sie entsprechend die rechte Taste. Dies gilt aber nur, wenn die Zahl oben erscheint! Erscheint die Zahl dagegen in der unteren Zeile gilt die umgekehrte Zuordnung. Dann sollen Sie die rechte Taste drücken, wenn sie auf der linken Seite zu sehen ist und entsprechend die linke Taste drücken, wenn sie rechts erscheint.

Bevor die Zahl auf dem Bildschirm erscheint, wird kurz davor der erwähnte Hinweisfeil dargeboten.

Die Richtung und die Form des Pfeils, von der der Pfeil umgeben ist kündigen an, welche Aufgabe als nächstes gezeigt wird. In den meisten Fällen sagen die Pfeile die nächste Aufgabe richtig voraus, doch gelegentlich können sie auch „lügen“.

Die Form und Richtung der Pfeile bedeuten:

- Wenn der Pfeil von einem Quadrat umgeben ist und nach oben zeigt, bedeutet das, daß eine Zahl in der oberen Zeile erscheint und ebenfalls von einem Quadrat umgeben ist.
- Wenn der Pfeil von einem Quadrat umgeben ist und nach unten zeigt, bedeutet das, daß eine Zahl in der unteren Zeile erscheint und ebenfalls von einem Quadrat umgeben ist.
- Wenn der Pfeil von einer Raute umgeben ist und nach oben zeigt, bedeutet das, daß eine Zahl in der oberen Zeile erscheint und ebenfalls von einer Raute umgeben ist.
- Wenn der Pfeil von einer Raute umgeben ist und nach unten zeigt, bedeutet das, daß eine Zahl in der unteren Zeile erscheint und ebenfalls von einer Raute umgeben ist.

Dazu ein Beispiel:

Sie sehen einen Pfeil, der nach unten zeigt und von einer Raute umrandet ist. Das bedeutet, daß höchstwahrscheinlich eine von einer Raute umrandete Zahl in der unteren Bildschirmhälfte gezeigt wird.

Damit Sie in den, durch den Pfeil richtig vorhergesagten Aufgaben schneller reagieren können, versuchen Sie Ihre Aufmerksamkeit auf den Pfeil zu lenken und die Information zu nutzen, die von dem Pfeil übermittelt wird !

Der Pfeil spielt in dem Versuch eine Schlüsselrolle, weil er imstande ist Ihre Reaktionsneigung und Schnelligkeit zu beeinflussen (vorausgesetzt Sie haben ihn beachtet).

Der Versuchsaufbau hört sich zunächst sehr kompliziert an, Ihre Aufgabe wird jedoch mit etwas Übung klar und der Versuch relativ einfach.

Falls Sie noch Fragen haben, fragen Sie bitte jetzt.