

# Handlungsdeterminierende Prozesse beim Aufgabenwechsel und die Notwendigkeit der Dekomposition von Wechselkosten

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der  
Philosophischen Fakultät III

der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Vorgelegt von

Andrea Kiesel  
aus Nüdlingen / Haard

Würzburg, 2003

Erstgutachter: Professor Dr. Joachim Hoffmann (Würzburg)

Zweitgutachter: Professor Dr. Rainer H. Kluwe (Hamburg)

Tag des Kolloquiums: 05.12.2003

## Danksagung

Herzlichen Dank an alle, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben – an die vielen Versuchspersonen, die an meinen Experimenten teilgenommen haben und die Teilnehmer der Experimentalpraktika B, die mir bei der Datenerhebung geholfen haben.

Ganz besonders möchte ich Herrn Prof. Dr. Joachim Hoffmann für die vielen Diskussionen, die fortwährende Betreuung und Unterstützung während der gesamten Entstehungszeit danken.

Außerdem danke ich Dr. Albrecht Sebald, der mir durch die Programmierung der Experimente sehr geholfen hat und allen weiteren Kollegen, allen voran Dr. Wilfried Kunde, Dr. Christian Stöcker und Annika Wagener für wertvolle Anregungen und Diskussionen.

Schließlich danke ich meinem Mann Thomas, meiner Schwester Marina, meinen Eltern und Schwiegereltern für die Unterstützung und Geduld, die sie mir entgegengebracht haben.



## Inhaltsverzeichnis

1.	Theorien und Modelle zur Handlungs-determination .....	11
1.1.	Behaviorismus .....	12
1.2.	Kognitive Psychologie.....	15
1.2.1.	Kontrollierte vs. automatische Informationsverarbeitung .....	16
1.2.2.	Modell eines Arbeitsgedächtnis .....	17
1.2.3.	Attention-to-Action (ATA) Modell.....	18
1.2.4.	EPIC .....	20
1.2.5.	PDP-Ansätze .....	22
1.3.	Das ideomotorische Prinzip .....	24
1.4.	Hybridmodelle.....	26
1.4.1.	Die determinierende Tendenz.....	26
1.4.2.	Intentionale Handlungssteuerung .....	28
1.4.3.	Die ABC-Theorie .....	29
1.5.	Fazit.....	31
2.	Das Aufgabenwechselfparadigma.....	33
2.1.	Grundmethode und Anliegen.....	33
2.2.	Jersild – erste Aufgabenwechselfexperimente .....	34
2.3.	Spector & Biederman – Wiederaufgreifen des Aufgabenwechsel- ansatzes .....	35
2.4.	Allport, Styles, & Hsieh – Task Set Inertia .....	36
2.5.	Rogers & Monsell- AABBA-Design (alternating runs paradigm).....	38
2.6.	Meiran – das Cueing-Paradigma .....	40
2.7.	Gopher – instructed switch paradigm .....	43
2.8.	Mayr & Keele – Backward Inhibition .....	45
2.9.	De Jong – „failure to engage“-Hypothese .....	46
2.10.	Fazit.....	48
3.	Prozesse und Faktoren beim Aufgabenwechsel .....	49
3.1.	Prozesse und Faktoren auf Trialebene.....	49
3.1.1.	Prozesse und Faktoren der vorherigen Aufgabe.....	51
3.1.2.	Prozesse und Faktoren der Aufgabenvorbereitung.....	52
3.1.3.	Prozesse und Faktoren der Aufgabenausführung.....	54

3.2.	Globale Prozesse und Faktoren in Aufgabenwechselexperimenten .....	56
3.3.	Fazit: Paradigmenforschung .....	59
4.	Die ABC-Theorie und Aufgabenwechsel .....	61
4.1.	Definition von „Aufgabe“ aus der Sicht der ABC-Theorie .....	61
4.2.	Aufgabenwechsel aus Sicht der ABC-Theorie .....	63
5.	Wechsel zwischen Go-NoGo-Aufgaben .....	69
5.1.	Experiment 1: Go-NoGo-Aufgaben mit überlappenden Aktionen .....	69
5.1.1.	Methode .....	71
5.1.2.	Ergebnisse .....	72
5.1.3.	Diskussion .....	73
5.2.	Experiment 2: Go-NoGo-Aufgaben mit nicht-überlappenden Aktionen ...	74
5.2.1.	Methode .....	75
5.2.2.	Ergebnisse .....	75
5.2.3.	Diskussion .....	76
5.3.	Experiment 3: Go-NoGo-Aufgaben und Kompatibilität zwischen Instruktion und Aktion .....	77
5.3.1.	Methode .....	78
5.3.2.	Ergebnisse .....	79
5.3.3.	Diskussion .....	80
5.4.	Zusammenfassende Diskussion der Experimente 1 bis 3 .....	81
6.	Entwicklung einer Methode zur Dekomposition von Wechselkosten .....	83
6.1.	Experiment 4: Dekomposition von Wechselkosten .....	85
6.1.1.	Methode .....	90
6.1.2.	Ergebnisse .....	90
6.1.3.	Diskussion .....	93
6.2.	Experiment 5: Validierung des Maßes Negatives Priming .....	94
6.2.1.	Methode .....	94
6.2.2.	Ergebnisse .....	95
6.2.3.	Diskussion .....	96
6.3.	Experiment 6: Validierung des Maßes Repetition Priming I .....	97
6.3.1.	Methode .....	97
6.3.2.	Ergebnisse .....	98
6.3.3.	Diskussion .....	100

---

6.4.	Experiment 7: Validierung des Maßes Repetition Priming II.....	101
6.4.1.	Methode .....	101
6.4.2.	Ergebnisse .....	102
6.4.3.	Diskussion .....	106
6.5.	Zusammenfassende Diskussion der Experimente 4 bis 7 .....	108
7.	Vorhersagen der ABC-Theorie .....	110
7.1.	Experiment 8: Gleiche vs. verschiedene Aktionen.....	110
7.1.1.	Methode .....	111
7.1.2.	Ergebnisse .....	112
7.1.3.	Diskussion .....	114
7.2.	Experiment 9: Verschiedene Aktionen, mit teilweise überlappenden motorischen Aktivierungsmustern.....	115
7.2.1.	Methode .....	117
7.2.2.	Ergebnisse .....	118
7.2.3.	Diskussion .....	120
7.3.	Zusammenfassende Diskussion der Experimente 8 und 9.....	121
8.	Abschlussdiskussion .....	123
8.1.	Theoretisches Anliegen .....	123
8.2.	Methodischer Schwerpunkt .....	125
8.3.	Fazit und Ausblick: Wirkung distaler Effekte.....	127
9.	Literaturverzeichnis .....	129



The great end of life is not knowledge but action.

Thomas H. Huxley 1825-1895

## Einleitung

Menschen können, zumindest wenn man dem eigenen Erleben glauben schenkt, selbst darüber bestimmen, wie sie sich verhalten. Je nach aktueller Intention wählen wir aus der Vielzahl der möglichen Handlungsalternativen diejenige aus, die uns geeignet erscheint, unsere momentanen Ziele zu erreichen. Andererseits werden wir aber auch durch Umweltreize beeinflusst; Umweltreize können entweder bestimmte Intentionen in uns wecken oder aber direkt Handlungen auslösen.

Im ersten Kapitel dieser Arbeit werden verschiedene Theorien zur Handlungs-determination vorgestellt. Die Theorien werden danach unterschieden, ob sie eher annehmen, dass Umweltreize unser Handeln determinieren oder aber davon ausgehen, dass Handeln überwiegend durch intentionale Prozesse determiniert wird. Zunächst wird der Behaviorismus und einige Ansätze der kognitiven Psychologie erläutert, die den Einfluss von Reizen auf die Handlungs-determination in den Vordergrund stellen. Das ideomotorische Prinzip dagegen betont die Determination menschlichen Handelns durch das Anstreben von Zielen. Schließlich werden Hybridmodelle besprochen, die den gemeinsamen Einfluss von Intentionen und Außenreizen auf menschliches Handeln berücksichtigen.

Im zweiten und dritten Kapitel wird die Entwicklung des Aufgabenwechsel-paradigmas und die vermuteten Prozesse und Faktoren beim Aufgabenwechsel erläutert. Ursprünglich wurde das Aufgabenwechselparadigma verwendet, um die Anpassung an flexible Handlungsanforderungen und die dabei notwendigen exekutiven Steuerungsmechanismen zu untersuchen. Doch in vielen Untersuchungen zu Aufgabenwechseln wurde dieses Ziel aus den Augen verloren und die Untersuchung der Vorgänge beim Wechseln wurde zum Selbstzweck.

Intentionen und das Anstreben von Zielen wurden innerhalb des Aufgaben-wechselparadigmas bisher nicht thematisiert. Im vierten Kapitel wird versucht Aufgabenwechsel aus der Perspektive der ABC-Theorie (Hoffmann, 1993) zu

betrachten, einer Theorie, die sowohl den Einfluss von Intentionen als auch von Außenreizen auf menschliches Handeln berücksichtigt.

Im empirischen Teil der Arbeit werden zunächst drei Experimente beschrieben, in denen die Vorhersagen der ABC-Theorie für den Aufgabenwechselkontext nicht bestätigt werden mit der herkömmlichen Berechnung von Wechselkosten, dem Vergleich von Trials, in denen die Aufgabe wechselt, mit Trials, in denen die Aufgabe wiederholt wird.

Deshalb wird die Aussagekräftigkeit des Wechselkostenmaßes in Zweifel gezogen und es wird eine neue Methode der Dekomposition von Wechselkosten entwickelt, die es ermöglicht, die Reaktionszeitdifferenz zwischen Aufgabenwechseln und Aufgabenwiederholungen in Anteile zu unterteilen, die a) spezifisch die Anforderung beim Wechseln (Intentionswechselkosten) widerspiegeln oder b) durch die Erleichterung eine Reaktion auf denselben Reiz hin zu wiederholen (Repetition Priming) entstehen, oder c) durch die Erschwernis entstehen, auf einen Reiz reagieren zu müssen, auf den zuvor nicht reagiert werden durfte (Negatives Priming).

Bei Verwendung dieser Methode stimmen die empirischen Befunde mit den Vorhersagen der ABC-Theorie überein; die ABC-Theorie kann auch auf den Aufgabenwechselkontext angewendet werden. In der Abschlussdiskussion werden der theoretische und der methodische Schwerpunkt der Arbeit noch einmal überblicksartig zusammengestellt und es wird ein Ausblick gegeben, wie untersucht werden könnte, ob die ABC-Theorie besser geeignet ist zur Erklärung der Phänomene beim Aufgabenwechsel als bisherige Theorien und Modelle.

## 1. Theorien und Modelle zur Handlungsdetermination

Unser Handeln ist sowohl durch unseren Willen als auch durch äußere Umwelteinflüsse determiniert. Diese Behauptung der dualen Determination unseres Handelns entspricht unserer Alltagserfahrung: Einerseits wird unser Handeln von unseren Zielen und Intentionen, also durch unseren Willen gesteuert. Besonders deutlich wird dies dadurch, dass wir uns in denselben Situationen und denselben Objekten gegenüber unterschiedlich verhalten, je nach unserer momentanen Intention. Diese Fähigkeit, sich flexibel auf dieselben distalen Reize zu verhalten, haben schon Kleinkinder, zum Beispiel nehmen sie eine Flasche um zu trinken, wenn sie durstig sind oder werfen die Flasche auf den Boden, um auf sich aufmerksam zu machen. Andererseits werden wir aber auch durch Reize in der Umwelt beeinflusst. Distale Reize beeinflussen uns, indem sie Intentionen in uns wecken oder indem sie uns veranlassen, direkt auf sie zu reagieren. Beispielsweise löst der Anblick eines großen Eisbechers auf dem Nachbartisch den Wunsch aus, selbst ein Eis zu essen oder eine Ampel, die gerade auf rot umschaltet, bringt uns dazu, möglichst schnell auf die Bremse zu treten.

Obwohl diese duale Determination von Handlungen offensichtlich ist, gibt es innerhalb der Psychologie Ansätze, die sich überwiegend einseitig mit einer Determinationsmöglichkeit menschlichen Handelns beschäftigen. Im ersten Kapitel der Arbeit werden solche Ansätze der menschlichen Handlungsdetermination erläutert und bezüglich ihrer Gewichtung von einerseits externen Umweltgegebenheiten und andererseits internen Zielsetzungen geordnet. Im Behaviorismus und in der kognitiven Psychologie wird der Einfluss von externen Stimuli auf das Verhalten betont. Dagegen nehmen Vertreter des ideomotorischen Prinzips an, dass jegliches willentliche Handeln dem Erreichen von Zielen diene und durch Intentionen determiniert sei. Schließlich gibt es auch Hybridmodelle, die beide Ansichten integrieren und davon ausgehen, dass sowohl Umwelteinflüsse als auch eigene Ziele das Handeln determinieren.

Die vorgestellten Ansätze wurden ausgewählt, um zu zeigen, welche unterschiedlichen Vorstellungen über die Determination von Verhalten existieren. Deshalb werden im Folgenden die einzelnen Theorien und Modelle nur kurz skizziert. Es

wird weitgehend darauf verzichtet, die empirischen Befunde für oder gegen einen Ansatz darzustellen.

### **1.1. Behaviorismus**

Der Behaviorismus war das dominierende Paradigma der Psychologie in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts. Um die Psychologie als Naturwissenschaft zu etablieren, wurden nur objektive und replizierbare Methoden verwendet. Die Untersuchung des „Willens“, der Einbezug von Intentionen und Zielen zur Erklärung menschlichen Verhaltens war verpönt (Kornadt, 1996). Die Methode der Introspektion, die zuvor verwendet wurde, um menschliche Denkvorgänge zu erforschen, wurde im Behaviorismus abgelehnt. Man argumentierte, dass die inneren Denkvorgänge einer objektiven Betrachtungsweise verschlossen bleiben müssten, da nur das denkende Subjekt selbst über sie berichten kann. Dementsprechend wurden Denkvorgänge oder innere mentale Zustände aus der behavioristischen Betrachtungsweise ausgeklammert. Stattdessen wurden nur Umweltzustände, die objektiv beobachtbar sind, betrachtet und es wurde versucht, tierisches und auch menschliches Verhalten allein durch die Bildung von Assoziationen zwischen Reizen (Stimuli) und Reaktionen zu erklären. Lernformen, die den Aufbau der S-R-Assoziationen erklären, sind die klassische Konditionierung<sup>1</sup> (Pawlow, 1927) und die operante Konditionierung<sup>2</sup> (Thorndike, 1898, 1911; Skinner, 1938, 1951; Watson & Rayner, 1920).

---

<sup>1</sup> Bei der klassischen Konditionierung wird angenommen, dass ein neuer, bisher neutraler Stimulus an eine bereits bestehende S-R-Verbindung gekoppelt wird. Allein durch die zeitliche Nähe des neutralen Stimulus zum Stimulus der S-R-Verbindung, der entweder selbst konditioniert oder ein angeborener Auslösereiz für die Reaktion ist, soll die S-S-R Assoziation gelernt werden. Nach genügend Lernerfahrung ist die Darbietung des ursprünglich neutralen und nun konditionierten Stimulus ausreichend, um die Reaktion auszulösen, auch wenn der angeborene Auslösereiz oder der ursprünglich konditionierte Stimulus nicht mehr präsent ist.

<sup>2</sup> Operantes Konditionieren erklärt die Bildung von S-R-Assoziationen durch Verstärkung. Lernen erfolgt durch Versuch und Irrtum. Zunächst wird in bestimmten Situationen / bei Vorliegen bestimmter Stimuli zufällig reagiert. Sind die Konsequenzen der Verhaltens positiv, so wird eine Verbindung zwischen Stimulus und Reaktion gelernt beziehungsweise schon bestehende Verbindungen werden verstärkt. Bei negativen Konsequenzen werden S-R-Verbindungen

S-R-Assoziationen sind demnach Gewohnheiten (habits), die von Thorndike in Analogie zum Reflexbogen als modifizierbare Reflexe bezeichnet werden. Er beschreibt sie als „bond' or connection extending from the sense organ, *straight through* the organism ... to the muscles involved in a particular pattern of movement“ (Mowrer, 1960, S. 269; zitiert nach Bargh & Ferguson, 2000, S. 927).

Im Behaviorismus wurden die mediiierenden internalen Konstrukte und Prozesse zur Erklärung von Verhalten vollkommen geleugnet: „S-R-units were behavioral responses caused directly by their eliciting stimulus, there was no theoretical or explanatory place for any such mediating internal variable as perceptual interpretation or construal of the situation, motivations and currents purposes“ (Bargh & Ferguson, 2000, S. 927). Das handelnde Subjekt wurde als „black box“ gesehen, deren Untersuchung nicht möglich und auch nicht nötig sei. Als Folge dieser eingeschränkten Sichtweise wurde nur untersucht, welches Verhalten, beziehungsweise welche Reaktionen der „black box“ erfolgen, wenn bestimmte Stimuli auf diese „black box“ einwirken. Da im Behaviorismus nur Stimuli und Reaktionen betrachtet wurden, wird er häufig auch als S-R-Psychologie bezeichnet.

Der Behaviorismus war relativ erfolgreich bei der Erklärung einfacher Verhaltensweisen von Tieren, wie Experimente zeigen, in denen Tiere eine Taste drückten, um Futter zu erhalten oder einen Hebel betätigten, um einen Stromschlag zu vermeiden. Die Dressur von Tieren zeigte, dass auch komplexere Verhaltensketten scheinbar durch die Verkettung von S-R-Einheiten aufgebaut werden können, beispielsweise lernten Tauben mittels Verstärkung Schrittfolgen auszuführen, die dem Tanzen eines Walzers entsprechen.

Weiterhin wurde im Behaviorismus versucht, sogar komplexes menschliches Verhalten auf die lineare Verkettung einfacher S-R-Einheiten zu reduzieren. Zum Beispiel bemühte sich Skinner (1957) den Erwerb von Sprache durch Verstärkungsmechanismen zu erklären. Er nahm an, dass Kinder Wörter (Objektbezeichnungen) aussprechen, wenn das entsprechende Objekt vorhanden ist, da die Bezugspersonen zuvor die Verwendung eines bestimmten Begriffes bei

---

abgeschwächt, die Wahrscheinlichkeit eine bestimmte Reaktion bei Vorliegen dieses Stimulus auszuführen, sinkt.

Vorhandensein dieses Objektes verstärkt hätten. Sätze seien dementsprechend verstärkte S-R-Ketten, in denen das erste Wort des Satzes, das die Reaktion auf einen anderen Stimulus ist, selbst wieder als Stimulus dient, um das nächste Wort auszulösen, das zuvor als Reaktion auf dieses Wort verstärkt wurde. Bei einer Unterhaltung mehrerer Personen sollen die Bemerkungen eines Konversationspartners als Stimulus für den anderen Partner dienen. Die Erwiderung auf die Bemerkung erfolge als konditionierte Reaktion, die dann selbst wieder Stimulus für den Partner sei etc.

Ab Mitte des letzten Jahrhunderts wurde der Behaviorismus mehr und mehr kritisiert. Die Annahme, dass menschliches Verhalten vollständig durch Konditionierung erklärbar sei, wurde in Zweifel gezogen. Es zeigte sich, dass der behavioristische Ansatz weder zur Erklärung menschlichen Sprechverhaltens noch zur Erklärung komplexer menschlicher Verhaltensweisen genügt. Beispielsweise kann die Fähigkeit des Menschen, noch nie gehörte Sätze zu produzieren oder grammatikalische Regeln zu verwenden, die nie explizit gelernt wurden, durch den Erwerb von S-R-Beziehungen nicht erklärt werden (Chomsky, 1959).

Weitere Probleme bei der Erklärung komplexen menschlichen Verhaltens entstanden wegen der mangelnden Genauigkeit der Definition von Stimulus und Reaktion. Es war nicht klar, ob als Stimuli alle Umweltbedingungen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt vorliegen, gelten sollten, oder nur diejenigen Reize, auf die eine Person zu einem bestimmten Zeitpunkt achtet. Ebenso wenig war klar, ob der Begriff „Reaktionen“ jeden Teil des menschlichen Verhaltens einschließt, oder nur diejenigen Handlungen, die regelhaft mit den Stimuli verbunden sind (Bargh & Ferguson, 2000). Eine Einschränkung auf Stimuli, die von der handelnden Person beachtet werden und auf Reaktionen, die regelhaft auf Stimuli folgen, erlaubten klarere empirische Vorhersagen. Aber um diese Einschränkung zu begründen, musste argumentiert werden, dass Stimuli beachtet werden und dass Reaktionen intendiert sind. Der Einbezug von Konzepten wie Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf bestimmte Stimuli und des Intendierens bestimmter Reaktionen, widersprechen aber den Grundüberzeugungen des Behaviorismus, da es dadurch nötig wird, Prozesse, die innerhalb der „black box“ ablaufen zur Erklärung von Verhalten heranzuziehen.

Zunehmend häuften sich auch tierexperimentelle Befunde, die durch die behavioristischen Lernprinzipien nicht erklärt werden konnten (z.B. MacFarlane, 1930; Seward, 1949; Tolman, 1959; Tolman & Honzik, 1930). Beispielsweise zeigte MacFarlane, dass Ratten, die gelernt hatten auf einem bestimmten Weg durch ein Labyrinth zu laufen, denselben Weg schwammen, wenn das Labyrinth unter Wasser gesetzt wurde. S-R-Assoziationen können diesen Lerntransfer nicht erklären, da beim Schwimmen andere Reaktionen nötig sind als beim Laufen.

## 1.2. Kognitive Psychologie

Der Behaviorismus wurde von der kognitiven Psychologie abgelöst, die die vom Behaviorismus ausgeklammerten inneren mentalen Zustände und Prozesse der Informationsverarbeitung zum Untersuchungsgegenstand erhob. „The defining distinction between the two schools [dem Behaviorismus und der kognitiven Psychologie ...] is the behaviorist's refusal to consider mediating internal constructs and processes (e.g., perceptual interpretation and categorization, judgment and evaluation, memory, motivation and goal pursuit) in explanations of human behavior, whereas those same internal processes are the meat and potatoes of cognitive science“ (Bargh & Ferguson, 2000, S. 925).

Angeregt wurde die kognitive Psychologie durch Fortschritte in der Kybernetik und der Informationstheorie. Der Mensch wurde in Analogie zum Computer als informationsverarbeitendes System gesehen. Das ursprüngliche Ziel der kognitiven Psychologie war es, die Prozesse zu identifizieren und zu erklären, die im Handelnden ablaufen vom Zeitpunkt der Darbietung eines Reizes bis zur Beobachtung einer Reaktion (Neisser, 1967). Diese Prozesse der Informationsverarbeitung wurden experimentell untersucht, indem, so wie im Behaviorismus, der Einfluss von Stimuli auf das Verhalten (Reaktionen) untersucht wurde. Deshalb könnte man die kognitive Psychologie auch als S-Kognition-R-Psychologie bezeichnen.

Zunächst zögerlich hat die kognitive Psychologie schließlich eingesehen, dass es zur Erklärung des menschlichen Handelns nicht ausreicht, die verschiedenen Stufen der Reizverarbeitung bis zur Reaktionsausführung zu verstehen. Um zu erklären, weshalb Stimuli überhaupt beachtet werden und je nach

Aufgabenstellung auf eine bestimmte Art verarbeitet werden, wurde es notwendig exekutive Kontrollprozesse anzunehmen. Mittlerweile gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Theorien und Modelle, die alle das Ziel verfolgen, genauere Aussagen über diese exekutiven Kontrollvorgänge zu machen. Im Folgenden werden einige dieser Überlegungen und Modelle der Handlungsdetermination aus kognitionspsychologischer Sicht erläutert. Ihnen ist gemeinsam, dass sie von einer Automatisierung höherer kognitiver Prozesse ausgehen, so dass diese direkt durch Umweltreize angestoßen werden.

Letztendlich wird also in der kognitiven Psychologie, ebenso wie im Behaviorismus angenommen, dass menschliches Handeln durch Außenreize determiniert sei. Der Unterschied zum Behaviorismus besteht in der zusätzlichen Betrachtung interner psychischer Prozesse zur Erklärung von Verhalten.

### **1.2.1. Kontrollierte vs. automatische Informationsverarbeitung**

Shiffrin & Schneider (1977) beschrieben das informationsverarbeitende System als eine große Menge von Knoten, die durch Lernprozesse miteinander verknüpft werden. Die meisten Knoten seien gewöhnlich inaktiv und werden Langzeitgedächtnis (LZG) genannt. Das LZG wird als ein dauerhafter, passiver Informationsspeicher gesehen. Diejenigen Knoten, die aktuell aktiv sind, bilden das Kurzzeitgedächtnis (KZG), das als zeitlich begrenzter Zustand angenommen wird. Informationen des KZG gehen verloren, wenn die aktiven Knoten in einen inaktiven Zustand zurückkehren.

Handlungsdetermination oder, in der Terminologie der Autoren, Informationsverarbeitung kann auf zwei Arten erfolgen. Automatische Verarbeitung "can be defined within this system as a sequence of nodes that nearly always becomes active in response to a particular input configuration, [...] the sequence is activated without the necessity of active control or attention by the subject" (Shiffrin & Schneider, 1977, S. 155/156). Der Erwerb automatischer Verarbeitung braucht viel Training, da die automatischen Prozesse durch Knoten des LZG erfolgen, die relativ dauerhaft miteinander verknüpft sein müssen. Die kontrollierte Verarbeitung dagegen "utilizes a temporary sequence of nodes activated under control of, and through attention by, the subject" (Shiffrin & Schneider, 1977, S. 156). Diese Art

der Informationsverarbeitung benötigt die Aufmerksamkeit des Handelnden und ist deshalb den Kapazitätsbegrenzungen des KZGs unterworfen.

Automatische und kontrollierte Verarbeitungsprozesse sind nicht als abgegrenzte Kategorien zu verstehen, sondern als Pole eines Kontinuums. Jeder neue Verarbeitungsprozess erfolgt zunächst kontrolliert und kann mit zunehmender Übung mehr und mehr automatisch ablaufen.

Problematisch am Ansatz von Shiffrin & Schneider ist, dass nicht erläutert wird, wie die Informationsverarbeitung kontrolliert oder die Aufmerksamkeit gesteuert wird. Das KZG wird als zentrale Verarbeitungseinheit angenommen, das die Handlungsdetermination kontrolliert, aber es wird nicht angegeben, wie diese exekutive Kontrolleinheit arbeitet. Somit bleibt das zentrale Steuerungselement eine „black box“, ein „kleiner Mann im Kopf“ oder ein Homunkulus, der als kausaler Agent auf nicht näher spezifizierte Weise unser Handeln determiniert.

### **1.2.2. Modell eines Arbeitsgedächtnis**

Eine der populärsten Modellvorstellungen für exekutive Kontrolle durch das KZG wurde von Baddeley & Hitch (1974, siehe auch Baddeley, 1986) beschrieben. Sie entwickelten ein Arbeitsgedächtnismodell mit drei Komponenten: einer zentralen Exekutive, einer phonologischen Schleife (phonological loop) und einem räumlich-visuellen Skizzenblock (visuospatial sketchpad). Die phonologische Schleife und der räumlich-visuelle Skizzenblock wurden auch als "Sklavensysteme" bezeichnet, da sie der zentralen Exekutive untergeordnet sind.

Die zentrale Exekutive hat eine Steuerfunktion. Sie kontrolliert die Aufmerksamkeit, und determiniert dadurch, welche Stimuli beachtet werden. Außerdem legt sie fest, nach welchen Regeln diese Stimuli im Arbeitsgedächtnis verarbeitet werden und ruft bei Bedarf neue Regeln aus dem LZG auf. Dabei wird die zentrale Exekutive von der phonologischen Schleife unterstützt, die auditiv-verbale Information speichert und wiederholt ("rehearsal"), und von dem räumlich-visuellen Skizzenblock, der für die Speicherung und Verarbeitung von visueller und räumlicher Information verantwortlich ist.

Zur Funktionsweise der phonologischen Schleife liegen viele Untersuchungen vor, die zeigen, dass die Menge der auditiven Information, die die phonologische

Schleife für die Verarbeitung bereithalten kann, begrenzt ist. Die phonologische Schleife hat eine Speicherkapazität von ein bis zwei Sekunden (z.B. Baddeley, Thomson, & Buchanan, 1975; Conrad, 1964; Vallar & Baddeley, 1982).

Der räumlich-visuelle Skizzenblock ist weniger gut untersucht. Es gilt als wahrscheinlich, dass visuelle und räumliche Komponenten des Skizzenblocks getrennt sind (Logie, 1995, Quinn & McConnell, 1996, Smith & Jonides, 1995) und eventuell sogar eine kinnästhetische Komponente unterschieden werden kann (Smyth & Pendleton, 1990).

In das ursprüngliche Arbeitsgedächtnismodell sind zwei Weiterentwicklungen integriert worden (Baddeley, 2000; Baddeley, Chincotta, & Adlam, 2001). Dieses erweiterte Modell sieht vor, dass das phonologische und das visuell-räumliche Subsystem jeweils bidirektional mit dem LZG verbunden ist, so dass beide Zugriff auf Informationen des LZG haben und Informationen im LZG ablegen können. Weiterhin wurde eine neue Komponente vorgeschlagen: der episodische Puffer, der Informationen aus den Sklavensystemen und dem LZG integriert. Die Kapazität des episodischen Puffers ist begrenzt, aber er ist in der Lage Informationen durch Bildung von größeren Einheiten kohärenter Episoden (chunks) effektiv zusammen zu fassen. Während die beiden „Sklavensysteme“ modalitätsspezifisch sein sollen (phonologisch beziehungsweise visuell), wurde angenommen, dass der episodische Puffer Informationen in einem multidimensionalen Code speichert.

Das Arbeitsgedächtnismodell wurde, ebenso wie die Theorie von Shiffrin & Schneider, kritisiert, da es für die Handlungskontrolle eine Art Homunkulus (zentrale Exekutive oder KZG) annimmt. Dieser Homunkulus soll die Aufmerksamkeit kontrollieren und für die Handlungsdetermination zuständig sein, aber es wird nicht angegeben, wie er dies leistet (Allport, 1993).

### **1.2.3. Attention-to-Action (ATA) Modell**

Norman & Shallice (1986) gingen wie Shiffrin & Schneider (1977) davon aus, dass es kontrollierte und automatische Informationsverarbeitung gibt. Ihr Ziel war es, ein Modell zu entwickeln, das verschiedene Phänomene beschreiben kann, wie automatische Handlungsausführung, bewusste Kontrolle von normalerweise

automatisch ausgeführten Handlungen und bewusste Kontrollvorgänge zur Unterdrückung ungewollter oder zur Förderung gewollter Handlungen.

Im ATA Modell (Norman & Shallice, 1986; Shallice, 1992; 1994) existieren drei Subkomponenten der Handlungssteuerung: Handlungsschemata (action schemas), eine Ablaufplanung durch Wettstreit (contention scheduling) und ein überwachendes Aufmerksamkeitssystem (supervisory attentional system, SAS).

Handlungsschemata sind spezialisierte „Wenn-Bedingung-dann-Aktion-Regeln“ (condition-action pairs). Jedes Handlungsschema hat einen veränderbaren Aktivierungszustand, der durch Stimuli oder den Output anderer Handlungsschemata erhöht wird, wenn der Bedingungsteil des Schemas erfüllt ist. Sobald die Aktivierung eines Handlungsschemas eine Schwelle überschreitet, wird die entsprechende Aktion ausgeführt.

Wenn mehrere, sich gegenseitig ausschließende Handlungsschemata gleichzeitig überschwellig aktiviert werden, entsteht ein Konflikt. Dann ist eine Ablaufplanung (contention scheduling) nötig. Der Prozess der Ablaufplanung arbeitet mittels lateraler Inhibition (angelehnt an den contention scheduling Mechanismus von McClelland & Rummelhart, 1981, beziehungsweise Rumelhart & Norman, 1982); Handlungsschemata, die nicht gleichzeitig realisierbar sind, hemmen sich gegenseitig. Stärker aktivierte Schemata hemmen ihre Konkurrenten dementsprechend stärker als sie selbst von diesen gehemmt werden und können sich deshalb durchsetzen. Dieser Prozess der Ablaufplanung, bei dem sich der stärkste Konkurrent durch laterale Inhibition durchsetzen kann (gemäß dem „the winner takes it all“ Prinzip), läuft automatisch, unbewusst und ohne exekutive Kontrolle ab.

Bei neuen Aufgaben, ungewöhnlichen Aufgabenkombinationen oder komplexen Handlungsketten findet der Prozess der Ablaufplanung oft keine Möglichkeit, Konflikte zwischen Handlungsschemata zu lösen. Dann wird das langsame, flexible und bewusste Aufmerksamkeitssystem (SAS) hinzugezogen. Das SAS kann durch selektive Hemmung oder Aktivierung einzelner Handlungsschemata die weniger spezifischen Einflüsse der Ablaufplanung überstimmen. Dadurch ist die Handlungssteuerung weniger von unmittelbaren äußeren Stimulationsbedingungen abhängig, sondern kann auch übergeordnete Ziele anstreben.

Auch für das SAS gilt dieselbe Kritik wie für die zentrale Exekutive bei Baddeley oder das KZG bei Shiffrin & Schneider: Es ist einem Homunkulus überlassen, welche Handlungsschemata er aktiviert oder hemmt; wie die Entscheidungsprozesse darüber ablaufen, bleibt im Modell unbeachtet.

#### **1.2.4. EPIC**

Meyer & Kieras (1997a, 1997b, 1999) konstruierten eine Architektur EPIC (executive-process interactive control) zur Modellierung exekutiver Kontrollprozesse bei Doppelaufgaben. EPIC unterscheidet zwischen perzeptuellen, kognitiven und motorischen Prozessoren, die alle durch ein Arbeitsgedächtnis (working memory) miteinander verbunden sind (Abbildung 1). Die perzeptuellen Prozessoren (auditory, visual und tactile processors) arbeiten parallel und asynchron. Sobald ein Stimulus durch einen der perzeptuellen Prozessoren identifiziert ist, wird dies an das Arbeitsgedächtnis weitergemeldet.

Die motorischen Prozessoren (ocular, vocal und manual motor processors) erhalten Input vom kognitiven Prozessor. Dieser Input ist in Form von Symbolen repräsentiert, die die abstrakten Eigenschaften von Reaktionen kodieren. Aufgrund dieser Information bereiten die motorischen Prozessoren die Bewegungsparameter für den physikalischen Output vor, wobei die einzelnen Bewegungseigenschaften seriell errechnet werden. In Anlehnung an Theorien zur motorischen Programmierung (Rosenbaum, 1980) müssen die Bewegungsparameter spezifiziert sein, bevor die Bewegung initiiert und ausgeführt wird. Die Zeit, die die motorischen Prozessoren brauchen, um die Bewegungsparameter zu programmieren, kann verkürzt werden, wenn der kognitive Prozessor bereits einige Bewegungsparameter vor Reizdarbietung antizipiert, so dass diese Bewegungsparameter schon vorab spezifiziert werden können.

Weiterhin senden die motorischen Prozessoren selbst Informationen in Form von Efferenzkopien an das Arbeitsgedächtnis, so dass dieses ihre Tätigkeit überwachen und eventuell korrigieren kann.

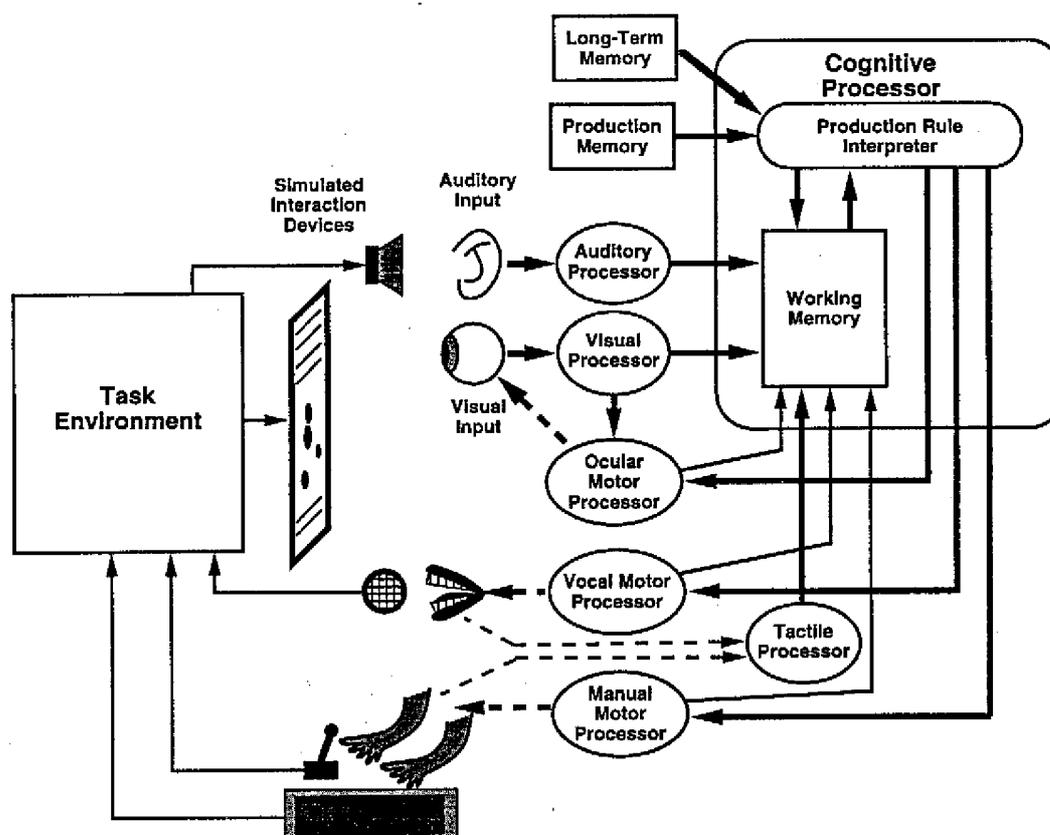


Abbildung 1: Überblick über die informationsverarbeitenden Komponenten der EPIC Architektur (Meyer & Kieras, 1997a, S. 15).

Der kognitive Prozessor arbeitet gemäß fest implementierter Produktionsregeln (Wenn-Bedingung-dann-Aktion-Regeln). Die Bedingungssteile dieser Regeln sind entweder Ziele, eine bestimmte Aufgabe auszuführen (Wenn Aufgabe Kaffeekochen, dann...), oder einzelne Schritte, die die Ausführung einer bestimmten Aufgabe beinhalten (Wenn das Filterpapier im Filter ist, dann...), oder beziehen sich auf Notizen des Inputs und Outputs des Systems (Wenn der manuelle motorische Prozessor die Bewegung zum Einschalten der Kaffeemaschine veranlasst hat, dann...). Die Aktionsteile der Regeln enthalten Instruktionen, die entweder das Arbeitsgedächtnis aktualisieren (... dann merke „die Kaffeemaschine ist angeschaltet“) oder die motorischen Prozessoren ansprechen (... dann Befehl an den vokalen motorischen Prozessor: Rufe „der Kaffee ist fertig!“).

Das Arbeitsgedächtnis erhält Informationen von den perzeptuellen, motorischen und kognitiven Prozessoren. Diese Informationen werden mit den

Bedingungsteilen der Produktionsregeln verglichen, um passende Regeln für den aktuellen Zustand des Systems zu finden. Das Arbeitsgedächtnis ist somit die zentrale Verarbeitungsinstanz, die bestimmt, welche Handlungen ausgeführt werden.

EPIC nimmt, wie das ATA-Modell, Produktionsregeln (Wenn-Bedingung-dann-Aktion) als Grundlage der Handlungsdetermination an. Ein Manko des Modells ist, dass nicht beschrieben wird, wie diese Produktionsregeln erworben werden und ob sie veränderbar sind. In EPIC sind die Handlungen vollständig durch die fest implementierten Produktionsregeln determiniert, denn der Aktionsteil einer Produktionsregel wird automatisch ausgeführt, sobald der Bedingungsteil erfüllt ist. Das Arbeitsgedächtnis leistet die exekutive Kontrolle der Architektur aufgrund fester Regeln, die vom Programmierer von außen festgelegt werden.

#### **1.2.5. PDP-Ansätze**

Im Gegensatz zu den bisher erläuterten Theorien gehen PDP-Ansätze (parallel distributed processing) nicht von einer zentralen Steuerungsinstanz (zentrale Exekutive, SAS oder Arbeitsgedächtnis) aus. Stattdessen steuern miteinander verbundene, gleichberechtigte Module das Handeln (Cohen, Dunbar, & McClelland, 1990; Rumelhart, Hinton, & McClelland, 1986). "... it seems that all parts work together, influencing one another, and each region contributes to the overall performance of the task and to the integration of certain kinds of constraints or sources of information" (Rumelhart & McClelland, 1986b, S. 134).

Jedes Modul besteht aus einer Ansammlung elementarer Verarbeitungseinheiten. Eine elementare Einheit verarbeitet Informationen, indem sie Input von anderen Einheiten akkumuliert und entsprechenden Output an andere Einheiten weitergibt. Information ist demnach in einem Modul durch das Aktivationsmuster der Elementareinheiten repräsentiert.

Handlungsdetermination wird innerhalb der PDP-Ansätze als Optimierungsproblem des Zusammenarbeitens verschiedener gleichberechtigter Module angesehen. Es ist nicht erforderlich ein zentrales Exekutivsystem, beziehungsweise einen Homunkulus, anzunehmen, der für die Handlungsdetermination zuständig ist (siehe auch Goschke, 1997).

PDP-Modelle können lernen, diejenigen Aktivationsmuster als Output zu erzeugen, die zum entsprechenden Input passen, indem die Gewichtungen der Weitergabe von Output an andere Einheiten verändert werden. Allerdings ist dies ein sehr langsamer Lernprozess, denn dem System muss je nach Komplexität der zu lernenden Input-Output-Funktion jedes einzelne Input-Output-Paar mehrfach (oft mehrere hundert Mal) präsentiert werden. Deshalb ist die Vergleichbarkeit zwischen PDP-Ansätzen und der menschlichen Informationsverarbeitung begrenzt. PDP-Modelle können nur langsame Lernprozesse, wie das Lernen des Imperfekts der englischen Sprache, simulieren (Rumelhart & McClelland, 1986a). Sie können nicht erklären, wie das einmalige Erleben einer Situation das Handeln bestimmen kann (one-shot-learning).

Zur Reproduktion von Input-Output-Mustern lernen PDP-Modelle komplexe Funktionen, die zwar das Verhalten von Menschen, im Sinne von S-R-Beziehungen, nachahmen. Aus theoretischer Sicht sind diese Modelle aber häufig wenig hilfreich, da dadurch die Mechanismen und Prozesse der Handlungsdetermination ebenso wenig klar werden, wie durch die Beobachtung der neuronalen Aktivität des Gehirns. PDP-Ansätze können den Erwerb von S-R-Beziehungen simulieren; das kognitive System bleibt aber weiterhin eine nicht verstandene „black box“.

Zusammengefasst zeigen diese Ansätze, dass in der kognitiven Psychologie mittlerweile erkannt wurde, dass die Untersuchung äußerer Reizbedingungen und das darauf beobachtbare Verhalten nicht genügt, um die Prozesse der Informationsverarbeitung zu verstehen. Es ist notwendig auch exekutive Prozesse des informationsverarbeitenden Systems anzunehmen, um zu erklären, welche Stimuli überhaupt beachtet werden und wie diese Stimuli verarbeitet werden.

Die Erforschung solcher Aufmerksamkeitsmechanismen innerhalb der kognitiven Psychologie hat in den letzten 30 bis 40 Jahren aber kaum neue Erkenntnisse gebracht (Allport, 1993). Dies liegt zum einen an der mangelnden Genauigkeit einer Definition des Begriffs Aufmerksamkeit: Aufmerksamkeit wird sowohl als kausaler Agent, das heißt als Ursache der Fokussierung auf eine Entität, als auch als Resultat oder Ergebnis eines Verhaltensaktes eines Organismus konzeptualisiert. Zum anderen geht die Aufmerksamkeitsforschung bisher meist

von der Annahme aus, dass Aufmerksamkeit eine einheitliche Ressource sei, die nur begrenzte Verarbeitungskapazität besitze (eine Ausnahme bilden hier die PDP-Ansätze). Innerhalb dieser Konzeption ist Aufmerksamkeit oder exekutive Kontrolle ein nur schwer fassbares System geblieben, das als „Homunkulus“ unsere Handlungen determiniert. Allport bezeichnete es deshalb als nutzlos, nach einem solchen einheitlichen System zu suchen: „The continued search for *one* critical locus of selection is fruitless; there is no such locus“ (Allport, 1993, S. 202, Hervorhebung des Autors).

### **1.3. Das ideomotorische Prinzip**

Sowohl der Behaviorismus als auch die kognitive Psychologie betonten die Determination des menschlichen Handelns durch Außenreize. Das ideomotorische Prinzip geht im Gegensatz dazu davon aus, dass willentliches Handeln durch Intentionen determiniert ist, da willentliche Handlungen generell ausgeführt werden, um Ziele zu erreichen (z.B. Harleß, 1861; Herbart, 1825; James, 1890/1981; Lotze, 1852; Münsterberg, 1889; Wundt, 1907). Eine sehr frühe, präzise Formulierung des ideomotorischen Prinzips findet sich bei Herbart (1825, S. 464): "Gleich nach der Geburt eines Menschen oder eines Thieres entstehn aus bloß organischen Gründen, unabhängig von der Seele, gewisse Bewegungen in den Gelenken; und jede solche Bewegung erregt in der Seele ein bestimmtes Gefühl. Im nämlichen Augenblicke wird durch den äußern Sinn wahrgenommen, was für eine Veränderung sich zugetragen habe; [...] In einer späteren Zeit erhebt sich ein Begehren nach der beobachteten Veränderung. Damit reproducirt sich das zuvor mit dieser Beobachtung complicitrte Gefühl. [Diesem entsprechen] in den Nerven und Muskeln alle die inneren und äußeren Zustände, vermittels deren die beabsichtigte Veränderung in der Sinnensphäre kann hervorgebracht werden." Die zentrale Aussage des ideomotorischen Prinzips wurde von Hoffmann (2001, S. 69) folgendermaßen beschrieben: „Wenn wir erleben, dass eine Aktion zu einem bestimmten Effekt führt, wird sie als Mittel zur Herstellung des Effektes gespeichert. Wenn der Effekt später gewollt wird, wird diejenige Aktion aufgerufen, die ihn erfahrungsgemäß hervorbringt.“

Die Ursache oder der Grund für willentliches Handeln ist immer die Intention, ein bestimmtes Ziel zu erreichen, also einen bestimmten Umweltzustand herzustellen. Voraussetzung für intendiertes, zielgerichtetes Handeln ist somit, dass der Akteur schon vor Ausführung der Handlung weiß, welche Effekte eine Handlung erzeugen wird. Nur dann kann er in einer bestimmten Situation aus der Menge aller möglichen Handlungen diejenige auswählen, die die momentan angestrebten Effekte erzeugen wird. Schon James (1890/1981) machte deutlich, dass Aktions-Effekt-Beziehungen zunächst mindestens einmal aufgetreten sein müssen, um später die Effekte anstreben zu können: „When a particular movement, having once occurred in a random, reflex, or involuntary way, has left an image of itself in the memory, then the movement can be desired again, proposed as an end, and deliberately willed.“ (James, 1981/1890, S. 1099).

Dies bedeutet, dass die physikalische Kausalität von Aktion und Effekt umgekehrt wird: In Bezug auf die zeitliche Abfolge dieser Ereignisse ist die Ausführung einer Aktion die Ursache für das Entstehen der Effekte der Handlung. Dagegen wird innerhalb des ideomotorischen Prinzips davon ausgegangen, dass beim willentlichen Handeln zuerst die gewünschten Effekte antizipiert werden. Diese Antizipation der Effekte bewirkt schließlich, dass diejenige Aktion ausgeführt wird, die üblicherweise zu den gewünschten Effekten führt.

Sind Aktions-Effekt-Beziehungen so gut gelernt, dass allein die Intention, einen bestimmten Effekt erreichen zu wollen, quasi automatisch die entsprechende Aktion auslöst, spricht man von ideomotorischen Handlungen: "wherever movement follows unhesitatingly and immediately the notion of it in the mind, we have ideo-motor action. We are then aware of nothing between the conception and the execution" (James, 1890, zitiert nach Norman & Shallice, 1986, S. 2).

Das ideomotorische Prinzip betont (Re-)Aktions-Effekt-Assoziationen, denn die Ursache für Handlungen (Reaktionen) ist das Anstreben von Effekten. Das ideomotorische Prinzip könnte deshalb auch als R-E-Psychologie bezeichnet werden, was den Gegensatz dieser Sichtweise zum Behaviorismus (S-R-Psychologie) und der kognitiven Psychologie (S-Kognition-R-Psychologie) verdeutlicht.

Obwohl das ideomotorische Prinzip in den Anfängen der Psychologie weit verbreitet war (Hoffmann, 2001), ist es dann lange Zeit unbeachtet geblieben. Erst in

jüngster Zeit wurden die Ideen wieder entdeckt und weiterentwickelt (Baars, 1987; Hoffmann, 1993, 2001; Hoffmann, Sebald, & Stöcker, 2001; Hommel, 1996, 1998; Kiesel & Hoffmann, in Druck; Kunde, 2001, in Druck a, in Druck b; Kunde, Hoffmann, & Zellmann, 2002; Prinz, 1997; 1998; Stock & Hoffmann, 2002; Stöcker, Sebald, & Hoffmann, 2003).

#### **1.4. Hybridmodelle**

Sowohl das ideomotorische Prinzip als auch die kognitive Psychologie und der Behaviorismus postulieren Automatismen in der Handlungsdetermination. Sie unterscheiden sich aber in Bezug darauf, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, um die Automatismen auszulösen: Der Behaviorismus und die kognitive Psychologie gehen davon aus, dass Umweltereignisse automatisch verarbeitet werden, so dass Reaktionen kausal durch externe Stimuli ausgelöst werden (Betonung von S-R-Beziehungen). Das ideomotorische Prinzip nimmt dagegen an, dass Reaktionen kausal durch Intentionen ausgelöst werden. Die Intention einen bestimmten Effekt erreichen zu wollen, kann automatisch die entsprechenden Handlungen aufrufen (Betonung von R-E-Beziehungen).

Im Folgenden werden Hybridmodelle vorgestellt, die sowohl den Einfluss von äußeren Stimulusbedingungen als auch den Einfluss von Intentionen (zu erreichenden Effekten) auf die Handlungsdetermination berücksichtigen.

##### **1.4.1. Die determinierende Tendenz**

Ach (1905, 1910, 1935) betrachtete in seiner Konzeption einer Handlungsdetermination sowohl die Wirkung von Reizen auf das Verhalten (reproduktive Tendenz) als auch den Einfluss von Intentionen. Seiner Ansicht nach besteht eine Willensstätigkeit aus zwei Prozessen: dem Willensakt (Vorsatz) und der Willenshandlung (Ausführung). Der Willensakt beinhaltet das gegenständliche Moment und das aktuelle Moment<sup>3</sup>. Im gegenständlichen Moment wird die Zielvor-

---

<sup>3</sup> Ein Willensakt kann noch zwei weitere Momente, das anschauliche und das zuständige Moment beinhalten. Das anschauliche Moment ist das körperliche Spannungsempfinden und im zuständigen Moment wird der Person bewusst, dass sie sich willentlich anstrengt. Diese beiden

stellung, heutzutage würde man von Intention sprechen, mit der Bezugsvorstellung, der Situation auf die sich das zielstrebige Wollen bezieht, verknüpft. Das aktuelle Moment erweitert das gegenständliche Moment um die Ich-Objekt-Relation, das Ich wird zum Gegenstand des Wollens in Bezug gesetzt. Ach nahm an, dass Reize unterschiedlich verarbeitet werden, je nachdem welche Intention gerade verfolgt wird, also dass die "Apperzeption eines Reizes (Bezugsvorstellung) und seine Verwertung im Sinne von Einflüssen vor sich geht, welche der Bedeutung der Zielvorstellung entsprechen" (Ach, 1905, S. 195). Die reproduktive Tendenz eines Reizes und die Zielvorstellung sollen eine determinierende Tendenz auslösen, "die eine Realisierung des Geschehens im Sinne oder gemäß der Bedeutung dieser Zielvorstellung nach sich zieht" (Ach, 1935, S. 143). Handlungen werden somit entsprechend der vorliegenden Intention und den gegebenen Reizbedingungen ausgewählt. "Durch den gleichen Reiz werden verschiedene Vorstellungen reproduziert und zwar wird im einzelnen Fall jene Vorstellung überwertig, welche dem Sinne der Absicht entspricht." (Ach, 1905, S. 193). Liegen Handlungskonflikte vor, so konkurrieren die einzelnen "Vorstellungen" miteinander und die stärkste wird ausgeführt.

Die Arbeit von Ach wurde lange Zeit kaum beachtet; erst in den letzten Jahren wird sie häufiger zitiert und gewürdigt: "In Ach's Theorie sind die wesentlichen Komponenten versammelt, die für eine Theorie der intentionalen Steuerung kognitiver Prozesse erforderlich sind – "Zielvorstellung" und "Bezugsvorstellung" als dynamische beziehungsweise kognitive Instanzen, "Absicht" als assoziative Verbindung zwischen ihnen und "determinierende Tendenz" als Inbegriff der selektiven Verarbeitung der Bezugsvorstellung sub specie der Zielvorstellung" (Neumann & Prinz, 1987, S. 208; für weitere Würdigungen siehe Hoffmann & Stock, 2000; Kluwe, 2000; Hommel, Ridderinkhof & Theeuwes, 2002).

---

Momente sind, im Gegensatz zum gegenständlichen und aktuellen Moment, aber kein notwendiger Bestandteil des Willensaktes.

### 1.4.2. Intentionale Handlungssteuerung

Die Grundannahme des Ansatzes von Neumann & Prinz (1987) ist, dass jede Handlung einer Person durch bedingte Operationen gesteuert wird. Diese bedingten Operationen werden als Produktionsregeln („wenn-S-dann-R-Regeln“) beschrieben. Sie sind in hierarchisch organisierten Systemen miteinander verknüpft, so dass es S-R-Regeln auf verschiedenen Ebenen gibt. Beispielsweise könnten folgende Regeln bei Ausführung eines Experiments vorliegen: „Wenn Du Versuchsperson bist, mache möglichst wenig Fehler“ (Regel auf höherer Ebene), oder „wenn ein A erscheint, bewege den rechten Zeigefinger nach unten, um die Taste zu drücken“ (Regel auf niedriger Ebene).

Im Unterschied zu seriellen Stufenmodellen der kognitiven Psychologie werden die bedingten Operationen nur ausgeführt, wenn zwei Exekutionsbedingungen vorliegen. Zum einen müssen natürlich die informationellen Bedingungen (die entsprechenden Reize der S-R-Regel) vorliegen, aber zum anderen müssen auch Bereitschaftsbedingungen für die bedingten Operationen vorhanden sein, denn es müssen bestimmte intentionale Zustände vorliegen, damit die Ausführung einer Operation überhaupt in Betracht kommt. Konkret bedeutet dies, dass eine Versuchsperson (Vp) niemals den rechten Zeigefinger nach unten bewegen würde, wenn sie ein A sieht, wenn sie nicht zuvor die entsprechende Intention ausgebildet hätte, weil sie so instruiert worden ist: "durch den intentionalen Akt wird gewissermaßen ein Automat programmiert, der, wenn bestimmte auslösende Bedingungen eintreten, durchaus ohne weiteres intentionales Eingreifen seiner vorgeschriebenen Tätigkeit nachkommt" (Neumann & Prinz, 1987, S. 211).

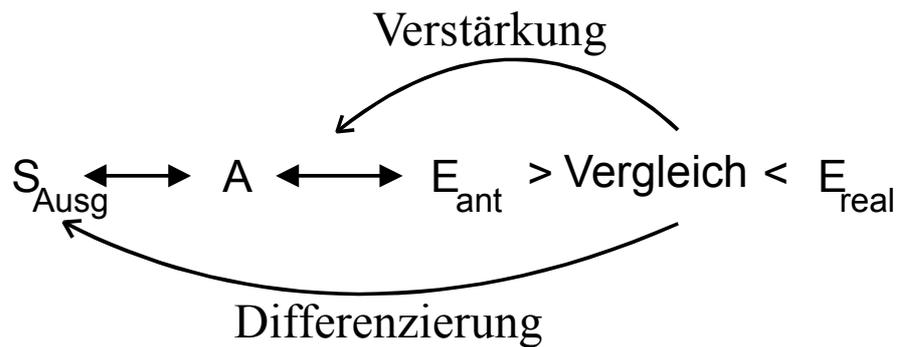
Intentionale Prozesse haben die Funktion, bedingte Operationen in Bereitschaft zu versetzen. Hierbei tritt aber das Problem auf, dass die Prozesse, die für die Handlungsausführung funktionell erforderlich sind, nicht in der bewussten Intention repräsentiert sind. Intentionen sind keine Muskelaktivierungsparameter, sondern "immer eine Vorstellung von dem beabsichtigten, gewissermaßen distalen Bewegungsergebnis" (Neumann & Prinz, 1987, S. 212, Hervorhebung der Autoren). Das distale Bewegungsergebnis ist der gewünschte Effekt oder das Ziel einer Handlung, der wie im ideomotorischen Prinzip als handlungsdeterminierend angesehen wird.

Neumann und Prinz vereinen S-R- und R-E-Psychologie hierarchisch miteinander: Der intentionale Akt ist übergeordnet, er muss zunächst festlegen, welche S-R-Regeln geeignet sind, um den gewünschten Effekt zu erreichen. Ist dieser intentionale Akt abgeschlossen, handelt das System automatisch: Bei Auftreten des passenden Stimulus wird die Reaktion der entsprechenden Produktionsregel ausgelöst.

### **1.4.3. Die ABC-Theorie**

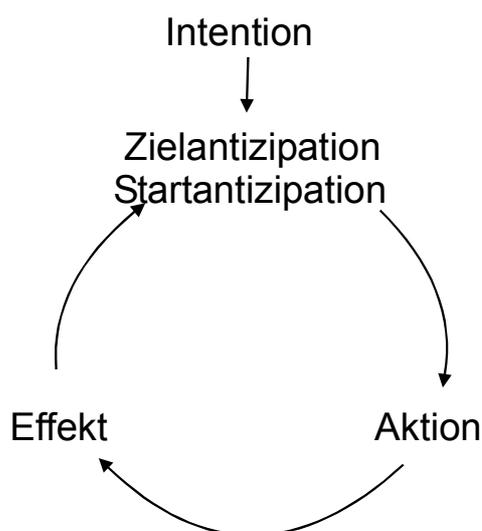
Die ABC-Theorie (anticipative behavior control, oder antizipative Verhaltenssteuerung, Hoffmann, 1993, 2001) baut auf die Grundgedanken des ideomotorischen Prinzips (siehe 1.3) auf: Die Ursache für jedes willentliche Handeln ist eine Intention, also der Wunsch einen bestimmten Zielzustand herzustellen. Um eine Intention zu verfolgen, das heißt um zielgerichtet handeln zu können, ist es notwendig zu wissen, welche Aktionen zu welchen Effekten führen.

Die ABC-Theorie beschreibt einen Lernmechanismus, der erläutert, wie dieses Wissen erworben werden kann (Hoffmann 1993, 1996; Hoffmann & Sebold, 2000). Jeder Ausführung einer intendierten Aktion A geht zeitlich die Antizipation gewünschter Effekte (E ant) voran (siehe Abbildung 2). Diese gewünschten Effekte werden nach Ausführung der Aktion mit den real eintretenden Effekten (E real) verglichen. Ist dieser Vergleich positiv, stimmen die antizipierten mit den realen Effekten überein, so wird die Beziehung zwischen Aktion und Effekt verstärkt. Ist der Vergleich negativ, werden die Aktions-Effekt-Beziehungen abgeschwächt und die Situationsbedingungen (S Ausg) ausdifferenziert. Eine erfolgreiche Handlungssteuerung setzt voraus, dass auch die Situationsbedingungen oder Ausgangsbedingungen berücksichtigt werden, da Aktions-Effekt-Beziehungen häufig nicht generell gültig sind, sondern von bestimmten Bedingungen abhängen. Deshalb werden Situations-Aktions-Effekt-Tripel angenommen, die das Wissen darüber repräsentieren, unter welchen Bedingungen welche Aktionen zu welchen Effekten führen.



**Abbildung 2: Lernmechanismus zum Aufbau verhaltenssteuernder Antizipationen (Hoffmann, 1993).**

Nach Hoffmann (1994, S. 397) ist ein intentionaler Verhaltensakt "durch wenigstens zwei Arten von Antizipationen gesteuert: (1) durch eine Antizipation von Eigenschaften eines zu erreichenden oder herzustellenden Zielzustands und (2) durch eine Antizipation derjenigen Eigenschaften eines Ausgangszustands, die erfahrungsgemäß gegeben sein müssen, damit er durch aktives Verhalten in den Zielzustand überführt werden kann." Ein Schema zur antizipativen Verhaltenssteuerung ist in Abbildung 3 dargestellt. Ausgangspunkt willkürlichen Handelns ist das Vorhandensein einer Intention. Diese Intention bedingt die Antizipation der gewünschten Effekte, hier im Schema Zielantizipation genannt, und gleichzeitig auch die Startantizipation, also das Wissen um die Situationsvariablen, die vorliegen müssen, damit die Aktion zum gewünschten Effekt führt. Entsprechend dieser Antizipationen wird die passende Aktion ausgewählt und dann die real eintretenden Effekte verwendet, um die Richtigkeit des Situations-Aktions-Effekt-Tripels zu überprüfen, wie bereits zuvor beschrieben.



**Abbildung 3: Schema zur antizipativen Steuerung zielgerichteten Verhaltens (Hoffmann, 1993).**

Wie die anderen Hybridmodelle kombiniert die ABC-Theorie von Hoffmann S-R- und R-E-Psychologie. Handlungsdetermination erfolgt durch erlernte S-R-E-Regeln, die entsprechend der aktuellen Intention ausgewählt werden.

### 1.5. Fazit

Die vorgestellten Theorien und Modelle sollen einen Eindruck vermitteln, wie unterschiedlich Handlungsdetermination konzipiert werden kann. Die verschiedenen Theorien und Modelle unterscheiden sich sehr stark bezüglich des Spezifizierungsgrades. Während einige Ansätze eher als theoretische Überlegungen zur Handlungsdetermination anzusehen sind (1.3 Das ideomotorische Prinzip und 1.4.1 Die determinierende Tendenz), sind andere Ansätze empirisch überprüft worden (1.1 Behaviorismus, 1.2 Kognitive Psychologie, 1.4.2 Intentionale Handlungssteuerung und 1.4.3 Die ABC-Theorie) und zum Teil sogar in Computermodellen simuliert (1.2.4 EPIC, 1.2.5 PDP Ansätze und 1.4.3 Die ABC-Theorie).

Der wichtigste Unterschied ist aber die Gewichtung externer, reizgetriebener Einflüsse und interner, intentionaler Einflüsse auf die Handlungsdetermination. Die einzelnen Ansätze können hier zwei grundsätzlich verschiedenen Sichtweisen der Psychologie zugeordnet werden.

In der S-R-Psychologie wird der Mensch als Informationsverarbeiter gesehen, der entsprechend dem EVA-Prinzip (Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe) Reize verarbeitet und auf diese reagiert. Die Ansätze des Behaviorismus und der kognitiven Psychologie befassen sich überwiegend mit den Einflüssen von Reizen auf die Handlungsdetermination. In der kognitiven Psychologie wird aber nicht, wie im Behaviorismus, davon ausgegangen, dass jeder Stimulus handlungsdeterminierend werden kann. Nur bestimmte Stimuli werden beachtet und deshalb bevorzugt verarbeitet.

Die R-E-Psychologie konzipiert den Menschen dagegen als Zielerreicher, der bestimmte Effekte anstreben möchte. Das ideomotorische Prinzip legt den Schwerpunkt der Handlungsdetermination auf Effekte, beziehungsweise das Anstreben von Zielen.

Die Konzeption der determinierenden Tendenz nach Ach, die intentionale Handlungssteuerung nach Neumann & Prinz und die ABC-Theorie nach Hoffmann sind Hybridmodelle. Sie betrachten sowohl die Wichtigkeit von Zielvorstellungen oder Intentionen, als auch den Einfluss, den Stimuli beziehungsweise situationale Ausgangsbedingungen auf die Handlungsdetermination haben.

Obwohl niemand bestreiten wird, dass sowohl Ziele, die darin bestehen bestimmte Effekte herzustellen (R-E-Psychologie), als auch externe Stimuli (S-R-Psychologie) menschliches Handeln beeinflussen, herrscht in experimentellen Paradigmen häufig explizit oder zumindest implizit die S-R-Ansicht vor. Dies wird auch im nachfolgenden Kapitel gezeigt, in dem ein Paradigma vorgestellt wird, das zur empirischen Untersuchung flexibler Handlungsdetermination verwendet wurde.

## 2. Das Aufgabenwechselfparadigma

### 2.1. Grundmethode und Anliegen

In Aufgabenwechsel-Experimenten werden Versuchspersonen (Vpn) instruiert zwischen mehreren (meist zwei) Aufgaben zu wechseln. Ein Wechsel zwischen Aufgaben verursacht höheren kognitiven Aufwand als die Wiederholung von Aufgaben, so dass die Ausführung einer Aufgabe bei einem Aufgabenwechsel länger dauert und fehleranfälliger ist als bei Aufgabenwiederholung. Die Unterschiede zwischen Aufgabenwechseln und Aufgabenwiederholungen bezüglich des Zeitbedarfs und der Fehlerraten werden als Wechselkosten bezeichnet.

Selbst innerhalb des Aufgabenwechselfparadigmas ist der Begriff Aufgabe (Task Set) nicht klar definiert: „...it is difficult to define with precision, ..., what constitutes a ‚task‘.“ (Rogers & Monsell, 1995, S. 208). Aber häufig besteht der Konsens unter dem Begriff „Task Set“ all diejenigen S-R-Zuordnungen, die zur Bearbeitung einer Aufgabe notwendig sind, zusammenzufassen. Diese Definition macht deutlich, dass das Aufgabenwechselfparadigma innerhalb der kognitiven Psychologie entwickelt wurde. Intentionen oder Ziele spielen nur insofern eine Rolle, als angenommen wird, dass die Vpn durch die Instruktion eine Aufgabe auszuführen, die entsprechende Intention ausbilden.

Entwickelt wurde die Methode des Aufgabenwechsels schon 1927 durch Jersild, doch sie erlangte erst in den letzten 10 Jahren große Beliebtheit, nachdem sie durch Allport (1993; Allport, Styles, Hsieh, 1994) wieder belebt worden war. Das Aufgabenwechselfparadigma wird vor allem zur Untersuchung exekutiver Kontrollprozesse eingesetzt: „Experimental studies of the voluntary shifting of task „set“, to control different, successive cognitive operations, provide additional, converging evidence of functionally separable components of executive or attentional control“ (Allport, 1993, S. 203).

Im Folgenden werden wichtige Arbeiten zu Aufgabenwechseln in chronologischer Reihenfolge vorgestellt. Dabei werden besonders die verschiedenen methodische Möglichkeiten und Weiterentwicklungen gezeigt, wie Aufgabenwechsel realisiert und Wechselkosten berechnet wurden.

## 2.2. Jersild – erste Aufgabenwechselexperimente

Eine frühe Arbeit zu Aufgabenwechselln wurde von Jersild (1927) durchgeführt, der meines Wissens als erster zeigte, dass der Wechsel zwischen Aufgaben im Vergleich zur Wiederholung von Aufgaben, Wechselkosten verursacht. In seinen Experimenten wurden die Vpn instruiert, Itemlisten entweder homogen zu bearbeiten, also nur eine Aufgabe durchzuführen oder heterogen zu bearbeiten, also immer abwechselnd eine von zwei möglichen Aufgaben auszuführen. Beispielsweise addierten die Vpn bei der Bearbeitung einer homogenen Itemliste die Zahl 6 zu jeder dargebotenen Ziffer, während sie bei der Bearbeitung einer heterogenen Itemliste abwechselnd die Zahl 6 addierten oder die Zahl 3 subtrahierten.

Wechselkosten wurden berechnet, indem die Bearbeitungszeiten und Fehlerraten von homogenen Listen (Aufgabenwiederholung) und heterogenen Listen (Aufgabenwechsel) verglichen wurden. Jersild zeigte, dass Wechsel zwischen Aufgaben bei vielen verschiedenen Aufgabenarten, wie Addieren oder Subtrahieren, zu einem vorgegebenen Wort ein Antonym nennen oder zu einem Verb ein passendes Objekt finden, oder Farbe oder Form eines Objektes benennen, Wechselkosten verursachen.

Darüber hinaus fand Jersild, dass die Schwierigkeit der Aufgaben nicht nur das Reaktionszeitniveau insgesamt beeinflusst, sondern auch das Ausmaß der Wechselkosten. Wechselkosten waren höher, wenn ein Wechsel zwischen schwierigen Aufgaben (z.B. addiere 17 vs. subtrahiere 13) erforderlich war, als wenn er zwischen leichteren Aufgaben (z.B. addiere 6 vs. subtrahiere 3) durchgeführt werden musste.

Jersild interpretierte die Unterschiede zwischen homogenen und heterogenen Listen durch das Ausmaß an Lernerfahrung, dass Personen für die Integration verschiedener Aufgabenelemente haben. Er nahm nicht an, dass der Wechsel zwischen Operationen generell aufwendiger sei und deshalb mehr Zeit brauche, als der Wechsel zwischen Items bei Verwendung derselben Operation. Seiner Ansicht nach sind wir nur besser geübt darin, dieselbe Operation auf verschiedene Items anzuwenden als zwischen verschiedenen Operationen zu wechseln. Deshalb sollten Wechselkosten übungsabhängig sein; mit genügend Übung sollte

man in der Lage sein, entweder sehr schnell zwischen Aufgaben hin und her zu wechseln, oder beide Aufgaben parallel aktiviert zu haben, so dass keine Wechselkosten mehr auftreten. Empirische Bestätigung hierfür fand er allerdings nur teilweise und nicht konsistent in allen Experimenten (für Gegenbelege siehe auch Shaffer, 1965, 1966).

### **2.3. Spector & Biederman – Wiederaufgreifen des Aufgabenwechselansatzes**

Spector & Biederman (1976) konnten die Befunde von Jersild (1927) replizieren und erweitern. Zum einen fanden sie, dass Wechselkosten davon abhängen, ob die dargebotenen Stimuli unter beiden Aufgaben bearbeitet werden können; in diesem Fall wird von überlappenden Stimulus-Sets gesprochen. Es traten substantielle Wechselkosten beim Vergleich homogener und heterogener Listen mit überlappenden Stimulus-Sets auf, zum Beispiel entstanden Wechselkosten in Höhe von durchschnittlich 402 ms pro Item, wenn die Vpn zu zweistelligen Zahlen abwechselnd 3 addierten oder 3 subtrahierten. Überlappten die Stimulus-Sets der Aufgaben dagegen nicht, so dass der Stimulus eindeutig die auszuführende Aufgaben spezifizierte, traten keine substantiellen Wechselkosten auf. Beim Wechseln zwischen den Aufgaben „von einer Zahl 3 zu subtrahieren“ und „zu einem Wort das Gegenteil zu nennen“, fanden sich nur nicht signifikante Bearbeitungszeitunterschiede in Höhe von 35 ms pro Item.

Weiterhin hing das Ausmaß der Wechselkosten davon ab, ob die Vpn einen Hinweisreiz (=Cue) erhielten, der angab, welche Aufgabe sie ausführen sollten. Wechselten die Vpn zwischen den Aufgaben der Addition und der Subtraktion von 3, und hinter den zweistelligen Ziffern wurde der jeweilige Cue „+ 3“ beziehungsweise „- 3“ dargeboten, so sanken die Wechselkosten von 402 ms ohne Cuedarbietung auf 188 ms pro Item bei Cuedarbietung.

Spector & Biederman (1976) argumentierten deshalb, dass Wechselkosten allein auf die Ambiguität der Stimuli zurückzuführen sei. Wurden bivalente Stimuli verwendet, die unter beiden Aufgabeninstruktionen bearbeitet werden konnten, traten hohe Wechselkosten auf. Die Wechselkosten sanken, wenn ein Cue die Ambiguität der Stimuli reduzierte. Waren die Stimuli univalent, weil sie nur unter

jeweils einer Aufgabeninstruktion verarbeitet werden konnten, so entstanden keine (signifikanten) Wechselkosten.

#### **2.4. Allport, Styles, & Hsieh – Task Set Inertia**

Allport, Styles, & Hsieh (1994) griffen das Aufgabenwechselfparadigma wieder auf und erweiterten es. Sie untersuchten Wechsel zwischen verschiedenen Aufgaben und / oder verschiedenen Stimulusdimensionen. Als Stimuli verwendeten sie die Ziffern 1 bis 9. Jeweils eine der Ziffern stand ein- bis neunmal in einem Rechteck. Es gab somit zwei Stimulusdimensionen: Ziffernwert und Zifferanzahl. Auf einen Stimulus wurden zwei mentale Operationen angewendet: die Beurteilung, ob der Stimulus „gerade/ungerade“ oder ob er „größer/kleiner fünf“ ist.

Zum einen konnte ein Wechsel der Stimulusdimension gefordert sein, die Vpn wurden aufgefordert entweder den Ziffernwert oder die Zifferanzahl zu beachten. Zum anderen konnte die geforderte mentale Operation wechseln, die Vpn beurteilten, ob der Stimulus „gerade/ungerade“ oder „größer/kleiner fünf“ ist.

Allport et al. verglichen die Bearbeitungszeiten beim Wechsel zwischen zwei mentalen Operationen („größer/kleiner“ vs. „gerade/ungerade“), zwei Stimulusdimensionen (Ziffernwert oder Zifferanzahl) und mentaler Operation und Stimulusdimension gleichzeitig mit der Bearbeitungszeit jeweils homogener Listen. Wenn der Ziffernwert immer als „gerade/ungerade“ und die Zifferanzahl immer als „größer/kleiner fünf“ beurteilt wurde (gleichzeitiger, korrelierter Wechsel zwischen mentaler Operation und Stimulusdimension), war die Bearbeitungszeit genauso hoch wie beim alleinigen Wechsel der mentalen Operation oder der Stimulusdimension. Sie war für Listen mit 7 Items ca. 6 sec höher als bei der Bearbeitung homogener Listen mit ebenfalls 7 Items (für eine methodische Kritik und gegenteilige Befunde siehe Hübner, Futterer & Steinhauser, 2001).

Den Befund, dass Wechsel zwischen mentalen Operationen, Stimulusdimensionen oder beidem gleichzeitig gleiche Kosten verursachten, werteten Allport et al. (1994) als Evidenz für verteilte Steuerungsmechanismen und gegen die Annahme einer zentralen Kontrolleinheit (z.B. zentrale Exekutive bei Baddeley, 1986). Unter der Annahme einer zentralen Instanz mit begrenzter Verarbeitungskapazität müsste der gleichzeitige Wechsel von mentaler Operation

und Stimulusdimension höhere Wechselkosten verursachen, als der Wechsel jeweils nur eines Aufgabenelements.

Allport et al. (1994) sahen als ursächlich für Wechselkosten „a kind of proactive interference (PI) from competing S-R mappings with the same stimuli“, dass sie „task set inertia“ (Allport et al., 1994, S. 436) nannten. Es wurde angenommen, dass ein einmal aktives Aufgabenset (task set) auch dann noch aktiviert bleibt, wenn es nicht mehr gebraucht wird. Da das nicht mehr benötigte Aufgabenset mit dem nun aktuellen Aufgabenset interferiert, benötigt das aktuelle Aufgabenset mehr Zeit zur Ausführung. Dieser Mechanismus geht nicht von einer zentralen Instanz zur Steuerung aus: „we suggest that voluntary or intentional control of task set is realized through interactions among a variety of functionally specialized components, each responsible for specific features of executive control“ (Allport et al., 1994, S. 432).

Ein Beleg für die Task Set Inertia (TSI) Hypothese ist, dass Wechsel zwischen Aufgaben keine Kosten verursachten, wenn die Vpn zwischen unterschiedlichen Reiz-Reaktions-Zuordnungen (S-R-Zuordnungen) wechselten, die sich nicht gegenseitig störten. In Experiment 4 von Allport et al. (1994) wurden als Stimuli Stroop-Reize (farbig geschriebenen Farbbezeichnungen) und die oben erläuterten Zifferngruppen dargeboten. Mögliche Aufgaben für diese Stimuli waren „die Farbbezeichnung lesen“ oder „die Farbe benennen“ beziehungsweise „die Ziffer benennen“ oder „die Zifferanzahl benennen“. In einem ersten Block wurde jeweils nur eine mögliche Aufgabe für jede Stimulusart instruiert: Eine Gruppe von Vpn wechselte zwischen dem Lesen der Farbbezeichnung und dem Benennen der Ziffer, eine andere Gruppe zwischen dem Benennen der Farbe und der Zifferanzahl. In beiden Gruppen gab es schon nach kurzer Übung keine Wechselkosten mehr, wie von der TSI-Hypothese postuliert. Im zweiten Block wurden die zu bearbeitenden Aufgaben über die Gruppen hinweg vertauscht, die erste Gruppe benannte Farbe und Zifferanzahl und die zweite Gruppe las das Farbwort und benannte die Ziffer. Im anschließenden dritten Block bearbeiteten die Vpn wieder dieselben Aufgaben wie in Block 1. Ein weiterer Beleg für die TSI-Hypothese ist, dass zu Beginn der Blöcke 2 und 3 substantielle Wechselkosten auftraten, da die im jeweils vorherigen Block etablierten S-R-Zuordnungen noch aktiv waren und deshalb entsprechend der TSI-Hypothese die aktuelle Aufgaben-

ausführung störten (weitere Belege für die Langzeitaktivierung von S-R-Zuordnungen bei Aufgabenwechsel fanden Waszak, 2001; Waszak, Hommel, & Allport, in Druck).

Nach Ansicht Allports (1993; siehe auch Allport, Styles, & Hsieh, 1994) verursacht der Wechsel einer Aufgabe an sich, das heißt der Wechsel zwischen verschiedenen S-R-Zuordnungen keine Kosten. Da seiner Meinung nach kein einheitliches, kapazitätsbegrenztes Exekutivkontrollsystem existiert, sondern unterschiedliche Module verschiedene Aufgabenausführungen determinieren, besteht nicht die Notwendigkeit die S-R-Zuordnungen einer Aufgabe zu deaktivieren, bevor die andere Aufgabe aktiviert werden kann. Stattdessen nimmt Allport an, dass ständig die S-R-Zuordnungen beider Aufgaben aktiv seien. Wechselkosten würden aufgrund von Interferenzen zwischen den S-R-Zuordnungen zweier Aufgaben entstehen und nur dann auftreten, wenn die S-R-Zuordnungen beider Aufgaben überlappen.

## **2.5. Rogers & Monsell- AABBA-Design (alternating runs paradigm)**

Rogers & Monsell (1995) erhoben berechtigte Einwände gegen die Methodik der Untersuchungen von Jersild (1927), Spector & Biederman (1976) und Allport et al. (1994). Bei dem Vergleich heterogener und homogener Listen sind Unterschiede in der Bearbeitungszeit nicht nur auf den Wechsel der Aufgaben zurückzuführen. Da die Vpn selbst die Aufgabenabfolge nach dem vorgegebenen alternierenden Schema (ABAB) generieren mussten, um zu wissen, welche Aufgabe jeweils verlangt war, waren die Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis bei heterogenen Listen höher. Zusätzlich mussten bei heterogenen Listen zwei Aufgabensets im Arbeitsgedächtnis verfügbar sein, während bei homogenen Listen nur ein Aufgabenset im Arbeitsgedächtnis benötigt wurde (siehe auch Fagot, 1994).

Um diese Konfundierung zu vermeiden, schlugen Rogers & Monsell vor, die Aufgaben innerhalb eines Blocks abwechselnd zu wiederholen und zu wechseln (AABBA-Design, alternating runs paradigm). Betrachtet werden bei diesem Paradigma jeweils die Reaktionszeiten und Fehlerraten für die Ausführung einer Aufgabe in Abhängigkeit davon, welche Aufgabe im Trial zuvor ausgeführt worden ist. Wechselkosten werden als Differenz der Performanzdaten zwischen

Aufgabenwechseln (AB oder BA) und Aufgabenwiederholungen (AA oder BB) berechnet.

In den Aufgabenwechselexperimenten von Rogers & Monsell wurden den Vpn jeweils zwei Zeichen als Reiz dargeboten, ein Buchstabe und eine Ziffer, die in zufälliger Reihenfolge nebeneinander standen. Die beiden Zeichen erschienen im Uhrzeigersinn wechselnd in einem von vier Quadranten. Der Reizort diente als Cue, welche Aufgabe auszuführen war. Erschienen die Reize in einem der oberen Quadranten, sollten die Vpn beurteilen, ob der Buchstabe ein Konsonant oder ein Vokal war (Aufgabe A) und dementsprechend eine linke oder rechte Taste drücken. Waren die beiden Zeichen in einem der unteren Quadranten, sollten sie beurteilen, ob die Ziffer gerade oder ungerade war (Aufgabe B) und dieselbe rechte oder linke Taste drücken. Die Aufgabenabfolge war somit vorhersehbar; nach jedem zweiten Trial erfolgte ein Aufgabenwechsel.

Variiert wurde die Zeit zur Vorbereitung des nächsten Trials, genauer das Intervall zwischen Reaktion des vorherigen Trials und Stimulusdarbietung des aktuellen Trials (response stimulus interval = RSI). Bei kurzem RSI (150 ms) war die Reaktionszeit nach einem Wechsel der Aufgabe 224 ms höher als bei wiederholter Ausführung derselben Aufgabe. Bei längerem RSI sanken die Wechselkosten und näherten sich an eine von null verschiedene Asymptote an. Sie betragen bei einem RSI von 1200 ms noch 115 ms.

Im Gegensatz zu Allport et al. (1994, Exp. 4) oder Spector & Biederman (1976) fanden Rogers & Monsell (1995) auch bei Verwendung univalenter Stimuli Wechselkosten. In diesem Experiment wurden den Vpn entweder Buchstaben oder Ziffern, jeweils passend zur Aufgabe dargeboten. Selbst bei langer Vorbereitungszeit (RSI = 1200 ms) verursachte ein Wechsel Kosten in Höhe von 43 ms. Wechselkosten traten hier also auch dann auf, wenn lediglich die Reaktionen (Response Sets) beider Aufgabensets überlappten. Allerdings waren sie deutlich reduziert, wenn die dargebotenen Reize nur zur aktuell erforderten Aufgabe passten. Rogers & Monsell nahmen deshalb an, dass der Wechsel weg von einem, nun irrelevanten, Aufgabenset erschwert sei, wenn die Reize bivalent sind (unter beiden Aufgabeninstruktionen bearbeitet werden können), da die Darbietung des irrelevanten Reizes das irrelevante Aufgabenset aktiviert: "The hypothesis of exogenous activation of a task-set by stimuli associated with that

task suggests that it should be harder to switch task sets – and in doing so, decouple the now-irrelevant S-R mapping – when the stimulus contains an attribute associated with (a response in) the task being switched away from – an exogenous cuing effect" (Rogers & Monsell, 1995, S. 211).

Aufgrund des Befundes sinkender, aber noch existierender Wechselkosten bei längerer Vorbereitungszeit auf den nächsten Trial, unterschieden Rogers & Monsell (1995) zwei Komponenten der Aufgabenvorbereitung. Die erste Komponente der Aufgabenvorbereitung kann schon vor Erscheinen des Reizes ablaufen, wenn genügend Vorbereitungszeit (genügend langes RSI) gegeben ist, und wurde deshalb als endogene Komponente bezeichnet. Rogers & Monsell nahmen an, dass endogene Steuerungsvorgänge durch „den Willen“ (James, 1890) beziehungsweise eine zentrale Instanz geleistet werden, ohne aber über den Prozess genauere Aussagen zu machen: „Although the endogenous component of task-set undoubtedly exists, we refrain from making any such assumptions about it“ (Rogers & Monsell, 1995, S. 208). Die zweite Komponente der Aufgabenvorbereitung kann erst erfolgen, sobald der zu verarbeitende Reiz erscheint: „Completion of the reconfiguration is triggered only by, and must wait upon, the presentation of a task-associated stimulus“ (Rogers & Monsell, 1995, S. 224). Diese exogene Komponente der Aufgabenvorbereitung wird durch residuale Wechselkosten, diejenigen Wechselkosten, die bei langer Vorbereitungszeit noch verbleiben, widergespiegelt. Die Prozesse, die bei einem Aufgabenwechsel ablaufen, wurden in Analogie zur Einstellung von Eisenbahnschienen gesetzt. Um eine neue Aufgabe auszuführen, wird zunächst auf die neue Schiene umgestellt (endogener Prozess). Erst wenn der Reiz erscheint, kann er die Strecke entlang fahren, beziehungsweise die passende S-R-Zuordnung aufrufen (exogener Prozess). Diese Schienenmetapher geht von einer Alles-oder-Nichts-Aktivierung von Task Sets aus: das neue Aufgabenset wird eingestellt und dadurch wird das alte vollständig deaktiviert.

## **2.6. Meiran – das Cueing-Paradigma**

Werden Aufgabenwechsel entsprechend des AABBA-Designs instruiert, ist die Abfolge von Aufgabenwechseln und Aufgabenwiederholungen vorhersehbar. Falls

Vpn in der Lage sind, eine Aufgabe schon dann vorzubereiten, wenn sie die vorherige Aufgabe noch nicht abgeschlossen haben, so wird der Aufwand des Wechsels unterschätzt. Aber selbst wenn eine Aufgabenvorbereitung erst nach Ausführung der Reaktion der vorherigen Aufgabe möglich ist, laufen während des Vorbereitungsintervall (RSI) zwei unterscheidbare Prozesse ab. Zum einen wird die neue Aufgabe vorbereitet, aber gleichzeitig zerfällt das alte Aufgabenset (entsprechend der TSI-Hypothese von Allport et al., 1994).

Um das Zeitintervall für die Vorbereitung des neuen Aufgabensets getrennt vom zeitlichen Abstand zweier Trials variieren zu können, verwendete Meiran (1996) das Cueing-Paradigma. Ein Cue (Hinweisreiz) gibt jeweils in jedem Trial vor Erscheinen des Reizes an, welche Aufgabe auszuführen ist (siehe auch Sudevan & Taylor, 1987). Im Cueing-Paradigma kann die Aufgabenabfolge zufällig variiert werden, so dass eine Vorbereitung auf die nächste Aufgabe erst nach Erscheinen des Cues, also innerhalb des Cue-Stimulus-Intervalls (CSI) möglich ist. Die zusätzliche Variation des Response-Cue-Intervalls (RCI) ermöglicht es, die Zeit für den passiven Zerfall der alten Aufgabe, getrennt von der Zeit für die aktive Vorbereitung der neuen Aufgabe, zu manipulieren.

Meiran (1996, 2000a, 2000b, Meiran, Chorev, & Sapir, 2000) verwendete zwei einfache Aufgaben, um den Einfluss des RCI und des CSI getrennt voneinander zu untersuchen. Ein Reiz wurde in einem von 4 Quadranten dargeboten und die Vpn sollten entweder bestimmen, ob der Reiz oben oder unten (Aufgabe A) oder rechts oder links dargeboten wurde (Aufgabe B). Welche der beiden räumlichen Dimensionen verhaltensrelevant war, wurde durch Pfeile instruiert, die über und unter (für Aufgabe A) oder rechts und links (für Aufgabe B) von der 2x2 Matrix dargeboten wurden. Die Zeit zwischen der Reaktion der vorherigen Aufgabe und dem Erscheinen der Pfeile (RCI) wurde unabhängig von der Zeit zwischen Erscheinen der Pfeile und des Reizes (CSI) variiert. Sowohl eine Verlängerung des RCI als auch des CSI führte zur Verringerung der Wechselkosten, aber bei der Verwendung derselben zwei Reaktionstasten für beide Aufgaben blieben selbst bei langem RCI und langem CSI residuale Wechselkosten.

Zusätzlich untersuchte Meiran (2000b) den Einfluss von Eigenschaften der Reize und Reaktionen beider Aufgaben auf die Wechselkosten. Wurden die Reize nur über / unter oder rechts / links von einer Referenzlinie dargeboten und waren

bezüglich der anderen räumlichen Dimension nicht kategorisierbar (univalente Stimuli), waren die Wechselkosten insgesamt geringer, da die irrelevante Reizdimension nicht störte (vgl. Rogers & Monsell, 1995). Wenn für beide Aufgaben unterschiedliche Reaktionstasten zu betätigen waren (univalente Reaktionen), aber bivalente Reize dargeboten wurden, traten Wechselkosten nur bei kurzem CSI auf. Sobald die Vpn genügend Zeit hatten, sich auf die relevante Reizdimension einzustellen (genügend langes CSI), entstanden keine Wechselkosten mehr. Meiran nahm deshalb an, dass überhaupt keine Wechselkosten auftreten sollten bei vollständig getrennten Reiz- und Reaktionssets beider Aufgaben, wenn die S-R-Zuordnungen beider Aufgaben nicht konkurrieren, überprüfte dies aber nicht empirisch.

Aus diesen Ergebnissen folgerte Meiran (2000b, S. 380), dass Wechselkosten aus drei Komponenten bestehen: "(1) a waiting component, related to the effects of the RCI on the cost; (2) a preparatory component, related to the effects of CTI [cue target interval = CSI] on the cost; and (3) a residual component, reflecting a portion of the task-switching cost that seems relatively resistant to increases of either interval."

Der Befund sinkender Wechselkosten, je größer der zeitliche Abstand zum vorherigen Trial ist, zeigt den passiven Zerfall des vorherigen Task-Sets, und kann nichts über exekutive Kontrollprozesse aussagen.

Wechselkosten nehmen mit dem Vorbereitungsintervall (CSI) ab, weil eine Komponente der Aufgabenvorbereitung vor Erscheinen des Reizes abläuft, in der die Aufmerksamkeit auf die relevanten Reizeigenschaften ausgerichtet wird. Diese Komponente, die Meirans Ansicht nach durch exekutive Kontrollprozesse determiniert ist, wird „S-Set biasing“ genannt. Beim Wechsel zwischen Aufgaben mit univalenten Stimuli sind die Wechselkosten generell geringer, da dann der Prozess des „S-Set biasing“ nicht stattfindet.

Die residuale Komponente, der Anteil der Wechselkosten, der auch bei langer Vorbereitungszeit noch auftritt, existiert nur, wenn die Reaktionen beider Aufgaben bivalent sind. Meiran nimmt in diesem Fall den Prozess des „R-Set biasing“ an, erläutert aber nicht, ob dieser ein exekutiver Kontrollprozess ist.

## 2.7. Gopher – instructed switch paradigm

Bei den bisherigen experimentellen Methoden zur Realisierung von Aufgabenwechseln wurde von den Vpn gefordert, ständig zwischen Aufgaben hin und her zu wechseln. Dies bedeutet, dass sie von einer Aufgabe weg wechselten und dabei wussten, dass sie dieselbe Aufgabe bald (im nächsten, übernächsten oder zumindest wahrscheinlich im nächsten oder übernächsten Trial) wieder ausführen mussten. Deshalb wäre es für die rasche Ausführung beider Aufgabe eine sinnvolle Strategie, die gerade nicht benötigte Aufgabe A nur soweit zu deaktivieren, dass die aktuell geforderte Aufgabe B korrekt ausgeführt werden kann, aber die ursprüngliche Aufgabe A schnell wieder aktivierbar ist. Wenn Vpn diese Strategie anwenden, sind residuale Wechselkosten dadurch erklärbar, dass die Vpn gar nicht anstreben, den Aufgabenwechsel komplett vorzunehmen, sondern die Störung durch die irrelevanten Reize / Reizkategorien oder durch die Überlappung der S-R-Zuordnungen billigend in Kauf nehmen, obwohl sie durchaus in die Lage wären, diese vollkommen zu vermeiden.

Um eine solche Strategie zu unterbinden, instruierten Gopher, Armony, & Greenspan (2000, siehe auch Gopher, 1996; oder für ähnliche Überlegungen Mayr & Liebscher, 2001) jeweils nur einen einzigen Aufgabenwechsel innerhalb eines Blocks, so dass die Vpn sicher wussten, dass ein kompletter Wechsel weg von einer Aufgabe sinnvoll ist, da diese Aufgabe innerhalb des Blocks nicht mehr benötigt wurde. In den Experimenten bestand ein Block aus 15 Trials. Der Aufgabenwechsel wurde zwischen dem vierten und elften Trial gefordert und wurde unmittelbar vor dem Wechseltrial instruiert. Da auch schon das Stoppen der Aufgabenausführung und das Lesen der Instruktion erhöhte Reaktionszeiten bedingen könnte, wurden die Aufgabenwechseltrials mit Trials verglichen, in denen eine Aufgabenwiederholung explizit instruiert wurde. In 50% aller Blöcke erhielten die Vpn in einem der Trials 4-11 die Instruktion eine andere Aufgabe auszuführen, in den anderen 50% der Blöcke wurde im Trial 4-11 erneut dieselbe Aufgabe instruiert.

Als Reize wurde eine der Ziffern 1 bis 9 (ohne die 5) in einer Reihe ein- bis neunmal (ohne fünfmal) dargeboten. Die Vpn hatten die Aufgabe entweder die Ziffer oder die Häufigkeit der Ziffern zu beachten und als größer oder kleiner fünf

zu kategorisieren. Außerdem wurden auch zwei verschiedene Strategien der Aufgabenausführung instruiert; Vpn sollten entweder möglichst schnell oder möglichst genau reagieren. Wechsel wurde zwischen der Stimulusdimension „Ziffer“ / „Häufigkeit einer Ziffer“ oder zwischen den Strategien „möglichst schnell“ / „möglichst genau zu reagieren“ instruiert. Gopher, Armony, & Greshpan (2000) fanden mit dieser Methode, dass sowohl Wechsel als auch die Wiederaufnahme der ursprünglichen Aufgabe Kosten verursachen. Allerdings waren die Kosten bei einem Wechsel höher, obwohl die Vpn 1200 ms Zeit zur Vorbereitung auf den Wechsel hatten. Ein Wechsel zwischen Strategien verursachte nur dann Kosten, wenn die Stimulusdimension gleich blieb. War dagegen ein gleichzeitiger Wechsel von Stimulusdimension und Strategie erforderlich, so verursachte der Strategiewechsel keine zusätzlichen Kosten.

Erhielten die Vpn bereits vor Beginn des Blocks die Information, ob im Block ein Wechsel (Stimulusdimension oder Strategie) oder zwei Wechsel (Stimulusdimension und Strategie) gefordert wurden, so nahmen sie sich mehr Zeit diesen Block zu starten, als wenn kein Wechsel instruiert wurde. Diese Verlängerung der selbst gewählten Vorbereitungszeit zum Starten von Wechselblocks, wurde als Hinweis auf einen zentralen Exekutivprozess gewertet, der bereits vor Beginn des Blocks den Wechsel vorbereitet.

Dass allein die Wiederaufnahme einer Aufgabe Kosten verursacht, kann weder durch Interferenzprozesse, wie zum Beispiel von der TSI-Hypothese postuliert, noch durch die Notwendigkeit exekutiver Rekonfigurationsprozesse der Aufgabe erklärt werden. Gopher et al. nahmen an, dass Kosten bei der Wiederaufnahme einer Aufgabe durch die Stopp-Start-Anforderungen entstünden, beziehungsweise dass die wiederholte Ausführung einer Aufgabe schneller gehe, da „task inertia, rhythm, or pace, which reduce item-to-item transition, develop when a sequence of trials belonging to the same task is performed and no voluntary or instructed stop-start control act is invoked“ (Gopher, Armony, & Greshpan, 2000, S. 335).

Obwohl die Vpn bei einem Wechsel nur den zu beachtenden Stimulus wechseln mussten (Ziffernwert vs. Zifferanzahl) und die auszuführende Operation (die Kategorisierung als größer oder kleiner fünf) dieselbe blieb, entstanden relativ hohe Wechselkosten von ca. 190 ms. Da die Vpn 1200 ms Zeit hatten, um den Wechsel auf die andere Stimulusdimension vorzubereiten, steht dieses Ergebnis

im Widerspruch zur Annahme Meirans (2000a), dass die Aufmerksamkeitsausrichtung auf die relevanten Reizeigenschaften vollständig vor Erscheinen des Reizes ablaufen könne.

Die Methode von Gopher, Armony, & Greenspan hat zwar den Vorteil auch die Kosten für eine Wiederaufnahme einer Aufgabe messen zu können. Trotzdem wurde sie meines Wissens bisher nur ein weiteres Mal zur Untersuchung von Aufgabenwechseln von Kleinsorge, Heuer & Schmidtke (2002) verwendet. Denn der entscheidende Nachteil dieser Methode ist, dass insgesamt sehr viele Trials bearbeitet werden müssen und nur wenige, nämlich die Trials, in denen die Aufgabe wechselt, tatsächlich von Interesse sind.

## **2.8. Mayr & Keele – Backward Inhibition**

Mayr & Keele (2000, siehe auch Arbuthnott & Frank, 2000; Mayr, 2002) argumentierten, dass Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften deshalb so aufwendig seien, weil Aufgabensets selbst für ihre fortlaufende Aktivierung sorgen würden: „selection of an appropriate set needs to occur against a task set that not only had full control over behavior in the immediate past but probably also has the tendency for self-sustained activation“ (Mayr & Keele, 2000, p. 5). Deshalb sei es erforderlich, dass ein aktiviertes Aufgabenset, das nicht mehr benötigt wird, gehemmt würde: „Selecting against a just-executed set could be accomplished by deactivating it“ (Mayr & Keele, 2000, S. 5). Der hypothetische Mechanismus des „Backward Inhibition“ nimmt eine solche rückwärts gerichtete Hemmung an.

Um Backward Inhibition zu belegen, verglichen Mayr & Keele (2000) eine Abfolge von Aufgabensets ABA mit einer Abfolge CBA. Beim Wechsel von einem Aufgabenset A zu einem anderen Aufgabenset B, wird angenommen, dass das Set A gehemmt wird. Soll nun im nächsten Trial erneut Set A ausgeführt werden, so ist anzunehmen, dass der Wechsel zu diesem gehemmten Set schwerer fällt, als der Wechsel zu einem neuen, nicht gehemmten Set.

Mayr & Keele (2000) verwendeten vier Rechtecke als Reize, die aus drei unterschiedlichen Reizdimensionen zusammengesetzt waren: Farbe (blau, pink oder purpurn), Orientierung (senkrecht stehend oder nach rechts/links geneigt) und Bewegung (nicht bewegt oder nach oben/unten oder nach rechts/links

bewegt). Die vier Rechtecke, die in einem Trial dargeboten wurden, waren so konstruiert, dass jeweils drei Rechtecke auf einer Reizdimension gleich waren und ein Rechteck auf dieser Reizdimension abwich. Dabei konnte ein Rechteck immer nur auf einer Reizdimension abweichen, so dass jeweils ein Rechteck bezüglich Farbe, ein anderes bezüglich Orientierung und wieder ein anderes bezüglich Bewegung anders war. Das vierte Rechteck war in Bezug zu keiner Reizdimension abweichend.

Die vier Rechtecke wurden in einer 2x2 Matrix dargeboten. Vor Beginn jedes Trials wurden die Vpn instruiert, auf welche Reizdimension sie achten sollten. Ihre Aufgabe war es, das Rechteck zu finden, das entweder eine andere Farbe (Aufgabe A) oder eine andere Orientierung (Aufgabe B) oder eine andere Bewegung (Aufgabe C) hatte, und die Taste zu drücken, die dem Erscheinungsort des Rechtecks zugeordnet war. Die Vpn wechselten somit nur die zu beachtende Reizkategorie, aber nicht die S-R-Zuordnung. Der Wechsel zurück zu einem in Trial n-2 ausgeführtem Aufgabenset (ABA) dauerte durchschnittlich ca. 30 ms länger als der Wechsel zu einem neuen Aufgabenset (CBA). Dieser Zeitunterschied wurde als Beleg für eine rückwärts gerichtete Hemmung gerade ausgeführter und nun nicht mehr benötigter Aufgabensets gewertet.

Der Mechanismus des Backward Inhibition scheint nicht generell beim Aufgabenwechsel aufzutreten, denn es findet sich kein Backward Inhibition, wenn zwischen Aufgaben mit univalenten Stimuli gewechselt wird. Ruthruff, Remington, & Johnston (2001, Exp. 4) fanden bei der Verwendung univalenter Stimuli, dass die Reaktionszeit für die Ausführung einer Aufgabe sogar länger war, je länger ihre letzte Ausführung zurücklag, das heißt je größer die Anzahl an Trials war, die zwischen der letzten und der aktuellen Ausführung dieser Aufgabe lagen. Bei univalenten Stimuli ist es demnach einfacher zu einer kürzlich ausgeführten Aufgabe zurück zu wechseln, als zu einer Aufgabe zu wechseln, die schon länger nicht mehr ausgeführt wurde.

## **2.9. De Jong – „failure to engage“-Hypothese**

De Jong (2000) machte auf ein generelles Problem aufmerksam: Um verschiedene Bedingungen zu vergleichen, werden Mittelwerte über viele Trials berechnet,

aber anschließend werden Schlussfolgerungen für einzelne Trials gezogen. Wechselkosten werden als Mittelwertsunterschiede der Reaktionszeiten (und Fehlerraten) zwischen Aufgabenwechseltrials und Aufgabenwiederholungstrials berechnet und es wird gefolgert, dass residuale Wechselkosten auftreten, da die Vpn generell nicht in der Lage seien, einen Aufgabenwechsel vollständig vorzubereiten (z. B. Rogers & Monsell, 1995; Meiran, 1996). Eine andere, simple, aber einleuchtende Erklärung für das Auftreten residueller Wechselkosten wäre, dass die Vpn den Aufgabenwechsel während des Vorbereitungsintervalls komplett vorbereiten können, dies aber in einigen Trials nicht tun, sondern das Vorbereitungsintervall in solchen Trials ungenutzt verstreichen lassen („failure to engage“). Waren die Vpn in einigen Trials nicht auf den Aufgabenwechsel vorbereitet, so verlängern sich die durchschnittlichen Reaktionszeiten für Aufgabenwechsel. Lassen die Vpn in Aufgabenwiederholungstrials das Vorbereitungsintervall ungenutzt verstreichen, so hat dies kaum einen Einfluss, da dieselbe Aufgabe bereits im vorherigen Trial ausgeführt wurde und deshalb bereits vorbereitet ist.

Um zu überprüfen, ob residuale Wechselkosten generell auftreten oder nur in Trials, in denen die Vpn schlecht vorbereitet sind, betrachtete De Jong die Reaktionszeitverteilungen. Wenn residuale Wechselkosten entstehen, weil Vpn nicht in der Lage sind, sich völlig auf den Aufgabenwechsel einzustellen, so sollte die kumulative Reaktionszeitverteilung der Aufgabenwechsel im Vergleich zur Aufgabenwiederholung parallel verschoben sein. Treten längere Reaktionszeiten bei Aufgabenwechseln aber nur dann auf, wenn die Vpn sich nicht vorbereitet haben, so ist zu erwarten, dass die Reaktionszeitverteilungen nur bei langen Reaktionszeiten voneinander abweichen. Im Bereich der schnellen Reaktionen sollten die kumulativen Reaktionszeitverteilungen von Aufgabenwechseln und Aufgabenwiederholungen aufeinander liegen.

De Jong (2000) fand, dass die kumulativen Reaktionszeitverteilungen zwischen Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholungen nicht parallel verschoben sind, sondern sich für längere Reaktionszeiten stärker unterscheiden als für kürzere. Vpn scheinen sich also tatsächlich in einigen Trials besser auf den Aufgabenwechsel vorzubereiten. Allerdings sind die schnellen Reaktionen bei Aufgabenwechsel trotzdem noch langsamer als die schnellen Reaktionen bei Aufgabenwie-

derholung, das heißt auch für gut vorbereitete schnelle Reaktionen entstehen residuale Wechselkosten.

Dasselbe Ergebnis zeigte auch eine Reanalyse der Daten von Rogers & Monsell (1995), die von Nieuwenhuis & Monsell (2002) durchgeführt wurde. Prinzipiell könnten Wechselkosten also verringert, aber wohl nicht völlig vermieden werden, wenn die Vpn in allen, oder zumindest in mehr Trials, die Vorbereitungszeit nutzen würden, um den Aufgabenwechsel vorzubereiten. Dies könnte erreicht werden, wenn entweder die Intention der Vpn erhöht würde, sich tatsächlich auf den Aufgabenwechsel vorzubereiten, oder aber wenn der Aufgabenwechsel leichter wäre, so dass er einfacher vorbereitet werden könnte.

## **2.10. Fazit**

Die eben erläuterten Ansätze zur Untersuchung von Aufgabenwechseln zeigen, dass Aufgabenwechsel nicht mit einer etablierten, gleich bleibenden Methode realisiert wurden. Stattdessen wurden viele unterschiedliche experimentelle Designs verwendet und auch die Berechnung des Maßes Wechselkosten erfolgte auf unterschiedliche Arten. Zum einen wurden durch den Vergleich der Bearbeitungszeiten für die Ausführung von reinen und gemischten Listen Wechselkosten berechnet (Allport, Styles, & Hsieh, 1994; Jersild, 1927; Spector & Biederman, 1976), die als globale Wechselkosten bezeichnet wurden. Als spezifische Wechselkosten wurden die Reaktionszeitdifferenzen zwischen Wechsel- und Wiederholungstrials innerhalb eines Blocks (wie von Meiran, 1996; Rogers & Monsell, 1995 berechnet) bezeichnet. Der Vergleich von Wechseltrials mit Restart-Trials (Gopher, Armony, & Greenspan, 2000) hat sich aufgrund der Notwendigkeit vieler Trials (und somit langer Experimente) nicht durchgesetzt.

Der Vergleich von 3er Sequenzen verschiedener Aufgaben erbrachte Belege für den Prozess des Backward Inhibition (Mayr & Keele, 2000) und die Analyse der Reaktionszeitverteilungen unterstützte die These mangelnder Vorbereitung (De Jong, 2000), die als wichtige Faktoren beim Aufgabenwechsel diskutiert werden und Teile der Wechselkosten plausibel erklären können (Monsell, 2003; siehe Kap. 3).

### **3. Prozesse und Faktoren beim Aufgabenwechsel**

Das Paradigma des Aufgabenwechsel ist eine in den letzten 10 Jahren sehr populäre Methode zur Erforschung exekutiver Kontrollprozesse der Handlungsdetermination. Genauso vielfältig wie die Methoden zur Realisierung von Aufgabenwechsel und der Berechnungsarten für das Maß Wechselkosten, sind auch die angenommenen Prozesse und Faktoren, die bei Aufgabenwechseln vermutet werden. Im Folgenden soll versucht werden, die vielen verschiedenen Befunde des Aufgabenwechselparadigmas zusammenzufassen und einen Überblick über die untersuchten Prozesse und Faktoren zu geben, die für das Auftreten von Wechselkosten verantwortlich gemacht werden oder von denen angenommen wird, dass sie das Ausmaß der Wechselkosten beeinflussen.

Die Prozesse und Faktoren können in Bezug auf ihre zeitliche Ausprägung, wann sie beim Aufgabenwechsel auftreten beziehungsweise wann sie den Aufgabenwechsel beeinflussen, unterschieden werden. Es gibt kurzfristige Prozesse oder Faktoren, die von Trial zu Trial variieren und langfristige Prozesse oder Faktoren, die während des gesamten Experiments wirken. Zur besseren Übersichtlichkeit werden zunächst die Prozesse und Einflüsse erläutert, die auf Trialebene stattfinden und dann anschließend Prozesse und Einflüsse, die global während eines Experiments wirken.

#### **3.1. Prozesse und Faktoren auf Trialebene**

In Abbildung 4 sind die Prozessen oder Faktoren, die auf Trialebene wirken, aufgelistet. Die aktuelle Ausführung einer Aufgabe in Trial  $n$  umfasst die Identifikation und Verarbeitung eines Reizes  $n$  und die Auswahl und Ausführung einer Reaktion  $n$ . Welche Aufgabe auszuführen ist, wird durch einen endogenen Cue, aufgrund einer vorher instruierten Aufgabenabfolge, die die Vpn selbst mitzählt, oder durch einen exogenen Cue, einen externen Hinweisreiz, der die auszuführende Aufgabe festlegt, bestimmt.

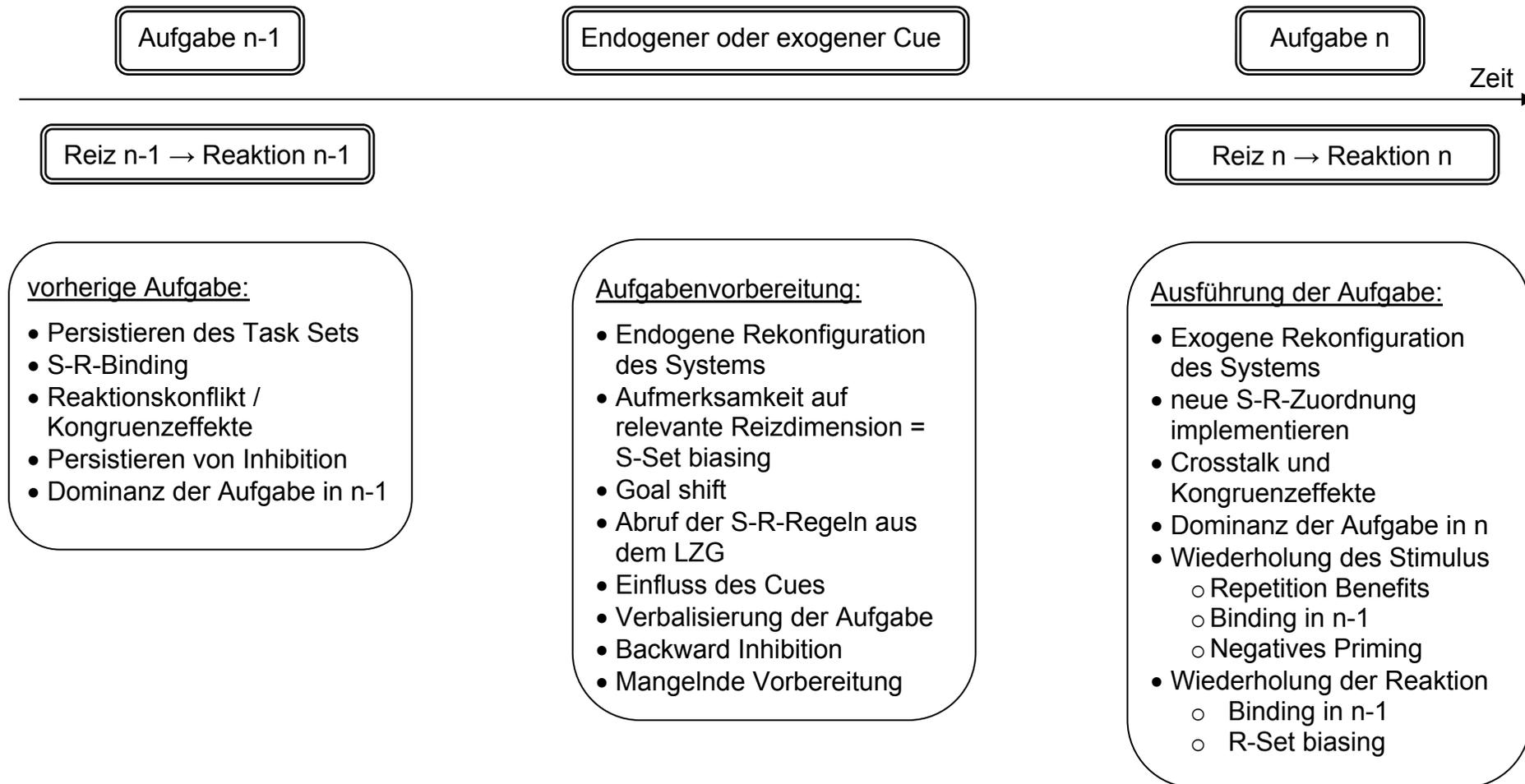


Abbildung 4: Angenommene Prozesse und Faktoren auf Trialebene, die Wechselkosten verursachen oder beeinflussen.

Im vorherigen Trial wurde die Aufgabe n-1 ausgeführt, in der der Reiz n-1 die Reaktion n-1 festlegte. Im Folgenden werden Prozesse und Faktoren erläutert, für die angenommen wurde, dass sie die Ausführung der Aufgabe n beeinflussen, wenn die Identität der Aufgaben n-1 und n unterschiedlich ist, das heißt wenn der Trial n ein Wechseltrial ist. Werden Prozesse oder Faktoren erläutert, die bei einer Aufgabenwiederholung auftreten können, so wird dies explizit erwähnt.

### **3.1.1. Prozesse und Faktoren der vorherigen Aufgabe**

Zum Einfluss der Aufgabe n-1 auf die Ausführung der Aufgabe n werden unterschiedliche Mechanismen diskutiert. Allport, Styles, & Hsieh (1994) nehmen an, dass das vorherige Task Set persistiert, und dass deshalb die S-R-Regeln der Aufgabe n-1 den Aufruf und die Ausführung der S-R-Regeln der Aufgabe n stören, wenn sich diese auf dieselben Stimuli beziehen. Für diese Trägheit der Aufgabe („Task Set Inertia“) spricht, dass eine Verlängerung des Inter-Trial-Intervalls, selbst bei gleich bleibender Vorbereitungszeit für die neue Aufgabe, die Wechselkosten verringert (z.B. Meiran, 2000b; Meiran, Gotler, & Perlman, 2001).

Interferenz durch die vorherige Aufgabe wird zusätzlich zur globalen Task-Set Ebene auch auf der Ebene einzelner S-R-Events vermutet. Bei Ausführung einer Aufgabe n-1 gibt es eine S-R-Bindung zwischen dem Reiz n-1 und der Reaktion n-1. Ist es im nachfolgenden Trial n erforderlich, denselben Reiz an eine andere Reaktion zu binden, so muss zunächst die alte S-R-Bindung gelöst werden (Hommel, 1998; Hommel, Pösse, & Waszak, 2000; Pösse & Hommel, 2001). Höhere Wechselkosten, die die Interferenz aufgrund von Task Set Inertia oder die Notwendigkeit spezifische S-R-Bindungen lösen zu müssen, widerspiegeln, können nur dann auftreten, wenn Wechsel zwischen Aufgaben gefordert sind, die dieselben Reize und / oder dieselben Reaktionen beinhalten, das heißt bei überlappenden Stimulus-Sets und / oder überlappenden Reaktionssets.

Kongruenzeffekte treten nur auf, wenn sowohl die Reize als auch die Reaktionen beider Aufgaben überlappen, also jeweils bivalent sind. Bei bivalenten Stimulus- und Reaktions-Sets kann der gerade irrelevante Stimulus beziehungsweise die gerade irrelevante Stimulusdimension unter der nicht relevanten Aufgabe dieselbe (kongruent) oder eine andere (inkongruent) Reaktion erfordern, als im aktuellen

Trial durch die relevante Aufgabe und den relevanten Stimulus erforderlich ist. Inkongruente Trials lösen einen Reaktionskonflikt beider Aufgabensets aus. Ein solcher Reaktionskonflikt bei Bearbeitung der Aufgabe n-1 führt zu höheren Wechselkosten im nachfolgenden Trial n (Goschke, 2000).

Inhibition kann auf Ebene des Task Sets („Backward Inhibition“) oder auf Ebene einzelner S-R-Episoden (Negatives Priming) stattfinden (siehe Prozesse und Faktoren der Aufgabenausführung). Werden im Trial n-1 das irrelevante Task Set oder Teile des irrelevanten Task Sets gehemmt, so kann diese Inhibition persistieren und stört die Ausführung in Trial n, wenn dieses Task Set relevant wird (Allport & Wylie, 2000; Mayr & Keele, 2000).

Eine Inhibition des nicht-relevanten Task Sets muss umso stärker ausfallen, je dominanter dieses nicht auszuführende Task Set im Vergleich zum auszuführenden Task Set ist (Allport & Wylie, 2000; Meuter & Allport, 1999). Deshalb ist es schwieriger zu einer dominanten Aufgabe hin zu wechseln (siehe Ausführung einer Aufgabe), da diese zuvor stärker gehemmt wurde, und leichter von einer dominanten, schweren Aufgabe weg zu wechseln, da diese nicht so stark implementiert werden musste, um ausgeführt werden zu können.

### **3.1.2. Prozesse und Faktoren der Aufgabenvorbereitung**

Welche Aufgabe in einem Trial n auszuführen ist und ob ein Aufgabenwechsel gefordert ist, wird durch die zuvor instruierte Aufgabenabfolge (endogener Cue) und / oder durch einen exogenen Cue festgelegt. Zur Vorbereitung auf die Ausführung einer anderen Aufgabe werden intentionale Prozesse angenommen. Rogers & Monsell (1995) nehmen an, dass eine endogene Rekonfiguration des kognitiven Systems abläuft, wenn die Vpn genügend Vorbereitungszeit haben, bevor der Stimulus erscheint. Allerdings spezifizieren sie diese endogenen Rekonfigurationsprozesse nicht weiter (siehe Kapitel 2.5).

Bei Verwendung bivalenter Reize geht Meiran (2000a, 2000b) davon aus, dass als Vorbereitung einer Aufgabe eine Verschiebung der Aufmerksamkeit auf die für diese Aufgabe notwendigen Reize oder Reizeigenschaften stattfindet, das so genannte „S-Set biasing“. Bei univalenten Reizen für beide Aufgaben findet dieser

Prozess nicht statt, da nur Reize dargeboten werden, die für die Aufgabe relevant sind, und deshalb keine Verwechslung möglich ist.

Rubinstein, Meyer, & Evans (2001) postulieren zwei exekutive Prozesse bei der Ausführung eines Aufgabenwechsels. Als Vorbereitung einer neuen Aufgabe ist nur der „goal shift“ möglich, die Bestimmung, welche Aufgabe im Arbeitsgedächtnis aktiv sein soll. Die Aktivierung der für die Aufgabe notwendigen S-R-Regeln erfolgt ihrer Meinung nach erst nach Darbietung des Stimulus.

Dagegen sehen Mayr & Kliegl (2000) den Abruf der S-R-Regeln aus dem Langzeitgedächtnis als einen Prozess zur Aufgabenvorbereitung: „What needs to be retrieved during task-set preparation are the rules that ensure adequate stimulus analysis and that translate the result into the required action“ (Mayr & Kliegl, 2000, S. 1132).

Dieser Abruf der S-R-Regeln wird erleichtert oder sogar überflüssig, wenn ein exogener Cue die Aufgabenregeln direkt spezifiziert, in dem beispielsweise bei der Kategorisierung von Objekten als klein oder groß, die Wörter „klein“ und „groß“ als Cue links und rechts auf dem Bildschirms dargeboten werden und somit direkt die (links und rechts platzierten) zu drückenden Reaktionstasten spezifizieren (Mayr & Kliegl, 2000, Exp. 3, oder Arbuthnott & Woodward, 2002).

Auch die Strategie, die vorzubereitende Aufgabe zu verbalisieren, kann bei der Aufgabenvorbereitung hilfreich sein (Goschke, 2000), beziehungsweise die Aufgabenvorbereitung wird gestört, wenn eine Verbalisierung der Aufgabe unterbunden wird (Baddeley, Chincotta, & Adlam, 2001).

Backward Inhibition bezeichnet die Hemmung des Task Sets, von dem gerade weg gewechselt wird (Arbuthnott & Frank, 2000; Mayr & Keele, 2000; Mayr, 2002), oder die Hemmung derjenigen Task Sets, die mit der aktuell auszuführenden Aufgabe konkurrieren (Peters, 2002). Die Ausführung eines neuen Task Sets wird unterstützt durch laterale Hemmung konkurrierender Task Sets. Diese laterale Hemmung scheint ein automatisches Nebenprodukt der Reaktionsauswahl innerhalb einer Aufgabe zu sein, denn Backward Inhibition tritt nicht auf, wenn nur Sicherheit darüber besteht, dass von der Aufgabe n-1 weggewechselt werden muss, sondern erst wenn die Aufgabe, zu der hin gewechselt wird, feststeht (Hübner, Dreisbach, Haider, & Kluwe, 2003) und auch tatsächlich ausgeführt wird (Schuch & Koch, 2003).

Schließlich versäumen Vpn in einigen Trials einen Aufgabenwechsel vorzubereiten (siehe Kapitel 2.9), so dass trotz genügend langer Vorbereitungszeit die Aufgabenvorbereitung erst nach der Präsentation des Stimulus vervollständigt wird (De Jong, 2000).

### **3.1.3. Prozesse und Faktoren der Aufgabenausführung**

Die Ausführung einer Aufgabe beginnt, sobald der Reiz des aktuellen Trials präsentiert wird. Rogers & Monsell (1995) vermuten, dass erst nach Reizpräsentation die Rekonfiguration des Systems auf die neue Aufgabe vervollständigt werden kann, da selbst bei langen Vorbereitungszeiten auf die Aufgabe noch (residuale) Wechselkosten verbleiben. Sie nennen diesen Prozess die exogene Rekonfiguration des Task Sets.

Ähnliche Überlegungen finden sich bei Rubinstein, Meyer, & Evans (2001), die annehmen, dass die S-R-Zuordnungen des aktuellen Task Sets erst nach der Reizdarbietung implementiert werden.

Bei der Ausführung einer Aufgabe tritt Crosstalk auf, wenn der dargebotene Reiz auch bezüglich der irrelevanten Aufgabenregel verarbeitet werden kann (z.B. Goschke, 2000; Meiran, 1996; 2000b; Rogers & Monsell, 1995; Sudevan & Taylor, 1987). Die Reaktionszeiten und die Fehlerraten sind bei bivalenten Reizen generell höher als bei univalenten Reizen. Zusätzlich ergeben sich bei der Verwendung bivalenter Reaktionen auch Kongruenzeffekte, die Reaktionszeiten und Fehlerraten für inkongruente Reize (der Reiz erfordert unter der momentan irrelevanten Aufgabenregel eine andere Reaktion als aktuell ausgeführt wird) sind höher als für kongruente Reize (der Reiz erfordert unter der momentan irrelevanten Aufgabenregel dieselbe Reaktion, die aktuell ausgeführt wird). Sowohl Crosstalk als auch Kongruenzeffekte sind besonders hoch in Wechseltrials.

Bei einem Aufgabenwechsel fällt die Ausführung einer dominanten Aufgabe schwerer als die einer nicht-dominanten Aufgabe. Um im vorherigen Trial die andere, nicht-dominante Aufgabe ausführen zu können, musste die dominante Aufgabe vorher stark gehemmt werden. Diese Hemmung persistiert und zerfällt nur langsam, so dass es schwierig ist, zu einer dominanten Aufgabe hin zu wechseln (Allport & Wylie, 2000; Meuter & Allport, 1999).

Innerhalb von Aufgabenwechselexperimenten ist die Anzahl der verwendeten Reize und der erforderlichen Reaktionen üblicherweise gering (für eine Ausnahme siehe Waszak, 2001), so dass Wiederholungen des Stimulus und der Reaktion in aufeinander folgenden Durchgängen häufig sind. Bei der Wiederholung einer Aufgabe führt eine Stimuluswiederholung (und damit verbunden eine Reaktionswiederholung) zu Repetition Benefits, also niedrigeren Reaktionszeiten und verringerten Fehlerraten. Bei einem Aufgabenwechsel sind die Reaktionszeiten dagegen verlängert und die Fehlerraten erhöht, wenn derselbe Stimulus wie im vorherigen Durchgang dargeboten wird oder dieselbe Reaktion erforderlich ist (Kleinsorge, 1999; Mayr & Keele, 2000; Meiran, 2000b; Rogers & Monsell, 1995). Die Repetition Benefits und auch die Kosten einer Stimuluswiederholung beim Aufgabenwechsel können durch S-R-Bindungen (Pösse & Hommel, 2001) erklärt werden. Bei Ausführung einer Aufgabe muss der Reiz mit der Reaktion verbunden werden. Wurde im vorherigen Trial derselbe Reiz unter derselben Aufgabe dargeboten, so wird die schon bestehende S-R-Verbindung erneut genutzt. Wurde derselbe Reiz im vorherigen Trial unter einer anderen Aufgabe schon einmal dargeboten, muss die Verbindung zwischen Reiz und Reaktion aus dem vorherigen Trial erst gelöst werden, bevor die aktuell notwendige Verbindung gebildet werden kann.

Kosten der Stimuluswiederholung bei Aufgabenwechsel könnten aber auch aufgrund von Negativem Priming entstehen (Mayr & Keele, 2000). Bei einem Aufgabenwechsel müssen die Vpn im aktuellen Trial diejenige Reizeigenschaft oder denjenigen Reiz beachten, den sie unter der anderen Aufgabeninstruktion im vorherigen Trial ignorieren mussten. Stimuluswiederholungen bei Aufgabenwechseln verursachen Kosten, da im aktuellen Trial eine bestimmte Reizeigenschaft handlungsrelevant ist, die gerade eben im vorherigen Trial unterdrückt werden musste. Reaktionswiederholungen dauern bei Aufgabenwechseln länger als Reaktionswechsel. Dieser Befund kann durch die eben schon erläuterten S-R-Bindungen erklärt werden. Bei einer Reaktionswiederholung muss zunächst die S-R-Bindung des vorherigen Trials gelöst werden, so dass die Reaktion mit einem neuen Reiz verbunden werden kann.

Eine alternative Erklärung für die Kosten einer Reaktionswiederholung bei einem Aufgabenwechsel erläutert Meiran (2000a). Er nimmt an, dass die Ausführung

einer Reaktion einen kurzfristigen, nur einen Trial währenden, Lernprozess in Gang setzt, das „R-Set biasing“. Bei Aufgabenwiederholung und Reaktionswiederholung erklärt dieser Prozess die Wiederholungsgewinne; bei einem Aufgabenwechsel ist das R-Set und besonders die eben ausgeführte Reaktion der anderen Aufgabe noch bevorzugt, so dass eine Reaktionswiederholung hinderlich ist.

### 3.2. Globale Prozesse und Faktoren in Aufgabenwechselexperimenten

Neben den eben beschriebenen Prozessen und Faktoren, die einen Aufgabenwechsel auf der Ebene einzelner Trials beeinflussen, gibt es auch globale Prozesse und Faktoren, die während des gesamten Experiments wirken. Zur besseren Übersicht sind diese in Tabelle 1 aufgelistet.

**Tabelle 1: Prozesse und Faktoren, die Aufgabenwechsel während des gesamten Experiments beeinflussen.**

Untersuchte Variationen	Erklärungsansätze
Vorhersehbarer vs. zufälliger Wechsel	Task expectancy vs. task recency Internaler Cue schwächer als externaler Bei zufälliger Aufgabenabfolge wird generell eine Wiederholung erwartet
Menge der Aufgaben	Stärkere Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses
Pure vs. gemischte Listen	Höheres Response-Kriterium; Vpn sind „vorsichtiger“ bei gemischten Listen
Unterschiedliche Vorbereitung zwischen den Trials	Motivation
Spezifische Interferenzen zwischen Aufgabensets wirken über viele Trials	Langzeit Negatives Priming

Ein wichtiger Faktor bei der Untersuchung von Aufgabenwechseln ist, ob die Versuchspersonen einen Wechsel erwarten, weil er vorhersehbar ist, oder ob der Wechsel zufällig erfolgt und durch einen externen Cue angekündigt wird. Bei vorhersehbaren Wechsel, zum Beispiel bei der paarweisen Ausführung von zwei Trials mit Vorwissen darüber, ob im zweiten Trial ein Aufgabenwechsel oder eine

Aufgabenwiederholung erfolgt, reduziert sich die Reaktionszeit sowohl für Aufgabenwechsel als auch für Aufgabenwiederholungen. Interessanterweise hat die Vorhersehbarkeit eines Aufgabenwechsels keinen Einfluss auf die Wechselkosten, da auch Aufgabenwiederholung schneller bearbeitet werden (Kleinsorge, Schmidtke, Gajewski & Heuer, in Druck; Sohn & Carlson, 2000; Tornay & Milán, 2001). Hierbei ist es unerheblich, ob die Vpn explizites Wissen über die Aufgabenabfolge haben oder ob sie das Wissen über die Aufgabenabfolge nicht explizit wiedergeben können. Selbst implizites Wissen über die Aufgabensequenz führt zu kürzeren Reaktionszeiten bei Aufgabenwechseln und Aufgabenwiederholung, ohne die Wechselkosten zu verringern (Gotler & Meiran, 2001; Heuer, Schmidtke, & Kleinsorge, 2001; Koch, 2001).

Ruthruff, Remington, & Johnston (2001) nehmen zur Erklärung dieser Befunde zwei unabhängige Prozesse, die Erwartung einer Aufgabe (task expectancy) und die Neuheit einer Aufgabe (task recency), an. Die Erwartung einer Aufgabe wird ihrer Meinung nach durch exekutive Mechanismen (top-down) gesteuert, während die Neuheit einer Aufgabe ein bottom-up Prozess ist, der ohne intentionale Anteile auftritt. Sie postulieren, dass beide Prozesse jeweils verschiedene Verarbeitungsstufen beeinflussen: "task expectancy affects the time required to configure upcoming central operations; task recency affects the time to actually execute those central operations" (Ruthruff, Remington, & Johnston, 2001, S. 1404).

Das Wissen um die Aufgabensequenz wird von den Vpn nicht genutzt, um spezifisch einen Aufgabenwechsel vorzubereiten. Aufgabenwechsel werden meist nur dann vorbereitet, wenn sie durch einen externen Cue angekündigt werden. Möglicherweise liegt dies daran, dass ein nur internal gebildeter Cue weniger salient ist, und deshalb nur das nächste Aufgabenziel aufruft. Eine Voraktivierung der notwendigen S-R-Regeln erfolgt erst bei Darbietung eines externen Cues, da der externe Cue salienter ist als der interne (Koch, in Druck). Sind die Vpn in der Lage einen internalen Cue salienter zu machen, beispielsweise durch eine Verbalisierung der jeweils auszuführenden Aufgabe, so können sie auch bei nur endogenem Cue einen Aufgabenwechsel spezifisch vorbereiten, wie zum Beispiel Rogers & Monsell (1995) und Kray & Lindenberger (2000) gefunden haben.

Eine andere Erklärung diskutieren Dreisbach, Haider, & Kluwe (2002), die annehmen, dass die Verringerung der Wechselkosten bei exogenem Cue eine

Besonderheit des Cueing-Paradigmas mit zufälligen Aufgabenabfolgen ist. Dreisbach et al. zeigen, dass Vpn bei zufälliger Aufgabenabfolge üblicherweise eine Aufgabenwiederholung erwarten und deshalb auch vorbereiten. Aufgabenwechsel werden dagegen nur dann vorbereitet, wenn sie auch durch einen Cue instruiert werden. Daraus folgt, dass ein externer Cue in Wiederholungstrials bei zufälliger Aufgabenabfolge keinen zusätzlichen Vorteil für die Vorbereitung der Aufgabenwiederholung bringt, da sowieso eine Wiederholung vorbereitet wird. Bei internem Cue (z.B. durch eine feste Aufgabenreihenfolge) wissen die Vpn dagegen, dass keine Wiederholung kommen wird und bereiten diese deshalb auch nicht unnötigerweise vor.

Ein weiterer Faktor, der einen generellen Einfluss auf die Untersuchung von Wechselkosten hat, ist die Menge der Aufgaben, zwischen denen ein Wechsel gefordert wird. Beim Vergleich der Bearbeitungszeiten von reinen und gemischten Aufgabenlisten, also bei der Berechnung globaler Wechselkosten, sind diese höher, wenn zwischen mehr Aufgaben gewechselt wird (Hübner, Futterer, & Steinhauser, 2001). Dies wird vor allem auf eine stärkere Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses zurückgeführt.

Zusätzlich scheinen die Vpn unterschiedliche Strategien bei der Bearbeitung von reinen oder gemischten Listen anzuwenden. Sie tendieren dazu insgesamt „vorsichtiger“ zu reagieren in gemischten Blöcken, weil das Response-Kriterium höher gesetzt ist (Los, 1999).

Generell ist die Motivation der Vpn einen Aufgabenwechsel tatsächlich vorzubereiten, ein wichtiger Einflussfaktor. Selbst wenn die Vpn genug Zeit zur Vorbereitung eines Aufgabenwechsels haben, bereiten sie diesen in einigen Trials besser vor als in anderen (De Jong, 2000, siehe auch 2.9). Deshalb sind Wechselkosten, berechnet als Differenz zwischen Wechsel- und Wiederholungstrials, geringer, je motivierter die Vpn sind.

Interferenzeffekte zwischen beiden Aufgabensets sind bereits bei den Prozessen und Faktoren auf Trialebene ausführlich angesprochen worden. Solche Interferenzen können nicht nur im nachfolgenden Trial auftreten, sondern auch längerfristig im Experimentkontext wirken. So finden Waszak, Hommel, & Allport (in Druck) noch Interferenzeffekte, die sie Langzeit Negatives Priming nennen, wenn mehr als 100 Trials zwischen der Bearbeitung eines Reizes unter einer Aufgaben-

instruktion und der erneuten Bearbeitung desselben Reizes unter einer anderen Aufgabeninstruktion liegen.

### 3.3. Fazit: Paradigmenforschung

Die methodische Vielfalt der experimentellen Untersuchungen innerhalb des Aufgabenwechselforschungsparadigma führt zu unterschiedlichen, zum Teil sich widersprechenden Befunden. Zum Beispiel werden längere Zeitintervalle zwischen den Trials in einigen Studien zur Vorbereitung eines Wechsels genutzt und resultieren in reduzierten Wechselkosten (Kray & Lindenberger, 2000; Meiran, 1996; Rogers & Monsell, 1995), in anderen Studien geschieht dies aber nicht (Allport et al., 1994; Heuer, Schmidtke, & Kleinsorge, 2001; Koch, 2001). Der Wechsel zwischen Aufgaben mit bivalenten Stimuli verursacht meist relativ hohe Wechselkosten (Rogers & Monsell, 1995; Meiran, 1996), aber es gibt auch eine Studie, in der der Wechsel zwischen Pro- und Antisakkaden trotz bivalenter Stimuli keine Wechselkosten verursacht (Hunt & Klein, 2002). Obwohl häufig keine residualen Wechselkosten bei Verwendung univalenter Stimuli gefunden werden (z.B. Meiran, 2000b), gibt es auch hier Ausnahmen, in denen trotz langer Vorbereitungszeit und univalenter Stimuli Wechselkosten auftreten (Rogers & Monsell, 1995; Ruthruff, Remington, & Johnston, 2001). Einige Studien finden Belege dafür, dass Wechseln ein Alles-oder-Nichts-Phänomen sei, bei dem nach dem ersten Wiederholungstrial keine weiteren Wiederholungsgewinne auftreten (Monsell, Yeung & Azuma, 2000; Rogers & Monsell, 1995), während andere auch für weitere aufeinander folgende Wiederholungen zusätzliche Wiederholungsgewinne finden (Mayr & Liebscher, 2001; Meiran, Chorev, & Sapir, 2000). Eine Asymmetrie der Wechselkosten in dem Sinne, dass es einfacher ist von der leichteren (dominanten) zur schwierigeren (nicht-dominanten) Aufgabe zu wechseln, wird in einigen Untersuchungen gefunden (Allport et al. 1994; Meuter & Allport, 1999), in anderen dagegen nicht (Monsell, Yeung & Azuma, 2000). Deshalb schlussfolgern Baddeley, Chincotta, & Adlam: "it is possible that task switching does not represent a single coherent phenomena" (2001, S. 652).

Ebenso vielgestaltig wie die Befunde bei der Untersuchung von Aufgabenwechseln, sind auch die Erklärungsansätze: Task Set Inertia (Allport et al., 1994)

beziehungsweise Langzeit Negatives Priming (Waszak, 2001; Waszak, Hommel, & Allport, in Druck), aktive endogene Vorbereitung des neuen Task Sets und exogene Rekonfiguration, die erst durch die Reizpräsentation getriggert wird (Meiran, 1996; Monsell, Yeung, & Azuma, 2000; Rogers & Monsell, 1995), passiver Zerfall des alten Task Sets (Meiran, 1996), aktive Hemmung des alten Task Sets (Mayr & Keele, 2000), persistierende Aktivierung und Inhibition von Task Sets (Gilbert & Shallice, 2002), mangelnde Vorbereitung des neuen Task Sets (De Jong, 2000) oder auch strategische Einflüsse auf die Vorbereitung, wie Verbalisierung der Aufgabe (Goschke, 2000; Baddeley, Chincotta, & Adlam, 2001).

Zur Untersuchung von Aufgabenwechseln wurde in vielen Experimenten versucht, möglichst solche Bedingungen zu finden, in denen sehr hohe Wechselkosten auftreten (z.B. Kleinsorge & Heuer, 1999; Kleinsorge, Heuer, & Schmidtke, 2001; Mayr & Kliegl, 2000; Sohn & Carlson, 2000). Deshalb wurden komplexe Settings, überlappende Reiz-Sets, überlappende Reaktionen, wechselnde Mappings und arbiträre S-R-Zuordnungen gewählt. Vor allem residuale Wechselkosten standen oft im Mittelpunkt des Forschungsinteresses (De Jong, 2000; Gopher, Armony, & Greenspan, 2000), da es auf den ersten Blick wenig einleuchtend ist, dass selbst bei langen Vorbereitungszeiten keine vollständige Vorbereitung des Wechsels möglich ist. Allerdings ist es fraglich, ob residuale Wechselkosten überhaupt Aussagen über exekutive Prozesse ermöglichen, da sie oft auf automatisch ablaufende, bottom-up Interferenzprozesse zurückgeführt werden.

Die ursprüngliche Intention von Aufgabenwechselexperimenten, die Untersuchung exekutiver Kontrollvorgänge (Allport et al. 1994) oder intentionaler Handlungssteuerung (Kluwe, 1997), ist häufig in den Hintergrund gerückt. Stattdessen scheint die Untersuchung von Aufgabenwechseln mittlerweile eine Paradigmenforschung zu sein, in der häufig der Bezug zu Theorien der Handlungs-determination fehlt. Anstatt die ursprüngliche Frage nach exekutiven Komponenten der Handlungskontrolle mit der Methode des Aufgabenwechsels zu beantworten, steht in vielen Arbeiten das Phänomen des Aufgabenwechsels im Mittelpunkt. Die Untersuchung der Prozesse und Faktoren, die bei einem Aufgabenwechsel auftreten können, sind zum Selbstzweck geworden.

## 4. Die ABC-Theorie und Aufgabenwechsel

Aufgabenwechsel wurden bisher meist als Wechsel zwischen S-R-Zuordnungen verstanden. Dementsprechend wurde der Einfluss der Stimulussets und Reaktionssets und deren Überlappung auf die Wechselbedingung untersucht. Monsell beispielsweise beschränkt sich in einem kürzlich erschienen Überblick zu Aufgabenwechseln folgendermaßen: „I focus here on the relatively microscopic level, at which a ‚task‘ consists of producing an appropriate action [...] in response to a stimulus.“ (Monsell, 2003, S. 134).

Diese Fokussierung auf Reiz-Reaktions-Zusammenhänge zeigt sich auch in der theoretischen Betrachtung, zum Beispiel am stadientheoretischen Modell des Aufgabenwechsels von Rubinstein, Meyer & Evans (2001). Hier wird angenommen, dass bei einem Aufgabenwechsel neben den Stadien der Aufgabenbearbeitung (stimulus identification, response selection und movement production, z.B. Donders, 1969/1868; Sanders, 1980; Sternberg, 1969) zwei exekutive Kontrollprozesse ablaufen: das Stadium des „goal shifting“ und das der „rule activation“. Doch selbst der als „goal shifting“ bezeichnete Prozess, bestimmt nur, welche Aufgabe aufgrund einer festgelegten Aufgabenabfolge oder eines präsentierten Cues aktuell zu bearbeiten ist und beschreibt nicht, wie ein Ziel etabliert oder ein anzustrebender Effekt festgelegt wird.

Intentionale Handlungen, die ausgeführt werden, um bestimmte Ziele zu erreichen oder um Handlungseffekte herzustellen, wurden bislang nicht in Aufgabenwechselexperimenten untersucht. In diesem Kapitel wird versucht, die einseitige Orientierung auf Stimuli und Reaktionen und die Vernachlässigung von Zielen zu überwinden. Deshalb werden Aufgabenwechsel aus Sicht der ABC-Theorie betrachtet, einer Theorie, die den Einfluss von Zielen bei der Verhaltensdetermination in den Mittelpunkt rückt, ohne allerdings dabei den Einfluss von Situationsbedingungen zu vernachlässigen.

### 4.1. Definition von „Aufgabe“ aus der Sicht der ABC-Theorie

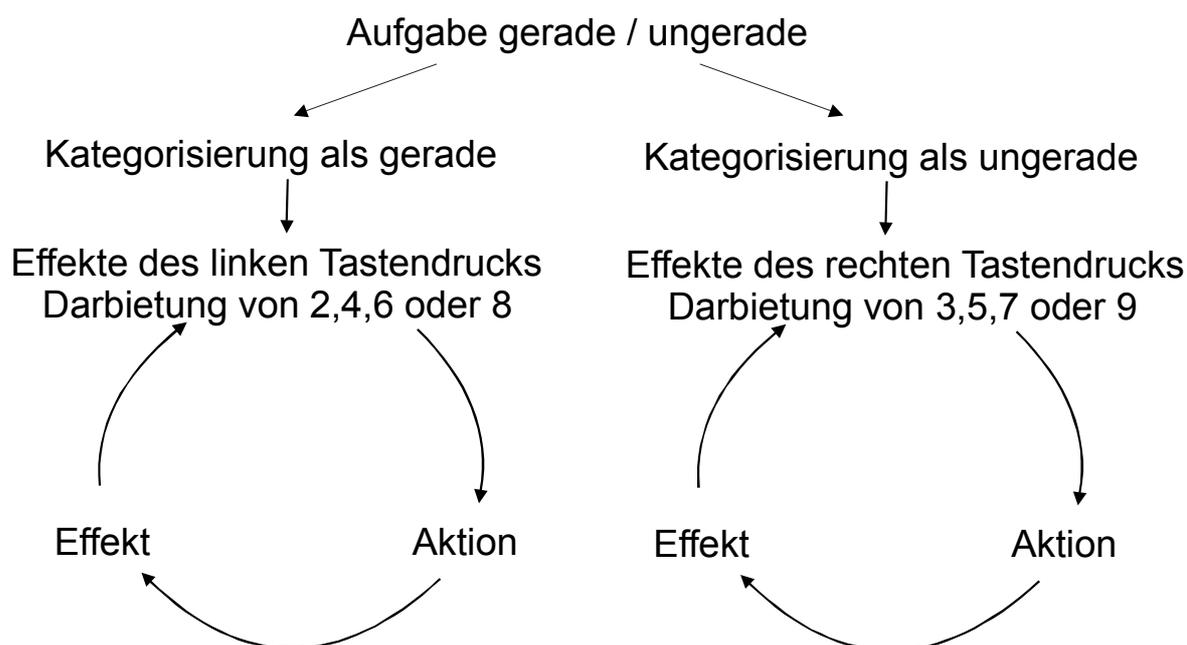
Personen führen eine Aufgabe nicht aus, um S-R-Regeln zu befolgen, sondern weil sie eine Intention verfolgen, einen bestimmten Umweltzustand herstellen

möchten. Die ABC-Theorie nimmt an, dass bei Vorhandensein einer bestimmten Intention die herzustellenden Effekte und gegebenenfalls die dafür notwendige Ausgangsbedingung antizipiert werden (siehe 1.4.3). Die antizipierten Effekte rufen diejenige Aktion auf, die üblicherweise diese Effekte erzeugt. Im Folgenden wird deshalb der Begriff Aktion anstelle von Reaktion verwendet, um deutlich zu machen, dass ein Reiz nicht quasi „automatisch“ eine Reaktion auslöst, sondern dass eine Aktion ausgeführt wird, um bestimmte Effekte herzustellen.

Zwar wurden bislang in Aufgabenwechselexperimenten Aktionen nicht ausgeführt, um distale Effekte zu erzeugen, aber jede Aktion bewirkt zumindest propriozeptive Effekte. Werden als Aktionen Reaktionstasten gedrückt, so spürt man, wie sich der Effektor, also in diesem Fall der Finger, bewegt. Beim Drücken einer Taste spürt man zusätzlich, dass sich die Taste nach unten bewegt und Druck gegen den Finger erzeugt. Die ABC-Theorie geht davon aus, dass die  $V_p$  vor der tatsächlichen Ausführung des Tastendrucks zunächst die Effekte des Tastendrucks antizipiert. Durch die selektive Antizipation der spezifischen Effekte einer Aktion erfolgt die Auswahl der passenden Aktionsalternative in einem Aufgabenkontext.

Eine Aufgabe, wie zum Beispiel eine Zahl als gerade oder ungerade zu kategorisieren und dementsprechend rechte oder linke Reaktionstasten zu drücken (z.B. von Rogers & Monsell, 1995 verwendet), wäre demnach folgendermaßen repräsentiert (siehe Abbildung 5): Die Intention, eine Zahl als gerade/ungerade zu kategorisieren, aktiviert zwei hierarchisch untergeordnete Handlungsbereitschaften: die Bereitschaft, eine linke Taste zu drücken, wenn eine gerade Ziffer dargeboten wird und die Bereitschaft eine rechte Taste zu drücken, wenn eine ungerade Ziffer dargeboten wird. Die Bereitschaft, bei Vorliegen einer geraden Ziffer eine linke Taste zu drücken, bedeutet, dass die Effekte dieser Aktion (Zielantizipation) und die Bedingung, wann diese Aktion ausgeführt werden kann (Startantizipation), antizipiert werden. Unter Bildung der Zielantizipation wird verstanden, dass alle Effekte des linken Tastendrucks, wie oben beschrieben, antizipiert werden. Die Startantizipation beinhaltet, dass eine gerade Ziffer wahrgenommen werden muss, um diese Aktion auszuführen. Vermutlich werden, zumindest bei Verwendung von eingeschränkten Stimulussets, alle geraden Ziffern, die für diesen Aufgabenkontext erwartet werden, antizipiert. Sobald der

dargebotene Reiz, also die vorliegende Situationsbedingung, mit der Startantizipation übereinstimmt, wird automatisch diejenige Aktion aufgerufen, die zur Erreichung der antizipierten Effekte geeignet ist. In gleicher Weise bewirkt die Intention, eine rechte Taste zu drücken, wenn eine ungerade Ziffer dargeboten wird, dass die entsprechende Zielantizipation für den rechten Tastendruck und die entsprechende Startantizipation für ungerade Ziffern gebildet wird.



**Abbildung 5:** Schematische Darstellung der Aufgabe eine Ziffer als gerade/ungerade zu kategorisieren aus Sicht der antizipativen Verhaltenssteuerung.

#### 4.2. Aufgabenwechsel aus Sicht der ABC-Theorie

In Aufgabenwechselexperimenten werden Vpn in der Regel entweder durch eine bekannte Aufgabenabfolge und / oder durch einen expliziten Cue instruiert, welche Aufgabe sie im aktuellen Trial ausführen sollen. Die Instruktion der Aufgabe veranlasst die Vpn, die entsprechende Intention für diese Aufgabe zu bilden. Dabei scheint es für die Ausführung von Aufgabenwechseln unerheblich, ob die Aufgaben instruiert werden oder selbst intendiert sind (Kiesel & Hoffmann, 2001). Ein externer Cue führt dazu, dass die Ausführung der instruierten Aufgabe intendiert wird. Die Übernahme der Intention bewirkt, dass die entsprechenden Handlungsbereitschaften gebildet werden, das heißt dass der oder (bei mehreren

möglichen Aktionen, wie im Bsp. unter 4.1 erläutert) die zu erreichenden Effekte und die dafür notwendigen Situationsbedingungen antizipiert werden.

Bei der Ausführung der Aufgabe wird der dargebotene Reiz mit der Startantizipation verglichen, die vorliegen muss, um die Handlungsbereitschaft zur Ausführung kommen zu lassen. Es wird derjenige Effekt angestrebt, für den die passende Situationsbedingung vorhanden ist und die entsprechende Aktion ausgeführt.

Ein wichtiger Unterschied zwischen bisherigen Theorien zu Aufgabenwechseln und den Implikationen der ABC-Theorie betrifft die gleichzeitige Aktivität verschiedener Handlungsbereitschaften. Die meisten Theorien zu Aufgabenwechseln gehen mehr oder weniger explizit davon aus, dass bei der Ausführung einer Aufgabe auch nur diese Aufgabe aktiv ist, während die andere Aufgabe oder die anderen Aufgaben deaktiviert oder gehemmt sind. Die ABC-Theorie dagegen nimmt an, dass mehrere Handlungsbereitschaften gleichzeitig aktiv sein können. Schon bei der Ausführung nur einer Aufgabe kann es notwendig sein, dass mehrere Handlungsbereitschaften gleichzeitig aktiv sind, wie das Beispiel der gerade/ungerade Kategorisierung zeigt.

In einem Experiment, in dem Vpn instruiert werden, ständig zwischen zwei verschiedenen Aufgaben hin und her zu wechseln, erscheint es plausibel, anzunehmen, dass beide Aufgaben parallel aktiv gehalten werden. Man würde erwarten, dass zumindest nach kurzer Übung die Instruktionen für beide Aufgaben zu einer Instruktion zusammengefasst werden und als eine gemeinsame Intention für beide Aufgaben repräsentiert sind. Dies scheint der Fall zu sein, wenn Vpn zwischen Aufgaben mit unterschiedlichen S-R-Zuordnungen, wie dem Lesen von Stroop-Wörtern und dem Benennen der Zifferanzahl, wechseln, denn hier entstehen keine Wechselkosten (Allport, et al., 1994, siehe 2.4).

Eine parallele Aktivität der Aufgaben ist nur dann nicht möglich, wenn sich die Handlungsbereitschaften der Aufgaben gegenseitig ausschließen, da sich die Antizipation der Zielzustände und der dafür notwendigen Situationsbedingungen widersprechen. Erfordert Aufgabe 1 beispielsweise, dass eine linke Taste gedrückt wird, wenn eine gerade Ziffer dargeboten und Aufgabe 2, dass eine rechte Taste gedrückt wird, wenn ein Vokal dargeboten wird, so widersprechen sich die Handlungsbereitschaften, sobald eine gerade Ziffer zusammen mit einem Vokal dargeboten wird. Wären in diesem Beispiel beide Handlungsbereitschaften aktiv, würde

die Situationsbedingung für das Ausführen des linken Tastendrucks (eine gerade Ziffer) und gleichzeitig die Situationsbedingungen für das Ausführen des rechten Tastendrucks (ein Vokal) vorliegen. Da die Vp aber nur eine Taste pro Trial drücken darf, führen die Handlungsbereitschaften zu einem Widerspruch.

Ein Widerspruch der Handlungsbereitschaften existiert immer dann, wenn bivalente Stimuli verwendet werden, die das Erreichen verschiedener Zielzustände unter den instruierten Aufgaben erfordern. Sind die Reaktionen ebenfalls bivalent, so liegt üblicherweise nur in der Hälfte der Trials ein Widerspruch der Handlungsbereitschaften vor, nämlich nur dann, wenn der Stimulus unter beiden Aufgabeninstruktionen unterschiedliche Reaktionen erfordert (inkongruenter Trial). Im oben beschriebenen Beispiel würde die gemeinsame Darbietung einer geraden Ziffer, die einen linken Tastendruck erfordert, mit einem Konsonant, der ebenfalls einen linken Tastendruck erfordert, keinen Widerspruch der Handlungsbereitschaften auslösen (kongruenter Trial). Da dieser kongruente Fall aber nur in 50% aller Trials auftritt, ist es trotzdem notwendig, dass die Vpn zwischen den Handlungsbereitschaften beider Aufgaben wechseln.<sup>4</sup>

Wechsel zwischen den Handlungsbereitschaften zweier Aufgaben sind also nur bei Verwendung bivalenter Stimuli notwendig. Aufgabenwechseltrials und Aufgabenwiederholungstrials unterscheiden sich in diesem Fall durch den Wechsel oder

---

<sup>4</sup> Eine andere mögliche Strategie wäre es zuerst abzuwarten, ob ein kongruenter oder inkongruenter Trial kommt und nur im Falle eines inkongruenten Trials einen Aufgabenwechsel vorzunehmen. Dann müssten die Vpn aber drei Aufgaben bearbeiten: Aufgabe 1 wäre bei gerader Ziffer und Konsonant links drücken und bei ungerader Ziffer und Vokal rechts drücken. Aufgabe 2 wäre bei gerader Ziffer und Vokal und dem vorherigem Cue für die Zifferaufgabe links drücken und bei ungerader Ziffer und Konsonant und dem vorherigen Cue für die Zifferaufgabe rechts drücken. Aufgabe 3 wäre bei gerader Ziffer und Vokal und dem vorherigem Cue für die Buchstabenaufgabe rechts drücken und bei ungerader Ziffer und Konsonant und dem vorherigen Cue für die Buchstabenaufgabe links drücken. Diese Strategie ist zum einen komplexer, da sie drei anstelle von zwei Aufgaben beinhaltet, und zum anderen würde sie länger dauern, da die Zeit zwischen Cue- und Reizdarbietung nicht zur Vorbereitung genutzt werden. Deshalb ist es unplausibel anzunehmen, dass eine solche Strategie angewendet wird, wenn in 50% der Fälle inkongruente Trials dargeboten werden. Allerdings könnte man vermuten, dass bei einem geringeren Prozentsatz inkongruenter Trials diese Strategie gegenüber dem ständigen Wechsel zwischen den Aufgaben vorgezogen wird.

die Wiederholung von Intentionen. Dabei ist ein Intentionswechsel und die Aktivierung neuer Handlungsbereitschaften unterschiedlich aufwendig für bivalente vs. univalente Reaktionen (Meiran, 2000b). Dieser Befund wird bisher durch das Überlappen der motorischen Reaktionen begründet und durch S-R-Binding, Reaktionskonflikt, Interferenzen zwischen den Aufgaben oder R-Set biasing erklärt (siehe 3.1). Nach der ABC-Theorie sollte das Überlappen der motorischen Aktivierungsmuster den exekutiven Aufwand beim Intentionswechsel nicht beeinflussen, da angenommen wird, dass durch die Antizipation der zu erreichenden Effekte quasi automatisch die entsprechenden motorischen Aktivierungsmuster aufgerufen werden.

Hier spielt dagegen die Überlappung der zu antizipierenden Effekte eine wichtige Rolle: Bei univalenten Reaktionen werden jeweils verschiedene Zielantizipationen an die Startantizipationen gebunden und ein Intentionswechsel bedeutet ein Wechsel zwischen verschiedenen Ziel-Startantizipationspaaren. Bei bivalenten Reaktionen werden für beide Aufgaben dieselben Zielantizipationen mit unterschiedlichen Startantizipationen gebunden. In Anlehnung an die Binding-Theorie von Hommel (1998; Hommel, Müsseler, Aschersleben, & Prinz, 2002; Pösse & Hommel, 2001) wird vermutet, dass zunächst die Bindung zwischen Ziel- und Startantizipation für die Handlungsbereitschaften der alten Aufgabe gelöst werden muss, bevor dieselbe Zielantizipation an die Startantizipation für die neue Aufgabe gebunden werden kann. Man würde erwarten, dass Wechselkosten bei bivalenten Reaktionen höher sind als bei univalenten, wenn die Reaktionen durch dieselben zu antizipierenden Effekte aufgerufen werden. Dagegen sollte ein Wechsel zwischen Aufgaben mit bivalenten Reaktionen, die aber unterschiedliche Effekte bewirken und deshalb durch unterschiedliche Zielantizipationen adressiert werden können, keine höheren Kosten verursachen als Wechsel zwischen Aufgaben mit univalenten Reaktionen, die immer durch unterschiedliche Zielantizipationen getriggert werden.

Ist eine parallele Aktivierung der Handlungsbereitschaften in einem Aufgabenwechselexperiment nicht möglich, dann erfolgt der Wechsel der Intention und die Bildung der entsprechenden Antizipationen sobald eine Aufgabe instruiert wird und kann vor der Reizdarbietung abgeschlossen werden. Deshalb wird angenommen, dass die Kosten für den Wechsel der Handlungsbereitschaften in

Aufgabenwechseltrials nur bei kurzen Vorbereitungszeiten (kurzen Cue Stimulus Intervallen) erfasst werden können, wenn die Vpn nicht genügend Zeit haben, nach der Instruktion einer Aufgabe die entsprechenden Handlungsbereitschaften zu formen. Diese Annahme steht im Einklang mit anderen Theorien zu Aufgabenwechseln (siehe 3.1.2 Prozesse und Faktoren der Aufgabenvorbereitung), die ebenfalls vermuten, dass Kosten bestimmter Prozesse des Aufgabenwechsel nur bei kurzem CSI gemessen werden können. Beispielsweise nehmen Rogers & Monsell (1995) an, dass als Vorbereitung bei einem Aufgabenwechsel ein endogener, exekutiver Prozess abläuft, der die Aktivität von Aufgaben steuert (siehe auch das Konzept des „S-Set-biasing“, Meiran, 2000a, 2000b; oder den Abruf der S-R-Regeln bei Mayr & Kliegl, 2000).

Dagegen ergeben sich für die Ausführung von Aufgabenwechseln bei langer Vorbereitungszeit aus der ABC-Theorie andere Vorhersagen als einige Theorien zu Aufgabenwechseln postulieren. Diese Theorien nehmen zur Erklärung der residualen Wechselkosten (Wechselkosten, die auch bei genügend Vorbereitungszeit auf den Wechsel verbleiben) an, dass bei der Ausführung einer Aufgabe bei einem Wechsel im Vergleich zu einer Wiederholung zumindest ein zusätzlicher exekutiver Verarbeitungsprozess abläuft. Zum Beispiel sprechen Rogers & Monsell, als Analogie für den Aufruf von S-R-Regeln, in ihrer Schienenmetapher davon, dass die neue Schiene nach Umstellen der Weiche erst gefahren werden muss. Rubinstein, Meyer & Evans (2001) geben an, dass das Stadium der „rule activation“ notwendig ist (vgl. 3.1.3). Diese zusätzlichen Verarbeitungsprozesse können erst einsetzen, wenn der Reiz dargeboten wird und werden durch residuale Wechselkosten widergespiegelt.

Die ABC-Theorie geht dagegen davon aus, dass bei der Ausführung jeder Aktion zunächst die gewünschten Effekte und die dafür notwendigen Situationsbedingungen antizipiert werden und dann, nach Erscheinen des Reizes, die entsprechende Aktion quasi automatisch aufgerufen wird. Die Ausführung von Aufgaben in Wechsel- und Wiederholungstrials unterscheidet sich nicht in funktionaler Hinsicht. Residuale Wechselkosten, also Wechselkosten, die auch bei langer Vorbereitungszeit auf die Aufgabe verbleiben, erlauben keine Rückschlüsse auf die exekutiven Prozesse des Intentionswechsels. Stattdessen würde man annehmen, dass residuale Wechselkosten auf die speziell gewählten Settings der Auf-

gabenwechselexperimente zurückzuführen sind. Da die Reizsets und die Reaktionssets der Aufgaben überlappen, ergeben sich Interferenzen zwischen den beiden Aufgaben, die in Aufgabenwechseltrials stärker sind, da hier die Ausführung der nun irrelevanten Aufgabe weniger lange zurückliegt (vgl. Allport et al., 1994).

Zusammenfassend ergeben sich aus der ABC-Theorie folgende Vorhersagen für Aufgabenwechsel:

1. Eine parallele Aktivierung verschiedener Handlungsbereitschaften ist prinzipiell möglich. Es ist nur nötig, zwischen Aufgaben zu wechseln, wenn sich die Handlungsbereitschaften der Aufgaben widersprechen, da bivalente Stimuli verwendet werden.
2. Ein Wechsel der Intention und der entsprechenden Handlungsbereitschaften erfolgt sobald die auszuführende Aufgabe feststeht und kann abgeschlossen werden, bevor der Reiz erscheint. Kosten für den exekutiven Prozess des Intensionswechsels können deshalb nur bei kurzer Vorbereitungszeit erfasst werden. Wechselkosten, die nach langer Vorbereitungszeit für den Intensionswechsel verbleiben (residuale Wechselkosten) spiegeln nicht den Aufwand exekutiver Prozesse wider.
3. Wechsel zwischen Intentionen verursachen mehr exekutiven Aufwand, wenn die Zielzustände der Handlungsbereitschaften überlappen, da dann erst eine Entkopplung des Zielzustandes mit einem Startzustand notwendig ist, bevor der Zielzustand an einen anderen Startzustand gekoppelt werden kann.

Im Folgenden wird der Wechsel zwischen einfachen Go-NoGo-Aufgaben untersucht, um zu überprüfen, ob die empirischen Befunde mit den Vorhersagen aus der ABC-Theorie vereinbar sind. Mit den Experimenten kann nicht entschieden werden, ob die ABC-Theorie die Befunde aus Aufgabenwechselexperimenten schlüssiger erklären kann als bisherige Theorien zu Aufgabenwechseln. Stattdessen soll durch die Interpretation der empirischen Befunde in der Konzeption der ABC-Theorie versucht werden, um eine durch den Zielbegriff erweiterte Sichtweise des Konzepts Aufgabe anzuregen.

## 5. Wechsel zwischen Go-NoGo-Aufgaben

Um zur ursprünglichen Fragestellung des Aufgabenwechselfaradigmas, der Erforschung exekutiver Prozesse, zurückzukehren, sollten leichte Aufgaben verwendet werden, die wenig miteinander interferieren, so dass die Prozesse des Intentionwechsels möglichst ohne zusätzliche Interferenzprozesse (siehe 3.1) untersucht werden können. Trotzdem müssen dies aber Aufgaben sein, die nicht einfach in einem größeren Kontext als eine Aufgabe betrachtet werden können, sondern noch Wechsel zwischen den Aufgaben erfordern.

Deshalb wurden folgende Go-NoGo-Aufgaben gewählt: Aufgabe A erfordert bei Erscheinen des Reizes A eine Taste zu drücken (Go) und bei Erscheinen des Reizes E nichts zu tun (NoGo), Aufgabe E erfordert bei Erscheinen des Reizes E dieselbe (oder eine andere) Taste zu drücken (Go) und bei Erscheinen des Reizes A nichts zu tun (NoGo). Vorteil dieser beiden Aufgaben ist, dass wenig Reize (nur zwei) verwendet werden und es pro Aufgabe nur eine auszuführende S-R-Zuordnung gibt. Doch obwohl beide Aufgaben sehr einfach sind, ist jeweils ein Wechsel zwischen den Aufgaben notwendig, da die Handlungsbereitschaften der Aufgaben A / E, beim Reiz A / E zu drücken, den Handlungsbereitschaften der Aufgaben E / A, beim Reiz A / E nicht zu drücken, widersprechen.

### 5.1. Experiment 1: Go-NoGo-Aufgaben mit überlappenden Aktionen

In Experiment 1 wurde überprüft, ob die eben beschriebenen Go-NoGo-Aufgaben zur Untersuchung von Aufgabenwechseln geeignet sind. Dazu wurde untersucht, ob Wechsel zwischen den Go-NoGo-Aufgaben, ähnlich wie Wechsel zwischen anderen Aufgaben, Wechselkosten verursachen. Zunächst wurden dieselben Aktionen für beide Aufgaben instruiert; die Vpn waren instruiert bei Aufgabe A und bei Aufgabe E dieselbe Reaktionstaste zu drücken, wenn der entsprechende Reiz A oder E präsentiert wurde. Es wurde erwartet, dass bei Überlappung der Aktionen beider Aufgaben und der daraus resultierenden Notwendigkeit, dieselben Effekte für beide Aufgaben zu antizipieren, substantielle Wechselkosten entstehen, da beim Wechsel der Intention die Bindung zwischen Zielzustand und

Startzustand der alten Aufgabe (z.B. „A“) gelöst und der Zielzustand an den neuen Startzustand („E“) gebunden werden muss.

Diese Wechselkosten sollten hauptsächlich bei kurzer Vorbereitungszeit auf die aktuell auszuführende Aufgabe (kurzem CSI) auftreten, da die Vpn in diesem Fall nicht genügend Zeit haben, den Wechsel der Handlungsbereitschaften bereits vor Erscheinen des Stimulus vollständig auszuführen. Ist die Vorbereitungszeit lange genug, um die Handlungsbereitschaft für die neue Aufgabe auszubilden, sind nur geringe residuale Wechselkosten zu erwarten, die auf Interferenzen zwischen der Ausführung beider Aufgaben zurückzuführen sind.

Um die Vorbereitungszeit auf eine Aufgabe variieren zu können, wurde ein Hinweisreiz (Cue) präsentiert, der die aktuell auszuführende Aufgabe festlegt. Trotzdem wurden die Aufgaben in einer festen Abfolge (AABBAA-Design) instruiert, da bei zufälligen Aufgabenabfolgen die Ausführung von Aufgabenwiederholungen im Vergleich zu Aufgabenwechseln auch deshalb vereinfacht ist, da Vpn dazu tendieren, Aufgabenwiederholungen zu erwarten und auch vorzubereiten (Dreisbach, Haider, & Kluwe, 2002). Die Verwendung des Cueing-Paradigmas mit fester Aufgabenabfolge hat somit den Vorteil, dass die Vpn die Aufgabenabfolge kennen und nicht ständig fälschlicherweise Aufgabenwiederholungen erwarten und vorbereiten.

Eine sinnvolle Strategie zur Unterstützung der Aufgabenvorbereitung und der Erleichterung des Wechsel der Intention ist die Verbalisierung der Aufgaben (Goschke, 2000, Baddeley, Chincotta, & Adlam, 2001). Um zu vermeiden, dass nur einige Vpn eine solche Strategie anwenden, andere aber nicht, sollte allen Vpn eine Verbalisierung der Aufgaben nahe gelegt werden. Deshalb wurden die Aufgaben jeweils durch verbale Cues (eine Stimme sagte A oder E) instruiert, die direkt mit den visuell dargebotenen Buchstaben übereinstimmten, so dass die Cue-Aufgaben-Zuordnung nicht erst gelernt werden muss und die Vpn auch tatsächlich die Verbalisierung übernehmen.

### 5.1.1. Methode

#### *(1) Versuchspersonen*

Das Experiment wurde mit 12 Studierenden der Psychologie (9 Frauen, 3 Männer) im Alter von 19 bis 32 Jahren (Durchschnitt 23,8 Jahre) durchgeführt. Die Teilnahme war Bestandteil der Ausbildung im Grundstudium. Die Vpn hatten normale oder korrigierte Sehschärfe.

#### *(2) Apparatur und Reizmaterial*

Die Experimente wurden mit einem Standard PC (Pentium 133 MHz) mit 15 Zoll VGA-Monitor durchgeführt. Akustische Signale wurden mittels Typhoon Lautsprecher (10W, 4 Ohm) in Zimmerlautstärke dargeboten.

Die Instruktion A (↵A) oder E (↵E) erfolgte akustisch, mit einer Dauer von 150 ms. Visuelle Reize waren die Großbuchstaben A und E, die in der Schriftart Times New Roman mit der Breite  $1.8^\circ$  und der Höhe  $1.9^\circ$  bei einem Bildschirmabstand von etwa 50 cm präsentiert wurden. Die Buchstaben wurden in schwarzer Farbe in der Mitte des Bildschirms innerhalb eines weißen Vierecks ( $6,8^\circ \times 5,1^\circ$ ) dargeboten. Der Bildschirmhintergrund war grau.

Die Reaktionen erfolgten auf einer Standard-PC-Tastatur durch Drücken der mit einem blauen Punkt markierten Taste "b". Die Vpn drückten die Reaktionstaste mit einem beliebigen Finger der rechten oder linken Hand. Fehler wurden akustisch angezeigt.

#### *(3) Versuchsplan und Durchführung*

Jeder Trial begann mit der akustischen Instruktion ↵A oder ↵E, die die aktuelle Aufgabe festlegte. Nach einem variablen Zeitintervall (Cue Stimulus Intervall = CSI, variiert in den Stufen 0, 50, 100, 200, 400, und 800 ms von Onset der Instruktion bis Onset des Reizes) wurde entweder der Buchstabe A oder E dargeboten. In der Hälfte der Trials wurde der aufgabenrelevante Buchstabe präsentiert (Go-Trials), in der anderen Hälfte wurde der aufgabenirrelevante Buchstabe dargeboten (NoGo-Trials). In Go-Trials wurde die Reize bis zum Onset der Reaktion und in NoGo-Trials für 1000 ms dargeboten. Die Vpn waren instruiert

möglichst schnell die Reaktionstaste zu drücken, wenn der aufgabenrelevante Reiz präsentiert wurde. Der nächste Trial startete immer 2000 ms nach Reizdarbietung, so dass die Zeitstruktur für Go- und NoGo-Trials gleich war.

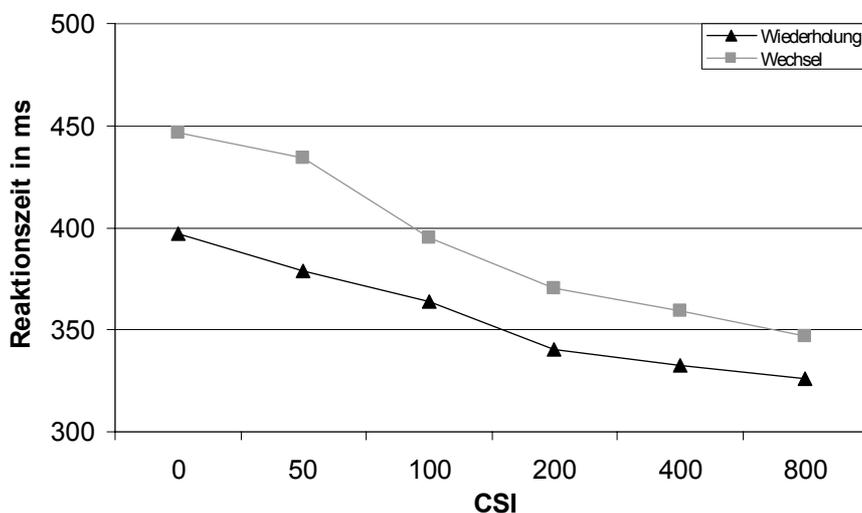
Es wurden zwei unabhängige Variablen als within-subject Variablen realisiert: Aufgabenwechsel vs. Aufgabenwiederholung und die Variation des CSI in sechs Stufen. Die Aufgabe wechselte in jedem zweiten Trial ('AAEEAAEE...'). Um sicherzugehen, dass den Vpn die feste Aufgabenabfolge von Anfang an bewusst war, wurde dies explizit mitgeteilt. Die Reizauswahl erfolgte jeweils zufällig mit der Einschränkung, dass jede Kombination aus Go/NoGo im aktuellen Trial (2) für jede der Aufgaben (2) pro CSI (6) viermal pro Block dargeboten wurde ( $2 \times 2 \times 6 \times 4 = 96$ ). Insgesamt bearbeiteten die Vpn 6 Blöcke je 96 Trials. Zwischen den Blöcken konnten die Vpn eine kurze Pause machen. Das Experiment dauerte etwa 35 min.

Als abhängige Variablen wurden die Reaktionszeiten in Go-Trials und die Fehler aller Trials aufgezeichnet. Reaktionszeiten wurden vom Onset der Reizdarbietung bis zum Onset der Reaktion gemessen. Die Reaktion musste innerhalb von 1000 ms nach Reizdarbietung erfolgen, ansonsten wurde der Durchgang als Fehler gewertet und ein akustisches Fehlersignal dargeboten. In NoGo-Trials wurde das Fehlersignal präsentiert, wenn die Vp trotz des irrelevanten Reizes die Reaktionstaste drückte.

### 5.1.2. Ergebnisse

In die Analyse gingen nur Trials ein, die aktuell eine Reaktion erforderten (Go-Trials), da nur für diese Reaktionszeiten vorliegen. Jeweils der erste Trial jedes Blockes wurde aus der Datenanalyse ausgeschlossen, da er weder als Aufgabenwechsel, noch als Aufgabenwiederholung klassifiziert werden kann. Außerdem wurden Reaktionszeiten aus der Datenanalyse ausgeschlossen, wenn im aktuellen oder im vorherigen Trial ein Fehler gemacht wurde. Insgesamt traten Fehler nur selten auf (0.8% der Go- und 4.0% der NoGo-Trials), so dass auf eine Analyse der Fehler verzichtet wurde. Für die Reaktionszeiten der einzelnen Trials wurden jeweils pro Vp für jede Versuchsbedingungen die arithmetischen Mittelwerte berechnet, die dann als Grundlage für weitere Berechnungen verwendet

wurden. Die mittleren Reaktionszeiten für Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung sind in Abhängigkeit vom CSI in Abbildung 6 dargestellt.



**Abbildung 6: mittlere Reaktionszeiten bei Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung in Abhängigkeit vom CSI.**

Eine Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Aufgabenwechsel/Aufgabenwiederholung und CSI ergibt einen signifikanten Einfluss des CSI,  $F(5, 55) = 49.79$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 28384.1$ , und der Aufgabenabfolge,  $F(1, 11) = 27.28$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 45408.1$ . Vpn reagieren schneller, je länger das CSI ist (422 ms, 407 ms, 379 ms, 355 ms, 346 ms und 336 ms) und langsamer nach Aufgabenwechsel als nach Aufgabenwiederholung (392 ms vs. 357 ms). Außerdem ist die Interaktion zwischen CSI und Aufgabenabfolge signifikant,  $F(5, 55) = 4.06$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 1133.9$ , die zeigt, dass Wechselkosten bei längerem CSI sinken (50 ms, 55 ms, 31 ms, 30 ms, 27 ms und 21 ms für die Reaktionszeitdifferenzen von Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung). Ein Post-Hoc-Test ergibt, dass der Unterschied zwischen Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung auch beim längsten CSI noch signifikant ist,  $T(11) = 3.04$ ,  $p < .01$  (bei einseitiger Testung).

### 5.1.3. Diskussion

Wechsel zwischen Go-NoGo-Aufgaben verursachen ebenso Kosten wie Wechsel zwischen Kategorisierungsaufgaben (z.B. Vokal/Konsonant vs. gerade/ungerade-

Kategorisierung bei Rogers & Monsell, 1995) oder Wechsel zwischen räumlichen Dimensionen (z.B. oben/unten oder rechts/links Zuordnung eines Reizortes bei Meiran, 1996). Ein Wechsel dauert im Durchschnitt 35 ms länger als eine Wiederholung. Die Höhe der Wechselkosten variiert mit der Zeit, die die Vpn haben, um den Aufgabenwechsel vorzubereiten. Bei kurzem CSI (0 und 50 ms) betragen die Wechselkosten 50 ms beziehungsweise 55 ms. Je länger die Vorbereitungszeit (CSI) ist, umso mehr sinken die Wechselkosten. Aber selbst bei langem CSI von 800 ms verbleiben noch signifikante Kosten von 21 ms.

Die Ergebnisse des ersten Experiments zeigen, dass Go-NoGo-Aufgaben zur Untersuchung der Prozesse beim Aufgabenwechsel geeignet sind. Wie erwartet ist es notwendig zwischen beiden Aufgaben zu wechseln, da sich die Handlungsbereitschaften beider Aufgaben widersprechen. Dementsprechend treten vor allem bei kurzem CSI deutliche Wechselkosten auf, da nicht genügend Zeit ist, den Wechsel der Handlungsbereitschaften abzuschließen bevor der Stimulus erscheint.

## **5.2. Experiment 2: Go-NoGo-Aufgaben mit nicht-überlappenden Aktionen**

Die Handlungsbereitschaften beider Go-NoGo-Aufgaben erforderten im ersten Experiment, dass der Zielzustand desselben Tastendrucks an verschiedene Startzustände (A oder E) gebunden wurde. Bei einem Wechsel musste zunächst die Bindung des Startzustandes der alten Aufgabe gelöst werden, bevor der neue Startzustand an den Zielzustand gebunden werden konnte.

Im zweiten Experiment wurde geprüft, ob Wechsel zwischen beiden Aufgaben leichter fallen, wenn für beide Aufgaben unterschiedliche Zielzustände angestrebt werden und es deshalb nicht nötig ist die Startzustand-Zielzustand-Bindung der irrelevanten Handlungsbereitschaften erst zu lösen.

Die Verwendung unterschiedlicher motorischer Aktionen, die durch unterschiedliche propriozeptive Effekte repräsentiert sind, ist eine einfache experimentelle Manipulation, um unterschiedliche zu antizipierende Effekte für beide Handlungsbereitschaften zu realisieren. Die Vpn waren deshalb instruiert bei Aufgabe A eine linke Taste drücken, wenn ein A dargeboten wurde und bei Aufgabe E eine rechte Taste drücken, wenn ein E dargeboten wurde (oder umgekehrt). Dadurch

sollten die Wechsel zwischen den Handlungsbereitschaften beider Aufgaben leichter fallen, die Wechselkosten reduziert sein und sehr schnell mit dem CSI abnehmen.

### **5.2.1. Methode**

#### *(1) Versuchspersonen*

Das Experiment wurde mit 12 Studierenden der Psychologie (10 Frauen, 2 Männer) im Alter von 19 bis 28 Jahren (Durchschnitt 21,8 Jahre) durchgeführt. Die Teilnahme war Bestandteil der Ausbildung im Grundstudium. Die Versuchspersonen hatten normale oder korrigierte Sehschärfe.

#### *(2) Apparatur und Reizmaterial*

Es wurde dieselbe Apparatur und dasselbe Reizmaterial wie in Experiment 1 verwendet. Als Reaktionstasten wurden die Tasten "c" und "m" verwendet, die mit einem roten oder grünen Punkt markiert waren. Die Vpn drückten die Reaktionstasten mit beliebigen Fingern der rechten und linken Hand.

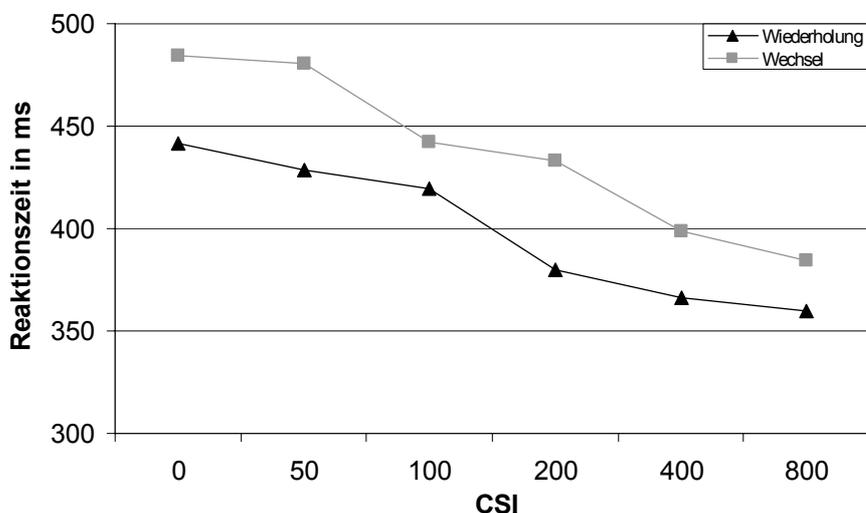
#### *(3) Versuchsplan und Durchführung*

Der Versuchsplan entsprach dem des ersten Experiments. Auch die Versuchsdurchführung wurde nur dahingehend geändert, dass die Vpn nun instruiert waren, bei Aufgabe A die rechte (rot markierte) und bei Aufgabe E die linke (grün markierte) Reaktionstaste zu drücken, wenn der jeweils aufgabenrelevante Reiz dargeboten wurde. Die Zuordnung der Tasten rechts/links zu den Aufgaben A/E war zwischen den Vpn ausbalanciert.

### **5.2.2. Ergebnisse**

Der erste Trial jedes Blockes und alle Trials, in denen oder in deren unmittelbaren Vorgängern Fehler gemacht wurden, wurden aus der Datenanalyse ausgeschlossen. Auf eine Fehleranalyse wurde verzichtet, da Fehler nur selten vorkamen (1.3% der Go- und 3.5% der NoGo-Trials). In Abbildung 7 sind die mittleren

Reaktionszeiten für Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung in Abhängigkeit vom CSI dargestellt.



**Abbildung 7: mittlere Reaktionszeiten bei Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung in Abhängigkeit vom CSI.**

Eine Varianzanalyse mit den within-subject Faktoren Aufgabenwechsel/Aufgabenwiederholung und CSI zeigt einen signifikanten Einfluss des CSI,  $F(5, 55) = 30.49$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 33541.0$ . Vpn reagieren schneller, je länger das CSI ist (463 ms, 454 ms, 431 ms, 406 ms, 382 ms und 372 ms). Außerdem sind die Vpn bei Aufgabenwechseln langsamer (437 ms) als bei Aufgabenwiederholungen (399 ms,  $F(1, 11) = 68.04$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 52067.6$ ). Die Interaktion zwischen CSI und Aufgabenabfolge ist nicht signifikant,  $F(5, 55) = 1.92$ ,  $p > .10$ ,  $MSE = 1080.19$ .

Eine weitere Varianzanalyse mit dem zusätzlichen between-subject Faktor Experiment wurde gerechnet, um die Ergebnisse zwischen Experiment 1 und 2 zu vergleichen. Die Analyse ergibt lediglich einen signifikanten Einfluss des Faktors Experiment,  $F(1, 22) = 5.93$ ,  $p < .05$ ,  $MSE = 139433.4$ . Die Reaktionszeiten des 2. Experiments sind generell höher als die des 1. Experiments (418 ms vs. 374 ms). Alle Interaktionen mit dem Faktor Experiment sind nicht signifikant ( $p$ 's  $> .41$ )

### 5.2.3. Diskussion

Aufgabenwechsel dauern durchschnittlich 38 ms länger als Aufgabenwiederholungen, wenn zwischen Handlungsbereitschaften mit unterschiedlichen motorischen

Aktionen und damit unterschiedlichen zu erreichenden Effekten gewechselt wird. Die Höhe der Wechselkosten ist nicht signifikant von der Vorbereitungszeit auf die Ausführung der Aufgaben beeinflusst.

Der Vergleich von Experiment 1 und Experiment 2 zeigt, dass sich die Wechselkosten beider Experimente bei keinem CSI unterscheiden ( $F(1, 22) < 1$  für die Interaktion von Experiment x Wechsel;  $F(5, 110) = 1.01, p > .41$  für die Interaktion Experiment x Wechsel x CSI).

Dieses Ergebnis steht somit im Widerspruch zu der Folgerung aus der ABC-Theorie, dass Wechsel leichter fallen sollten, wenn zwischen Aufgaben mit unterschiedlichen Zielzuständen gewechselt wird. Allerdings ist das Reaktionszeitniveau im 2. Experiment generell höher als im 1. Experiment, was darauf hinweist, dass die Aufgaben insgesamt schwieriger sind. Diese Annahme ist plausibel, da sich die Vpn bei der Instruktion einer Aufgabe (A oder E) zwischen zwei möglichen Handlungsalternativen (rechter oder linker Tastendruck) entscheiden mussten, während im ersten Experiment nur eine Handlungsalternative existierte. Da Wechsel zwischen schwierigen Aufgaben höhere Wechselkosten verursachen als zwischen leichten Aufgaben (Jersild, 1927), könnten zwei gegenläufige Mechanismen gewirkt haben: Wechselkosten könnten einerseits reduziert sein, da der Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften mit unterschiedlichen Zielzuständen einfacher ist und andererseits könnten die Wechselkosten relativ erhöht sein, da die Aufgaben schwieriger sind.

### **5.3. Experiment 3: Go-NoGo-Aufgaben und Kompatibilität zwischen Instruktion und Aktion**

In Experiment 3 wurde versucht, die Go-NoGo-Aufgaben mit zwei Handlungsalternativen leichter zu machen, in dem die mögliche Handlungsalternative einer Aufgabe direkt durch den Cue instruiert wurde. Als Cues wurden die Wörter rechts und links verwendet, und die Vpn wurden instruiert bei Darbietung des „rechts“-Cues die rechte Reaktionstaste zu drücken, wenn der Buchstabe A auf dem Bildschirm erscheint (Go) und nichts zu tun, wenn der Buchstabe E erscheint (NoGo). Analog sollten sie bei Darbietung des „links“-Cues die linke Reaktions-

taste drücken, wenn ein E dargeboten wird (Go) und nichts tun, wenn ein A erscheint (NoGo).

Es wurde erwartet, dass der Wechsel zwischen Aufgaben mit unterschiedlichen Zielzuständen leichter fällt und nun geringere Wechselkosten verursacht, weil durch die Kompatibilität zwischen Instruktion und Aktion beziehungsweise Zielzustand die Aufgabenschwierigkeit im Vergleich zum zweiten Experiment verringert sein sollte.

### **5.3.1. Methode**

#### *(1) Versuchspersonen*

Das Experiment wurde mit 12 Studierenden der Psychologie (7 Frauen, 5 Männer) im Alter von 19 bis 33 Jahren (Durchschnitt 24,9 Jahre) durchgeführt. Die Teilnahme war Bestandteil der Ausbildung im Grundstudium. Die Versuchspersonen hatten normale oder korrigierte Sehschärfe.

#### *(2) Apparatur und Reizmaterial*

Die verwendete Apparatur und die visuellen Reize entsprachen denen des ersten Experiments. Die Aufgaben A und E wurden akustisch durch die Wörter "rechts" oder "links" (Dauer 150 ms) instruiert, die nur über den rechten oder linken Lautsprecher dargeboten wurden. Reaktionstasten waren "c" und "m" einer Standard-PC-Tastatur, die mit roten oder grünen Aufklebern markiert waren.

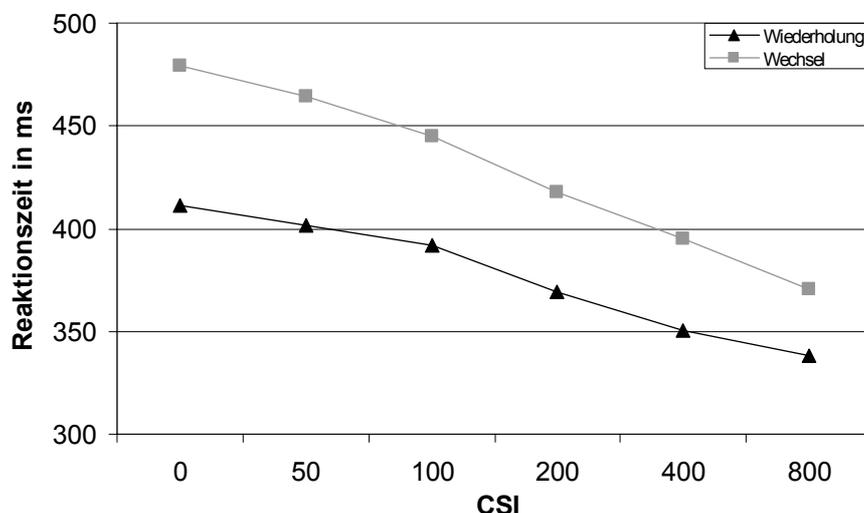
#### *(3) Versuchsplan und Durchführung*

Der Versuchsplan entsprach abgesehen von kleinen Änderungen dem der ersten beiden Experimente. Die Hälfte der Vpn waren instruiert bei Aufgabe A und Darbietung des Reizes A eine rechte Reaktionstaste und bei Aufgabe E und Darbietung von des Reizes E eine linke Reaktionstaste zu drücken. Für die andere Hälfte der Vpn war diese Zuordnung vertauscht. Welche der beiden Aufgaben auszuführen ist, wurde durch die akustische Instruktion „rechts“ oder „links“ festgelegt, die nur aus dem rechten oder linken Lautsprecher ertönte.

Zusätzlich zur bisherigen Ausbalancierung wurde nun auch noch die Abfolge von Go/NoGo im vorherigen Trial ausbalanciert, so dass in jedem Block jede Kombination aus Go/NoGo im aktuellen Trial (2) und Go/NoGo im vorherigen Trial (2) für jede der Aufgaben (2) pro CSI (6) zweimal pro Block dargeboten wurde ( $2 \times 2 \times 2 \times 6 \times 2 = 96$ ). Vier zufällig ausgewählte Trials wurden als Übungstrials am Anfang des Blockes durchgeführt. Das Experiment bestand aus 6 Blöcken je 100 Trials und dauerte ca. 40 min.

### 5.3.2. Ergebnisse

Die ersten vier Trials jedes Blockes wurden als Probetrials betrachtet und aus der Analyse ausgeschlossen. In die Reaktionszeitanalyse gingen nur Go-Trials ein, die selbst und deren Vorgänger fehlerfrei waren. Da sehr selten Fehler auftraten (0.9% bei Go- und 4.2% bei NoGo-Trials), wurde keine Fehleranalyse durchgeführt. Abbildung 8 zeigt die mittleren Reaktionszeiten für Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung in Abhängigkeit vom CSI.



**Abbildung 8:** mittlere Reaktionszeiten bei Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung in Abhängigkeit vom CSI.

Die Reaktionszeiten wurden einer Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Aufgabenwechsel/Aufgabenwiederholung und CSI unterzogen. Der Einfluss des CSI ist signifikant, Vpn reagieren schneller, je länger das CSI ist (445 ms, 433 ms, 418 ms, 393 ms, 373 ms und 354 ms,  $F(5, 55) = 21.27$ ,  $p <$

.001,  $MSE = 30341.5$ ). Weiterhin benötigen Vpn länger für die Ausführung einer Aufgabe bei Aufgabenwechsel (429 ms) als bei Aufgabenwiederholung (377 ms,  $F(1, 11) = 17.27$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 96108.8$ ). Die signifikante Interaktion zwischen CSI und Aufgabenabfolge zeigt, dass Wechselkosten bei längerem CSI sinken (68 ms, 62 ms, 53 ms, 49 ms, 45 ms und 32 ms,  $F(5, 55) = 2.52$ ,  $p < .05$ ,  $MSE = 1000.2$ ). Aber auch beim längsten CSI ist der Unterschied zwischen Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung noch signifikant,  $T(11) = 2.11$ ,  $p < .05$  (bei einseitiger Testung).

Um die Ergebnisse von Experiment 3 und Experiment 1 zu vergleichen, wurde eine weitere Varianzanalyse mit dem between-subject Faktor Experiment gerechnet. Das Reaktionszeitniveau des dritten Experiments (403 ms) unterscheidet sich nicht signifikant vom Reaktionszeitniveau des ersten Experiments (374 ms,  $F(1, 22) < 1$ ) und auch keine Interaktion mit dem Faktor Experiment ist signifikant ( $p$ 's  $> .26$ ).

### 5.3.3. Diskussion

Zunächst hat die Verwendung von Cues, die direkt die auszuführende Aktion instruieren, den gewünschten Einfluss beide Go-NoGo-Aufgaben zu vereinfachen, da sich nun das generelle Reaktionszeitniveau nicht signifikant von dem des ersten Experimentes unterscheidet.

Aber trotz Kompatibilität zwischen Instruktion und auszuführender Reaktion ergeben sich deutliche Wechselkosten in Höhe von durchschnittlich 52 ms. Zwar sinken diese, je länger sich die Vpn auf den Wechsel vorbereiten können, doch selbst bei 800 ms Zeit zur Vorbereitung des Wechsels von Handlungsbereitschaften mit unterschiedlichen zu erreichenden Zielzuständen verbleiben residuale Kosten in Höhe von 32 ms.

Zahlenmäßig scheinen die Wechselkosten sogar höher zu sein als in Experiment 2. Doch ergibt eine Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Aufgabenabfolge und CSI und dem Zwischensubjektfaktor Experiment weder einen signifikanten Einfluss des Faktors Experiment noch eine Interaktion mit einem der Messwiederholungsfaktoren (alle  $p$ 's  $> .30$ ).

Unter der Annahme, dass Wechselkosten das Ausmaß exekutiver Kontrollprozesse des Aufgabenwechsels widerspiegeln, stehen die Ergebnisse im Widerspruch zu den Schlussfolgerungen aus der ABC-Theorie, denn selbst Wechsel einfacher Handlungsbereitschaften mit verschiedenen Zielantizipationen erzeugen nach 800ms Vorbereitungszeit noch Wechselkosten und Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften mit verschiedenen Zielzuständen können nicht schneller realisiert werden als Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften mit gleichem Zielzustand.

#### **5.4. Zusammenfassende Diskussion der Experimente 1 bis 3**

Die Experimente 1 bis 3 wurden durchgeführt um die Anwendbarkeit von Go-NoGo-Aufgaben für den Aufgabenwechselkontext zu testen und um Überlegungen, die aus der ABC-Theorie von Hoffmann (1993) für den Wechsel zwischen Aufgaben getroffen wurden, zu überprüfen.

In Experiment 1 wurde der Wechsel zwischen Go-NoGo-Aufgaben mit überlappender Aktion untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass Go-NoGo-Aufgaben für die Untersuchung von Aufgabenwechseln geeignet sind, denn es entstehen, wie bei der Verwendung anderer Aufgaben, Wechselkosten, die sinken, je länger der Wechsel vorbereitet werden kann.

Demgegenüber wurden in Experiment 2 Wechsel zwischen Aufgaben mit nicht-überlappenden Aktionen untersucht mit der Erwartung, dass Wechsel zwischen diesen Aufgaben leichter sein sollten und deshalb geringere Wechselkosten entstehen sollten, da nicht derselbe Zielzustand an unterschiedliche Startantizipationen gekoppelt werden muss. Entgegen dieser Erwartung verursachten die Wechsel in diesem Experiment gleiche Kosten wie im ersten Experiment, die auch bei 800 ms Vorbereitungszeit noch substantiell sind. Dieser Befund könnte dadurch entstanden sein, dass die Verwendung zweier möglicher Handlungsalternativen die Aufgaben schwieriger machte und dass die Wechselkosten deshalb relativ anstiegen.

Um die Auswahl der Handlungsalternative zu erleichtern, wurden im dritten Experiment die Aufgaben durch Cues, die kompatibel zu den auszuführenden Aktionen sind, instruiert. Aber selbst beim Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften mit

verschiedenen Zielantizipationen, die direkt durch den Aufgabencue instruiert werden, sind die Wechselkosten genauso hoch wie im ersten Experiment und auch bei langem Vorbereitungsintervall deutlich von null verschieden.

Aus den Ergebnissen des zweiten und dritten Experiments müsste nun eigentlich gefolgert werden, dass Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften nicht vollständig vor Erscheinen des Stimulus, also während des CSI ablaufen können und dass Wechsel zwischen Handlungsbereitschaft mit verschiedenen Zielantizipationen dieselben Kosten verursachen wie Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften mit denselben Zielantizipationen. Diese Schlussfolgerung wäre nicht in Einklang zu bringen mit den Hypothesen, die aus der ABC-Theorie abgeleitet wurden, und würde deren Anwendbarkeit auf den Aufgabenwechselkontext in Frage stellen. Allerdings setzt diese Argumentation voraus, dass Wechselkosten tatsächlich die exekutiven Kontrollprozesse beim Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften widerspiegeln.

Andererseits wäre es auch möglich, dass zumindest Teile der Wechselkosten gar nicht den Aufwand für einen Wechsel zwischen Aufgaben oder Intentionen widerspiegeln, sondern einfach nur aufgrund von Interferenzen bei der Aufgabenausführung entstehen. Um diese Annahme zu überprüfen, wird im folgenden Kapitel genauer betrachtet, ob Wechselkosten überhaupt ein geeignetes Maß zur Erfassung des Aufwandes exekutiver Kontrollprozesse des Intentionswechsels sind.

## 6. Entwicklung einer Methode zur Dekomposition von Wechselkosten

Bereits in Kapitel 3 wurde erläutert, dass Wechselkosten auf verschiedene Prozesse und Faktoren beim Aufgabenwechsel zurückgeführt werden. Ob oder inwiefern Reaktionszeitunterschiede zwischen Aufgabenwechseln und Aufgabenwiederholungen überhaupt Aussagen über exekutive, handlungsdeterminierende Prozesse machen können, wurde zuweilen in Frage gestellt: „switch costs, on their own, cannot be used as an index of the extent to which control processes are active in the alternating runs paradigm“ (Wylie & Allport, 2000, S. 231) oder „the actual size of true shift costs is difficult to establish in the absence of an agreed-upon neutral baseline that allows us to separate out set or response benefits from costs“ (Mayr & Keele, 2000, S. 5).

Prinzipiell können Einflüsse auf die Handlungsdetermination in zwei Kategorien unterteilt werden (siehe Kapitel 1 oder vgl. Hommel, Ridderinkhof & Theeuwes, 2002): Interne Faktoren, wie eine zielgerichtete Aufmerksamkeitslenkung (Folk, Remington & Johnston, 1992) und externe Faktoren, wie saliente Reizeigenschaften (Theeuwes, 1994). Ein Problem des Wechselkostenmaßes ist, dass in den Reaktionszeitunterschieden zwischen Aufgabenwechseln und Wiederholungen nicht nur interne Anteile, die aufgrund des Wechsels der Handlungsbereitschaft, also spezifisch beim Wechsel entstehen, enthalten sind, sondern auch externe, reizgetriebene Anteile Einfluss auf die Reaktionszeiten haben. Um Aussagen zur intentionalen Steuerung von Handlungen treffen zu können, ist es notwendig nur die wechelspezifischen Anteile der Reaktionszeitdifferenz zwischen Aufgabenwechsel und Wiederholung zu erfassen. Deshalb wird im Folgenden eine Methode entwickelt, die es ermöglicht die wechelspezifischen Anteile getrennt von den unspezifischen Anteilen zu berechnen (siehe auch Hoffmann, Kiesel & Sebald, 2003).

Spezifische Anteile von Wechselkosten spiegeln den Aufwand exekutiver Funktionen beim Wechsel von Intentionen wider. Sie werden im Folgenden mit Intentionwechselkosten bezeichnet. Als unspezifische Anteile von Wechselkosten kommen vor allem Negatives Priming (Allport & Wylie, 2000; Goschke, 2000; Mayr

& Keele, 2000; Monsell, Yeung & Azuma, 2000) und Repetition Priming (Meiran, 1996; Rogers & Monsell, 1995; Shaffer, 1965; 1966) in Betracht.

Negatives Priming tritt immer dann auf, wenn im aktuellen Trial ein Reiz beachtet werden muss, der im vorherigen Trial ignoriert werden musste (Chiappe & MacLeod, 1995; Fox, 1995; Neill & Valdes, 1992; Tipper, 2001; Tipper & Cranston, 1985). Die Reaktionen auf diese zuvor ignorierten Reize sind verzögert.

In Aufgabenwechselexperimenten kommt Negatives Priming bei Aufgabenwechseltrials vor, wenn Reize verwendet werden, die unter beiden Aufgabeninstruktionen bearbeitet werden können (bivalente Reize). Dann bedeutet ein Aufgabenwechsel, dass ein zuvor ignoriertes Reizmerkmal oder eine zuvor ignorierte Reizkategorie nun beachtet werden muss. Negatives Priming kann reizspezifisch sein, zum Beispiel musste ein bestimmter Buchstabe erst ignoriert und nun beachtet werden, es kann aber auch auf Ebene der Stimulusdimension vorkommen, wenn Buchstaben erst generell ignoriert und dann beachtet werden mussten. Reizspezifisches Negatives Priming wird häufig vermieden, da direkte Reizwiederholungen in aufeinander folgenden Trials ausgeschlossen werden (für Ausnahmen siehe Koch, 2001; Mayr & Keele, 2000; Meiran, 1996, 2000b), aber Negatives Priming auf der Ebene der Stimulusdimension kann nicht vermieden werden, wenn wie in den meisten Experimenten bivalente Reize verwendet werden. Negatives Priming führt zu einer numerischen Erhöhung der Wechselkosten, da es nur in Aufgabenwechseltrials auftritt und hier zu einer Verlängerung der Reaktionszeiten führt.

Repetition Priming beschreibt eine Verkürzung der Reaktionszeiten, wenn derselbe Stimulus zweimal hintereinander dieselbe Reaktion erfordert, oder wenn dieselbe Reaktion auf verschiedene Reize hin zum zweiten Mal hintereinander ausgeführt wird (Kornblum, 1969; Logan & Delheimer, 2001 für Repetition Priming im Doppelaufgabenkontext; Soetens, 1998). Repetition Priming kann zum einen auf einer perzeptuellen Erleichterung der Reizidentifikation und zum anderen auf einer erleichterten Reaktionsauswahl beruhen. Im Kontext von Aufgabenwechseluntersuchungen wurde die erste Möglichkeit häufig vermieden, indem direkte Reizwiederholung ausgeschlossen wurden. Aber für das Entstehen von Repetition Priming aufgrund erleichterter Reaktionsauswahl genügt schon die Wiederholung einer Reizkategorie, die dieselbe Reaktion erfordert (Campbell & Proctor, 1993;

Marcel & Forrin, 1974; Pashler & Baylis, 1991). Da Repetition Priming nur bei Aufgabenwiederholungen zu einer Verkürzung der Reaktionszeiten führt (Kleinsorge, 1999; Mayr & Keele, 2000; Meiran, 2000b; Rogers & Monsell, 1995), bewirkt es eine Erhöhung des Differenzmaßes Wechselkosten.

Obwohl Negatives Priming bereits in mehreren Arbeiten als wichtiger Bestandteil von Wechselkosten gesehen wurde (vgl. Allport & Wylie, 2000; Goschke, 2000; Mayr & Keele, 2000; Monsell, Yeung & Azuma, 2000) und auch Repetition Priming zumindest soweit in Betracht gezogen wurde, als Stimuluswiederholungen meist ausgeschlossen wurden oder auch Reaktionswiederholungen zum Teil nicht in die Auswertung einbezogen wurden (Mayr & Keele, 2000; Ruthruff, Remington & Johnston, 2001), gibt es meines Wissens bisher keinen Ansatz, der versucht den Einfluss von Negativem Priming und Repetition Priming quantitativ getrennt von tatsächlichen wechelspezifischen Reaktionszeitdifferenzen, den Intentionswechselkosten, zu erfassen.

### **6.1. Experiment 4: Dekomposition von Wechselkosten**

Die bislang verwendeten Go-NoGo-Aufgaben bieten in Kombination mit Aufgabenwechseln eine neuartige Auswertungsmöglichkeit, wenn zusätzlich berücksichtigt wird, ob der vorherige Trial ein Go- oder ein NoGo-Trial war. Zur Erinnerung sind nun noch einmal die verwendeten Aufgaben skizziert: In Aufgabe A wird verlangt, eine Taste zu drücken, wenn der hier aufgabenrelevante Buchstabe A auf dem Bildschirm erscheint (Go) und nichts zu tun, wenn der für diese Aufgabe irrelevante Buchstabe E erscheint (NoGo). Aufgabe E hingegen heißt, dieselbe Reaktionstaste zu drücken, wenn ein E (nun aufgabenrelevant) erscheint (Go) und nicht zu reagieren, wenn der nun irrelevante Buchstabe A dargeboten wird (NoGo).

Wie innerhalb des Aufgabenwechselparadigmas üblich wurde bisher die Abfolge der Trials nur dahingehend unterschieden, ob im vorherigen Trial dieselbe Aufgabe (Aufgabenwiederholung) oder eine andere Aufgabe (Aufgabenwechsel) ausgeführt wurde. Bei der Verwendung von Go-NoGo-Aufgaben, kann man aber zusätzlich unterscheiden, ob der vorherige Trial ein Go- oder ein NoGo-Trial war (Tabelle 2). Dadurch entstehen vier Möglichkeiten, den aktuellen Go-Trial einzu-

ordnen. (Für den aktuellen Trial werden jeweils nur Go-Fälle betrachtet, da für NoGo-Trials keine Reaktionszeiten vorliegen.)

Zelle I: Es wird dieselbe Aufgabe wie im vorherigen Trial ausgeführt. Zusätzlich wird zum zweiten Mal auf denselben aufgabenrelevanten Reiz reagiert (keine Intentionsschwechskosten, aber Repetition Priming).

Zelle II: Es wird dieselbe Aufgabe wie im vorherigen Trial ausgeführt, aber in Trial n-1 wurde der irrelevante Reiz dargeboten und es erfolgte keine Reaktion (keine Intentionsschwechskosten und kein Repetition Priming).

Zelle III: In direkt aufeinander folgenden Trials werden zwei verschiedene Aufgaben ausgeführt und die Vp reagiert auf den jeweils aufgabenrelevanten Reiz (Intentionsschwechskosten, aber kein Negatives Priming).

Zelle IV: Die Aufgaben wechseln und die Vp musste in Trial n-1 den irrelevanten Reiz ignorieren. Derselbe Reiz ist im aktuellen Trial aufgabenrelevant und muss nun beachtet werden (Intentionsschwechskosten und Negatives Priming).

**Tabelle 2: mögliche Kombinationen von Aufgabenwiederholung oder Aufgabenwechsel unter Berücksichtigung von Go- oder NoGo-Trials im Trial n-1**

	Wiederholung in Trial n 'AA' oder 'EE'	Wechsel in Trial n 'EA' oder 'AE'
Go	<b>AA oder EE (I)</b>	<b>EA oder AE (III)</b>
Trial n-1		
NoGo	<b>EA oder AE (II)</b>	<b>AA oder EE (IV)</b>

Diagramm zur Tabelle 2:

- Ein vertikales Doppelpfeilsymbol zwischen den Zeilen "Go" und "NoGo" in der Spalte "Wiederholung in Trial n" ist mit "Repetition Priming" beschriftet.
- Ein vertikales Doppelpfeilsymbol zwischen den Zeilen "Go" und "NoGo" in der Spalte "Wechsel in Trial n" ist mit "Negatives Priming" beschriftet.
- Ein diagonales Doppelpfeilsymbol zwischen den Zellen (Go, Wiederholung) und (NoGo, Wechsel) ist mit "Intentionsschwechskosten" beschriftet.

Repetition Priming kann durch den Vergleich der Reaktionszeiten in den Zellen I und II bestimmt werden. In beiden Fällen findet eine Aufgabenwiederholung statt. In Zelle I müssen die Vpn für dieselbe Aufgabe vorbereitet sein, die sie gerade eben ausgeführt haben und in Zelle II müssen sie für dieselbe Aufgabe bereit sein, die sie schon zuvor vorbereitet hatten, aber dann nicht ausführen durften. Deshalb wird angenommen, dass in beiden Zellen kein wechselspezifischer Konfigurationsprozess notwendig ist. Jedoch wird erwartet, dass in Zelle I Repetition

Priming auftritt, da die Ausführung derselben S-R-Zuordnung wiederholt wird. In Zelle II kann dagegen kein Repetition Priming entstehen, da hier weder Reiz noch Reaktion wiederholt werden. Reaktionszeitdifferenzen zwischen Zelle II und Zelle I sind also durch Repetition Priming bedingt<sup>5</sup>.

Negatives Priming wird in Zelle IV erwartet. Sowohl in Zelle III als auch in Zelle IV müssen die Vpn die Aufgabe wechseln. Zelle III beschreibt den Fall, in dem die Ausführung einer anderen als gerade eben ausgeführten Aufgabe notwendig ist. Zelle IV beinhaltet Trials in denen eine andere Aufgaben ausgeführt wird als im vorherigen Trial vorbereitet war. Deshalb wird angenommen, dass in beiden Zellen die Handlungsbereitschaften gewechselt werden müssen und Intentionswechselkosten entstehen. Zusätzlich wird in Zelle IV Negatives Priming erwartet, da die Vpn auf einen Reiz hin reagieren müssen, auf den im vorherigen Trial keine Reaktion erfolgen durfte. In Zelle III wird dagegen kein Negatives Priming erwartet, da die Vpn im vorherigen Trial die Reaktion auf den anderen Reiz hin ausführte.<sup>6</sup>

Intentionswechselkosten können nur durch den Vergleich von Aufgabenwiederholungen, die nicht durch Repetition Priming beeinflusst sind (Zelle II) und Aufgabenwechseln, die nicht durch Negatives Priming verlangsamt sind (Zelle III), erfasst werden.

Dementsprechend wird Repetition Priming als Differenz der Reaktionszeiten zwischen Zelle II und Zelle I, Negatives Priming als Differenz der Reaktionszeiten

---

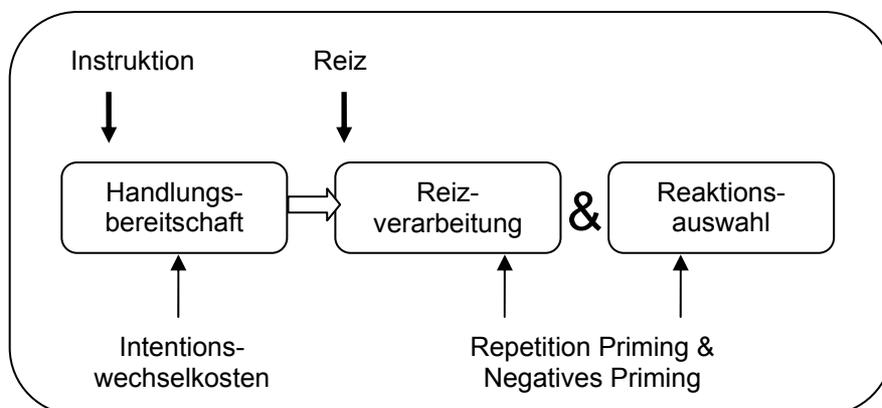
<sup>5</sup> Das Ausmaß des Repetition Priming wird hier als Differenz zwischen Go-Trials mit Stimulus- und Reaktionswiederholung und Go-Trials mit NoGo-Vorgängern berechnet. Dies entspricht nicht der üblichen Berechnungsweise, denn in Mehrfachwahlreaktionsexperimenten wird Repetition Priming durch den Vergleich von Trials mit Stimulus- und Reaktionswiederholung und Trials mit Stimulus- und Reaktionswechsel berechnet (Soetens, 1998).

<sup>6</sup> Die hier vorliegenden Bedingungen weichen von denen in üblichen Studien zu Negativem Priming ab, denn dort reagieren die Vpn in allen Trials, müssen aber bestimmte Reize jeweils ignorieren. Trotzdem wird angenommen, dass die zugrundeliegenden Mechanismen für das Auftreten von Negativem Priming identisch sind. Neill & Valdes (1992) führten Negatives Priming darauf zurück, dass eine kürzlich erlebte Episode, in der ein Reiz mit "reagiere nicht auf diesen Reiz" assoziiert war, erinnert wird. Muss derselbe Reiz im aktuellen Trial mit einer Reaktion beantwortet werden, entsteht ein Konflikt, der zu längeren Reaktionszeiten führt. Dasselbe trifft für Zelle IV zu: Ein Reiz, der im aktuellen Trial eine Reaktion erfordert, war im vorherigen Trial mit "reagiere nicht" assoziiert.

zwischen Zelle IV und Zelle III und Intensionswechselkosten als Differenz der Reaktionszeiten zwischen Zellen III und II berechnet.

Methodisch betrachtet, ist die Berechnung von drei Differenzmaßen aus einer orthogonalen Variation von 2x2 Variablen kritisch, da die drei Differenzmaße statistisch nicht unabhängig voneinander sind.

Allerdings gibt es gute Gründe anzunehmen, dass Repetition Priming, Negatives Priming und Intensionswechselkosten durch voneinander unabhängige Prozesse bedingt sind. Bei einem Aufgabenwechsel scheinen zumindest zwei unterscheidbare Prozesse ablaufen (vgl. Abbildung 9): Einerseits wird die Handlungsbereitschaft ausgebildet, die der Instruktion entspricht. Andererseits wird der relevante Reiz verarbeitet und die entsprechende Reaktion ausgewählt (oder im Sinne der ABC-Theorie automatisch aufgerufen). Während die Handlungsbereitschaft ausgebildet wird, entstehen Wechselkosten, die durch endogene Kontrollprozesse bedingt und für das Wechseln spezifisch sind (Intensionswechselkosten). Exogene, unspezifische Prozesse, wie Negatives Priming und Repetition Priming, treten in den Phasen der Reizverarbeitung und der Reaktionsauswahl auf.



**Abbildung 9: unterscheidbare Prozesse bei der Aufgabenausführung.**

Die Annahme, dass die Ausbildung der Handlungsbereitschaft unabhängig von der Reizverarbeitung erfolgen muss, ist nahe liegend, da die  $V_p$  erst durch die Einstellung auf die Aufgabe weiß, was der relevante Reiz ist.

Einige empirische Befunde sind in der Tat mit der Annahme getrennter Prozesse der Aufgabenvorbereitung und Aufgabendurchführung vereinbar. So finden Ruthruff, Remington & Johnston (2001), dass Effekte der direkten Stimuluswiederholung bei Aufgabenwiederholung unabhängig davon sind, ob die Aufgabe

erwartet wurde oder nicht. Entsprechend der additiven Faktorenlogik (Sternberg, 1969) sollten Faktoren, die dieselbe Verarbeitungsstufe betreffen, miteinander interagieren, während Faktoren die unterschiedliche Verarbeitungsstufen beeinflussen, additiv zueinander sein sollten. Die Additivität der Wirkungen von Reizwiederholung und Aufgabenerwartung lässt also folgern, dass diese Faktoren unterschiedliche mentale Verarbeitungsstufen betreffen und dass endogene Konfigurationsprozesse zur Aufgabenvorbereitung unabhängig von Repetition Priming sind. Ruthruff, Remington & Johnston (2001) nehmen an, dass Repetition Priming ein automatischer Prozess ist: "the effects of stimulus repetition may be in some sense automatic" (S. 1415) und vermuten, dass Effekte der Aufgabenwiederholung die Reaktionsauswahl beeinflussen (wie in Abbildung 9 dargestellt). Auch Pashler & Johnston (1989) nehmen an, dass der Stimulus-Wiederholungseffekt hauptsächlich die Reaktionsauswahl beeinflusst.

Für die Unabhängigkeit von Negativem Priming und Aufgabenvorbereitung sprechen Ergebnisse von Mayr & Keele (2000, Exp. 2), die zeigen, dass Backward Inhibition und Negatives Priming zwei unabhängige Prozesse sind und Untersuchungen von Chiappe & MacLeod (1995), in denen Negatives Priming unabhängig von Aufgabenwiederholung oder Aufgabenwechsel auftritt.

In den folgenden Experimenten 4 bis 7 sollte die behauptete Unabhängigkeit von Repetition Priming, Negativem Priming und Intentionswechselkosten empirisch überprüft werden. Zunächst wurde in Experiment 4 untersucht, ob die oben beschriebene Unterteilung der Wechselkosten überhaupt Sinn macht. Leider war eine Analyse der Daten aus Experiment 1 mit dem zusätzlichen Faktor Go vs. NoGo in n-1 nicht möglich, da in Experiment 1 die Häufigkeit von Go vs. NoGo im vorherigen Trial nicht ausbalanciert war, so dass bei einigen Vpn nicht genügend Trials pro Bedingung vorliegen. Experiment 4 ist deshalb quasi eine Replikation von Experiment 1, mit dem Unterschied, dass die Anzahl von Go- und NoGo-Trials auch für den jeweils vorherigen Trial n-1 ausbalanciert wurde.

### **6.1.1. Methode**

#### *(1) Versuchspersonen*

Das Experiment wurde mit 12 Versuchspersonen im Alter von 19 bis 32 Jahren (Durchschnitt 24,1 Jahre) durchgeführt. 8 Versuchspersonen waren weiblich, 4 männlich. Ein Teil der Versuchspersonen wurde mit 5,- DM für die Teilnahme bezahlt, den übrigen wurde die Teilnahme als Studienleistung angerechnet. Die Versuchspersonen hatten normale oder korrigierte Sehschärfe.

#### *(2) Apparatur und Reizmaterial*

Die Apparatur und das verwendete Reizmaterial war identisch zum ersten Experiment.

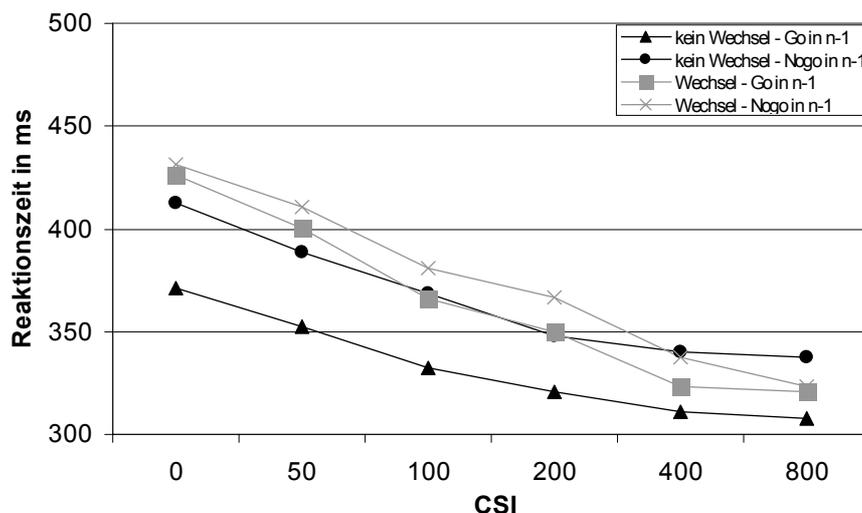
#### *(3) Versuchsplan und Durchführung*

Dieses Experiment ist eine Replikation des ersten Experiments mit dem Unterschied, dass die Abfolge von Go/NoGo im aktuellen (2) und vorherigen Trial (2) für jede der Aufgaben im aktuellen (2) und vorherigen Trial (2) pro CSI (6) gleich häufig vorkam. In jedem Block wurde jede der 96 (2x2x2x2x6) Kombinationen genau einmal dargeboten. Zu Beginn eines Blockes wurden 4 zufällig ausgewählte Übungstrials dargeboten, die nicht in die statistische Analyse aufgenommen wurden. Ein Experiment bestand aus 6 Blöcken und dauerte ca. 35 min.

### **6.1.2. Ergebnisse**

In die Analyse der Reaktionszeiten gingen nur Trials ein, die selbst und deren Vorgänger fehlerfrei waren. Auf eine statistische Analyse der Fehler wurde verzichtet, da nur in 0.5% der Go-Trials und in 3.9% der NoGo-Trials Fehler gemacht wurden.

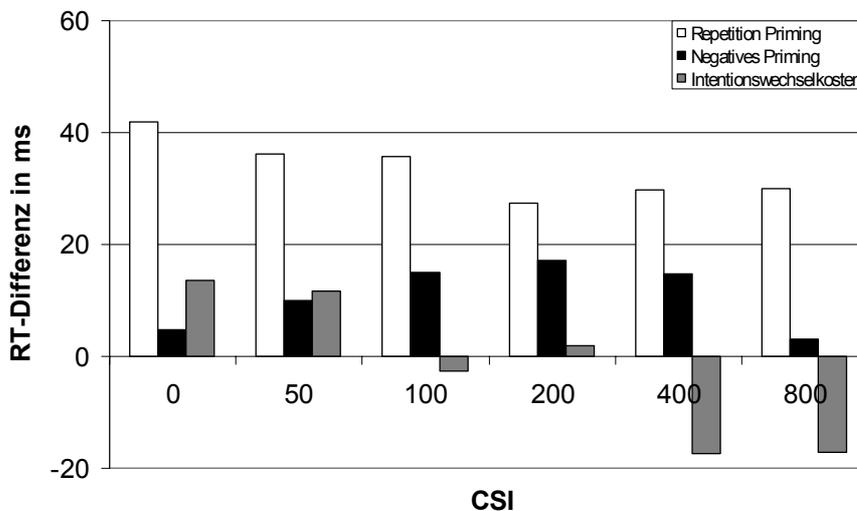
Die mittleren Reaktionszeiten für Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung in Abhängigkeit davon, ob der vorherige Trial ein Go- oder NoGo-Trial war, sind für jede CSI-Variation in Abbildung 10 dargestellt.



**Abbildung 10: mittlere Reaktionszeiten für Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung und Go oder NoGo im vorherigen Trial in Abhängigkeit vom CSI.**

Eine Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Aufgabenwechsel/Aufgabenwiederholung, Go/NoGo im vorherigen Trial und CSI ergibt einen signifikanten Effekt des Faktors Aufgabenwechsel/Aufgabenwiederholung,  $F(1, 11) = 18.68$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 30120.2$ . Vpn reagieren schneller bei Aufgabenwiederholung als bei Aufgabenwechsel (349 ms vs. 369 ms). Der signifikante Effekt des Faktors Go/NoGo,  $F(1, 11) = 42.86$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 35265.3$ , zeigt, dass die Reaktionszeiten nach Go-Trials kürzer sind als nach NoGo-Trials (348 ms vs. 371 ms). Weiterhin gibt es einen signifikanten Effekt des Faktors CSI,  $F(5, 55) = 56.91$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 57190.2$ . Reaktionszeiten sinken bei längerem CSI (410 ms, 388 ms, 362 ms, 346 ms, 328 ms und 322 ms). Außerdem gibt es eine signifikante Interaktion zwischen Aufgabenabfolge und CSI,  $F(5, 55) = 5.88$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 2859.0$ , und zwischen Aufgabenabfolge und Go/NoGo,  $F(1, 11) = 13.29$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 9271.9$ . Die Reaktionszeitdifferenz zwischen Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung sind bei kurzem CSI von null verschieden (38 ms, 36 ms, 23 ms, 25 ms, 5 ms und 0 ms), und der Einfluss der Go-NoGo-Variation im vorherigen Trial ist stärker bei Aufgabenwiederholung (333 ms vs. 366 ms) als bei Aufgabenwechsel (364 ms vs. 375 ms). Alle anderen Effekte sind nicht signifikant.

Im Folgenden werden die oben erläuterten Wechselkostenanteile genauer betrachtet. Abbildung 11 zeigt Repetition Priming, Negatives Priming und Intensionswechselkosten jeweils in Abhängigkeit vom CSI.



**Abbildung 11: Repetition Priming, Negatives Priming und Intentionwechselkosten in Abhängigkeit vom CSI.**

Repetition Priming wird berechnet, indem pro Vp für jedes CSI die Differenzen der gemittelten Reaktionszeiten bei Aufgabenwiederholung mit Go-Vorgängern und NoGo-Vorgängern gebildet werden. Eine Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor CSI zeigt, dass Repetition Priming generell signifikant von null verschieden ist  $F(1, 11) = 57.01$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 80702.2$ , unabhängig vom CSI,  $F(5, 55) < 1$ . Vpn reagieren durchschnittlich 34 ms schneller, wenn sie bei Aufgabenwiederholung auf denselben Reiz wie im vorherigen Trial dieselbe Reaktion ausführen.

Zur Berechnung des Negativen Primings wird für jede Vp für jedes CSI die Differenz der gemittelten Reaktionszeiten für Aufgabenwechsel, die nach einem NoGo-Trial (Negatives Priming) oder nach einem Go-Trial (kein Negatives Priming) waren, gebildet. Eine Varianzanalyse mit dem within subject Faktor CSI ergibt signifikant von null verschiedenes Negatives Priming,  $F(1, 11) = 5.15$ ,  $p < .05$ ,  $MSE = 8372.2$ , das nicht durch die CSI-Variation beeinflusst ist,  $F(5, 55) < 1$ . Im Durchschnitt dauern Reaktionen bei Aufgabenwechseln 11 ms länger, wenn im vorherigen Durchgang auf denselben Reiz hin keine Reaktion ausgeführt werden durfte.

Um Intentionwechselkosten zu berechnen, werden die Reaktionszeiten für Aufgabenwiederholungen nach NoGo-Trials (kein Repetition Priming) von den Reaktionszeiten für Aufgabenwechsel nach Go-Trials (kein Negatives Priming) pro

V<sub>p</sub> und CSI subtrahiert. Die Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor CSI zeigt, dass Intensionswechselkosten im allgemeinen nicht von null verschieden sind,  $F(1, 11) < 1$ , aber dass ein marginal signifikanter Einfluss der CSI-Variation existiert,  $F(5, 55) = 2.31$ ,  $p < .06$ ,  $MSE = 2191.5$ . Intensionswechselkosten sinken bei längerem CSI und werden sogar negativ.

### 6.1.3. Diskussion

Die Ergebnisse dieses Experiments bestätigen den Einfluss von Repetition Priming und Negativem Priming auf die Reaktionszeiten in Aufgabenwiederholungs- und Aufgabenwechseltrials und zeigen, dass eine Unterteilung der Reaktionszeitunterschiede in Repetition Priming, Negatives Priming und Intensionswechselkosten sinnvoll ist.

Zunächst lässt sich feststellen, dass der Einfluss der Go-NoGo-Variation im vorherigen Trial bei Aufgabenwiederholungen und Aufgabenwechseln unterschiedlich ist. Dies steht im Einklang mit der Annahme, dass tatsächlich unterschiedliche Prozesse die Reaktionszeitunterschiede bedingen und dass nicht einfach Reaktionen nach vorherigen NoGo-Durchgängen generell verlangsamt sind. Die Daten stimmen auch weitgehend mit der Annahme überein, dass Repetition Priming, Negatives Priming und Intensionswechselkosten additiv zu den Reaktionszeiten beitragen. Außer bei langen CSI steigen die Reaktionszeiten für die Bedingungen (siehe Tabelle 2) Aufgabenwiederholung mit Repetition Priming (I), Aufgabenwiederholung ohne Repetition Priming (II), Aufgabenwechsel und damit verbunden Intensionswechselkosten ohne Negatives Priming (III) und Aufgabenwechsel / Intensionswechselkosten und Negatives Priming (II) kontinuierlich an (Abbildung 10).

Die entsprechenden Abschätzungen der Anteile der einzelnen Komponenten an den Wechselkosten zeigen, dass unter den hier gegebenen Bedingungen Reaktionszeitunterschiede hauptsächlich durch wechselunspezifische Reaktionszeitanteile verursacht werden. Intensionswechselkosten sind die einzige Reaktionszeitdifferenz, die durch die Variation des CSI beeinflusst ist. Dies spricht für die Annahme, dass sie exekutive Kontrollprozesse des Wechsels von Handlungsbereitschaften widerspiegeln. Allerdings soll in den folgenden Experimenten

zunächst die Validität der Dekomposition der Wechselkosten überprüft werden, bevor die Ergebnisse, die mit der Dekompositionsmethode erhoben wurden, interpretiert werden.

## **6.2. Experiment 5: Validierung des Maßes Negatives Priming**

Bei der Dekomposition der Wechselkosten wird davon ausgegangen, dass der Reaktionszeitunterschied zwischen Zelle III und Zelle IV durch Negatives Priming entsteht: Vpn müssen in Zelle IV auf einen Reiz reagieren, auf den sie zuvor keine Reaktion ausführen durften. Alternativ könnte es aber auch einfach sein, dass Reaktionszeiten nach vorherigen NoGo-Trials generell verzögert sind, da es schwieriger ist eine Reaktion zu initiieren, die zuvor zurückgehalten werden musste. Bereits der unterschiedliche Einfluss vorheriger NoGo-Trials bei Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung widerspricht dieser Alternativerklärung. Da jedoch die Annahme generell verlangsamter Reaktionszeiten nach vorherigen NoGo-Trials ein schwerwiegender Einwand gegen die hier vorgestellte Logik zur Dekomposition von Wechselkosten wäre, wurde ein weiteres Experiment konzipiert, um Evidenz gegen diese Alternativerklärung zu finden und um zu belegen, dass Reaktionszeitunterschiede zwischen Zelle III und Zelle IV tatsächlich durch Negatives Priming bedingt sind. Die Vpn bearbeiteten erneut die beiden einfachen Go-NoGo-Aufgaben, doch nun wurden als NoGo-Signale die Buchstaben U und K verwendet. Folglich mussten die Vpn nicht mehr auf einen Buchstaben eine Reaktion ausführen, auf den sie zuvor keine Reaktion ausführen durften und es sollte kein Negatives Priming, keine Reaktionszeitdifferenz zwischen Zelle III und IV, auftreten.

### **6.2.1. Methode**

#### *(1) Versuchspersonen*

Das Experiment wurde mit 12 Versuchspersonen im Alter von 19 bis 22 Jahren (Durchschnitt 20,4 Jahre) durchgeführt. 10 Versuchspersonen waren weiblich, 2 männlich. Ein Teil der Versuchspersonen wurde mit 5,- DM für die Teilnahme

bezahlt, den übrigen wurde die Teilnahme als Studienleistung angerechnet. Die Vpn hatten normale oder korrigierte Sehschärfe.

### *(2) Apparatur und Reizmaterial*

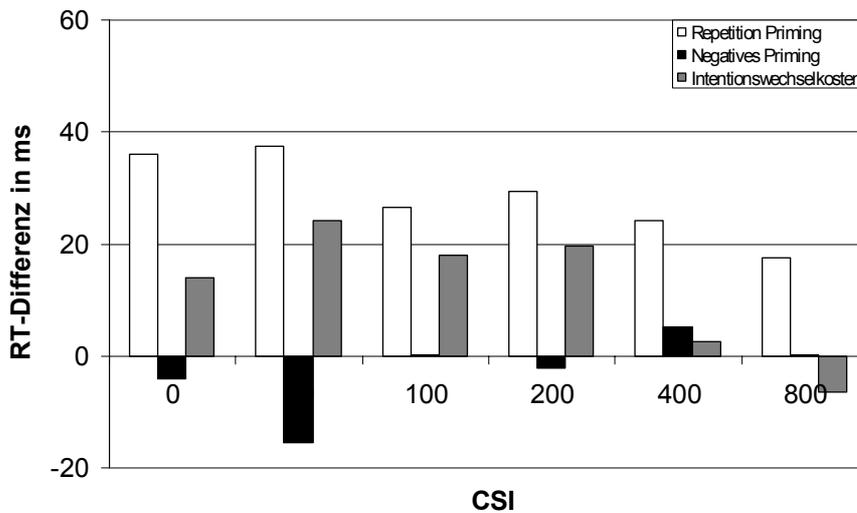
Die verwendete Apparatur entsprach der des vorherigen Experiments. Als visuelle Reize wurden zusätzlich zu den Buchstaben A und E die Buchstaben K und U verwendet.

### *(3) Versuchsplan und Durchführung*

Der Versuchsplan und die Durchführung waren wie in Experiment 4, nur dass nun die Reize U und K als NoGo-Signale bei den Aufgaben A und E präsentiert wurden. Die Zuordnung, ob der Buchstabe U oder K bei Aufgabe A oder E als NoGo-Signal dargeboten wurde, war zwischen den Vpn ausbalanciert.

## **6.2.2. Ergebnisse**

Die durchschnittliche Fehlerrate war gering, 0.2% in Go-Trials und 2.6% in NoGo-Trials, so dass keine Fehleranalyse durchgeführt wurde. Die ersten 4 Trials jedes Blockes, sowie Trials die selbst oder deren Vorgänger Fehler waren, wurden aus der Datenanalyse ausgeschlossen. Wie im Experiment zuvor wurde zunächst pro Vp die mittlere Reaktionszeit für die 4 Zellen pro CSI berechnet. Die Differenzen zur Abschätzung des Repetition Primings, des Negativen Primings und der Intensionswechselkosten wurden entsprechend Tabelle 2 berechnet und über die Vpn gemittelt (siehe Abbildung 12).



**Abbildung 12: Repetition Priming, Negatives Priming und Intensionswechselkosten in Abhängigkeit vom CSI.**

Separate Varianzanalysen ergeben, dass Repetition Priming existiert,  $F(1, 11) = 18.06$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 58545.9$ , und nicht durch das CSI beeinflusst ist,  $F(5, 55) < 1$ . Intensionswechselkosten sind nicht signifikant,  $F(1, 11) = 3.00$ ,  $p > .1$ ,  $MSE = 10280.4$ , und auch die Interaktion mit dem CSI hat keinen Einfluss,  $F(5, 55) = 1.45$ ,  $p > .2$ ,  $MSE = 1618.5$ . Anders als in Experiment 1 ist die Reaktionszeitdifferenz zwischen Zelle III und Zelle IV nicht signifikant, es tritt kein Negatives Priming auf,  $F(1, 11) < 1$ , und es gibt auch keinen Einfluss des CSI auf Negatives Priming  $F(5, 55) < 1$ .

### 6.2.3. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass der im vorherigen Experiment beobachtete Reaktionszeitanstieg von Zelle III zu Zelle IV nicht existiert, wenn als NoGo-Signal ein Buchstabe dargeboten wird, der nicht für die andere Aufgabe relevant ist. Somit kann die Alternativerklärung, dass Reaktionen nach NoGo-Durchgängen generell verlangsamt sind, ausgeschlossen werden. Das Ergebnis ist konsistent mit der Annahme, dass die Differenz der Reaktionszeiten zwischen Zelle IV und Zelle III geeignet ist, um das Ausmaß an Negativem Priming abzuschätzen.

### 6.3. Experiment 6: Validierung des Maßes Repetition Priming I

Der Reaktionszeitunterschied zwischen Zelle I und II wird zur Abschätzung des Repetition Primings verwendet. In beiden Fällen wird die Aufgabe wiederholt, aber Repetition Priming wird nur in Zelle I erwartet, da hier zum zweiten Mal dieselbe Reaktion auf denselben Stimulus erfolgt. Repetition Priming beschreibt ein generelles Phänomen, das immer dann auftritt, wenn Reize und Reaktionen in aufeinander folgenden Durchgängen wiederholt werden, auch wenn keine Aufgabenwechsel durchgeführt werden. Deshalb sollten sich innerhalb eines Wahlreaktionsexperiments ähnliche Reaktionszeitverkürzungen finden wie bei dem Aufgabenwechselexperiment, wenn in aufeinander folgenden Trials derselbe Reiz präsentiert und dieselbe Reaktion ausgeführt wird.

Zur Validierung des Repetition Primings wurde überprüft, ob die Reaktionszeitunterschiede zwischen Zelle I und II in Experiment 4 vergleichbar sind mit Reaktionszeitverkürzungen nach Reiz- und Reaktionswiederholungen außerhalb eines Aufgabenwechselkontextes. Im folgenden Experiment führten die Vpn nur eine Wahlreaktionsaufgabe aus; sie waren instruiert auf die Reize A und E so schnell wie möglich zu reagieren (Go) und auf die Reize K und U nicht zu reagieren (NoGo). Es wurde erwartet, dass die Reaktionszeitunterschiede zwischen Trials mit Reiz- und Reaktionswiederholungen (wiederholte Präsentation des Reizes A oder E) und Trials nach vorherigen NoGo (Reiz A oder E wird nach U oder K dargeboten) genauso groß sind wie in Experiment 4.

#### 6.3.1. Methode

##### *(1) Versuchspersonen*

Das Experiment wurde mit 12 Studierenden der Psychologie (10 Frauen, 2 Männer) im Alter von 19 bis 47 Jahren (Durchschnitt 23,5 Jahre) durchgeführt. Die Teilnahme war Bestandteil der Ausbildung im Grundstudium. Die Versuchspersonen hatten normale oder korrigierte Sehschärfe.

### *(2) Apparatur und Reizmaterial*

Es wurde dieselbe Apparatur und dasselbe Reizmaterial wie in den vorherigen Experimenten verwendet. Anstelle verschiedener akustischer Instruktionen wurde nun nur ein neutrales Achtung-Signal dargeboten.

### *(3) Versuchsplan und Durchführung*

Um die Abfolge von Go- und NoGo-Trials genauso wie in Experiment 4 zu realisieren, wurden die Ausbalancierungen nach demselben Schema vorgenommen. Die Auswahl der Reize und CSIs erfolgte zufällig mit der Einschränkung, dass jede Abfolge von Go/NoGo im aktuellen (2) und vorherigen Trial (2) für jede der Aufgaben im aktuellen (2) und vorherigen Trial (2) pro CSI (6) gleich häufig vorkam. In jedem Block wurde jede der 96 (2x2x2x2x6) Kombinationen genau einmal dargeboten. Für die Hälfte der Vpn wurde bei Aufgabe A der Buchstabe K und bei Aufgabe E der Buchstabe U als NoGo-Signal verwendet, für die andere Hälfte wurde diese Zuordnung vertauscht. Die Vpn bearbeiteten nun nur eine Einfachwahlreaktionsaufgabe, da vor jedem Trial dasselbe Achtung-Signal präsentiert wurde und die Vpn instruiert wurden, bei Erscheinen der Reize A und E schnellstmöglich die Reaktionstaste zu betätigen und bei den Reizen U und K nichts zu tun. Somit waren dieselben Versuchsbedingungen und dieselben S-R-Zuordnungen wie im vierten Experiment realisiert, nur die Wechsel der Aufgaben entfielen. Zu Beginn eines Blockes wurden 4 zufällig ausgewählte Übungstrials dargeboten, die nicht in die Datenanalyse aufgenommen wurden. Ein Experiment bestand aus 6 Blöcken.

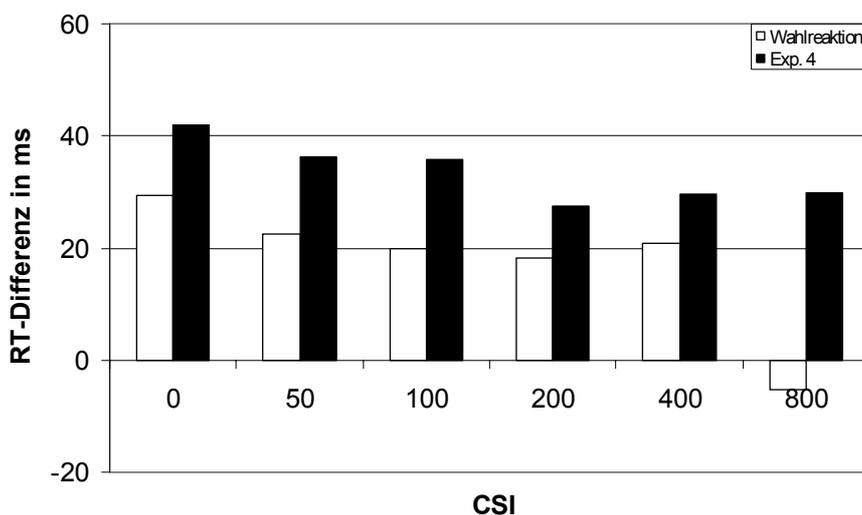
### **6.3.2. Ergebnisse**

Auf eine Fehleranalyse wurde verzichtet, da nur in 0.1% der Go-Trials und in 0.9% der NoGo-Trials Fehler gemacht wurden. In die weitere Reaktionszeitanalyse gingen nur korrekte Go-Trials ein, deren Vorgänger auch korrekt waren.

Repetition Priming wurde in Analogie zur Berechnung des Repetition Primings in Experiment 4 berechnet, indem für jede Vp und jedes CSI die Differenz der gemittelten Reaktionszeiten für Go-Trials mit Stimulus- und Reaktionswiederho-

lung (A-Go nach A-Go oder E-Go nach E-Go) und Go-Trials mit NoGo-Vorgängern gebildet wird (A-Go oder E-Go nach U-NoGo oder K-NoGo).

In Abbildung 13 ist das Repetition Priming dieses Wahlreaktionsexperiments im Vergleich zum Repetition Priming von Experiment 4 dargestellt.



**Abbildung 13: Repetition Priming des Wahlreaktionsexperiments im Vergleich zum Repetition Priming von Experiment 4.**

Eine Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor CSI zeigt, dass Repetition Priming im Wahlreaktionsexperiment signifikant von null verschieden ist,  $F(1,11) = 14.68$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 22029.1$ , und vom CSI abhängt,  $F(5, 55) = 4.27$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 1663.1$ . Im Durchschnitt sind die Reaktionszeiten 18 ms schneller, wenn Reiz und Reaktion in aufeinander folgenden Trials wiederholt werden als in Trials nach NoGo-Trials. Bei einem CSI von 800 ms besteht kein von null verschiedenes Repetition Priming.

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Experiment und CSI zeigt, dass Repetition Priming in beiden Experimenten unterschiedlich stark ausgeprägt ist,  $F(1, 22) = 6.31$ ,  $p < .05$ ,  $MSE = 9201.8$ . Dieser Unterschied besteht für jedes CSI ( $F(5, 110) = 1.07$ ,  $p > .35$ ,  $MSI = 576.8$  für die Interaktion von Experiment und CSI). Repetition Priming innerhalb des Wahlreaktionsexperiments ist geringer (18 ms) als in Experiment 4 (34 ms).

### 6.3.3. Diskussion

Auch in einem einfachen Wahlreaktionsexperiment existiert Repetition Priming, dessen Ausmaß aber geringer ist als in Experiment 4. Dies legt die Vermutung nahe, dass das Ausmaß des Repetition Primings im Aufgabenwechselexperiment überschätzt wurde. Die Berechnung von Repetition Priming erfolgt durch den Vergleich der Zellen I und II (vgl. Tabelle 2), in denen jeweils die Aufgabe wiederholt wird und deshalb keine intentionale Konfiguration der Handlungsbereitschaften notwendig sein sollte.

Andererseits könnte man aber vermuten, dass in NoGo-Trials gar keine vollständige Konfiguration der Handlungsbereitschaften stattfindet. Besonders bei kurzem CSI könnte dies der Fall sein, wenn der irrelevante Reiz unmittelbar nach Erscheinen des Cues signalisiert, dass aktuell keine Aktion erforderlich ist (für ähnliche Überlegungen zum Abbruch der Handlungsplanung bei NoGo-Trials siehe Ziessler & Nattkemper, 2001). Falls bei kurzem CSI in NoGo-Trials keine vollständige Ausbildung der Handlungsbereitschaften erfolgt, würde man erwarten, dass die Reaktionszeiten in Zelle II (Aufgabenwiederholung nach vorherigem NoGo-Trial) trotz der Aufgabenwiederholung noch Kosten für die Vervollständigung einer Konfiguration der Aufgabe enthalten. Da die Reaktionszeiten der Zelle II bei der Berechnung des Repetition Primings subtrahiert (Zelle II – Zelle I) und bei der Berechnung der Intensionswechselkosten minuiert (Zelle III – Zelle II) sind, würde dadurch das Ausmaß des Repetition Primings überschätzt und gleichzeitig die Intensionswechselkosten unterschätzt werden.

Diese Vermutung wird durch die Ergebnisse aus Experiment 4 gestützt. Dort waren Intensionswechselkosten nicht generell von Null verschieden, aber es gab eine marginal signifikante Interaktion der Intensionswechselkosten mit der Variation des CSI. Intensionswechselkosten bei kurzem CSI waren nur wenig größer als null, bei langem CSI waren sie kleiner als Null. Dieses Ergebnismuster wäre zu erwarten, wenn man annimmt, dass das Ausmaß der Intensionswechselkosten unterschätzt worden ist.

## 6.4. Experiment 7: Validierung des Maßes Repetition Priming II

Im folgenden Experiment wurde die Vermutung überprüft, dass bei kurzem CSI in NoGo-Trials die Konfiguration der Handlungsbereitschaften nur unvollständig erfolgt. Dazu wurde die CSI-Variation für den Trial n-1 in die Datenanalyse einbezogen. Um eine orthogonale Variation des CSI in Trial n und Trial n-1 realisieren zu können, wurden nur noch zwei CSI Stufen, 100 ms und 800 ms, verwendet. Es wurde erwartet, dass trotz der Aufgabenwiederholung intentionale Konfigurationsprozesse stattfinden, wenn im vorherigen NoGo-Trial die Handlungsbereitschaft aufgrund kurzer Vorbereitungszeit nicht vollständig ausgebildet wurde. Dementsprechend sollten Reaktionszeiten bei Aufgabenwiederholung mit vorherigem NoGo-Trial (Zelle II) bei aktuell kurzem CSI höher sein, wenn im vorherigen Trial ein kurzes CSI war. Dagegen sollten die Reaktionszeiten bei aktuell kurzem CSI niedriger sein, wenn im vorherigen Trial ein langes CSI war und die Vpn genügend Zeit hatten, die Handlungsbereitschaft auch im NoGo-Trial vorzubereiten. Für die Differenzmaße Repetition Priming und Intentionswechselkosten folgt daraus, dass Repetition Priming bei langem CSI in n-1 geringer sein sollte als bei kurzem CSI in n-1 und Intentionswechselkosten dagegen bei langem CSI in n-1 größer sein sollten als bei kurzem CSI in n-1.

### 6.4.1. Methode

#### *(1) Versuchspersonen*

Das Experiment wurde mit 12 Studierenden der Psychologie (8 Frauen, 4 Männer) im Alter von 19 bis 30 Jahren (Durchschnitt 21,2 Jahre) durchgeführt. Die Teilnahme war Bestandteil der Ausbildung im Grundstudium. Die Versuchspersonen hatten normale oder korrigierte Sehschärfe.

#### *(2) Apparatur und Reizmaterial*

Es wurde dieselbe Apparatur und dasselbe Reizmaterial wie in Experiment 1 und 4 verwendet.

### *(3) Versuchsplan und Durchführung*

Bis auf folgende Unterschiede war der Versuchsplan und die Durchführung wie im vierten Experiment: Im aktuellen Experiment wurden nur zwei CSI Stufen (100ms vs. 800ms) variiert. Innerhalb eines Blocks war die Abfolge von Go/NoGo im aktuellen (2) und vorherigen Trial (2) für jede der Aufgaben im aktuellen (2) und vorherigen Trial (2) pro CSI im aktuellen (2) und vorherigen Trial (2) ausbalanciert, so dass jede der 64 ( $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$ ) Kombinationen genau einmal dargeboten wurde. Am Anfang eines Blockes wurden 4 zufällig ausgewählte Übungstrials dargeboten, die nicht in die statistische Analyse aufgenommen wurden.

Die zeitliche Struktur wurde leicht verändert. In NoGo-Trials blieb der Reiz nur noch 800 ms sichtbar und die maximale Zeit um reagieren zu können, wurde auch auf 800 ms reduziert. Das Intervall zwischen Onset des Reizes und Beginn des nächsten Trials blieb unverändert bei 2000 ms. Zu Beginn des Experiments bearbeiteten die Vpn 3 Übungsblöcke, die nicht in die Auswertung eingingen, aber identisch wie die Experimentalblöcke aufgebaut waren. Anschließend wurden 12 Experimentalblöcke bearbeitet; das gesamte Experiment dauerte ca. 55 min.

#### **6.4.2. Ergebnisse**

Die durchschnittliche Fehlerrate für Go-Trials betrug 1.0% und für NoGo-Trials 2.6%. Alle Daten von Trials in denen oder in deren Vorgängern Fehler gemacht wurden, wurden aus der weiteren Analyse ausgeschlossen.

Die mittleren Reaktionszeiten und Standardabweichungen für Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung in Abhängigkeit davon, ob der vorherige Trial ein Go- oder NoGo-Trial war, sind für die beiden CSI-Variationen im aktuellen und vorherigen Trial in Tabelle 3 aufgelistet.

Es wurde eine Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Aufgabenwechsel/Aufgabenwiederholung, Go/NoGo im vorherigen Trial, CSI im aktuellen Trial und CSI im vorherigen Trial durchgeführt. Um die Ergebnisse dieser Analyse übersichtlich darzustellen, werden zunächst die Effekte Aufgabenwechsel/Aufgabenwiederholung, Go/NoGo im vorherigen Trial und CSI im aktuellen Trial besprochen, die auch in Experiment 4 betrachtet wurden. Anschließend wird der Einfluss des Faktors CSI im vorherigen Trial betrachtet.

**Tabelle 3: Mittlere Reaktionszeiten (in ms) und Standardabweichungen für Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholungen in Abhängigkeit davon, ob der vorherige Trial ein Go- oder NoGo-Trial war, getrennt für kurze und lange CSI Variationen im aktuellen und vorherigen Trial.**

		Aufgabenwiederholung		Aufgabenwechsel	
		Go in n-1	NoGo in n-1	Go in n-1	NoGo in n-1
100 ms CSI	100 ms CSI	339	384	391	400
	in n-1	(54.98)	(59.81)	(58.30)	(50.12)
100 ms CSI	800 ms CSI	369	397	429	427
	in n-1	(59.14)	(52.88)	(65.15)	(70.57)
800 ms CSI	100 ms CSI	307	324	316	338
	in n-1	(42.87)	(52.22)	(53.68)	(67.08)
800 ms CSI	800 ms CSI	313	338	330	351
	in n-1	(38.81)	(59.80)	(53.07)	(50.22)

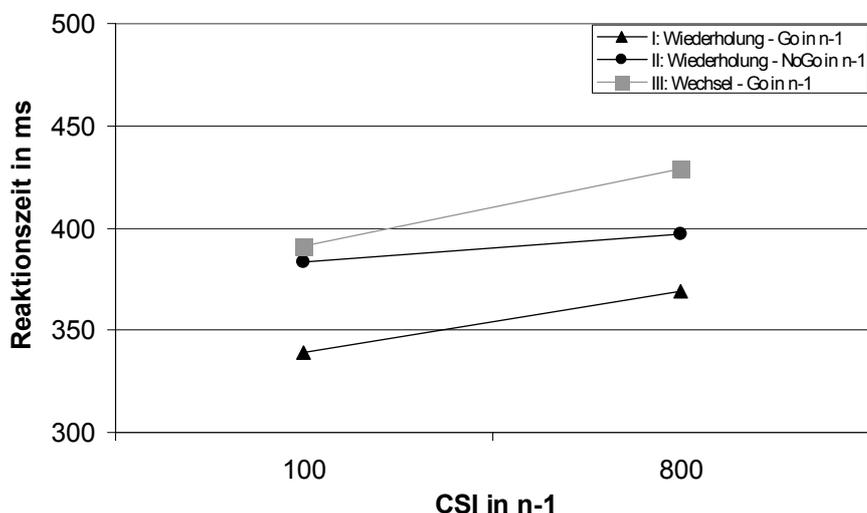
Die Varianzanalyse ergibt einen signifikanten Effekt des Faktors Aufgabenwechsel/Aufgabenwiederholung,  $F(1, 11) = 74.33, p < .001, MSE = 33511.7$ . Vpn reagieren schneller bei Aufgabenwiederholung als bei Aufgabenwechsel (346 ms vs. 373 ms). Der signifikante Effekt des Faktors Go/NoGo,  $F(1, 11) = 27.01, p < .001, MSE = 20092.9$ , zeigt, dass die Reaktionszeiten nach Go-Trials kürzer sind als nach NoGo-Trials (349 ms vs. 370 ms). Weiterhin gibt es einen signifikanten Effekt des Faktors CSI im aktuellen Trial,  $F(1, 11) = 56.80, p < .001, MSE = 202468.3$ . Reaktionszeiten sinken bei längerem CSI (392 ms vs. 327 ms). Außerdem gibt es eine signifikante Interaktion zwischen Aufgabenabfolge und CSI,  $F(1, 11) = 15.05, p < .01, MSE = 8224.5$ , und zwischen Aufgabenabfolge und Go/NoGo,  $F(1, 11) = 13.78, p < .01, MSE = 3052.0$ . Die Reaktionszeitdifferenz zwischen Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung ist bei kurzem CSI höher als bei langem CSI (40 ms vs. 14 ms), und der Einfluss der Go-NoGo-Variation im vorherigen Trial ist stärker bei Aufgabenwiederholung (332 ms vs. 361 ms) als bei Aufgabenwechsel (367 ms vs. 379 ms). Die bisherigen Ergebnisse entsprechen denen aus Experiment 4. Zusätzlich gibt es noch eine dreifach-Interaktion zwischen Aufgabenwechsel/Aufgabenwiederholung, Go/NoGo im vorherigen Trial und CSI im aktuellen Trial,  $F(1, 11) = 12.02, p < .01, MSE = 3419.4$ . Die Variation Aufgabenwechsel/Aufgabenwiederholung und Go/NoGo im vorherigen Trial

erlaubt die Unterscheidung der vier Zellen (siehe Tabelle 2), so dass diese dreifach-Interaktion zeigt, dass die Reaktionszeitverkürzung durch längere CSIs in Zelle I (354 ms vs. 310 ms) geringer ist als in Zelle II (390 ms vs. 331 ms) und Zelle IV (413 ms vs. 345 ms) und die stärkste Reaktionszeitverkürzung in Zelle III auftritt (410 ms vs. 323 ms).

Die Analyse des Faktors CSI-Variation im vorherigen Trial zeigt, dass die Reaktionszeiten bei langem CSI im vorherigen Trial generell erhöht sind,  $F(1, 11) = 32.49$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 17813.2$  (369 ms vs. 350 ms). Weiterhin gibt es eine Interaktion zwischen CSI-Variation im aktuellen und vorherigen Trial,  $F(1, 11) = 7.51$ ,  $p < .05$ ,  $MSE = 2785.9$ . Reaktionszeiten sind höher bei langem als bei kurzem vorherigem CSI, wenn das aktuelle CSI kurz ist (405 ms vs. 379 ms) statt lang (333 ms vs. 321 ms). Dieser Anstieg der Reaktionszeiten nach kurzem aktuellem CSI ist schließlich davon beeinflusst, ob der vorherige Trial ein Go- oder NoGo-Trial war,  $F(1, 11) = 10.40$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 911.8$  für die dreifach-Interaktion. Reaktionszeiten sind stärker erhöht nach vorherigen Go-Trials (399 ms vs. 365 ms) als nach vorherigen NoGo-Trials (412 ms vs. 392 ms). Im Gegensatz dazu macht es bei aktuell langem CSI keinen Unterschied für den (ohnehin reduzierten) Einfluss des vorherigen CSI, ob der vorherige Trial ein Go-Trial (322 ms vs. 311 ms) oder ein NoGo-Trial (344 ms vs. 331 ms) war. Alle anderen Effekte sind nicht signifikant.

Die Erwartung, dass Reaktionszeiten bei Aufgabenwiederholung mit vorherigem NoGo-Trial für aktuell kurze CSI (Zelle II bei CSI in  $n = 100$  ms) bei kurzem vorherigem CSI länger sind als bei langem vorherigem CSI, kann also nicht bestätigt werden, da Reaktionszeiten nach vorherigem langem CSI generell länger sind als nach vorherigem kurzen CSI. Dieser Haupteffekt wird aber durch die Go-NoGo-Variation und die CSI-Variation im aktuellen Trial moduliert. Deshalb wird noch eine detaillierte Analyse durchgeführt, um die spezifische Erwartung zu überprüfen, dass Reaktionszeiten bei Aufgabenwiederholung mit aktuell kurzem CSI und nach vorherigem NoGo-Trial (Zelle II) relativ verzögert sind bei kurzem vorherigem CSI. Es wird erwartet, dass die generelle Verzögerung der Reaktionszeiten nach Trials mit langem CSI weniger stark ausgeprägt ist bei Aufgabenwiederholung nach vorherigem NoGo-Trial und kurzem CSI (Zelle II) als bei Aufgabenwiederho-

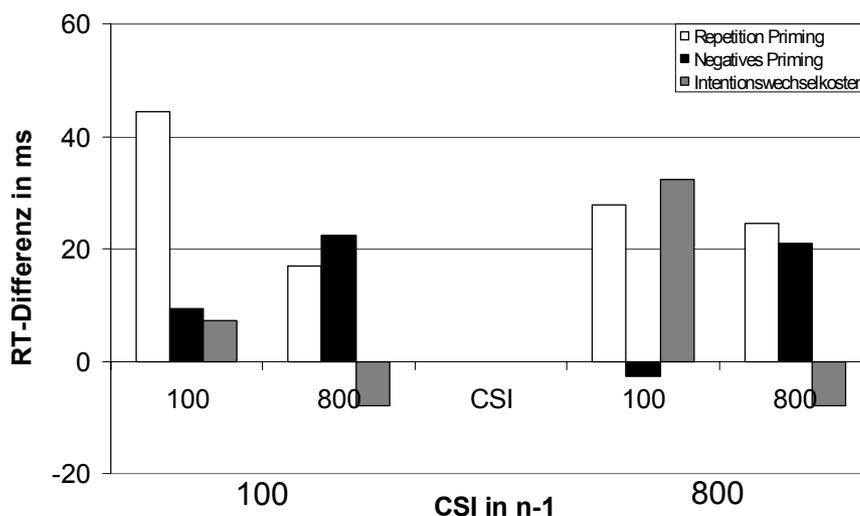
lung nach Go-Trials und kurzem CSI (Zelle I) oder Aufgabenwechsel nach Go-Trials und kurzem CSI (Zelle III, siehe Abbildung 14).



**Abbildung 14:** mittlere Reaktionszeiten der Zellen I bis III bei kurzem CSI (100 ms) in Abhängigkeit vom CSI des vorherigen Trials.

Eine separate Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Zelle (Zelle I, Zelle II und Zelle III) und CSI im vorherigen Trial ergibt einen signifikanten Effekt des Faktors Zelle,  $F(2, 22) = 36.00$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 19298.0$ , und des Faktors CSI,  $F(1, 11) = 17.62$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 13235.7$ . Die Reaktionszeiten steigen von Zelle I zu Zelle III (354 ms, 390 ms und 410 ms) und sie sind niedriger, wenn das CSI im vorherigen Trial kurz war (371 ms) statt lang (398 ms). Am wichtigsten jedoch ist die signifikante Interaktion zwischen beiden Faktoren,  $F(2,22) = 4.32$ ,  $p < .05$ ,  $MSE = 970.4$ . Die Verkürzung der Reaktionszeiten bei kurzem CSI im vorherigen Trial ist in Zelle II (384 ms vs. 397 ms) viel geringer ausgeprägt als in Zelle I (339 ms vs. 369 ms) und Zelle III (391 ms vs. 429 ms).

Der relative Anstieg der Reaktionszeiten bei Aufgabenwechsel nach NoGo-Trials mit kurzem CSI kann auch gezeigt werden durch die Betrachtung von Repetition Priming (Zelle II – Zelle I) und Intentionswechselkosten (Zelle III – Zelle II, siehe Abbildung 15).



**Abbildung 15: Repetition Priming, Negatives Priming und Intensionswechselkosten in Abhängigkeit von der CSI-Variation des aktuellen und vorherigen Trials.**

T-Tests für abhängige Stichproben ergeben einen marginal signifikanten Unterschied des Repetition Primings bei kurzem CSI,  $T(11) = 2.17$ ,  $p < .06$ . Repetition Priming ist geringer, wenn das CSI in n-1 lang war (28 ms), als wenn das CSI in n-1 kurz war (44 ms). Intensionswechselkosten bei kurzem CSI sind höher, wenn das CSI in n-1 lang war (33 ms vs. 7 ms bei kurzem CSI in n-1,  $T(11) = 2.89$ ,  $p < .05$ ). Wenn das CSI im aktuellen Trial lang ist, ist weder Repetition Priming ( $T(11) = -1.24$ ,  $p > .20$ ) noch Intensionswechselkosten ( $T(11) = -.02$ ,  $p > .95$ ) durch die Variation des CSI in n-1 beeinflusst.

Zur Vollständigkeit ist in Abbildung auch Negatives Priming dargestellt, das nur bei jeweils langem CSI im aktuellen Trial von null verschieden ist,  $F(1, 11) = 11.81$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 11288.8$ .

### 6.4.3. Diskussion

Zunächst einmal repliziert dieses Experiment die wichtigsten Befunde von Experiment 4. Es gibt wieder eine signifikante Verlängerung der Reaktionszeit nach Aufgabenwechsel, die bei längerer Vorbereitungszeit für die aktuelle Aufgabe (längeres CSI) geringer wird. Außerdem ist der Unterschied zwischen Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung und die Verringerung des Reaktionszeitunterschiedes bei langem CSI dadurch modifiziert, ob der vorherige Trial ein Go-

oder ein NoGo-Trial war, so dass die Unterscheidung der 4 Zellen (Tabelle 2) erneut sinnvoll erscheint.

Darüber hinaus sollte das vorliegende Experiment eine sehr spezifische Hypothese überprüfen. Es war vermutet worden, dass bei NoGo-Trials mit kurzem CSI keine ausreichende Aufgabenvorbereitung erfolgt. Aus diesem Grund sollten die Reaktionszeiten bei Aufgabenwiederholung nach NoGo (Zelle II) bei aktuell kurzem CSI höher sein, wenn das CSI im vorherigen NoGo-Trial kurz war – und deshalb die Aufgabe nicht vorbereitet wurde, als wenn das CSI im vorherigen NoGo-Trial lang war – und deshalb genügend Zeit war die Aufgabe vorzubereiten, die im darauf folgenden Trial wiederholt wird. Allerdings sind die Ergebnisse genau entgegengesetzt: Die Reaktionszeiten nach vorherigem kurzen CSI sind generell kürzer als nach vorherigem langen CSI (siehe Tabelle 3 oder Abbildung 14).

Ein vergleichbares Phänomen findet sich in Wahlreaktionsexperimenten innerhalb des Vorperiodenparadigmas (z.B. Alegria & Delhaye-Rembaux, 1975; Los, Knol & Boers, 2001). Wenn Vpn in jedem Trial zunächst ein Warnsignal und dann nach einem variablen Intervall (foreperiod) der imperative Reiz präsentiert wird, reagieren sie generell schneller, wenn die Vorperiode des vorherigen Trials kurz war. Wahrscheinlich erwarten die Vpn eine Wiederholung der vorherigen Vorperiode, so dass die Reaktionszeiten schnell sind, wenn eine kurze Vorperiode (oder auch kurzes CSI) erwartungsgemäß wiederholt wird, und langsam, wenn eine kurze Vorperiode unerwartet nach einer langen Vorperiode auftritt (Alegria & Delhaye-Rembaux, 1975).

Deshalb war es notwendig den erwarteten Reaktionszeitanstieg bei Aufgabenwiederholung mit aktuell kurzem CSI nach NoGo-Trials mit kurzem im Vergleich zu langem CSI unter Berücksichtigung des generellen, in die entgegen gesetzte Richtung wirkenden Vorperiodeneffekts zu überprüfen. In Abbildung 14 ist der Vorperiodeneffekt für Aufgabenwiederholung nach NoGo (Zelle II) im Vergleich zum Vorperiodeneffekt für Aufgabenwiederholung nach Go (Zelle I) und Aufgabenwechsel nach Go (Zelle III) dargestellt. Der Vorperiodeneffekt für Zelle II ist signifikant geringer (13.3 ms) als für Zelle I (29.8 ms) oder Zelle III (38.2 ms). Diese Reduktion des Vorperiodeneffekts entsteht durch die relative Erhöhung der Reaktionszeiten, weil das CSI im vorherigen NoGo-Trial kurz war und ist konsi-

stent mit der Erwartung verlängerter Reaktionszeiten, da die Konfiguration der Handlungsbereitschaft der Aufgabe noch vervollständigt werden muss.

Durch die Betrachtung der Differenzmaße Repetition Priming (Zelle II – Zelle I) und Intensionswechselkosten (Zelle III – Zelle II) kann der relative Anstieg der Reaktionszeiten in Zelle II für aktuell kurze CSI bei vorherigem langem im Vergleich zu kurzem CSI verdeutlicht werden. Repetition Priming ist marginal signifikant höher bei kurzem vorherigem CSI (44 ms) als bei langem vorherigem CSI (28 ms) und Intensionswechselkosten sind signifikant geringer bei kurzem vorherigem CSI (7 ms) als bei langem vorherigem CSI (32 ms). Dies steht im Einklang zur Annahme, dass Repetition Priming nach kurzem CSI überschätzt wird, weil es noch Kosten für die Konfiguration der Aufgabe enthält. Währenddessen werden Intensionswechselkosten nach kurzem CSI unterschätzt, weil sie durch den Vergleich mit Aufgabenwiederholungstrials berechnet werden, die noch der Konfiguration der Aufgabe bedürfen.

Die Ergebnisse bestätigen also die Vermutung, dass Repetition Priming in Experiment 4 überschätzt und Intensionswechselkosten unterschätzt worden sind. Eine sinnvolle Abschätzung des Repetition Primings und der Intensionswechselkosten ist nur nach langem vorherigem CSI möglich, wenn auch in NoGo-Trials die Handlungsbereitschaft der Aufgabe genügend vorbereitet wurde.

### **6.5. Zusammenfassende Diskussion der Experimente 4 bis 7**

Insgesamt zeigen die Experimente dieses Kapitels (Experimente 4 bis 7), dass es möglich ist, wechelspezifische (Intensionswechselkosten) und wechselunspezifische (Repetition Priming und Negatives Priming) Anteile der Reaktionszeitdifferenz zwischen Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung getrennt voneinander zu erfassen. Durch die Berücksichtigung der Aufgabenabfolge und der Go-NoGo-Variation im vorherigen Durchgang können Intensionswechselkosten getrennt von Repetition Priming und Negativem Priming erfasst werden, wenn nur Trials nach vorherigem langem CSI in die Auswertung eingehen (nur dann ist eine Aufgabenvorbereitung auch bei NoGo-Trials gewährleistet).

Bei korrekter Abschätzung der Wechselkostenanteile (Experiment 7) existieren beim Wechsel zwischen einfachen Go-NoGo-Aufgaben Intensionswechselkosten

bei kurzem CSI. Haben die Vpn genügend Zeit sich auf die Aufgabe vorzubereiten, gibt es keine Intensionswechselkosten mehr. Die verbleibenden Reaktionszeitunterschiede zwischen Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung entstehen dann nur auf Grund von Repetition Priming und Negativem Priming.

Innerhalb des Aufgabenwechselfparadigmas standen vielfach residuale Wechselkosten, also diejenigen Wechselkosten, die auch bei ausreichender Vorbereitungszeit noch existieren, im Mittelpunkt des Interesses (Allport, Styles & Hsieh, 1994; Allport & Wylie, 2000; Dreisbach, Haider, & Kluwe, 2002; Meiran, 2000a, Rogers & Monsell, 1995; Rubinstein, Meyer & Evans, 2001; Waszak, Hommel & Allport, in Druck; Wylie & Allport, 2000). Die Bedeutung residualer Wechselkosten ist dabei sehr unterschiedlich diskutiert worden, mit der zentralen Fragestellung, ob residuale Wechselkosten durch interne Faktoren, aktive Kontrollprozesse des Aufgabenwechsels oder aber externe Faktoren, passive Einflüsse durch die Aufgabensequenzen verursacht sind. Einerseits gehen einige Erklärungsansätze davon aus, dass residuale Wechselkosten aufgrund exekutiver Kontrollprozesse entstehen, die erst nach Reizdarbietung beginnen, wie beispielsweise der Aufruf der aufgabenspezifischen S-R-Regeln im Modell von Rubinstein, Meyer & Evans (2001). Andere Ansätze dagegen vermuten, dass residuale Wechselkosten aufgrund von Interferenz früherer Task Sets (Allport et al., 1994), des Retrievals früherer S-R-Verbindungen (Waszak, Hommel & Allport, in Druck) oder durch im vorherigen Trial ausgeführte Reaktionen (Meiran, 2000a) entstehen.

Durch die Dekomposition von Wechselkosten wird empirisch gezeigt, dass residuale Wechselkosten zumindest bei Wechseln zwischen einfachen Go-NoGo-Aufgaben nur aus Repetition Priming und Negativem Priming zusammengesetzt sind und somit bei langer Vorbereitungszeit keine intentional bedingten Konfigurationsprozesse auftreten. Beim Wechsel zwischen einfachen Aufgaben scheint es somit möglich zu sein, die internen Kontrollprozesse, also die intentionale Vorbereitung der Aufgabe schon vor Reizdarbietung abzuschließen.

Dieses Ergebnis entspricht den Schlussfolgerungen, die aus der ABC-Theorie für Aufgabenwechsel abgeleitet wurden (siehe Kapitel 4). Ein Wechsel der Intention und der damit verbundenen Handlungsbereitschaften erfolgt, sobald die neue Aufgabe feststeht. Kosten für den Wechsel von Intentionen können deshalb nur bei kurzer Vorbereitungszeit für die Aufgabe erfasst werden.

## 7. Vorhersagen der ABC-Theorie

Nachdem nun eine neue Methode zur getrennten Erfassung von Repetition Priming, Negativem Priming und Intentionswechselkosten entwickelt wurde, sollen im Folgenden die Vorhersagen der ABC-Theorie unter Einbezug der neuen Methode überprüft werden.

### 7.1. Experiment 8: Gleiche vs. verschiedene Aktionen

In Kapitel 4 war aus der ABC-Theorie abgeleitet worden, dass sich Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholungen lediglich durch den Wechsel der Intention und den damit verbundenen Handlungsbereitschaften unterscheiden. Die Vorbereitung des Wechsel beginnt, sobald die auszuführende Aufgabe feststeht, und wird bei genügend langer Vorbereitungszeit vollständig ausgeführt. Deshalb können Kosten für den intentionalen Wechsel von Handlungsbereitschaften nur bei kurzem CSI erfasst werden. Dementsprechend wurden schon in Experiment 7 nur bei kurzem CSI Intentionswechselkosten gemessen. Dieser Befund sollte nun in einem leicht geänderten Setting repliziert werden.

Weiterhin wurde die Vermutung, dass Wechsel zwischen Aufgaben mit verschiedenen Zielzuständen leichter sein sollten als zwischen Aufgaben mit denselben Zielzuständen (siehe Kapitel 5) erneut betrachtet. Die Zielzustände waren durch die auszuführenden Aktionen festgelegt: Eine Versuchsgruppe betätigte für beide Aufgaben dieselbe Taste, so dass für beide Aufgaben derselbe Zielzustand angestrebt wurde, eine andere Versuchsgruppe betätigte für Aufgabe A eine rechte und für Aufgabe E eine linke Taste, so dass die Zielzustände beider Aufgaben verschieden waren.

In den vorherigen Experimenten waren die Aufgabenabfolgen immer alternierend (AABBAA-Design nach Rogers & Monsell, 1995), da bei zufälligen Aufgabenwechseln die Vpn generell Aufgabenwiederholungen vorzubereiten scheinen (Dreisbach, Haider, & Kluwe, 2002; siehe Kap. 4.1). In den folgenden Experimenten wurde eine zufällige Aufgabenabfolge verwendet, denn es könnte sein, dass

die Vpn bei fester Aufgabenabfolge schon die Zeit vor Erscheinen des Cues zur Aufgabenvorbereitung nutzen (Meiran, 1996; siehe Kapitel 2.4)<sup>7</sup>.

Zusätzlich wurden andere Cues verwendet, um die Aufgaben zu instruieren. Bisher instruierte ein verbaler Cue (eine männliche Stimme sagte A oder E), der direkt den verhaltensrelevanten Reiz spezifizierte, die auszuführende Aufgabe. Bei Verwendung dieses hochkompatiblen Cues wäre es möglich, dass die Darbietung des Cues die aktuell erforderliche Handlungsbereitschaft quasi automatisch aktiviert und dass deshalb intentionale Prozesse des Wechsels nur in sehr eingeschränktem Umfang stattfinden. Um diese Möglichkeit auszuschließen, wurde im folgenden Experiment ein arbiträrer Cue, die Veränderung der Hintergrundfarbe, gewählt. Die Vpn wurden instruiert bei blauen Hintergrund Aufgabe A und bei grünem Hintergrund Aufgabe E auszuführen oder umgekehrt.

### **7.1.1. Methode**

#### *(1) Versuchspersonen*

Das Experiment wurde mit 24 Studierenden der Psychologie (22 Frauen, 2 Männer) im Alter von 19 bis 27 Jahren (Durchschnitt 21,1 Jahre) durchgeführt. Die Teilnahme war Bestandteil der Ausbildung im Grundstudium. Die Versuchspersonen hatten normale oder korrigierte Sehschärfe.

#### *(2) Apparatur und Reizmaterial*

Die Apparatur und das Reizmaterial entsprachen weitgehend denen der vorherigen Experimente. Die Reaktionen wurden nun mittels einer externen Tastatur mit 3 horizontal angeordneten Tasten erfasst. Die Größe der Tasten war 1,7 x

---

<sup>7</sup> Es gibt allerdings Befunde, die diese Annahme unplausibel machen, beispielsweise findet bei implizitem Wissen der Aufgabensequenz keine Vorbereitung auf das spezifische Aufgabenset statt (Gotler & Meiran, 2001; Heuer, Schmidtke & Kleinsorge, 2001; Koch, 2001). Weiterhin findet Koch (in Druck) keine Reduktion der Wechselkosten durch RSI-Verlängerung, wenn nur die Reihenfolge der Aufgaben vorhersehbar (AABBAA) ist, aber kein exogener Cue die Aufgabe bestimmt (siehe auch Sohn & Carlson, 2000). Trotzdem wird im folgenden die Aufgabenabfolge zufällig variiert, um ganz sicher zu gehen, dass eine Vorbereitung des Aufgabenwechsels erst nach Erscheinen des Cues möglich ist.

1,7 cm. Ihr Abstand voneinander betrug 2 mm und die mittlere Taste war 4 mm nach oben versetzt. In der Bedingung „gleiche Aktion“ drückten die Vpn die mittlere Reaktionstaste mit ihrem bevorzugtem Finger, in der Bedingung „verschiedene Aktionen“ drückten die Vpn die beiden äußeren Reaktionstasten mit dem linken und rechten Zeigefinger. Wie in den vorherigen Experimenten erschien der Reiz, also der Buchstabe A oder E in der Mitte des Bildschirms innerhalb eines Vierecks ( $6,8^\circ \times 5,1^\circ$ ). Die Instruktion der Aufgabe erfolgte durch eine Veränderung der Farbe dieses Vierecks. Die Vpn waren instruiert bei blauem (grünem) Viereck Aufgabe A auszuführen. Sie sollten so schnell wie möglich die Reaktionstaste drücken, wenn ein A erschien und nichts tun, wenn ein E erschien. Analog sollten sie bei grünem (blauem) Viereck je nach Versuchsbedingung dieselbe oder eine andere Reaktionstaste drücken, wenn ein E erschien und nichts tun, wenn ein A erschien. Unmittelbar nach Ausführung einer Reaktion und bis zum nächsten Trial wurde das Viereck in weißer Farbe dargestellt.

### *(3) Versuchsplan und Durchführung*

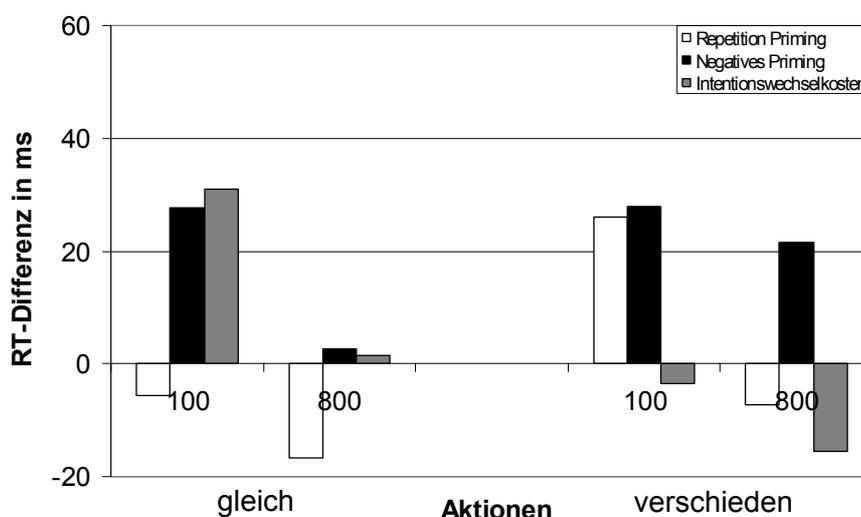
Der Versuchsplan und die Durchführung waren bis auf folgende Ausnahmen wie in Experiment 7: Die beiden Aufgaben wurden in zufälliger Reihenfolge instruiert mit der Einschränkung, dass für jede der Aufgaben (2) Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholung (2) pro CSI im aktuellen (2) und vorherigen Trial (2) bei Go oder NoGo im aktuellen (2) und vorherigen (2) Trial je einmal pro Block dargeboten wurde. Ein Block bestand somit aus 64 Trials und 4 Übungstrials zu Beginn des Blocks, die nicht in die Auswertung eingingen. Die Vpn bearbeiteten 9 Blöcke; der erste Block wurde als Übungsblock betrachtet und ebenfalls bei der Datenanalyse nicht berücksichtigt.

Die Hälfte der Vpn war der Versuchsbedingung „gleiche Aktion“ zugeordnet, die andere Hälfte der Versuchsbedingung „verschiedene Aktionen“.

#### **7.1.2. Ergebnisse**

Die durchschnittliche Fehlerrate betrug 1.4% in Go- und 4.2% in NoGo-Trials. Alle Trials, die selbst oder deren Vorgänger Fehler waren, wurden aus der Analyse der Reaktionszeiten ausgeschlossen. Entsprechend der in Kapitel 6 vorgestellten

Methode gingen nur aktuelle Go-Trials in die Analyse ein, die auf Trials nach langem CSI folgten. Für die verbleibenden Trials wurden jeweils pro Vp für jeden der vier Fälle (Aufgabenwiederholung oder Aufgabenwechsel nach vorherigem Go- oder NoGo-Trials) und jede der beiden im aktuellen Trial variierten CSI-Stufen die arithmetischen Mittelwerte berechnet. Die Differenzmaße Repetition Priming, Negatives Priming und Intensionswechselkosten wurden entsprechend den Erläuterungen in Tabelle 2 (Kap. 5.1) berechnet und sind in Abbildung 16 dargestellt.



**Abbildung 16: Repetition Priming, Negatives Priming und Intensionswechselkosten in Abhängigkeit vom CSI getrennt für die beiden Versuchsgruppen mit gleichen oder verschiedenen Aktionen.**

Für jedes Differenzmaß wurde eine Varianzanalyse mit dem between subject Faktor Versuchsbedingung (gleiche vs. verschiedene Aktionen) und dem within subject Faktor CSI berechnet.

Das Ausmaß des Repetition Priming ist nicht generell von null verschieden,  $F(1, 22) < 1$ , und es unterscheidet sich nicht für die beiden Bedingungen,  $F(1, 22) = 2.24$ ,  $p > .14$ ,  $MSE = 5007.4$ . Die CSI-Variation hat einen Einfluss auf das Repetition Priming,  $F(1, 22) = 8.56$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 5913.6$ , die Interaktion zwischen den Faktoren CSI und Bedingung ist nicht signifikant,  $F(1, 22) = 2.13$ ,  $p > .15$ ,  $MSE = 1469.0$ . Anschließende t-Test zeigen, dass das Ausmaß des Repetition Priming nur bei kurzem CSI in der Versuchsgruppe „verschiedene Aktionen“ (26 ms) signifikant größer als null ist,  $T(11) = 2.96$ ,  $p < .01$  (einseitiger

Test)<sup>8</sup>, bei langem CSI in der Versuchsgruppe „gleiche Aktion“ unterscheidet es sich nicht signifikant von null,  $T(11) = -1.40$ ,  $p = .19$ , (zweiseitiger Test).

Negatives Priming beträgt im Durchschnitt 20 ms,  $F(1, 22) = 11.31$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 19073.8$ , und ist für die beiden Bedingungen nicht unterschiedlich ausgeprägt,  $F(1, 22) < 1$ . Es gibt einen tendenziellen Einfluss des Faktors CSI auf das Ausmaß des Negativen Primings,  $F(1, 22) = 3.42$ ,  $p < .08$ ,  $MSE = 2931.9$ , der für beide Bedingungen ähnlich ist,  $F(1, 22) = 1.24$ ,  $p = .28$ ,  $MSE = 1060.5$ . Negatives Priming ist bei kurzem CSI größer (28 ms) als bei langem CSI (12 ms).

Intentionswechselkosten unterscheiden sich nicht signifikant von null,  $F(1, 22) < 1$ , aber der Einfluss des Faktors Versuchsbedingung verfehlt nur knapp das Signifikanzniveau,  $F(1, 22) = 4.01$ ,  $p < .058$ ,  $MSE = 7959.1$ . Der Einfluss des Faktors CSI,  $F(1, 22) = 2.49$ ,  $p < .13$ ,  $MSE = 5148.3$  und die Interaktion zwischen den Faktoren CSI und Bedingung,  $F(1, 11) < 1$ , sind nicht signifikant. Nachträgliche t-Test zeigen lediglich bei kurzem CSI in der Versuchsgruppe „gleiche Aktion“ marginal signifikant von null verschiedene Intentionswechselkosten in Höhe von 31 ms,  $T(11) = 1.75$ ,  $p < .054$  (einseitiger Test)<sup>8</sup>.

### 7.1.3. Diskussion

Intentionswechselkosten entstehen nur bei kurzem CSI in der Bedingung „gleiche Aktion“. Dieser Befund steht im Einklang mit den Vorhersagen der ABC-Theorie. Erstens treten bei langer Vorbereitungszeit auf den Wechsel keine Intentionswechselkosten auf. Der Wechsel von Handlungsbereitschaften kann vollständig vor dem Erscheinen des Stimulus erfolgen, so dass Kosten für diesen Wechsel nur bei kurzer Vorbereitungszeit erfasst werden können.

Zweitens existieren auch bei kurzem CSI in der Bedingung „verschiedene Aktionen“ keine Intentionswechselkosten. Der Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften mit unterschiedlichen Zielzuständen scheint so einfach zu sein,

---

<sup>8</sup> Da die gerichtete Hypothese „Repetition Priming / Intentionswechselkosten sind größer als null“ überprüft wurde, wurde ein einseitiger t-Test gerechnet.

dass er bereits während des kurzen CSIs von 100 ms vervollständigt werden kann<sup>9</sup>.

Die Intensionswechselkosten in der Bedingung „gleiche Aktion“ bei kurzem CSI sind mit 31 ms nicht höher als in Experiment 7, wo sie 33 ms betragen. Dies widerspricht den Vermutungen, dass die Vorhersehbarkeit des Aufgabenwechsels oder der verbale Cue (der direkt den reaktionsrelevanten Stimulus benannte) die Aufgabenwechsel in den früheren Experimenten erleichtert haben könnten.

Signifikant von null verschiedenes Repetition Priming wird nur in der Versuchsgruppe „verschiedene Aktionen“ bei kurzem CSI gefunden. Das Ausmaß des Negativen Primings ist in beiden Versuchsgruppen gleich und sinkt mit dem CSI. Zusammengenommen können also die exogen verursachten Anteile der Wechselkosten mit der Vorbereitungszeit variieren. Dies zeigt erneut, wie wichtig eine Methode zur Dekomposition von Wechselkosten ist. Bei der Messung von Wechselkosten bei kurzer und langer Vorbereitungszeit für den Wechsel kann nicht einfach gefolgert werden, dass der Abfall der Wechselkosten vom kurzem bis zum langen CSI (Wechselkosten bei kurzem CSI - residuale Wechselkosten) die Kosten für die intentionale Konfiguration einer Aufgabe widerspiegeln. Stattdessen ist es notwendig, Intensionswechselkosten getrennt von Repetition Priming und Negativem Priming zu erfassen.

## **7.2. Experiment 9: Verschiedene Aktionen, mit teilweise überlappenden motorischen Aktivierungsmustern**

Bisher wurde entsprechend den Schlussfolgerungen der ABC-Theorie argumentiert, dass Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften einfacher sein sollten,

---

<sup>9</sup> Eine andere Erklärung für das Nicht-Vorhandensein von Intensionswechselkosten bei kurzem CSI wäre, dass die Vpn nicht zwischen den Handlungsbereitschaften beider Aufgaben wechseln, sondern die beiden Aufgaben zu einer Aufgabe umformulieren. Sie würden dann folgende Cue-Stimulus-Compound-Regeln (Logan & Bundesen, in Druck) bearbeiten: „Drücke rechts bei grünem Hintergrund und A und links bei blauem Hintergrund und E und mache nichts bei blauem Hintergrund und A oder grünem Hintergrund und E“. Allerdings ist wenig plausibel, weshalb diese Strategie nur bei verschiedenen Aktionen, nicht aber bei gleicher Aktion für beide Aufgaben angewendet werden sollte, so dass diese Alternativerklärung nicht weiter verfolgt wird.

wenn sie unterschiedliche Zielzustände anstreben, da dann nicht erst die Bindung zwischen Startzustand und Zielzustand einer nicht mehr benötigten Handlungsbereitschaft gelöst werden muss, bevor der Zielzustand an den neuen Startzustand gebunden werden kann. Die Zielzustände der Handlungsbereitschaften wurden durch verschiedene auszuführenden Aktionen variiert, denn eine grundlegende Annahme der ABC-Theorie ist, dass motorische Aktionen durch die Antizipation der zu erreichenden Effekte adressiert werden.

Die Ergebnisse des 8. Experiments könnten aber auch anders interpretiert werden, denn auch einige der Erklärungsansätze innerhalb des Aufgabenwechselparadigmas vermuten, dass Wechsel zwischen Aufgaben mit verschiedenen, nicht-überlappenden motorischen Reaktionen einfacher sind. Diese nehmen an, dass die Verwendung derselben motorischen Reaktionen für verschiedene Aufgaben den Aufgabenwechsel erschwert, da S-R-Binding, Reaktionskonflikte, Interferenzen zwischen Aufgaben aufgrund überlappender S-R-Zuordnungen oder R-Set biasing auftritt (siehe Kapitel 3.1).

Im vorherigen Experiment wurde für Aufgabe A eine linke Aktion mit dem linken Zeigefinger und für Aufgabe E eine rechte Aktion mit dem rechten Zeigefinger ausgeführt. Deshalb waren sowohl die motorischen Aktionen als auch die zu antizipierenden Zielzustände beider Aufgaben verschieden, so dass es nicht möglich ist zu entscheiden, welcher dieser beiden Faktoren den Aufgabenwechsel erleichtert. Im Folgenden soll ein erster Versuch unternommen werden, um zwischen beiden Alternativen zu entscheiden, aber eine abschließende Klärung dieser Frage kann im Rahmen dieser Arbeit nicht erfolgen.

Ein erster Schritt zur Dekonfundierung beider Faktoren ist es zu prüfen, ob Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften nur dann einfacher sind, wenn die motorischen Aktivierungsmuster beider Aufgaben verschieden sind. Dazu wurden die Vpn instruiert, die Aktionen für beide Aufgaben mit dem rechten Zeigefinger auszuführen. Zu Beginn jedes Trials lag der rechte Zeigefinger der Vpn auf einer mittleren Ruhetaste. Bei Aufgabe A sollten die Vpn den Zeigefinger nach links bewegen, um eine linke Reaktionstaste zu drücken, wenn ein A erschien. Bei Aufgabe E sollten sie denselben Zeigefinger nach rechts bewegen, um eine rechte Reaktionstaste zu drücken, wenn ein E erschien. Da für beide Aufgaben Bewe-

gungen des rechten Zeigefingers erforderlich sind, überlappen sich die motorischen Aktivierungsmuster teilweise.

Sind Wechsel zwischen Aufgaben schwierig, weil Teile der motorischen Aktivierungsmuster beider Aufgaben überlappen, so sollten in diesem Experiment bei kurzer Vorbereitungszeit Intentionwechselkosten auftreten.

Dagegen wird aus Sicht der ABC-Theorie erwartet, dass die Zielzustände der Handlungsbereitschaften durch den Zielort der Bewegung festgelegt sind. Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften sollten auch bei teilweise überlappenden motorischen Aktivierungsmustern einfach sein, da jeweils verschiedene Zielzustände angestrebt werden. Deshalb würde man erwarten, dass ähnlich wie in der Bedingung „verschiedene Aktionen“ in Experiment 8 Wechsel schon während des kurzen Vorbereitungsintervalls von 100 ms stattfinden, so dass auch bei kurzem CSI keine oder nur sehr geringe Intentionwechselkosten auftreten.

### **7.2.1. Methode**

#### *(1) Versuchspersonen*

Das Experiment wurde mit 12 Studierenden der Psychologie (9 Frauen, 3 Männer) im Alter von 19 bis 28 Jahren (Durchschnitt 21,3 Jahre) durchgeführt. Die Teilnahme war Bestandteil der Ausbildung im Grundstudium. Die Vpn hatten normale oder korrigierte Sehschärfe.

#### *(2) Apparatur und Reizmaterial*

Es wurde dieselbe Apparatur und dasselbe Reizmaterial wie im vorherigen Experiment verwendet.

#### *(3) Versuchsplan und Durchführung*

Der Versuchsplan entsprach dem des vorherigen Experiments. Lediglich die erforderlichen Aktionen waren anders. Die Vpn waren nun instruiert mit ihrem rechten Zeigefinger die mittlere Taste des Reaktionspads gedrückt zu halten und von dieser Ruheposition aus die rechte oder linke Taste zu drücken, wenn bei Aufgabe A beziehungsweise E ein A oder E erschien. Gemessen wurde die Zeit vom Onset

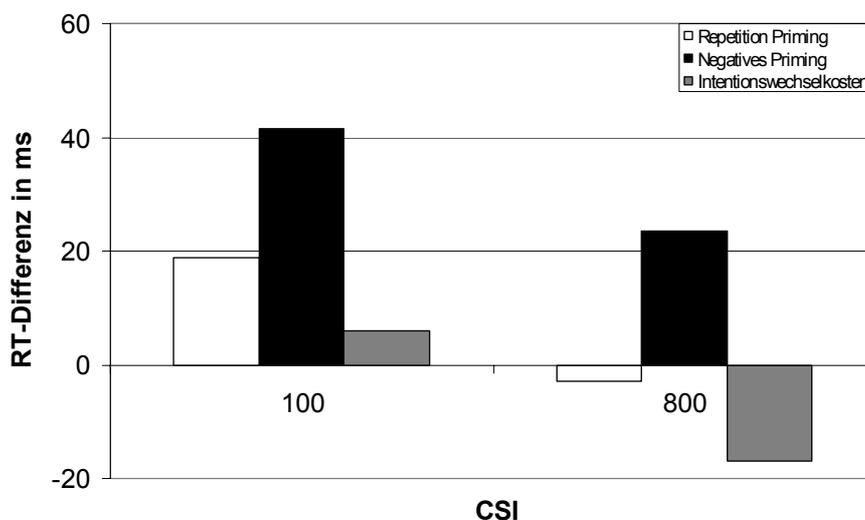
des Reizes bis zum Loslassen der mittleren Taste und die Zeit vom Loslassen der mittleren Taste bis zum Drücken der linken oder rechten Taste. Das Loslassen der Ruhetaste musste innerhalb von 800 ms erfolgen, für das Drücken der Reaktionstaste war ein weiteres Zeitfenster von 800 ms im Programm festgelegt.

### **7.2.2. Ergebnisse**

In 2.4% der Go- und 2.5% der NoGo-Trials wurden Fehler gemacht. Alle Trials, die selbst oder deren Vorgänger fehlerhaft waren, wurden aus der Analyse der Reaktionszeiten ausgeschlossen. In die Analyse gingen nur aktuelle Go-Trials ein, die auf Trials nach langem CSI folgten. In der folgenden Auswertung wurde als abhängige Variable die Zeit ab Erscheinen des Reizes bis zum Loslassen der Ruhetaste verwendet.<sup>10</sup> Es wurden jeweils pro Vp für jeden der vier Fälle (Aufgabenwiederholung oder Aufgabenwechsel nach vorherigem Go- oder NoGo-Trial) für jede der beiden im aktuellen Trial variierten CSI Stufen die arithmetischen Mittelwerte berechnet. Die Differenzmaße Repetition Priming, Negatives Priming und Intentionwechselkosten wurden entsprechend den Erläuterungen in Tabelle 2 (Kap. 6.1) berechnet und sind in Abbildung 17 dargestellt.

---

<sup>10</sup> Alternativ hätte auch die Zeit ab Erscheinen des Reizes bis zum Betätigen der rechten oder linken Reaktionstaste verwendet werden können. Da sich die Auswertungen aber kaum unterscheiden, wird nur eine Auswertung ausführlich dargestellt und die entsprechenden Kennwerte der Varianzanalyse für die abhängige Variable „Zeit bis zum Drücken der Taste“ sind in Fußnote 11 beschrieben.



**Abbildung 17: Repetition Priming, Negatives Priming und Intentionsswechselkosten in Abhängigkeit vom CSI.**

Eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor CSI und der abhängigen Variable Repetition Priming zeigt, dass Repetition Priming signifikant durch die CSI-Variation beeinflusst wird,  $F(1, 11) = 5.91$ ,  $p < .05$ ,  $MSE = 3668.4$ , und sich nicht generell von null unterscheidet,  $F(1, 11) = 1.62$ ,  $p > .20$ ,  $MSE = 1920.0$ . Ein anschließender t-Test ergibt, dass das Ausmaß des Repetition Priming bei kurzem CSI (21 ms) signifikant größer als null ist,  $T(11) = 2.16$ ,  $p < .05$  (bei einseitigem Test). Das Ausmaß des Negativen Priming ist nicht signifikant vom CSI beeinflusst,  $F(1, 11) < 4.35$ ,  $p > .06$ ,  $MSE = 4633.7$ , und beträgt im Durchschnitt 32 ms,  $F(1, 11) = 19.50$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 24574.7$ . Es besteht ein nur marginaler Einfluss des CSI auf Intentionsswechselkosten,  $F(1, 11) = 3.60$ ,  $p < .084$ ,  $MSE = 2305.0$ , die sich generell nicht signifikant von null unterscheiden,  $F(1, 11) = 1.39$ ,  $p > .26$ ,  $MSE = 1594.1$ . Da das Nicht-Vorhandensein von Intentionsswechselkosten gezeigt werden soll, werden trotz des nur marginalen Einflusses der Variation des CSIs nachträgliche t-Tests berechnet. Diese ergeben, dass das Ausmaß der Intentionsswechselkosten bei kurzem CSI nicht signifikant von null verschieden ist,  $T(11) < 1$  und bei langem CSI signifikant kleiner als null ist,  $T(11) = -2.39$ ,  $p < .05$ .<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Bei Verwendung der Zeit ab Erscheinen des Reizes bis zum Drücken der Reaktionstaste als abhängige Variable ergeben sich bei analoger Auswertung folgende Kennwerte: Die einfaktorielle

### 7.2.3. Diskussion

Beim Wechsel zwischen Aufgaben mit verschiedenen Aktionen, aber teilweise überlappenden motorischen Aktivierungsmustern entstehen schon bei einer Vorbereitungszeit von 100 ms keine Intentionswechselkosten mehr. Aufgabenwechsel nach vorherigen Go-Trials werden genauso schnell ausgeführt wie Aufgabenwiederholungen nach vorherigen NoGo-Trials, wenn die Aufgabe im vorherigen NoGo-Trial aufgrund des langen CSIs genügend vorbereitet war.

Die Reaktionszeitunterschiede zwischen Aufgabenwechseln und Aufgabenwiederholungen sind vollständig durch Repetition Priming und Negatives Priming bedingt, die bei kurzer Vorbereitungszeit stärker ausgeprägt sind als bei langer.

Deshalb schlussfolgern wir, dass Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften mit verschiedenen Zielzuständen einfacher sind als Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften mit denselben Zielzuständen, auch wenn sich die motorischen Aktivierungsmuster beider Aufgaben teilweise überlappen. Dieser Befund wurde erwartet unter der Annahme, dass motorische Aktionen repräsentiert sind durch die Effekte, die sie herstellen.

Allerdings legt das Ergebnis des 9. Experiments nur nahe, dass Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften leichter sind, weil unterschiedliche Zielzustände angestrebt werden. Diese Schlussfolgerung ist nicht zwingend, da auch im 9. Experiment unterschiedliche motorische Aktionen mit nur teilweise überlappenden motorischen Aktivierungsmustern für beide Aufgaben verwendet wurden.

---

Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor CSI und der abhängigen Variable Repetition Priming zeigt, dass das Repetition Priming nur marginal signifikant durch die CSI-Variation beeinflusst wird,  $F(1, 11) = 4.76$ ,  $p < .052$ ,  $MSE = 2812.55$ , und sich nicht generell von null unterscheidet,  $F(1, 11) = 1.10$ ,  $p > .30$ ,  $MSE = 1504.33$ . Ein anschließender t-Test ergibt, dass das Ausmaß des Repetition Priming bei kurzem CSI (19 ms) signifikant größer als null ist,  $T(11) = 1.81$ ,  $p < .05$  (bei einseitigem Test). Das Ausmaß des Negativen Priming ist nicht vom CSI beeinflusst,  $F(1, 11) < 2.70$ ,  $p > .10$ ,  $MSE = 1921.9$ , und beträgt im Durchschnitt 33 ms,  $F(1, 11) = 21.68$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 25465.2$ . Es besteht ein marginaler Einfluss des CSI auf Intentionswechselkosten,  $F(1, 11) = 4.13$ ,  $p < .067$ ,  $MSE = 3136.2$ , die sich generell nicht signifikant von null unterscheiden,  $F(1, 11) < 1$ . Das Ausmaß der Intentionswechselkosten unterscheidet sich bei kurzem CSI nicht signifikant von null,  $T(11) < 1$  und bei langem CSI sind Intentionswechselkosten tendenziell kleiner als null,  $T(11) = -2.11$ ,  $p < .10$ .

Werden Aktionen nicht durch motorische Aktivierungsmuster sondern durch abstrakte motorische Codes repräsentiert, so können die Ergebnisse auch dadurch erklärt werden, dass Aufgabenwechsel einfach sind, wenn beide Aufgaben unterschiedliche motorische Aktionen erfordern. Um experimentell zwischen diesen beiden Alternativen entscheiden zu können, müssten die Aktionen und die damit verbundenen Effekte dekonfundiert werden (siehe 8.3).

### **7.3. Zusammenfassende Diskussion der Experimente 8 und 9**

Zunächst einmal unterstreichen die Ergebnisse der Experimente 8 und 9, wie wichtig die Dekomposition der Wechselkosten ist, um Aussagen über den Aufwand intentionaler Konfigurationsprozesse beim Aufgabenwechsel machen zu können. In beiden Experimenten waren Reaktionszeitunterschiede zwischen Aufgabenwechseln und Aufgabenwiederholungen bei langem CSI nur auf Repetition Priming und Negatives Priming zurückzuführen. Die intentionale Konfiguration von Handlungsbereitschaften fand vollständig während des Vorbereitungsintervalls statt, so dass zumindest beim Wechsel zwischen einfachen Go-NoGo-Aufgaben residuale Wechselkosten nur die exogen verursachten Wechselkostenanteile widerspiegeln.

Interessanterweise war sowohl das Ausmaß des Repetition Primings als auch das Ausmaß des Negativen Primings jeweils bei kurzem CSI höher (analoge Befunde finden Soetens, 1998, für Repetition Priming und Neill, Valdes, Terry, & Gorfein, 1992, für Negatives Priming). Dies zeigt, dass auch wechselunspezifische Anteile der Reaktionszeitdifferenz zwischen Aufgabenwechseln und Aufgabenwiederholungen mit dem Vorbereitungsintervall variieren können. Häufig wurden in Aufgabenwechselexperimenten Wechselkosten bei kurzer und langer Vorbereitungszeit verglichen mit der Annahme, dass die erhöhten Wechselkosten bei kurzer Vorbereitungszeit endogene Komponenten des Aufgabenwechsels widerspiegeln würden (z.B. Rogers & Monsell, 1995). Die vorliegenden Ergebnisse lassen Zweifel an dieser Annahme aufkommen: Um wechselunspezifische und wechselunspezifische Anteile der Reaktionszeitunterschiede zu erfassen, genügt es nicht, das CSI zu variieren und Wechselkosten bei kurzem vs. langem CSI voneinander zu subtrahieren. Zwar sind residuale Wechselkosten nur durch

wechselunspezifische Prozesse verursacht, aber wechselunspezifische Prozesse können auch bei kurzem CSI stärker ausgeprägt sein als bei langem CSI und führen deshalb auch zu einer Erhöhung der Wechselkosten bei kurzem CSI.

Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass die Vorhersagen der ABC-Theorie mit den Befunden der Aufgabenwechselexperimente übereinstimmen. Wechsel zwischen Aufgaben sind notwendig, wenn sich die Handlungsbereitschaften der Aufgaben widersprechen. Da die beiden verwendeten Go-NoGo-Aufgaben unvereinbar sind (man kann nicht gleichzeitig auf A reagieren und nicht reagieren), entstehen Kosten beim Wechsel zwischen diesen Aufgaben. Ein Wechsel der Intention und der entsprechenden Handlungsbereitschaften kann bei genügend langer Vorbereitungszeit abgeschlossen werden, bevor der Stimulus erscheint und sollte einfacher sein, wenn die zu antizipierenden Zielzustände der Handlungsbereitschaften verschieden sind. Dementsprechend existieren beim Wechsel von Handlungsbereitschaften mit gleichen zu antizipierenden Zielzuständen (Experiment 7 und 8, Versuchsbedingung „gleiche Aktion“) jeweils nur bei kurzem CSI Intensionswechselkosten. Sind die Zielzustände der Handlungsbereitschaften verschieden (Experiment 8, Versuchsbedingung „verschiedene Aktionen“ und Experiment 9), fällt der Wechsel leichter und kann schon während des kurzen CSIs (100 ms) vervollständigt werden. Residuale Wechselkosten sind nicht auf exekutive Kontrollprozesse zurückzuführen; in allen Versuchsbedingungen sind Reaktionszeitunterschiede zwischen Aufgabenwechsel- und Aufgabenwiederholungstrials bei langem CSI ausschließlich durch Repetition Priming und Negatives Priming verursacht.

## 8. Abschlussdiskussion

Die vorliegende Arbeit verfolgt zwei Schwerpunkte: Der theoretische Schwerpunkt liegt in der Erläuterung des Aufgabenwechselfaradigmas, dem Überblick der dabei vermuteten Prozesse und Faktoren und der Diskussion von Aufgabenwechselfn aus Sicht der ABC-Theorie, die Intentionen und Ziele bei der Handlungssteuerung thematisiert. Der methodische Schwerpunkt ist die Entwicklung einer Methode zur Dekomposition der Wechselkosten in intentional und exogen verursachte Anteile.

### 8.1. Theoretisches Anliegen

Im theoretischen Teil der Arbeit wurde versucht den Bezug des Aufgabenwechselfaradigmas zum ursprünglichen Anliegen, der Untersuchung intentionaler Handlungs-determination wiederherzustellen. Zunächst wurde deshalb ein kurzer Überblick über verschiedene Theorien und Modelle der Handlungs-determination gegeben. Aktuelle kognitionspsychologische Ansätze machen kaum Aussagen über intentionale Prozesse; sie postulieren zwar exekutive Steuerungsprozesse, die festlegen, wie auf welche Reize reagiert wird, erläutern diese exekutiven Mechanismen aber kaum. Stattdessen betrachten sie den Einfluss von Reizen auf Kognitionen und das Verhalten (S-Kognition-R-Psychologie).

Mit Hilfe des Aufgabenwechselfaradigmas, das vor ca. 10 Jahren durch Allport (1993; Allport, Styles, & Hsieh, 1994) wieder belebt wurde, sollte diese Lücke geschlossen und exekutive Steuerungsprozesse untersucht werden. Mittlerweile existieren sehr viele Untersuchungen (siehe Kapitel 3), die sich mit den Prozessen und Faktoren des Aufgabenwechselfs beschäftigen. Doch auch innerhalb der bisherigen Aufgabenwechselfliteratur werden Aufgaben überwiegend als Set von S-R-Regeln beschrieben: „...a task set as the activation in memory of a set of rules that define a task“ (Fagot, 1994, S. 4); „A task-set specifies the relevant response or action to a target stimulus in a given situation...“ (Sohn & Carlson, 2000, S. 1445) oder „In associationist language, a task set is a whole set of S-R associations. In the language of symbolic computation, an active task set is a set of instructions or condition-action rules held in procedural working memory...“

(Monsell, Taylor & Murphy, 2001, S. 139). Aufgabenwechsel werden als Wechsel zwischen diesen S-R-Regeln verstanden und Wechselkosten damit begründet, dass sich die überlappenden S-R-Regeln der Aufgaben gegenseitig stören und deshalb eine Abschirmung der Task Sets voneinander notwendig ist.

Demgegenüber wird hier vorgeschlagen, eine Aufgabe als eine Intention, das Anstreben eines Zielzustandes zu sehen. Aus der Sicht des ideomotorischen Prinzips und der Hybridmodelle, die die Wichtigkeit von Intentionen bei der Handlungsdetermination unterstreichen, ist das Anstreben eines Ziels ursächlich für jegliches willentliches Handeln. Aufgaben können in diesen Konzeptionen als Ziele, bestimmte Effekte erreichen zu wollen, verstanden werden. Der Begriff „Task Set“ kann auf verschiedenen Ebenen definiert werden, denn Ziele, vor allem wenn sie komplexer Natur sind, lassen sich zumeist nicht durch einzelne Verhaltensakte erreichen. Es ist notwendig, das globale Ziel in einzelne Unterziele zu zergliedern, diese Unterziele selbst wieder zu unterteilen etc. bis schließlich die Antizipation eines genügend einfach strukturierten Effektes erreicht ist. Genügend einfach ist ein angestrebter Effekt immer dann, wenn für ihn bereits Erfahrungswissen vorliegt, durch welche motorische Aktion oder Aktionssequenz er hervorgerufen werden kann. Selbstverständlich kann hier der Auflösungsgrad je nach Erfahrung stark variieren. Während beispielsweise ein Klavierschüler in den ersten Stunden bemüht ist, genau diejenige Taste zu finden, die den nächsten herzustellenden Ton erzeugt, wird ein Pianist komplette Aktionssequenzen für das Spielen bestimmter Passagen verfügbar haben. Ein Task Set kann aus dieser Perspektive als dasjenige Ziel verstanden werden, für dessen Abstraktionsgrad gerade eben noch Aktions-Effekt-Beziehungen vorhanden sind. Dieser Abstraktionsgrad kann unter Umständen sehr variabel sein, denn sobald nicht antizipierte Effekte eintreten, wird es notwendig, die ausgeführte Aktionssequenz auf einer niedrigeren Ebene zu betrachten, um festzustellen, welche Teile der Aktionssequenz nicht erwartete Effekte verursachen. Am Beispiel des Pianisten verdeutlicht bedeutet dies, dass das Ziel eine bestimmte Passage zu spielen, nur solange verfolgt wird, wie die erzeugten Töne mit den antizipierten übereinstimmen. Sobald hier Diskrepanzen auftreten, weil zum Beispiel eine Taste klemmt, wird die Zielauflösung erhöht, um herauszufinden, welche Einzelaktion

nicht den gewünschten Effekt erbringt. Der Pianist wird dann als Ziel jeweils die einzelnen Töne herstellen wollen, um herauszufinden, welche der Tasten klemmt. Da innerhalb des Aufgabenwechselfaradigmas die Zielperspektive völlig außer Acht gelassen wurde, wurde diese Sichtweise explizit auf den Aufgabenwechselkontext angewendet und Aufgabenwechsel wurden im Rahmen der ABC-Theorie diskutiert. Exekutiver Aufwand beim Wechsel zwischen verschiedenen Task Sets beziehungsweise verschiedenen Zielen sind in dieser Konzeption nicht generell zu erwarten. Während bei der Definition von Task Set als S-R-Regeln häufig angenommen wird, dass nur ein Task Set zu einem Zeitpunkt aktiv sein kann, ist es bei der Definition von Task Set als Ziel einleuchtend, dass mehrere Task Sets gleichzeitig aktiv sein können, denn Menschen sind durchaus in der Lage verschiedene Ziele gleichzeitig anzustreben. Wechsel zwischen den Handlungsbereitschaften der Aufgaben sind nur dann nötig, wenn sich die Handlungsbereitschaften widersprechen, da unterschiedliche Zielzustände für dieselben Situationsbedingungen angestrebt werden.

Weiterhin wurde aus der ABC-Theorie abgeleitet, dass Wechsel der Handlungsbereitschaften erfolgen, sobald die auszuführende Aufgabe instruiert wurde und abgeschlossen werden können, bevor der Reiz für die Aufgabe erscheint. Außerdem sollten Wechsel einfacher sein, wenn zwischen Handlungsbereitschaften mit unterschiedlichen Zielzuständen gewechselt wird.

In den ersten Experimenten konnten diese Vorhersagen der ABC-Theorie nicht bestätigt werden, wenn die Reaktionszeitunterschiede zwischen Aufgabenwechsel- und Aufgabenwiederholungstrials (Wechselkosten) als Maß für den exekutiven Aufwand des Wechsels interpretiert werden.

Deshalb weckte die Betrachtung von Aufgabenwechseln aus Sicht der ABC-Theorie Zweifel an der Aussagekräftigkeit des Maßes Wechselkosten und führte zur Entwicklung einer Methode zur Dekomposition von Wechselkosten.

## **8.2. Methodischer Schwerpunkt**

Der methodische Schwerpunkt der Arbeit lag in der Entwicklung einer Methode zur Dekomposition von Wechselkosten, die es erlaubt intentionale und exogen verursachte Anteile der Wechselkosten getrennt voneinander zu erfassen. Die Ver-

wendung von Go-NoGo-Aufgaben im Aufgabenwechselkontext ermöglicht die Betrachtung von Aufgabenwiederholungen mit Repetition Priming (Zelle I in Tabelle 2), Aufgabenwiederholung ohne Repetition Priming (Zelle II), Aufgabenwechsel ohne Negatives Priming (Zelle III) und Aufgabenwechsel mit Negativem Priming (Zelle IV) und die getrennte Berechnung von Intentionwechselkosten (Zelle III – Zelle II), Repetition Priming (Zelle II – Zelle I) und Negativem Priming (Zelle IV – Zelle III).

Die Experimente 4 bis 7 wurden durchgeführt, um die Methode zur Dekomposition der Wechselkosten zu testen und zu validieren. Es zeigte sich, dass die separate Abschätzung der Maße Repetition Priming, Negatives Priming und Intentionwechselkosten nur nach vorherigen Trials mit langem Vorbereitungsintervall möglich ist, da nur dann davon ausgegangen werden kann, dass die Aufgabe auch im vorherigen NoGo-Trial ausreichend vorbereitet war.

Die neu entwickelte Methode wurde eingesetzt, um die Vorhersagen der ABC-Theorie für den Aufgabenwechselkontext erneut zu überprüfen. Zunächst belegen die Experimente 8 und 9 wie wichtig die Dekomposition von Wechselkosten ist, um Aussagen über den exekutiven Aufwand des Aufgabenwechsels machen zu können. Einerseits wurde gezeigt, dass residuale Wechselkosten zumindest beim Wechsel zwischen einfachen Go-NoGo-Aufgaben keine intentionalen Prozesse widerspiegeln. Andererseits wurde deutlich, dass auch der Vergleich der Wechselkosten bei kurzer und langer Vorbereitungszeit auf den Wechsel (kurzes vs. langes CSI) keine Rückschlüsse auf den Aufwand exekutiver Prozesse beim Aufgabenwechsel erlaubt, da auch exogen verursachte Anteile der Wechselkosten mit dem Vorbereitungsintervall variieren.

Weiterhin stehen die Ergebnisse des 8. und 9. Experiments im Einklang mit den Vorhersagen aus der ABC-Theorie: Wechsel sind bei sich widersprechenden Handlungsbereitschaften notwendig, können aber bei genügend Vorbereitungszeit vollständig vor Erscheinen des Reizes erfolgen, denn residuale Wechselkosten sind nur aus exogen verursachten Anteilen zusammengesetzt. Außerdem sind Wechsel einfacher, wenn die Handlungsbereitschaften der Aufgaben unterschiedliche Zielzustände anstreben.

### 8.3. Fazit und Ausblick: Wirkung distaler Effekte

Die Anwendung der ABC-Theorie auf den Aufgabenwechselkontext regte die Entwicklung einer neuen Methode zur Dekomposition der Wechselkosten an. Bei Verwendung dieser Methode stimmen die empirischen Ergebnisse mit den Vorhersagen der ABC-Theorie überein. In der vorliegenden Arbeit wurde deutlich, dass sowohl intentionale als auch durch die Reizstruktur verursachte Prozesse die Performanz beim Aufgabenwechsel beeinflussen. Residuale Wechselkosten spiegeln keine exekutiven Kontrollprozesse des Aufgabenwechsels wider, sondern entstehen aufgrund exogen verursachter Faktoren wie Repetition Priming und Negatives Priming.

Im Rahmen dieser Arbeit konnte aber nicht überprüft werden, ob die ABC-Theorie besser geeignet ist zur Erklärung der empirischen Befunde als bisherige Konzeptionen des Aufgabenwechselfaradigmas, die Wechselkosten auf die Überlappung von S-R-Regeln der Aufgaben zurückführen. Obwohl bisher argumentiert wurde, dass Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften mit verschiedenen Zielzuständen einfacher seien als zwischen Handlungsbereitschaften mit denselben Zielzuständen, kann das empirische Ergebnis nicht notwendigerweise durch die Unterschiedlichkeit der zu antizipierenden Effekte beider Aufgaben erklärt werden. Vielmehr würde derselbe Befund auch in vielen bisherigen Erklärungsansätzen zu Aufgabenwechseln erwartet werden, die annehmen, dass Wechsel zwischen Aufgaben mit denselben auszuführenden Reaktionen höhere Wechselkosten verursachen, da zunächst die S-R-Bindungen des alten Aufgabensets gelöst werden müssen bevor neue S-R-Bindungen mit denselben Reaktionen gebildet werden können.

Deshalb besteht weiterhin Klärungsbedarf, ob Aufgabenwechsel einfacher sind, weil unterschiedliche zu antizipierende Effekte angestrebt werden oder weil unterschiedliche motorische Aktionen ausgeführt werden.

Unter einem ökologischen Gesichtspunkt ist es plausibel anzunehmen, dass Interferenzen aufgrund von Überlappungen der angestrebten Effekte entstehen und nicht durch Überlappungen der motorische Aktionen. Da wir prinzipiell nur ein begrenztes Repertoire an motorischen Aktionen (alle möglichen Körperbewegungen) zur Verfügung haben, um eine Vielzahl von Effekten zu erreichen, ist es

unumgänglich, dass dieselbe motorische Aktion viele verschiedene Effekte bewirken kann. Schon allein die einfache motorische Aktion eine Taste zu drücken, kann eine Vielzahl unterschiedlicher Effekte herstellen: Drückt ein Pianist, der am Klavier sitzt, eine Taste, wird ein Ton erzeugt; drückt ein Wissenschaftler, der am Computer sitzt, eine Taste, erscheint ein Buchstabe auf dem Bildschirm; beim Drücken einer Taste am Geldautomaten, erhält man Geld etc. Würde ein Wechsel zwischen Task Sets immer dann höhere Kosten verursachen, wenn motorische Aktionen überlappen, müsste man bei einem Wechsel zwischen Klavierspielen und dem Schreiben eines Artikels am Computer, hohe Wechselkosten erwarten, während ein Wechsel zwischen Klavierspielen und dem handschriftlichen Schreiben eines Artikels, geringere Wechselkosten verursachen würde, da hier keine Überlappung der motorischen Aktionen besteht.

Doch anstelle von Plausibilitätsüberlegungen ist es sicherlich viel versprechender, diese Frage empirisch zu klären. Aus der ABC-Theorie lässt sich ableiten, dass Wechsel zwischen Handlungsbereitschaften schon dann einfacher sein sollten, wenn nur die zu erreichenden Effekte zweier Aufgaben, nicht aber die motorischen Aktionen, die zur Herstellung dieser Effekte geeignet sind, unterschiedlich sind. Zur experimentellen Überprüfung dieser Annahme könnte man Wechsel zwischen Aufgaben untersuchen, die unterschiedliche distale Effekte durch die Ausführung derselben motorischen Aktionen herstellen. Dazu ist ein neues experimentelles Setting notwendig, das die Darbietung und Variation externer, aufgabenspezifischer Effekte erlaubt. Sind Wechselkosten verringert, wenn unterschiedliche distale Effekte durch dieselben motorischen Aktionen erzeugt werden, kann gefolgert werden, dass die Überlappung der zu antizipierenden Effekte und nicht die Überlappung der auszuführenden motorischen Aktionen Ursache höherer Wechselkosten ist.

## 9. Literaturverzeichnis

- Ach, N. (1905). *Über die Willenstätigkeit und das Denken*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Ach, N. (1910). *Über die Willensakt und das Temperament*. Leipzig: Quelle & Meyer.
- Ach, N. (1935). *Analyse des Willens*. Berlin: Urban & Schwarzenberg.
- Alegria, J. & Delhaye-Rembaux, M. (1975). Sequential effects of foreperiod duration and conditional probability of the signal in a choice reaction time task. *Acta Psychologica*, 39, 321-328.
- Allport, A. (1993). Attention and control: Have we been asking the wrong questions? A critical review of twenty-five years. In D. E. Meyer & S. Kornblum (Hrsg.), *Attention and performance 14: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence, and cognitive neuroscience. Attention and performance series* (S. 183-218). Cambridge, MA: MIT Press.
- Allport, A., Styles, E. A. & Hsieh, S. (1994). Shifting intentional set: Exploring the dynamic control of tasks. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Hrsg.), *Attention and performance 15: Conscious and nonconscious information processing. Attention and performance series* (S. 421-452). Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- Allport, A. & Wylie, G. (2000). Task switching, stimulus-response bindings, and negative priming. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Attention and performance 18: Control of Cognitive Processes. Attention and performance series* (S. 35-70). Cambridge, MA: MIT Press.
- Arbuthnott, K. & Frank, J. (2000). Executive control in set switching: Residual switch cost and task-set inhibition. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54, 33-41.
- Arbuthnott, K. D. & Woodward, T. S. (2002). The influence of cue-task association and location on switch costs and alternating-switch costs. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 56, 18-29.
- Baars, B. (1987). What is conscious in the control of action? A modern ideomotor theory of voluntary control. In D. S. Gorfein & R. R. Hoffman (Hrsg.), *Learning and memory: The Ebbinghaus centennial symposium* (S. 253-270). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- Baddeley, A. D., Chincotta, D. & Adlam, A. (2001). Working memory and the control of action: Evidence from task switching. *Journal of Experimental Psychology: General*,

- 130, 641-657.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Bd. 8, S. 47-89). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D., Thompson, N. & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 575-589.
- Bargh, J. A. & Ferguson, M. J. (2000). Beyond Behaviorism: On the automaticity of higher mental processes. *Psychological Bulletin*, 126, 925-945.
- Campbell, K. C. & Proctor, R. W. (1993). Repetition effects with categorizable stimulus and response sets. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, US American Psychological Assn.
- Chiappe, D. L. & MacLeod, C. M. (1995). Negative priming is not task bound: A consistent pattern across naming and categorization tasks. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2, 364-369.
- Chomsky, N. (1959). Review of Verbal Behavior by B. F. Skinner. *Language*, 35, 26-58.
- Cohen, J. D., Dunbar, K. & McClelland, J. L. (1990). On the control of automatic processes: A parallel distributed processing account of the stroop effects. *Psychological Review*, 97, 332-361.
- Conrad, C. (1964). Acoustic confusions in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 55, 75-84.
- De Jong, R. (2000). An intention-activation account of residual switch costs. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Attention and performance 18: Control of Cognitive Processes. Attention and performance series* (S. 357-376). Cambridge, MA: MIT Press.
- Donders, F. C. (1969/1868). On the speed of mental processes (W.G.Koster, Trans, original work published 1868). In W. G. Koster (Ed.), *Attention and performance II* (S. 416-431). Amsterdam: North-Holland.
- 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.
- Fagot, C. (1994). Chronometric investigations of task switching. *Ph.D. diss, University of California*.
- Folk, C. L., Remington, R. W. & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1030-1044.
- Fox, E. (1995). Negative priming from ignored distractors in visual selection: A review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2, 145-173.
- Gilbert, S. J. & Shallice, T. (2002). Task switching: A PDP model. *Cognitive Psychology*,

- 44, 297-337.
- Gopher, D. (1996). Attention control: explorations of the work of an executive controller. *Cognitive Brain Research*, 5, 23-38.
- Gopher, D., Armony, L. & Greenspan, Y. (2000). Switching tasks and attention policies. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129, 308-339.
- Goschke, T. (1997). Zur Funktionsanalyse des Willens: Integration kognitions-, motivations- und neuropsychologischer Perspektiven. The functional analysis of volitional action: Integration of cognitive, motivational, and neuropsychological perspectives. *Psychologische Beiträege*, 39, 375-412.
- Goschke, T. (2000). Intentional reconfiguration and involuntary persistence in task set switching. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Attention and performance 18: Control of Cognitive Processes. Attention and performance series* (S. 331-355). Cambridge, MA: MIT Press.
- Gotler, A. & Meiran, N. (2001). Unintentional task reconfiguration: Implicit sequence learning in the task switching paradigm. *Talk at the 12th ESCOP conference, Edinburgh*.
- Harleß, E. (1861). Der Apparat des Willens. *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik*, 38, 50-73.
- Herbart, J. F. (1825). *Psychologie als Wissenschaft neu gegründet auf Erfahrung, Metaphysik und Mathematik*. Königsberg: August Wilhelm Unzer.
- Heuer, H., Schmidtke, V. & Kleinsorge, T. (2001). Implicit learning of sequences of tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory, and cognition*, 27, 967-983.
- Hoffmann, J. (1993). *Vorhersage und Erkenntnis. Die Funktion von Antizipationen in der menschlichen Verhaltenssteuerung und Wahrnehmung*. Göttingen: Hogrefe.
- Hoffmann, J. (1994). Die visuelle Identifikation von Objekten. In W. Prinz & B. Bridgeman (Hrsg.), *Wahrnehmung* (Enzyklopädie der Psychologie, Kognition, Band 1, S. 391-456). Göttingen: Hogrefe.
- Hoffmann, J. (1996). Sequentielle Strukturbildung. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Lernen* (Enzyklopaedie der Psychologie, Kognition, Band 7). Goettingen: Hogrefe.
- Hoffmann, J. (2001). Das ideomotorische Prinzip, ABC, Closed Loops und Schemata. In J. R. Nitsch, H. Allmer (Hrsg.), *Denken, Sprechen, Bewegen. Bericht über die 32. Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie* (S. 68-92). Köln: bps-Verlag.
- Hoffmann, J., Kiesel, A. & Sebald, A. (2003). Decomposition of endogenous and exogenous components within the task switch paradigm. *European Journal of Cognitive Psychology*, 15, 101-128..
- Hoffmann, J. & Sebald, A. (2000). Lernmechanismen zum Erwerb verhaltenssteuernden

- Wissens. *Psychologische Rundschau*, 51, 1-9.
- Hoffmann, J., Sebald, A. & Stöcker C. (2001). Irrelevant response effects improve serial learning in serial reaction time tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 470-482.
- Hoffmann, J. & Stock, A. (2000). Intention als psychischer Prozess. *Zeitschrift für Psychologie*, 208, 304-321.
- Hommel, B. (1996). The cognitive representation of action: Automatic integration of perceived action effects. *Psychological Research*, 59, 176-186.
- Hommel, B. (1998). Event files: Evidence for automatic integration of stimulus-response episodes. *Visual Cognition*, 5, 183-216.
- Hommel, B., Muesseler, J., Aschersleben, G. & Prinz, W. (2002). The theory of event coding (TEC). A framework for perception and action. *Behavioral and Brain Science*.
- Hommel, B., Pösse, B. & Waszak, F. (2000). Contextualization in perception and action. *Psychologica Belgica*, 40, 227-245.
- Hommel, B., Ridderinkhof, R. K. & Theeuwes, J. (2002). Cognitive control of attention and action: Issues and trends. *Psychological Research*, 66, 215-219.
- Hübner, M., Dreisbach, G., Haider, H. & Kluwe, R. (2003). Backward Inhibition as a means of sequential task-set control: Evidence for reduction of task competition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 289-297.
- Hübner, R., Futterer, T. & Steinhauser, M. (2001). On attentional control as source of residual shift costs: Evidence from two-component task shifts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 27, 640-653.
- Hunt, A. R. & Klein, R. M. (2002). Eliminating the cost of task set reconfiguration. *Memory & Cognition*, 30, 529-539.
- James, W. (1890/1981). *The principles of psychology*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Jersild, A. T. (1927). Mental set and shift. *Archives of psychology, whole nr. 89*.
- Kiesel, A. & Hoffmann, J. (2001). Costs within voluntary task switch. In T. Arnold & C. S. Herrmann (Hrsg.), *Cognitive Systems & Mechanisms. KogWis 2001. Abstracts of the 5th meeting of the German Cognitive Science Society* (S. 39). Leipzig: Leipziger Universitätsverlag.
- Kiesel, A. & Hoffmann, J. (in Druck). Variable action effects: Response control by context-specific effect anticipations. *Psychological Research*.
- Kleinsorge, T. (1999). Response repetition benefits and costs. *Acta Psychologica*, 103, 295-310.
- Kleinsorge, T. & Heuer, H. (1999). Hierarchical switching in a multi-dimensional task

- space. *Psychological Research*, 62, 300-312.
- Kleinsorge, T., Heuer, H. & Schmidtke, V. (2001). 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., Schmidtke, V., Gajewski, P. D. & Heuer, H. (in Druck). The futility of explicit knowledge of a sequence of tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*.
- Kluwe, R. H. (1997). Intentionale Steuerung kognitiver Prozesse. *Kognitionswissenschaft*, 6, 53-69.
- Kluwe, R. H. (2000). Steuerung des Denkens und Handelns. *Zeitschrift fuer Psychologie*, 208, 1-31.
- Koch, I. (2001). Automatic and intentional activation of task-sets. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 27, 1474-1486.
- Koch, I. (in Druck). The role of external cues for endogenous advance reconfiguration in task switching. *Psychonomic Bulletin & Review*.
- Kornadt, H. J. (1996). Willensfreiheit: Empirische Tatsache und theoretisches Problem in der Psychologie. In M. von Cranach & K. Foppa (Hrsg.), *Freiheit des Entscheidens und Handelns* (S. 21-55). Heidelberg: Asanger.
- Kornblum, S. (1969). Sequential dependencies as a determinant of choice reaction time: A summary. *Acta Psychologica*, 30, 54-57.
- Kray, J. & Lindenberger, U. (2000). Adult age differences in task switching. *Psychology and aging*, 15, 126-147.
- Kunde, W. (2001). Response-effect compatibility in manual choice reaction tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 27, 387-394.
- Kunde, W. (in Druck a). Response priming by supraliminal and subliminal action effects. *Psychological Research*.
- Kunde, W. (in Druck b). Temporal response-effect compatibility. *Psychological Research*.
- Kunde, W., Hoffmann, J., Zellmann, P. (2002). The impact of anticipated action effects on action planning. *Acta Psychologica*, 109, 137-155.
- Logan, G. D. & Bundesen, C. (in Druck). Clever homunculus: Is there an endogenous act of control in explicit task cuing procedures? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*.
- Logan, G. D. & Delheimer, J. A. (2001). Parallel memory retrieval in dual-task situations: II. Episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 668-685.

- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Hove, England: Erlbaum.
- Los, S. A. (1999). Identifying stimuli of different perceptual categories in mixed blocks of trials: Evidence for cost in switching between computational processes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*, 3-23.
- Los, S., Knol, D. L. & Boers, R. M. (2001). The foreperiod effect revisited: Conditioning as a basis for nonspecific preparation. *Acta Psychologica*, *106*, 121-145.
- Lotze, R. H. (1852). *Medicinische Psychologie oder die Physiologie der Seele*. Leipzig: Weidmann'sche Buchhandlung.
- MacFarlane, D. A. (1930). The role of kinesthesia in maze learning. *University of California Publications in Psychology*, *4*, 277-305.
- Marcel, T. & Forrin, B. (1974). Naming latency and the repetition of stimulus categories. *Journal of Experimental Psychology*, *103*, 450-460.
- Mayr, U. (2002). Inhibition of action rules. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*, 93-99.
- 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. & Liebscher, T. (2001). Is there an age deficit in the selection of mental sets? *European Journal of Cognitive Psychology*, *13*, 47-69.
- McClelland, J. L. & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 1. An account of basic findings. *Psychological Review*, *88*, 375-407.
- Meiran, N. (1996). 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.), *Attention and performance 18: Control of Cognitive Processes. Attention and performance series* (S. 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., Gotler, A., Perlman, A. (2001). Old age is associated with a pattern of relatively intact and relatively impaired task-set switching abilities. *Journal of Gerontology: Psychological sciences*, *56B*, 88-102.
- Meuter, R. F. I. & Allport, A. (1999). Bilingual language switching in naming: Asymmetrical

- costs of language selection. *Journal of Memory and Language*, 40, 25-40.
- Meyer, D. E. & Kieras, D. E. (1997a). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 2. Accounts of psychological refractory-period phenomena. *Psychological Review*, 104, 749-791.
- Meyer, D. E. & Kieras, D. E. (1997b). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part I. Basic mechanisms. *Psychological Review*, 104, 3-65.
- Meyer, D. E. & Kieras, D. E. (1999). Precis to a practical unified theory of cognition and action: Some lessons from EPIC computational models of human multiple-task performance. In D. Gopher & A. Koriath (Hrsg.), *Attention and performance XVII: Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application*. *Attention and performance* (S. 17-88). Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- Monsell, S. (2003). Task Switching. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 134-140.
- Monsell, S., Taylor, T. J. & Murphy, K. (2001). Naming the color of a word: Is it responses or task sets that compete? *Memory and Cognition*, 29, 137-151.
- Monsell, S., Yeung, N. & Azuma, R. (2000). Reconfiguration of task-set: Is it easier to switch to the weaker task? *Psychological Research*, 63, G250-264.
- Mowrer, O. H. (1960). *Learning theory and the symbolic processes*. New York: Wiley.
- Münsterberg, H. (1889). *Beiträge zur experimentellen Psychologie, Heft 1*. Freiburg: Mohr.
- Neill, W. T. & Valdes, L. A. (1992). Persistence of negative priming: Steady state or decay? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 565-576.
- 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.
- Neisser, U. (1967). *Cognition and reality*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Neumann, O. & Prinz, W. (1987). Kognitive Antezedenzen von Willkuerhandlungen. In H. Heckhausen, P. M. Gollwitzer & F. E. Weinert (Hrsg.), *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften* (S. 195-215). Berlin: Springer.
- Nieuwenhuis, S. & Monsell, S. (2002). Residual costs in task switching: Testing the failure-to-engage hypothesis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 86-92.
- Norman, D. A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: willed and automatic control of behaviour. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Hrsg.), *Consciousness and self regulation* (Bd. 4, S. 1-18). New York: Plenum.
- Pashler, H. & Baylis, G. (1991). Procedural learning: 2. Intertrial repetition effects in speeded-choice tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and*

- Cognition*, 17, 33-48.
- Pashler, H. & Johnston, J. C. (1989). Chronometric evidence for central postponement in temporally overlapping tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 41 (A), 19-45.
- Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflexes*. London: Oxford University Press.
- Peters, A. (2002). Stärke konkurrierender Mappings als entscheidender Faktor für Task-Set-Inhibition. In van der Meer, E., Hagendorf, H., Beyer, R., Krüger, F., Nuthmann, A. & Schulz, S. (Hrsg.), 43. *Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie* (S. 157). Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Pösse, B. & Hommel, B. (2001). Interaktionen zwischen Reiz- und Reaktions-Bindung und Aufgabenwechsel. In A. Zimmer, K. Lange, K.-H. Bäuml, R. Losse, R. Scheuchenpflug, O. Tucha, H. Schnell & R. Findl (Hrsg.), *Experimentelle Psychologie. Abstracts der 43. Tagung experimentell arbeitender Psychologen* (S. 115). Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Prinz, W. (1997). Perception and action planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9, 129-154.
- Prinz, W. (1998). Die Reaktion als Willenshandlung. *Psychologische Rundschau*, 49, 10-20.
- Quinn, G. & McConnell, J. (1996). Irrelevant pictures in visual working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 49 (A), 200-215.
- Rogers, R. D. & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 207-231.
- Rosenbaum, D. A. (1980). Human movement initiation: Specification of arm, direction, and extent. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 475-495.
- 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.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. & McClelland, J. L. (1986). A general framework for parallel distributed processing. In D. E. Rumelhart, J. L. McClelland & PDP-Research group (Eds.), *Parallel distributed processing* (Bd. 1, S. 45-76). Cambridge: MIT Press.
- Rumelhart, D. E. & McClelland, J. L. (1986a). On learning the past tense of English verbs. In D. E. Rumelhart, J. L. McClelland & PDP-Research group (Eds.), *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition* (Vol. 2). Cambridge: MIT Press.
- Rumelhart, D. E. & McClelland, J. L. (1986b). PDP Models and general issues in cognitive

- science. In D. E. Rumelhart, J. L. McClelland & PDP-Research group (Eds.), *Parallel distributed processing* (Vol. 1, pp. 110-146). Cambridge: MIT Press.
- Rumelhart, D. E. & Norman, D. A. (1982). Simulating a skilled typist: A study of skilled cognitive-motor performance. *Cognitive Science*, 6, 1-36.
- 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.
- Sanders, A. F. (1980). Stage analysis of reaction processes. In G. E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor behavior* (S. 331-354). Amsterdam: North-Holland.
- 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.
- Seward, J. P. (1949). An experimental analysis of latent learning. *Journal of Experimental Psychology*, 39, 177-186.
- Shaffer, L. H. (1965). Choice reaction with variable S-R mapping. *Journal of Experimental Psychology*, 70, 284-288.
- Shaffer, L. H. (1966). Some effects of partial advance information on choice reaction with fixed or variable S-R mapping. *Journal of Experimental Psychology*, 72, 541-545.
- Shallice, T. (1992). Information processing models of consciousness: Possibilities and problems. In A. J. Marcel & E. Bisiach (Hrsg.), *Consciousness in contemporary science* (S. 305-333). Oxford: Clarendon Press.
- Shallice, T. (1994). Multiple levels of control processes. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Hrsg.), *Attention and performance 15: Conscious and nonconscious information processing. Attention and performance series* (S. 395-420). Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- Shiffrin, R. M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms: An experimental analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1951). How to teach animals. *Scientific American*, 185, 26-29.
- Skinner, B. F. (1957). *Verbal behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Smith, E. E. & Jonides, J. (1995). Working memory in humans: Neuropsychological evidence. In M. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neuroscience* (S. 1009-1020). Cambridge, MA: MIT Press.
- Smyth, M. M. & Pendleton, L. R. (1990). Space and movement in working memory.

- Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 42 (A), 291-304.
- Soetens, E. (1998). Localizing sequential effects in serial choice reaction time with the information reduction procedure. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 547-568.
- 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.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: Extensions of donders' method. *Acta Psychologica*, 30, 276-315.
- Stock, A. & Hoffmann, J. (2002). Intentional fixation of behavioural learning, or how R-O learning blocks S-R learning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 14, 127-153.
- Stöcker, C., Sebald, A. & Hoffmann, J. (2003). The influence of response-effect compatibility in a serial reaction time task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56, 685-703.
- 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. (1994). Stimulus-driven capture and attentional set: Selective search for color and visual abrupt onsets. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 799-806.
- Thorndike, E. L. (1898). Animal intelligence. An experimental study of the associative processes in animals. *Psychological Review Monogr. Suppl.*, 2 (8).
- Thorndike, E. L. (1911). *Animal intelligence*. New York: Macmillan.
- Tipper, S. P. (2001). Does negative priming reflect inhibitory mechanisms? A review and integration of conflicting views. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54.
- Tipper, S. P. & Cranston, M. (1985). Selective attention and priming: Inhibitory and facilitatory effects of ignored primes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37, 591-611.
- Tolman, E. C. (1959). Principles of purposive behavior. In S. Koch (Hrsg.), *Psychology: Study of science* (S. 92-157). New York: Mac Grew-Hill.
- Tolman, E. C. & Honzik, C. H. (1930). Introduction and removal of reward, and maze

- performance in rats. *University of California Publications in Psychology*, 4, 257-275.
- Tornay, F. J., Milián, E. G. (2001). A more complete task- set reconfiguration in random than in predictable task switch. *The quarterly journal of experimental psychology*, 54A, 785-803.
- Vallar, G. & Baddeley, A. D. (1982). Short-term forgetting and the articulatory loop. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 34, 53-60.
- Waszak, F. (2001). Task-switching and long-term priming: Role of episodic S-R bindings in task-shift costs. *Ludwig-Maximilians-Universität, München*.
- Waszak, F., Hommel, B. & Allport, A. (in Druck). Task-switching and long-term priming: Role of episodic S-R bindings in task-shift costs. *Cognitive Psychology*.
- Watson, J. B. & Rayner, R. (1920). Conditioned emotional reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 17, 187-194.
- Wundt, W. (1907). *Grundriss der Psychologie*. Leipzig: Engelmann.
- Wylie, G. & Allport, A. (2000). Task switching and the measurement of "switch costs". *Psychological Research*, 63, 212-233.
- Ziessler, M. & Nattkemper, D. (2001). Effect anticipation in action planning. In W. Prinz & B. Hommel (Hrsg.), *Common mechanisms in perception and action. Attention & Performance, Vol. XIX* (S. 645-672). Oxford: Oxford University Press.



## Lebenslauf

Andrea Kiesel  
Herzogring 22  
97241 Bergtheim / Opferbaum

14.08.1974	geboren in Bad Kissingen
1980 – 1984	Grundschule Nüdlingen
1984 – 1993	Staatliches Gymnasium Bad Kissingen
Nov. 1993 bis Okt. 1995	Studium Grundschullehramt mit schulpsychologischem Schwerpunkt an der Otto- Friedrich-Universität Bamberg
Nov. 1995 bis Okt. 2000	Studium Diplom Psychologie an der Julius- Maximilians-Universität Würzburg
seit Nov. 2000	Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin bei Prof. Dr. Joachim Hoffmann am Lehrstuhl für Psychologie III der Julius-Maximilians-Universität Würzburg