
Endogene und exogene Kontrolle im Aufgabenwechselfparadigma

Vom Fachbereich Psychologie
der Universität Konstanz
genehmigte

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

von Marco Steinhauser
aus Illertissen

Konstanz, 2002

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Juli, 2002

1. Referent: Prof. Dr. Ronald Hübner
 2. Referent: Prof. Dr. Walter Bongartz
-

Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei Prof. Dr. Ronald Hübner für die freundschaftliche Zusammenarbeit und die Unterstützung bedanken, die mir auch in schwierigen Phasen der Entstehung dieser Arbeit zuteil wurde. Mein Dank gilt außerdem Prof. Dr. Walter Bongartz für die Übernahme der Begutachtung. Ein weiteres Dankeschön geht an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Kognitive Psychologie, Henrike Moll, Gregor Volberg und Michel Druey, sowie an alle wissenschaftlichen Hilfskräften, Diplomandinnen und Diplomanden, insbesondere Nadine Dable, Nina Hanisch, Eva Renartz und Christina Welte für die Durchführung der Experimente. Nicht unerwähnt sollen Freunde und Korrekturleser wie Matthias Fischer, Marc Weiler, Eva Bonna und Tobias Fleisch bleiben. Ein besonderer Dank gebührt Uta Pohlmann, die auch in einer hektischen Zeit viel zu meiner Seelenruhe beitrug und meinen Eltern Doris und Uli Steinhauser, sowie meiner Schwester Caroline, für die Art Unterstützung, die man nur von einer Familie bekommt.

Zusammenfassung

Wenn Versuchspersonen in einem Block in zufälliger Abfolge zwischen zwei Aufgaben wechseln sollen, entstehen Kosten in Reaktionszeit und Fehlern gegenüber einem Block, in dem immer dieselbe Aufgabe bearbeitet wird. Diese globalen Wechselkosten (Mayr, 2001) sind auch dann beobachtbar, wenn nur Durchgänge verglichen werden, in denen sich die Aufgabe lokal wiederholt. Ein Erklärungsansatz hierfür besteht darin, dass in Wechselblöcken eine endogene Kontrollstrategie verwendet wird, um Interferenz aus exogener Kontrolle entgegenzuwirken oder um relativ schnelle Wechsel der Task Sets zu gewährleisten. Beide Annahmen implizieren, dass diese Strategie durch die wechselnde Bearbeitung der Aufgaben notwendig wird. In vier Experimenten konnte gezeigt werden, dass wechselnde Hinweisreize, nicht aber die wechselnde Bearbeitung der Aufgabe solch eine Strategie auslöst. Durch die Verwendung invalider Hinweisreize wurden Aufgabenwechsel auch in Blöcken eingeführt, in denen immer dieselbe Aufgabe angekündigt wurde. Es zeigte sich in allen Experimenten, dass auch dann globale Kosten zwischen Blöcken mit konstantem und wechselndem Hinweisreiz auftraten, wenn invalide Hinweisreize möglich waren. Die globalen Wechselkosten variierten lediglich mit der Häufigkeit der Aufgabenankündigung, auch wenn diese nicht in Beziehung zur Häufigkeit der Aufgabebearbeitung stand. Daraus wurde geschlossen, dass eine Strategie nicht durch tatsächliche exogene Interferenz, sondern durch die Erwartung von Interferenz ausgelöst wird. Diese und verschiedene andere Ergebnisse (lokale Wechselkosten, Kosten invalider Hinweisreize) wurden in ein Modell integriert, in dem die Interaktion exogener und endogener Kontrolle im Aufgabenwechselfparadigma erklärt werden soll.

Summary

Switching between two tasks in randomized order leads to costs both in response times and errors when compared to a condition where task is held constant. These global switch costs (Mayr, 2001) are even observable in trials where tasks are locally repeated. A possible explanation for this phenomenon could be that under switching conditions subjects use an endogenous control strategy to counteract interference from exogenous control or to ensure relatively fast switching of task sets. Both assumptions imply that this strategy results from the randomized execution of multiple tasks within one block. Results from four experiments showed that it is not the changing execution of tasks but rather the changing indication by explicit cues that triggers such a strategy. Invalid cues were used to construct blocks in which both tasks needed to be executed although only one task is being cued. Global switch costs, as measured by the comparison of blocks with constant and randomized cues, were found even under these invalid cuing conditions. The costs varied merely with the frequency of task cues although this type of frequency did not relate to the frequency of task execution. It was thus concluded that the strategy was not triggered by the interference itself but rather by the expectation of this interference. These and other results (e. g. local switch costs, costs of invalid cues) were integrated in a model describing the interaction of endogenous and exogenous control in the task switching paradigm.

Inhaltsverzeichnis

I. Einführung: Kontrollanforderungen im Aufgabenwechselfparadigma	1
1. Kognitive Kontrolle und Exekutive Funktionen	2
2. Das Aufgabenwechsel-Paradigma und das Konzept der Wechselkosten	14
2.1. Die Interpretation von Wechselkosten: Zwei unterschiedliche Perspektiven	15
2.2. Differenzierungen: Komponenten und Operationalisierung von Wechselkosten	20
3. Lokale Effekte: Die Kosten des Wechsels	24
3.1. Die Rolle der Prästimulus-Rekonfiguration	24
3.2. Die Rolle der Poststimulus-Rekonfiguration	27
3.3. Die Rolle der Antwortselektion	31
3.4. Zusammenfassung: Kontrolle bei lokalen Aufgabenwechseln	37
4. Globale Effekte: Die Kosten des Wechsels	39
4.1. Globale Kosten als Langzeiteffekte lokaler Wechsel?	40
4.2. Strategien der Prästimulus-Rekonfiguration	42
4.3. Strategien der Poststimulus-Rekonfiguration	43
4.4. Strategien der Antwortselektion	44
4.5. Überlegungen zur Natur globaler Wechselkosten	46
II. Experimentelle Befunde: Globale und lokale Komponenten der Kontrolle	48
Einführung	49
Die Untersuchung globaler Kontrollmechanismen	49
Zielsetzung und Paradigma	50
Allgemeine Vorhersagen	56
Experiment 1	58
Methode	58
Resultate	62
Diskussion	69
Experiment 2	74
Methode	76
Resultate	78
Diskussion	83
Experiment 3	86
Methode	87
Resultate	89
Diskussion	92
Experiment 4	95
Methode	98
Resultate	100
Diskussion	103
Gesamtdiskussion	107
Strategien unter Bedingungen invalider Hinweisreize	110
Strategische Ursachen globaler Wechselkosten	117
Schlussfolgerungen: Strategische Kontrolle im Aufgabenwechselfparadigma	128
Literaturverzeichnis	134
Anhang A:	144
Anhang B:	146

I.

Einführung: Kontrollanforderungen im Aufgabenwechselfparadigma

1. Kognitive Kontrolle und Exekutive Funktionen

Seit der kognitiven Wende in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts steht in der Psychologie stärker der Begriff der Handlung als der des Verhaltens im Zentrum der Forschung (siehe etwa Heckhausen, 1991). Der Handlungsbegriff ergänzte die auf Reiz-Reaktions-Assoziationen beschränkte Sichtweise des Behaviourismus um eine Zielkomponente. Fortan wurden nicht nur externe Reize, sondern auch mentale Zustände als Elemente der Verhaltenssteuerung in psychologische Theorien einbezogen.

Im Informationsverarbeitungsansatz der kognitiven Psychologie steht meist eine sehr elementare Variante der Handlung im Vordergrund: Die Aufgabe (engl. *task*). Eine ganze Reihe einfacher Aufgaben wurden in verschiedenen Varianten eingehend untersucht und in Modellen beschrieben, darunter visuelle Suche (z. B. Treisman & Gelade, 1980), Wortbenennung (z. B. Coltheart, 1978) oder Gesichtererkennung (z. B. Bruce & Young, 1986), um nur wenige zu nennen. Die Leistung in solchen Aufgaben wurde meist in Abhängigkeit von bestimmten Reizbedingungen beschrieben. Weitaus weniger Aufmerksamkeit wurde der Frage zuteil, wie intentionale Zustände in die Verarbeitung eingreifen. Wie setzt das kognitive System das Erreichen von Zielen unter ungünstigen Reizbedingungen durch? Wie werden verschiedene Aufgaben zu diesem Zweck kombiniert und koordiniert? Wie sieht die Verarbeitungsinstanz aus, die solche „Metaaufgaben“ leistet? Diese und andere Fragen wurden von Monsell (1996) als „Heart of Darkness“ der kognitiven Psychologie bezeichnet. Sie lassen sich unter dem Stichwort „kognitive Kontrolle“ zusammenfassen (vgl. auch Kluwe, 1997).

In den letzten Jahren wurde ein Paradigma wiederentdeckt, das sich als vielversprechendes Instrument zur Erkundung dieser Fragestellungen erwiesen hat: Das Aufgabenwechsel-Paradigma. Hierbei sollen Versuchspersonen meist anhand desselben Reizmaterials mehrere Aufgaben in zufälliger oder vorgegebener Reihenfolge bearbeiten. Die hierbei beobachtete Leistungseinbuße gegenüber wiederholter Bearbeitung wurde zunächst als Indiz für einen endogenen Kontrollprozess gesehen, der das kognitive System auf die neue Aufgabe vorbereitet. Es zeigte sich jedoch, dass eine Vielzahl von Kontrollproblemen in diesem Kontext auftreten und untersucht werden können. Die folgenden Kapitel sollen einen Überblick über zeitgenössische Arbeiten zur kognitiven Kontrolle unter Wechselbedingungen geben. Zunächst soll jedoch ein genereller Blick auf das Problem kognitiver Kontrolle geworfen werden.

Kontrollprobleme im Alltagsverhalten und bei Schädigung des Frontalhirns

Welche Anforderungen an eine kognitive Kontrollinstanz gestellt werden können, zeigt sich u.a. in *Handlungsfehlern* (engl. *action slips*), die Menschen im Alltagsverhalten unterlaufen (Norman, 1981;

Reason, 1979, 1990). Ein vielzitiertes Fehlverhalten entstammt einem Bericht von William James (1890), der sein Schlafzimmer betrat, um seine Kleidung zu wechseln und sich im Bett liegend wieder fand. Diese Anekdote dokumentiert den Fall, dass ein externaler Kontext eine gut geübte Verhaltenstendenz aktiviert, die nicht mit den eigentlichen Handlungszielen übereinstimmt. Solche „capture errors“ sind ein Beispiel dafür, wie externe Reize und interne Ziele um die Verhaltenssteuerung konkurrieren können.

Der Einfluss der Umwelt ist noch deutlicher erkennbar bei Patienten mit *Läsionen des präfrontalen Kortex*. Ähnlich dem „capture error“ ist dort sogenanntes „utilisation behavior“ (Lhermitte, 1983) beobachtbar. Baddeley (1986) beschreibt den Fall des Patienten R.J., der eine Schnur abmessen sollte, um sie später abschneiden zu können. Dieser ergreift stattdessen die Schere und durchschneidet sie sofort. In vollem Wissen, dass er sie nicht schneiden soll, kann er sein Verhalten nicht unterbrechen.

Solch auffälliges Verhalten ist auch im experimentellen Kontext beobachtbar. Perret (1974) präsentierte einem Patienten mit linksfrontaler Läsion Farbwörter, deren Schriftfarbe von der Bedeutung abwichen (z. B. das Wort „BLAU“ in roter Farbe; Stroop, 1935). Der Patient war nicht in der Lage, die Farbe des Wortes zu nennen, stattdessen nannte er immer das Wort selbst. Tatsächlich kann der Stroop-Effekt, d.h. die Interferenz, die die Wortbedeutung auf die Farbnennung ausübt, u.a. darauf zurückgeführt werden, dass das Lesen des Wortes geübter ist als das Benennen der Farbe (MacLeod, 1991; MacLeod & Dunbar, 1988). Das Ziel „Farbe benennen“ konnte sich nicht gegen die Aktivierung des Verhaltens „Wort benennen“ durch den Reiz durchsetzen.

Neben der Initiierung zielgerichteter Handlungen kann auch flexibles Wechseln von Zielen beeinträchtigt sein. Milner (1963) untersuchte Patienten mit Frontalhirnläsion mit dem Wisconsin Card Sorting Test (WCST). Bei diesem Test sollen mit Symbolen bedruckte Karten nach einer bestimmten Regel sortiert werden. Die Karten unterscheiden sich in den Dimensionen Anzahl, Form und Farbe der Symbole. Die Patienten ordnen die Karten zunächst aufgrund einer Dimension einer von mehreren vorgegebenen Zielkarten zu. Der Versuchsleiter gibt nach jeder Karte Rückmeldung, ob die Zuordnung korrekt war. Aufgrund dieser Rückmeldung müssen die Patienten herausfinden, ob die aktuelle Regel (z. B. Anzahl) noch gültig ist oder ob eine neue Regel verwendet werden muss. Wechselt die Regel, muss die neue Dimension durch Probieren herausgefunden werden. Die Patienten unterschieden sich von einer Kontrollgruppe darin, dass sie eine einmal eingeschlagene Regel nicht mehr ändern konnten. Trotz negativer Rückmeldung wurde dieselbe Regel immer wieder angewendet. Milner (1963) erklärte diese Perseverationen durch die Unfähigkeit, die Aktivierung von geübten Verhaltensschemata zu überwinden.

Diese Beispiele zeigen nur eine kleine Auswahl von Störungen kognitiver Kontrolle nach Frontalhirnläsionen auf. Häufig wird bei solchen Patienten von einem sogenannten Dysexekutiven Syndrom gesprochen. Die Klasse der dort gestörten kognitiven Prozesse wird als *Exekutive Funktionen* bezeichnet,

die vor allem Fähigkeiten zur Zielbildung und –ausführung umfasst. Lezak (1995) gliedert diese in die Kategorien Volition (willentliche Bildung von Zielen), Planung, Ausführung und Überwachung (engl. *monitoring*).

Endogene und exogene Kontrolle in einem Modell zur Verhaltenssteuerung

Ein einflussreiches Modell der Verhaltenssteuerung, das oft zur Erklärung solcher Störungen herangezogen wurde, stammt von Norman und Shallice (1986). Es nimmt an, dass die Aktivierung eines Handlungsschemas bestimmt, ob es Kontrolle über Verhalten erlangt. Eine der Quellen dieser Aktivierung sind äußere Reize, die über eine „Data Trigger Base“ mit den Schemata verknüpft sind. In einem Prozess, der „Contention Scheduling“ genannt wird, hemmen und aktivieren sich Schemata gegenseitig, bis eines als Sieger hervorgeht und zur Ausführung kommt. Unter bestimmten Bedingungen sind diese Mechanismen jedoch nicht ausreichend, um zielgerichtetes Verhalten zu ermöglichen. Im obigen Beispiel der Stroop-Reize soll das Schema „Farbe benennen“ ausgelöst werden, der Reiz aktiviert aber das Schema „Wort benennen“. In solchen Fällen muss eine weitere Instanz Schemata aktivieren und hemmen, um Ziele z. B. gegen habituiertes Verhalten durchzusetzen. Norman und Shallice (1986) nennen diese Instanz „Supervisory Attentional System“ (SAS).

Dieses Modell verfügt über Eigenschaften, die in einer Reihe von Theorien eine Rolle spielen. So nimmt es Handlungsschemata an, die unter bestimmten Bedingungen aktiv werden. Solche „Wenn-Dann-Regeln“ findet man auch in sogenannten Produktionssystemen (z. B. Anderson, 1976; Laird, Newell & Rosenbloom, 1987; Newell, 1973) und in Form von Assoziationen in konnektionistischen Modellen (z. B. Grossberg, 1988; Rumelhart & McClelland, 1986) wieder. Die Auswahl des verhaltenswirksamen Schemas erfolgt über einen Wettbewerb, der durch die relative Aktivierung der Schemata untereinander entschieden wird. Diese Aktivierung erfolgt zum einen durch Reize, was häufig als „bottom-up“ oder *exogene Kontrolle* bezeichnet wird. Zum anderen greift eine interne Kontrollinstanz ein, die „top-down“ oder *endogene Kontrolle* ausübt. Dieses Steuerungsprinzip wurde in der Vergangenheit in verschiedensten Modellen eingesetzt, die zur Simulation einzelner Aufgaben entwickelt wurden. Darunter finden sich u.a. neuronale Netzwerke zur Simulation des bereits beschriebenen Stroop-Effekts (Cohen, Dunbar & McClelland, 1990) oder stochastische Wettlaufmodelle visueller Aufmerksamkeit (Bundesen, 1990). Jede dieser Theorien nimmt analog zum Modell von Norman und Shallice (1986) an, dass endogene und exogene Einflüsse interaktiv die Ausgabe des Gesamtsystems ermitteln. Die Untersuchung von exogener Kontrolle bei einfachen Aufgaben wird seit langer Zeit experimentell untersucht. Hierbei steht die Frage im Zentrum, wie nichtrelevante Eigenschaften von Reizen die Antwortzeiten beeinflussen können.

Exogene Antwortaktivierung in Wahlreaktionsaufgaben

Die nichtintentionale, automatische Aktivierung von Antworttendenzen durch Reize kann in verschiedenen klassischen Paradigmen beobachtet werden (eine Übersicht findet sich bei Hommel, 2000). Den einfachsten Fall stellen sogenannte *Eriksen-* oder *Flankeraufgaben* dar (Eriksen & Eriksen, 1974). Hierbei wird eine Wahlreaktion auf ein zentral dargebotenes Symbol gefordert. Das Zielsymbol ist von Distraktoren (Ablenkreizen) umgeben, die ebenfalls Teil der Menge möglicher Zielsymbole sind. Die Antwortzeit hängt nun davon ab, ob die Distraktoren zur selben oder zu einer anderen Antwort führen würden. Eriksen und Schultz (1979) interpretierten diesen Effekt als gegenseitige Verstärkung oder Hemmung automatisch aktivierter Antworttendenzen.

Die Eriksenaufgabe ist ein Beispiel dafür, wie eine intendierte Klassifikationsregel fälschlicherweise bei irrelevanten Reizen zur Anwendung kommt. Ein ähnliches Phänomen kann im bereits beschriebenen *Stroop-Paradigma* (Stroop, 1935) beobachtet werden. Soll die Farbe des Reizes benannt werden, hängt die Antwortzeit stark von der Ausprägung der irrelevanten Reizebene, dem Farbwort, ab. Im Gegensatz zum Eriksen-Paradigma löst nicht ein Distraktorreiz, sondern eine irrelevante Reizeigenschaft eine Antworttendenz aus. Spezifisch für die Stroop-Interferenz ist außerdem, dass sie auch dann auftritt, wenn das Farbwort selbst nie benannt werden sollte. Dies wird dadurch erklärt, dass es eine stark überlernte Assoziation zwischen Wörtern und verbalen Antwortrepräsentationen gibt (Cohen et al., 1990).

Ein weiteres Beispiel, wie Antworten durch Reizeigenschaften aktiviert werden, die für die aktuelle Aufgabe irrelevant sind, findet sich im sogenannten *Simon-Effekt* (Simon & Small, 1969). Wahlreaktionen auf Reize werden hierbei durch die räumliche Kompatibilität von Reiz und Reaktion moduliert. Werden Reize und Reaktionstasten räumlich angeordnet, dann sind Antworten schneller, bei denen der Reiz auf derselben Position erscheint wie die geforderte Antwort (z. B. linker Reiz – linke Reaktions-taste), unabhängig von der tatsächlich zu klassifizierenden Reizeigenschaft (z. B. der Identität des Reizes).

Stroop- und Simon-Effekt sind Beispiele dafür, dass nicht nur Assoziationen zu exogener Antwortaktivierung führen, die im Laufe eines Experiments erworben werden, sondern auch solche, die zum einen überlernt (Wort und verbale Repräsentation) oder zum anderen „natürlich“ sind, weil sie auf gemeinsamen Eigenschaften von Reizen und Reaktionen beruhen (räumliche Position des Reizes und räumliche Position der Antwort). Doch auch für solche Fälle konnte gezeigt werden, dass sie durch Lernerfahrung erworben werden können. MacLeod und Dunbar (1988) ließen geometrische Formen durch willkürlich zugeordnete Farbwörter benennen. Nach intensivem Training sollten die Versuchspersonen nun die Farbe dieser Formen nennen. Wie bei Stroop-Reizen hing die Antwort auch jetzt davon ab, ob die irrelevante Form mit dem zuvor gelernten Farbwort übereinstimmte. Proctor und Lu (1999) ließen Versuchspersonen intensiv eine räumlich inkompatible Klassifikation erlernen, d.h. linke

Reize sollten durch die rechte Taste und umgekehrt beantwortet werden. Später wurde eine typische Simon-Aufgabe durchgeführt: Buchstaben, die räumlich kompatibel oder inkompatibel zur Antwort positioniert waren, wurden aufgrund ihrer Identität klassifiziert. Es zeigte sich ein invertierter Simon-Effekt, d.h. räumlich inkompatible Anordnungen zwischen Reizen und Antworten wurden schneller beantwortet. Die zuvor erlernte Assoziation zwischen linker bzw. rechter Position und rechter bzw. linker Antwort wurde offensichtlich exogen aktiviert.

Kontrollierte und automatische Verarbeitung

Während die Untersuchung reizseitiger Faktoren der Verhaltenskontrolle in solchen Einzelaufgaben intensiv vorangetrieben wurde, liegt die Frage, wie Intentionen Aufgabenprozesse steuern noch weitgehend im Dunkeln. Eine Vielzahl von Begriffen wurden geschaffen, um einen Mechanismus zu bezeichnen, der intentionale Kontrolle ausübt: Frühe Formulierungen, wie „the Will“ (James, 1890) oder „wilsorgaan“ (Donders, 1868) wurden durch „Central Executive“ (Baddeley, 1986) oder SAS (Norman & Shallice, 1986) ersetzt. Über die Struktur und Funktionsweise dieser *Kontrollinstanzen* wurde jedoch nur wenig ausgesagt. Wichtige Fragen sind hierbei, wer oder was diese Kontrollinstanzen dirigiert, unter welchen Bedingungen endogene Kontrolle ausgeübt wird und welcher Art diese Kontrolle ist.

Die erste Frage betrifft das sogenannte Homunkulus-Problem. Entscheidungen, die vorher das Subjekt traf werden jetzt auf eine Kontrollinstanz übertragen, die selbst dem Subjekt gleichgesetzt werden kann. Erklärungssätze wie „die Versuchsperson initiiert eine Antwort“ werden ersetzt durch „die zentrale Exekutive initiiert eine Antwort“. Ein Erklärungsgewinn wird dadurch nicht erzielt. Ein beträchtlicher Fortschritt stellt das Konzept von Zielen dar. Für Duncan (1986, 1993) sind *Zielrepräsentationen*, sogenannte Ziellisten, ausschlaggebend für die Verhaltenskontrolle. Diese resultieren aus der Umwelt (z. B. der Instruktion des Versuchsleiters) oder intern generierten Bedürfnissen. Die Annahme eines Homunkulus kann dadurch umgangen werden. In Modellen der kognitiven Kontrolle dienen Ziele als Quelle der Aktivierung für aufgabenrelevante Strukturen (z. B. ACT, Anderson, 1983, 1993). Sie übernehmen dort die Aufgabe, die Norman und Shallice (1986) dem SAS zugeordnet haben. Logan und Gordon (2001) nahmen an, dass in einer experimentellen Situation aus verbalen Zielrepräsentationen, die durch die Instruktion induziert werden, Parameter der Aufgabenbearbeitung generiert werden.

Die zweite Frage ist die nach den Umständen, die endogene Kontrolle notwendig machen. Norman und Shallice (1986) nannten eine Reihe von Kriterien, die sich vor allem auf Erfahrungen aus Patientenstudien stützen. Die Beteiligung endogener Kontrolle ist demnach notwendig, wenn a) die Aufgabe Planung oder Entscheidungsfindung beinhaltet, b) Fehlerkorrektur erforderlich wird, c) neue Handlungssequenzen benötigt werden, d) gefährliche oder schwierige Aufgaben bearbeitet werden, e) stark habituiertes Verhalten überwunden werden muss. Auf ihr Modell übertragen bedeutet dies, dass die

Kontrollinstanz in solchen Situationen eingreift, in denen gelernte Handlungsschemata, die durch Reize aktiviert werden, nicht zu zielkonformem Verhalten führen.

Ähnliche Annahmen machen auch Theorien, die sich unter dem Stichwort kontrollierte vs. automatische Verarbeitung einordnen lassen. Hier finden sich Arbeiten, bei denen sich in verschiedenen experimentellen Situationen scheinbar unterschiedliche Modi der Verarbeitung zeigten. Unterschieden wird ein *automatischer Modus*, in dem die Verarbeitung parallel, interferenzfrei, exogen kontrolliert und ohne bewußte Einsicht abläuft und ein *kontrollierter Modus*, der kapazitätsbegrenzte, endogen kontrollierte und bewußte Verarbeitung umfasst.

Bei Shiffrin und Schneider (1977) und Schneider und Shiffrin (1977) sollten Versuchspersonen entscheiden, ob in einer Menge von Buchstaben einer von mehreren Zielbuchstaben enthalten ist. Wenn die Menge der Zielbuchstaben immer dieselbe ist („constant mapping“), dann werden die Antwortzeiten mit zunehmender Übung schneller. Außerdem ist die Leistung unabhängig von der Zahl der Buchstaben am Bildschirm. Wechseln die Zielbuchstaben hingegen, wodurch dieselben Buchstaben in manchen Durchgängen Ziele, in anderen hingegen Distraktoren sind („varied mapping“), dann ist die Leistung unabhängig von der Übung, nimmt aber mit der Zahl der Buchstaben am Bildschirm zu. Shiffrin und Schneider (1977) nahmen an, dass die erstere Bedingung einer automatischen Verarbeitung mit paralleler Suche, letztere hingegen einer kontrollierten Verarbeitung mit serieller Suche entsprach. Mehrere Experimente zeigten, dass Automatisierung dann eintrat, wenn Reize und Antworten konstant einander zugeordnet waren.

Logan (1988) formulierte später seine Theorie der Automatisierung. Hierbei nahm er an, dass Reiz-Reaktions-Episoden automatisch enkodiert und abgerufen werden. Die Beantwortung eines Durchgangs aufgrund des exogenen, automatischen Abrufs einer früheren Episode konkurriert hierbei mit einem endogenen, kontrollierten Verarbeitungsalgorithmus. Der schnellere der beiden Verarbeitungspfade dominiert jeweils die Antwort und die resultierende Antwortzeit. Je mehr einzelne Episoden einer spezifischen Reiz-Reaktions-Verbindung enkodiert sind, d.h. je häufiger diese durchgeführt wurde, desto schneller führt deren Abruf zu einer Antwort. Während zunächst der Algorithmus die Verarbeitung dominiert, nimmt mit zunehmender Übung die Wahrscheinlichkeit zu, dass die automatische Verarbeitung den Wettlauf gewinnt. Verhalten wird somit mit zunehmender Übung exogen gesteuert.

Die Forschung im Bereich automatisierter Prozesse trug nur bedingt zum Verständnis endogener Kontrolle bei. Auch die Kritik an der Annahme zweier unabhängiger Verarbeitungsmodi nahm zu (z. B. Neumann, 1984). Aus den Theorien automatischer Verarbeitung geht jedoch hervor, wann Automatisierung einsetzt. Die Annahme liegt nahe, dass endogene Kontrolle immer dann notwendig wird, wenn automatisierte Prozesse für die zielkonforme Bearbeitung einer Aufgabe nicht ausreichen bzw. dieser sogar entgegenwirken.

Endogene Kontrolle und strategische Verarbeitung

Damit stellt sich die dritte Frage, die nach der Natur endogener Kontrolle. Neben der Aktivierung aktuell relevanter Repräsentationen durch Ziele, sehen einige Autoren auch in der *Hemmung* irrelevanter Repräsentationen einen wichtigen Steuerungsmechanismus. Dies gilt zum einen für Situationen, in denen bestimmte Informationen oder Repräsentationen gegenüber konkurrierenden selektiert werden müssen (z. B. konkurrierende Reize, Houghton & Tipper, 1994), zum anderen in Situationen, in denen die Aktivierung von Repräsentationen früherer Verarbeitung rückgängig gemacht werden muss (sogenannte sequentielle Inhibition, ein Überblick findet sich bei Mayr & Keele, 2000). Der Nachweis erfolgter Hemmung impliziert jedoch nicht, dass diese durch endogene Kontrolle ausgelöst wurde. Es wird ebenfalls angenommen, dass konkurrierende Elemente sich „automatisch“ gegenseitig hemmen (vgl. „Contention Scheduling“ bei Norman & Shallice, 1986) oder dass Repräsentationen, die erfolgreich selektiert wurden, einer Selbsthemmung unterliegen (MacKay, 1987).

Um solche Effekte jedoch auf endogene Kontrollmechanismen zurückführen zu können, sind Kriterien erforderlich, die exogene Quellen und automatische Verarbeitung ausschließen. Eine Möglichkeit ist die Untersuchung der Frage, ob ein Mechanismus durch *Strategien* oder *Erwartungen* der Versuchsperson modifizierbar ist. Solch eine Argumentation wurde von Posner (1978, 1980) und Posner, Snyder und Davidson (1980) bei der Untersuchung von räumlichen Aufmerksamkeitsprozessen eingesetzt. Versuchspersonen sollten eine einfache Reaktion auf das Einsetzen eines visuellen Testreizes zeigen. Die räumliche Position des Reizes wurde zuvor durch einen Hinweisreiz angezeigt, der jedoch nur mit bestimmter Wahrscheinlichkeit valide Information lieferte. Es wurden zwei Arten von Hinweisreizen verwendet: Sogenannte zentrale Hinweisreize zeigten die Position des Testreizes durch einen Pfeil an. Periphere Hinweisreize hingegen waren Reize, die selbst an der vermeintlichen Position aufleuchteten. Beide Arten von Hinweisreizen konnten Nutzen für Reaktionszeit und Fehlerrate erbringen, wenn sie den Ort valide ankündigten bzw. Kosten, wenn sie diesen invalide ankündigten. Periphere Hinweisreize erzeugten diese Effekte jedoch immer, unabhängig von der Wahrscheinlichkeit, mit der sie die Position valide ankündigten. Sie zogen automatisch Aufmerksamkeit auf den jeweiligen Ort. Zentrale Hinweisreize hingegen wurden von den Versuchspersonen nur genutzt, wenn ihre Validität ausreichend hoch war. Diese Ergebnisse zeigten, dass räumliche Aufmerksamkeit zum einen exogen durch die peripheren Hinweisreize, zum anderen endogen durch die zentralen Hinweisreize kontrolliert wird. Der Beleg für die endogene Natur des letzteren Mechanismus ist seine Abhängigkeit vom Wissen der Versuchsperson. Eine ähnliche Logik wendeten Posner und Snyder (1975) auf eine Wahlreaktionsaufgabe an. Auch hier kamen sie zum Schluss, dass exogene Kontrollmechanismen immer wirksam seien, endogene Prozesse jedoch von ihrem jeweiligen Nutzen in der spezifischen Situation abhängen.

Begreift man endogene Kontrolle als Teil einer adaptiven Strategie zur Optimierung und Sicherstellung der Leistung bei zielgerichtetem Verhalten, dann ergeben sich neue Zugänge zu deren Untersu-

chung. Die Untersuchung von Strategien in einfachen Entdeckungs- und Wahlreaktionsparadigmen hat eine lange Tradition (vgl. Sperling und Doshier, 1986). Ein bekanntes Beispiel, wie Strategien entwickelt werden, um experimentellen Anforderungen zu genügen, ist das Phänomen des *Speed-Accuracy-Tradeoffs* (Übersichten finden sich in Luce, 1986; Pachella, 1974; Sanders, 1998; Wickelgren, 1977). Zwischen Fehlerraten und Antwortzeiten kann eine negative Korrelation beobachtet werden. Je schneller eine Antwort erfolgen soll, desto höher ist die Fehlerrate. Die Priorität der beiden Maße kann von der Versuchsperson graduell variiert werden. Dies kann u.a. durch folgende Überlegung erklärt werden: Bei einer Wahlreaktion steigt die Sicherheit, mit der eine von mehreren Antwortalternativen die richtige ist mit der Zeit an. Die Antwort erfolgt dann, wenn diese Sicherheit ein bestimmtes Kriterium überschritten hat. Die Wahl dieses Kriteriums entscheidet über das Verhältnis von Antwortzeit und Fehler. Ein hohes Kriterium verursacht geringe Fehlerraten, da ein hohes Maß an Sicherheit notwendig ist, um das Kriterium zu erreichen. Im Gegenzug ist die Antwortzeit länger. Ein niedriges Kriterium sorgt für schnelle Reaktionen, erzeugt aber höhere Fehlerwahrscheinlichkeiten. An diesem Phänomen wird deutlich, dass einfache Parameter wie *Entscheidungskriterien* strategisch eingesetzt werden können, um bestimmten experimentellen Anforderungen zu entsprechen. Eine dieser Anforderungen, die solch ein Entscheidungskriterium beeinflusst, ist die typische Instruktion an eine Versuchsperson, möglichst schnell zu reagieren, aber eine bestimmte Fehlerrate nicht zu überschreiten.

Auch in anderen Aufgabentypen wurden strategisch manipulierbare Parameter des Entscheidungsprozesses in einfachen Aufgaben postuliert. Ähnlich wie bei Logan (1988) wird in Dual-Route-Modellen der Wortbenennung (Coltheart, 1978; Coltheart, Curtis, Atkins & Haller, 1993; Patterson & Morton, 1985) angenommen, dass verschiedene Prozesse gleichzeitig zu einer Antwort führen können. Eine Strategie der Versuchspersonen kann nun darin bestehen, diese verschiedenen Evidenzquellen unterschiedlich zu gewichten (Baluch & Besner, 1991; Tabossi & Laghi, 1992). Logan (1980) und Logan und Zbrodoff (1979) zeigten, dass Effekte exogener Antwortaktivierung im Stroop-Paradigma davon abhängen, ob die relevante und irrelevante Ebene zur selben Antwort führen kann bzw. wie häufig solche antwortkongruenten Reize sind. Wenn das Farbwort die Auswahl der richtigen Antwort häufiger unterstützen kann, dann wird diese Information höher gewichtet, was zu stärkeren Unterschieden zwischen kongruenten und inkongruenten Reizen führt.

Strategische Effekte bei einfachen Aufgaben können offensichtlich durch die Wirkung von Kontrollparametern beschrieben werden, die den Verarbeitungsfluss steuern. Wo wird jedoch tatsächlich endogene Kontrolle ausgeübt? Eine Möglichkeit ist die, dass die Kontrolle vor allem im Setzen von Zielen und der Auswahl der geeigneten Parameter besteht, weniger in der Durchführung der Aufgaben selbst. Diese Kontrolle kann im wesentlichen in der Vorbereitung auf eine Aufgabe angewendet werden. Es ist somit nicht verwunderlich, dass verschiedene Autoren der Ansicht waren, dass endogene Kontrolle die Aufgaben vorbereiten kann, die Aufgabenbearbeitung aber reizgesteuert und reflexhaft

abläuft. Norman und Shallice (1986) nahmen selbst an, dass das SAS vorbereitend relevante Schemata voraktiviert und externe Einflüsse den weiteren Informationsfluss bestimmen. Solch ein Modell wurde von verschiedenen Autoren unter dem Namen „*Prepared Reflex*“ diskutiert und auf Wahlreaktionsparadigmen angewendet (Hommel, 2000; Woodworth, 1938).

Die Vorbereitung wird hierbei häufig als die Implementation eines sogenannten *Task Sets* beschrieben. Als solches ist ein Zustand des kognitiven Systems gemeint, in dem es auf eine bevorstehende Aufgabe optimal vorbereitet ist. Es entspricht der “(...) configuration of perceptual, attentional, mnemonic, and motor processes critical for a particular task goal” (Mayr & Keele, 2000; S. 5). Dies impliziert, dass relevante Reiz-Reaktions-Assoziationen so aktiviert sind, dass ein Reiz zur zielkonformen Antwort führt. Logan und Gordon (2001) sehen darin auch die Konfiguration aufgabenrelevanter Parameter und Ziele. Rogers und Monsell (1995) weisen darauf hin, dass auch einfache Aufgaben durch eine Kette von Prozessen bearbeitet werden, deren Reihenfolge im Task Set festgelegt sein muss. Eine engere Interpretation des Begriffs Task Set wird uns später in der Sichtweise von Allport und Wylie (2000) und Fagot (1994) begegnen. Auch das Aufgabenwechselfaradigma, das in den weiteren Kapiteln diskutiert wird, diente ursprünglich vor allem zur Untersuchung der Frage, wie endogene Kontrolle bei der Vorbereitung neuer Aufgaben wirkt. Zuvor soll jedoch noch auf ein Paradigma eingegangen werden, das dem des Aufgabenwechsels in einigen Punkten sehr ähnlich ist.

Endogene Kontrolle bei Doppelaufgaben

Die Frage, inwieweit Kontrolle bei einfachen Wahlreaktionen involviert ist, kann möglicherweise auf die Einrichtung eines solchen Task Sets reduziert werden. Ein Prepared Reflex Modell könnte für die Anforderungen einfacher Wahlreaktionen genügen. Deutlich höhere Kontrollanforderungen stellen sich bei der Durchführung sogenannter Doppelaufgaben. Eine Reihe von Paradigmen wurde im Laufe der Zeit untersucht (vgl. Pashler, 1993). Die einfachste Form der Doppelaufgabe erfordert die gleichzeitige Bearbeitung zweier Aufgaben, z. B. Klavierspielen und einer Geschichte zuhören (Allport, Antonis & Reynolds, 1972).

Eine andere Variante ist die Bearbeitung zweier Aufgaben in schneller Folge. Hierbei werden Versuchspersonen zwei Reize in kurzem Abstand dargeboten, wobei sie zuerst auf den ersten, dann auf den zweiten Reiz anhand jeweils unterschiedlicher Aufgaben antworten sollen (z. B. manuelle Klassifikation eines visuellen Reizes und verbale Klassifikation eines auditorischen Reizes anhand unterschiedlicher Klassifikationsregeln). Normalerweise zeigt sich hierbei, dass die Reaktionszeit der zweiten Aufgabe länger wird, je kürzer der Abstand zwischen der Darbietung beider Reize ist. Dieser robuste Effekt wurde als *Psychologische Refraktärperiode* (PRP) bezeichnet und gab dem Paradigma seinen Namen (Telford, 1931; Welford, 1952; Übersichten finden sich bei Meyer & Kieras, 1997a, b; Pashler, 1994).

Sogenannte Ein-Kanal-Theorien (*Single Channel Theory*; Telford, 1931) interpretieren den PRP-Effekt als Hinweis darauf, dass zwei Aufgaben nicht vollständig parallel bearbeitet werden können. Vielmehr werden zumindest Teile der Informationsverarbeitung durch einen Verarbeitungskanal geleistet, den nur eine Aufgabe zum gleichen Zeitpunkt durchlaufen kann. Bestimmte Eigenschaften des PRP-Effekts stützen diese Annahme: Ist der Abstand der beiden Reize, die sogenannte *Stimulus Onset Asynchrony* (SOA) kurz, dann muss mit der Bearbeitung der zweiten Aufgabe gewartet werden, bis die erste beendet wurde. Die Erhöhung des SOA um einen bestimmten Betrag lässt die Wartezeit um denselben Betrag sinken. Ab einer bestimmten Dauer des SOA, läuft die Bearbeitungszeit der zweiten Aufgabe jedoch auf einen konstanten Wert zu. Die Tatsache, dass die maximale Verzögerung (SOA = 0) nicht der Dauer von Aufgabe 1 entspricht, spricht dafür, dass zumindest Teile der Aufgabenbearbeitung überlappen können (Karlin & Kestenbaum, 1968). Dies steht im Gegensatz zu einem Globalen Ein-Kanal-Modell (Craik, 1948; Welford, 1952). Stattdessen fanden spätere Arbeiten mit dem PRP-Paradigma verschiedene Befunde, die für Flaschenhalse („Bottlenecks“) an spezifischen Stellen des Informationsflusses sprachen. Das populärste Modell ist das eines zentralen Flaschenhalses (*Central Bottleneck Model*; Pashler, 1984, 1990, 1993, 1994; Smith, 1967; Welford, 1967). Es besagt, dass der Prozess, der die Reizinformation in Antwortinformation übersetzt, die sogenannte Antwortselektion, nur von einer Aufgabe zur selben Zeit durchlaufen werden kann. Flaschenhals-Modelle implizieren für gewöhnlich, dass ein kontrollierter, endogener Mechanismus für die Bearbeitung einer Aufgabe notwendig ist, welcher den Flaschenhals erzeugt.

Tatsächlich wurden im Laufe der Zeit eine große Menge an Ergebnissen veröffentlicht, die weder von diesem, noch von anderen Flaschenhals-Modellen allein erklärt werden konnten. DeJong (1993, 1994) schloss daraus und aus eigenen Experimenten, dass Flaschenhalse prinzipiell an mehreren Stellen existieren könnten und nicht zwangsläufig einer Verarbeitungsstufe inhärent sind. Vielmehr bedingt der Aufgabenkontext, an welcher Stelle ein Flaschenhals, und somit ein Akt endogener Kontrolle notwendig wird. Endogene Kontrolle könnte somit auch in Doppelaufgaben an strategische Erwägungen gebunden sein.

Meyer und Kieras (1997a, b) gingen einen Schritt weiter. Sie lehnten die Annahme von Flaschenhälsen vollständig ab und postulierten, dass Aufgabenbearbeitung prinzipiell parallel erfolgen kann. Die PRP-Effekte erklärten sie ebenfalls dadurch, dass bestimmte Aufgabenbedingungen eine Strategie induzieren, bei der Teile der Aufgabenbearbeitung zeitweilig zurückgehalten werden. Ihr *Strategic Response Deferment Model* nimmt an, dass bei kurzer Abfolge der Reize zwar beide Aufgaben gleichzeitig bearbeitet werden, die Antwortproduktion der zweiten Aufgabe aber verzögert wird. Ursache dafür ist die Instruktion, zuerst den ersten, dann den zweiten Reiz zu beantworten. Um zu verhindern, dass die zweite Antwort zuerst gegeben wird, wird deren Produktion solange angehalten, bis die erste Antwort initiiert wurde. Um dieses Modell zu testen, simulierten sie die beteiligten Prozesse innerhalb einer Produktionssystemarchitektur. In diesem Simulationsansatz wird Informationsverarbeitung durch

die Arbeit von Produktionen, einfachen Wenn-Dann-Regeln, simuliert (z. B. Anderson, 1976; Laird et al., 1987; Newell, 1973). Neben aufgabenbezogenen Prozessen realisierten sie auch Kontrollprozesse als Gruppe von Produktionen, die die Aufgabenprozesse anhalten und freigeben, um die Vorgaben einer Koordinierungsstrategie zu erfüllen. Die Simulationen konnten tatsächlich eine Reihe von Effekten im PRP-Paradigma erklären.

Einer ähnlichen Überlegung folgten auch Logan und Gordon (2001) in ihrem *ECTVA-Modell* (Executive Control of TVA), das eine Erweiterung der Theory of Visual Attention von Bundesen (1990) und dem EBRW-Modell (Exemplar based Random Walk) von Nosovsky und Palmeri (1997) darstellt. Sie machten ebenfalls einen strategisch gewählten Ablauf einzelner Teilprozesse für den PRP-Effekt verantwortlich. Ihrer Theorie zufolge treten unter bestimmten Bedingungen zwei Probleme auf. Das sogenannte „Dual-Task-Binding-Problem“ tritt auf, weil das kognitive System nicht weiss, welcher der beiden Antworten aufgrund des ersten und des zweiten Reizes aktiviert wurde. Um dieses Problem zu lösen, wird die Antwortselektion der beiden Aufgaben in serieller Abfolge verarbeitet. Ein separater Schritt wechselt zwischen den Konfigurationen der beiden Aufgaben. Das „Serial-Order-Problem“ tritt auf, weil nach der Selektion der ersten Antwort diese weiterhin aktiviert bleibt. Um eine wiederholte Produktion dieser Alternative zu verhindern, muss der Selektionsprozess zurückgesetzt werden, was erneut eine Art Rekonfiguration erfordert.

Ähnlich wie im Prepared Reflex Modell werden somit Schritte der Aufgabenvorbereitung durch endogene Kontrolle geleistet, während die Aufgabenbearbeitung automatisch und exogen gesteuert abläuft. Bestimmte Probleme der Doppelaufgabensituation führen dazu, dass nicht beide Aufgaben gleichzeitig vorbereitet und durchgeführt werden. Vor Beginn des Reizes wird vielmehr ein Task Set erstellt, das die Parameter des Ablaufs beider Aufgaben enthält. Anhand dieser werden dann im Laufe der Verarbeitung die Aufgabenprozesse nacheinander konfiguriert, was eine serielle Verarbeitung erzeugt.

Es wäre somit möglich, dass auch bei Doppelaufgaben endogene Kontrolle vor allem in der Vorbereitung von strategisch gewählten Aufgabenprozessen und -parametern erfolgt. Eine Untersuchung solcher Rekonfigurationsprozesse scheint somit ein vielversprechender Ansatz zu sein, um die Natur endogener Kontrolle aufzuklären. Ein Paradigma, das sich hierzu besonders eignet ist das Aufgabenwechselfaradigma. Es unterscheidet sich von dieser Form der Doppelaufgabe darin, dass die zu bearbeitenden Aufgaben nicht mehr in der Zeit überlappen. Der Reiz jeder Aufgabe erscheint frühestens dann, wenn die Antwort der letzten Aufgabe gegeben wurde. Ein Vergleich der beiden Paradigmen findet sich bei Pashler (2000). Wie die nächsten Abschnitte zeigen, können mit dieser Methode aber nicht nur Vorbereitungsprozesse untersucht werden.

Die bisherigen Ausführungen wiesen auf einige Probleme der Verhaltensteuerung hin, die entstehen, wenn endogene und exogene Kontrolle Konflikte verursachen. *Exogene Kontrolle* bedeutet hierbei die automatische Aktivierung von Verhaltenstendenzen durch externe Reize. *Endogene Kontrolle* ist hin-

gegen vielschichtiger. Zum einen beinhaltet diese die Aktivierung und Inhibition von Verhalten, um einem Ziel zu entsprechen. In dieser Arbeit soll jedoch ein Begriff von endogener Kontrolle verwendet werden, der durch verschiedene Arten strategischer Operationen erweitert ist. Diese sind ebenfalls endogenen Ursprungs, da sie nicht durch Reize, sondern durch Entscheidungen des kognitiven Systems zustandekommen. Sie umfassen neben der Aktivierung und Inhibition geeigneter Verhaltensrepräsentationen auch die Auswahl geeigneter Verarbeitungsschritte und das Setzen geeigneter Verarbeitungsparameter, wenn dies der Optimierung der Zielerreichung dient.

2. Das Aufgabenwechsel-Paradigma und das Konzept der Wechselkosten

Als die Geburtsstunde des Aufgabenwechsel-Paradigmas wird heute vor allem eine Studie zitiert: Jersild (1927) ließ Versuchspersonen arithmetische Aufgaben anhand von zweistelligen Zahlenreihen bearbeiten. Bei jeder Zahl sollten entweder 6 hinzuaddiert oder 3 abgezogen werden. Er verglich hierbei die Bearbeitungszeit von Listen, in denen beide Aufgaben abwechselten mit solchen, in denen eine Aufgabe konstant angewendet werden sollte. Es zeigte sich, dass die alternierende Bearbeitung mehr Zeit in Anspruch nahm. Diese Kosten waren größer, wenn die Komplexität der Aufgaben zunahm, d.h. wenn nicht einstellige, sondern zweistellige Zahlen addiert bzw. subtrahiert werden sollten. Auf der anderen Seite verwandelten sich die Kosten der Alternierung in einen Zeitvorteil, wenn mit den Aufgaben auch die dazugehörigen Reizarten wechselten. So ließ Jersild (1927) abwechselnd die Subtraktionsaufgabe anhand einer Zahl und die Benennung des Gegenteils anhand eines Wortes bearbeiten.

Aus heutiger Sicht scheint die Vorgehensweise von Jersild (1927) veraltet zu sein. So wurden Listen bearbeitet, bei denen die Versuchspersonen nicht nur die Reize des aktuellen, sondern auch die der nachfolgenden Durchgänge einsehen konnten. Die Zeit wurde mit einer Stoppuhr gemessen, was die Messgenauigkeit stark einschränkte. Trotzdem sind eine Reihe von Ergebnissen der Studie bis heute aktuell und zum Teil umstritten: (1) Die abwechselnde Bearbeitung von Aufgaben führt zu Kosten gegenüber der konstanten Bearbeitung einer Aufgabe, wenn das Reizmaterial ambivalent ist, d.h. auf einen Reiz beide Aufgaben angewendet werden können. (2) Diese *Wechselkosten* treten nicht auf bzw. kehren sich ins Gegenteil, wenn die Reize univalent sind, d.h. auf jeden Reiz nur eine Aufgabe angewendet werden kann. (3) Die Komplexität der Aufgaben interagiert mit der Höhe der Kosten.

Eine nicht minder oft zitierte Arbeit ist die von Spector und Biederman (1976), die nach Jahren erstmals das Paradigma wieder aufnahmen. Die Ergebnisse von Jersild (1927) konnten weitgehend repliziert werden. Wurden die Reize jedoch so dargeboten, dass die Versuchspersonen immer nur den aktuellen einsehen konnten, dann zeigten sich auch bei univalenten Reizen leichte Kosten. Bei ambivalenten Reizen konnten die Wechselkosten deutlich reduziert werden, wenn ein zusätzlicher Hinweisreiz (z. B. ein + oder – bei den arithmetischen Aufgaben) zeitgleich mit den Reizen präsentiert wurden. Spector und Biederman (1976) interpretierten diese Ergebnisse in der Weise, dass die Kosten einen Gedächtnisprozess widerspiegeln, in dem die relevante Aufgabe abgerufen werden sollte. Die Kosten wurden also einem endogenen Kontrollprozess zugeschrieben, der durch exogene Faktoren, die Hinweisreize, beschleunigt werden konnte¹.

¹ Dieses Resultat wurde von Rubinstein, Meyer und Evans (2001) repliziert und ähnlich interpretiert.

2.1. Die Interpretation von Wechselkosten: Zwei unterschiedliche Perspektiven

Nach einem längeren Zeitraum, in dem sich niemand mit dem Phänomen der Wechselkosten beschäftigte, wurden Mitte der 90er Jahre gleich zwei Arbeiten publiziert, die das Aufgabenwechselfparadigma wiederentdeckten: Allport, Styles und Hsieh (1994) und Rogers und Monsell (1995). Beide Arbeiten begannen mit derselben Fragestellung: Spiegeln die von Jersild (1927) und Spector und Biederman (1976) beobachteten Wechselkosten einen endogenen Kontrollprozess wider, der das kognitive System auf die Bearbeitung einer neuen Aufgabe vorbereitet? Die Antworten auf diese Frage fielen sehr unterschiedlich aus und beeinflussten maßgeblich die weitere Erforschung von Wechselprozessen.

Allport, Styles und Hsieh (1994): Wechselkosten und Priming

In einer Reihe explorativer Experimente versuchten Allport et al. (1994) die Frage nach der Beteiligung endogener Kontrolle im Aufgabenwechsel-Paradigma zu untersuchen. Zur Erhebung der Wechselkosten verwendeten sie die gleiche Methode wie Jersild (1927) und Spector und Biederman (1976). Sie verglichen Durchgänge in Blöcken mit alternierender Aufgabe mit Durchgängen in Blöcken mit konstanter Aufgabe. Erste Experimente erbrachten das überraschende Resultat, dass die Wechselkosten von einer Reihe von Manipulationen der Aufgaben selbst unbeeinflusst blieben. Im Gegensatz zu Jersild (1927) und Spector und Biederman (1976) interagierten sie nicht mit der Variation der Aufgabenschwierigkeit. Vor allem ein Ergebnis führte zu Zweifeln, ob tatsächlich ein Wechselprozess selbst die Kosten verursacht. So zeigte sich, dass das Wechseln zwischen Reizdimensionen die gleichen Kosten verursachte wie das Wechseln zwischen Klassifikationsregeln. Sollten aber Reizdimension und Klassifikationsregel gleichzeitig gewechselt werden, waren die Kosten immer noch in derselben Höhe. Allport et al. (1994) argumentierten, dass eine kapazitätsbegrenzte Kontrollinstanz länger brauchen sollte, den Wechsel zweier Aufgabenkomponenten herbeizuführen als nur den Wechsel einer.

Stattdessen schlugen sie eine alternative Erklärung für die Entstehung der Wechselkosten vor, die das folgende Experiment illustriert: Hierbei verwendeten sie das bereits beschriebene Stroop-Paradigma (Stroop, 1935). Die Versuchspersonen sollten die dominante² Wort- und die nichtdominante Farbbenennungsaufgabe an durchgehend inkongruenten Reizen durchführen, d.h. Farbwort und Farbe führten nicht zur selben Antwort. Desweiteren sollte eine zweite Reizart bearbeitet werden, die den Stroop-Reizen sehr ähnlich ist. Hierbei wurde eine Gruppe von identischen Ziffern dargestellt. Es sollten entweder die Ziffern selbst (Zifferbenennungsaufgabe) oder die Anzahl der Ziffern (Anzahlbenennungsaufgabe) wiedergegeben werden. Diese beiden Aufgaben weisen dieselben Eigenschaften wie die Aufgaben des Stroop-Paradigmas auf: Die Anzahlbenennungsaufgabe ist nichtdominant und wird vom

² Mit Dominanz ist gemeint, dass die dominante Aufgabe interferierenden Einfluss auf die nichtdominante Aufgabe ausübt, nicht jedoch umgekehrt (vgl. Beschreibungen der Stroop-Aufgabe in früheren Abschnitten).

Wert der Ziffern beeinflusst. Die Zifferbenennungsaufgabe ist hingegen dominant und unterliegt keiner Interferenz.

Das Experiment selbst bestand nun aus drei Teilen, wobei sich jeder Teil aus acht Durchläufen zusammensetzte. Jeder Durchlauf bestand aus einer Liste, in der zwischen zwei Aufgaben alterniert wurde und zwei Listen, in denen die jeweiligen Aufgaben konstant bearbeitet wurden. Somit konnten Wechselkosten für jeden Durchlauf berechnet werden. Eine Gruppe der Versuchspersonen sollte nun in den Durchläufen des ersten Teils zwischen den beiden dominanten Aufgaben, also der Wortbenennungsaufgabe und der Ziffernbenennungsaufgabe wechseln. Dadurch alternierte auch das Reizmaterial und die Reize waren eindeutig den Aufgaben zugeordnet. Unter diesen Bedingungen war es nicht überraschend, dass die Wechselkosten zunächst sehr klein waren und dann genau wie bei Jersild (1927) und Spector und Biederman (1976) nach wenigen Durchläufen verschwanden. In Teil zwei sollte nun zwischen den beiden nichtdominanten Aufgaben gewechselt werden und in Teil drei zu den dominanten zurückgekehrt werden. Entscheidend ist der Vergleich der Durchläufe in Teil eins und Teil drei. Obwohl in beiden Teilen dieselben Aufgaben durchgeführt wurden, waren in Teil drei nun deutliche Wechselkosten zu beobachten. Sie waren in den ersten Durchgängen außerordentlich hoch und stabilisierten sich dann auf einem signifikanten Niveau. Das gleiche Ergebnis zeigte sich in Gruppe 2, bei der die umgekehrte Reihenfolge (nichtdominant – dominant – nichtdominant) bearbeitet wurde.

Allport et al. (1994) führten die Resultate darauf zurück, dass in Teil zwei die Task Sets der jeweils anderen Aufgaben aktiviert wurden. In Teil drei wurden die Reiz-Reaktions-Assoziationen dieser Aufgaben durch die Reize ausgelöst und führten zu einer Verlängerung der Aufgabenbearbeitung. Diese *proaktive Interferenz* durch Priming nimmt mit der Zeit ab, weshalb die Wechselkosten zunächst schwächer wurden. Es ist jedoch von so langer Dauer, dass die Wechselkosten nicht mehr vollständig abgebaut werden konnten. Allport et al. (1994) nannten dieses Phänomen *Task Set Inertia (TSI)*. Es ist jedoch nicht nur die persistierende Aktivierung der irrelevanten Task Sets, die zu Kosten führen sollte. Gleichzeitig wird bei der Bearbeitung einer Aufgabe auch das irrelevante Task Set gehemmt. Wird diese Aufgabe nach einem Wechsel nun relevant, muss diese Hemmung erst überwunden werden, was die Kosten noch verstärkt. Dieser Effekt wird als negatives Priming bezeichnet und wurde bisher vor allem im Bereich selektiver visueller Aufmerksamkeit untersucht (z. B. Allport, Tipper & Chmiel, 1985; Tipper, 1985).

Ein weiteres Experiment sollte die zentrale Rolle persistierender Hemmung bei Aufgabenwechseln dokumentieren: Allport et al. (1994) ließen Versuchspersonen zwischen der dominanten und der nichtdominanten Aufgabe des Stroop-Paradigmas wechseln. Die Wechselkosten waren hoch für den Wechsel zur dominanten Wortbenennungsaufgabe, jedoch annähernd Null für den Wechsel zur nichtdominanten Farbbenennungsaufgabe. Die Annahme eines endogenen Wechselschrittes hätte Schwierigkeiten zu erklären, warum ein Wechsel zum stärkeren Task Set mehr Zeit erfordern soll, als der zum schwächeren. Die TSI-Hypothese bietet hingegen eine Erklärung: Bei der Durchführung der

Farbbenennungsaufgabe müssen die dominanten Reiz-Reaktions-Assoziationen der Wortbenennungsaufgabe stark gehemmt werden. Bei einer nachfolgenden Bearbeitung der Wortbenennung muss diese Hemmung überwunden werden, es entstehen Kosten. Da die Durchführung der dominanten Wortbenennungsaufgabe weniger Hemmung der Assoziationen der Farbbenennungsaufgabe erfordert, sind diese im folgenden Durchgang weniger gehemmt, was kleinere oder gar keine Kosten verursacht. Allport et al. (1994) sehen somit die Stärke der Aktivierung von Task Sets im Arbeitsgedächtnis als bestimmenden Faktor für die Höhe der Wechselkosten an, nicht jedoch einen endogenen Kontrollprozess, der Aufgabenwechsel ermöglicht.

Rogers und Monsell (1995): Wechselkosten und diskrete Kontrollprozesse

Im Gegensatz zu allen bisherigen Arbeiten, wählten Rogers und Monsell (1995) eine andere Form der Erhebung der Wechselkosten. Ihrer Ansicht nach ist der Vergleich von Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen in verschiedenen Blöcken mit einer Reihe von Problemen behaftet. So müssen Versuchspersonen in Wechselblöcken zwei Aufgaben im Arbeitsgedächtnis halten, in Wiederholungsblöcken nur eine. Die Blöcke könnten sich außerdem in Strategien, Erregung („Arousal“) und Anstrengung unterscheiden. Aus diesem Grund entwickelten sie das *Alternate Runs Paradigma*, in dem Versuchspersonen zwei Aufgaben in einer AABBAABB-Sequenz bearbeiten. Somit können Wechsel- und Wiederholungsdurchgänge innerhalb eines Blocks verglichen werden. Welche Aufgabe in einem bestimmten Durchgang gefordert war, wurde in ihren Experimenten durch die Position des Testreizes angezeigt. Dieser rotiert im Uhrzeigersinn durch eine Vierfeldertafel. War der Reiz in der oberen Hälfte, musste Aufgabe A bearbeitet werden, war er in der unteren Hälfte, musste Aufgabe B bearbeitet werden. Die beiden verwendeten Aufgaben waren eine Konsonant/Vokal-Klassifikation anhand eines Buchstabens und eine Gerade/Ungerade-Klassifikation anhand einer Zahl, wobei beide Antworten anhand derselben zwei Reaktionstasten gegeben wurden. Die Testreize waren entweder eine Kombination beider Zeichen oder eines der Zeichen mit einem neutralen Symbol.

In einer Reihe von Experimenten variierten sie nun das Intervall zwischen der Antwort des vorherigen Durchgangs und dem Reiz des nächsten Durchgangs (RSI; Response-Stimulus-Interval). Es zeigte sich, dass die Wechselkosten bei einer Zunahme des RSI von 160 ms bis 600 ms stetig abnahmen. Bei einer weiteren Verlängerung blieben sie aber auf einem konstanten Niveau, welches als *residuale Wechselkosten* bezeichnet wurde. Dieser Effekt zeigte sich aber nur, wenn das RSI geblockt variiert wurde. Eine Variation innerhalb eines Blocks führte zu keiner Abnahme. Rogers und Monsell (1995) schlossen aus diesen Ergebnissen, dass ein Teil der Wechselkosten eine diskrete Kontrolloperation widerspiegeln, die sie als *endogene Rekonfiguration* des Task Sets bezeichneten. Mit zunehmendem RSI wird diese Verarbeitungsstufe in das Intervall vor Reizbeginn verlagert, was zu einer Abnahme der Wechselkosten führt. Diese Möglichkeit wird aber nur dann genutzt, wenn die Versuchsperson

Sicherheit über den Zeitpunkt der Reizdarbeitung hat, weshalb die Abnahme der Kosten nur unter geblocktem RSI einsetzt. Da sich die Wechselkosten auch bei langem RSI nicht eliminieren ließen, folgerten sie, dass eine vollständige Rekonfiguration des Task Sets vor Reizbeginn nicht möglich ist. Sie interpretierten die residualen Kosten als Dauer eines reizgetriebenen Verarbeitungsschrittes, der die Rekonfiguration abschließt (*Stimulus Cued Completion*). In dieser *exogenen Komponente der Rekonfiguration* aktiviert der Reiz das relevante Task Set.

Argumente für diese Annahme fanden sich im Effekt der irrelevanten Symbole im Testreiz. Ähnlich wie in Stroop- oder Flanker-Paradigmen (Eriksen & Eriksen, 1974; Stroop, 1935) bestanden auch hier die Testreize aus einer relevanten und einer irrelevanten Reizebene. Die relevante Ebene war das Symbol, das zur aktuellen Aufgabe gehörte. Die irrelevante Reizebene war entweder ein neutrales Symbol (*neutral*) oder ein Symbol, das zur nicht aktuellen Aufgabe gehörte. Letzteres war entweder mit derselben (kongruent) oder mit der anderen Antwort (inkongruent) assoziiert, da beide Aufgaben anhand derselben Reaktionstasten beantwortet wurden. Im Gegensatz zu anderen Arbeiten (z. B. Eriksen & Eriksen, 1974) fanden Rogers und Monsell (1995), dass neutrale Testreize deutlich schneller beantwortet wurden als kongruente Testreize. Diesen Effekt nannten sie *Task Cuing*, da sie annahmen, er resultiere aus der Aktivierung des irrelevanten Task Sets durch das irrelevante Symbol. Im Gegensatz dazu sahen sie im *Crosstalk*-Effekt (kongruent vs. inkongruent) die Aktivierung einzelner Reiz-Reaktions-Assoziationen. Der Effekt des *Task Cuing* war insgesamt deutlich stärker ausgeprägt als der *Crosstalk* Effekt. Beide Effekte interagierten mit den residualen Wechselkosten, nicht jedoch mit dem RSI. Darin sahen sie einen Beleg dafür, dass nur die residualen Kosten aufgrund exogener Kontrolle zustandekamen, und dass diese Kontrolle auf Task Set Ebene stattfindet. Wichtig ist hierbei, dass auch neutrale Testreize zu residualen Wechselkosten führten. Die exogene Rekonfiguration aufgrund der Aktivierung des relevanten Task Sets wird durch die gleichzeitige Aktivierung des irrelevanten Task Sets verlängert, nicht jedoch ausgelöst.

Eine entscheidende Eigenschaft dieser Theorie ist die Annahme eines zusätzlichen diskreten Verarbeitungsschrittes in Wechseldurchgängen. Diese führt zu der starken Vorhersage, dass residuale Wechselkosten nur in Wechseldurchgängen auftreten. Folgen nach einem Wechsel mehrere Wiederholungsdurchgänge, dann sollte die erste Wiederholung keine höhere Bearbeitungszeit erfordern als die folgenden. Im Gegensatz dazu nimmt die TSI-Hypothese an, dass Wechselkosten graduell abgebaut werden: Die zweite Wiederholung sollte schneller sein als die erste, da Priming-Effekte erst über mehrere Durchgänge nachlassen. In einem Experiment, in dem Versuchspersonen eine AAAABBBBAAAABBBBB-Sequenz mit langem RSI bearbeiten mussten, zeigte sich tatsächlich, dass die Wiederholungsdurchgänge keine Unterschiede aufwiesen. Dies stellt ein starkes Argument für einen diskreten Prozess als Ursache der residualen Wechselkosten dar.

Gegenüberstellung beider Perspektiven

Die von Allport et al. (1994) und Rogers und Monsell (1995) gemachten Annahmen zur Ursache der Wechselkosten unterscheiden sich fundamental. Die TSI-Hypothese sieht in den Kosten die Auswirkungen proaktiver Interferenz: Die Aufgabenbearbeitung vorhergehender Durchgänge wirkt sich auf die Leistung der aktuellen Aufgabe aus. In einer Konkretisierung der Theorie räumten Allport und Wylie (1999) allerdings ein, dass durchaus endogene Kontrolle den Wechsel der Task Sets begleiten müsse. Dieser Prozess entspreche aber lediglich dem Wechsel eines übergeordneten Ziels, keiner Rekonfiguration, wie sie Rogers und Monsell (1995) annahmen. Zur Verdeutlichung des Unterschiedes bedienten sich Allport und Wylie (2000) einer Überlegung von Fagot (1994): Dieser unterschied Task Set und *Aufgabenbereitschaft* (Task Readiness). Ersteres stellt die Repräsentation eines Verarbeitungszieles dar, letzteres ist die Güte, mit der das kognitive System für eine bestimmte Aufgabe konfiguriert ist. Die Aufgabenbereitschaft hängt davon ab, welche Reiz-Reaktions-Assoziationen in vergangenen Verarbeitungsepisoden aktiviert bzw. gehemmt wurden. Sie wirkt sich auf die Leistung aus, indem sie die Dauer der Antwortselektion beeinflusst. Die Höhe der Wechselkosten beruht nun darauf, dass zwar das Task Set der aktuellen Aufgabe konfiguriert ist, die Aufgabenbereitschaft hingegen noch die alte Aufgabe widerspiegelt.

Der Ansatz von Rogers und Monsell (1995) hingegen lässt sich in diesem Modell so interpretieren, dass endogene und exogene Rekonfiguration in einem Zustand enden, in dem nicht nur das Task Set, sondern auch die Aufgabenbereitschaft optimal für die zu bearbeitende Aufgabe ist. Optimal bedeutet hierbei zumindest, dass sich die Aufgabenbereitschaft zu Beginn der Antwortselektion in Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen nicht von der in Wiederholungsdurchgängen unterscheidet. Nur dann unterscheidet sich auch die Dauer der Antwortselektion bei Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen nicht und die Wechselkosten geben vollständig die Zeit der zusätzlichen Rekonfigurationsschritte wieder.

Abb. I.1 macht den Unterschied der beiden Annahmen deutlich. Dort sind die Phasen der Informationsverarbeitung bei Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen gemäß den bisherigen Annahmen über die beiden Ansätze dargestellt. Die Darstellung gibt den Fall wieder, wenn ausreichend Zeit zur Vorbereitung auf eine Aufgabe vorhanden ist. Beide Modelle würden für diesen Fall vorhersagen, dass eine endogene Rekonfiguration vor Reizbeginn stattfinden kann und somit nicht zu den verbleibenden residualen Wechselkosten beiträgt. Die bisher gemachten Aussagen zu den beiden Vorstellungen geben jedoch Extrempositionen wieder. Die Verfechter beider Theorien räumten ein, dass beide Hypothesen nicht vollständig unvereinbar sind.

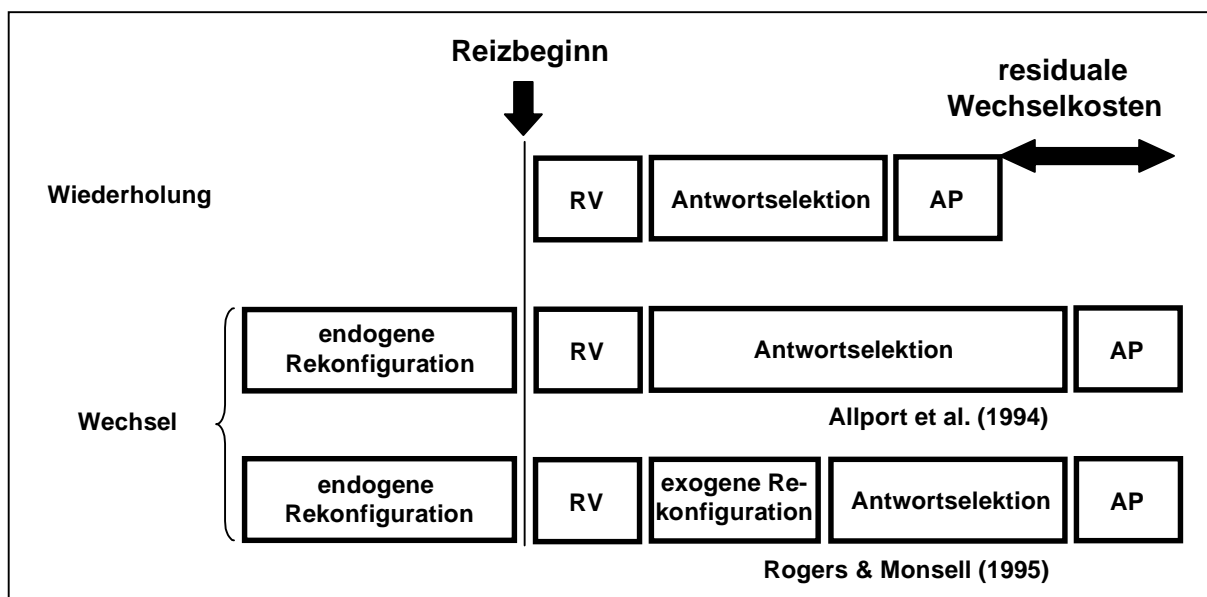


Abb. I.1: Darstellung der Informationsverarbeitung in Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen bei langem Vorbereitungsintervall. Der Verarbeitungsfluss in Wechseldurchgängen ist getrennt nach den Vorstellungen von Allport et al. (1994) und Rogers und Monsell (1995) dargestellt. Verarbeitungsstufen, die in Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen nicht unterschiedlich sind, wurden in den Schritten Reizverarbeitung (RV) und Antwortproduktion (AP) zusammengefasst.

So sprachen Allport und Wylie (1999) davon, dass anstatt einer Verlängerung der Antwortselektion auch eine reizgesteuerte Verarbeitungsstufe denkbar wäre, die eine Überwindung der Interferenz leistet. Dies ähnelt ansatzweise einem exogenen Rekonfigurationsschritt. Auf der anderen Seite bestritten Monsell, Yeung und Azuma (2000) nicht, dass auch langanhaltende Interferenzeffekte der Art, wie sie von Allport et al. (1994) vorgeschlagen wurden, eine Rolle spielen. Entscheidend ist an dieser Stelle, dass beide Arbeiten wesentliche Ideen zur Diskussion endogener und exogener Kontrolle beigetragen haben. Die weitere Entwicklung baut stark auf diesen ursprünglichen Hypothesen auf und soll im nächsten Kapitel dargestellt werden. Zunächst wird aber auf eine Reihe methodischer Fragen eingegangen, die im Zusammenhang mit der Untersuchung von Wechselbedingungen stehen.

2.2. Differenzierungen: Komponenten und Operationalisierung von Wechselkosten

Bereits die bisher dargestellten Arbeiten operationalisierten Wechselkosten auf unterschiedliche Weise. In späteren Arbeiten wurden weitere Methoden entwickelt, Wechselkosten zu erheben. Diese unterscheiden sich vor allem in zwei Aspekten: (1) Kosten wurden erhoben durch Vergleich von Durchgängen aus dem gleichen oder aus verschiedenen Blöcken oder Listen. (2) Die jeweils zu bearbeitende Aufgabe wurde durch einen Hinweisreiz angekündigt (explizite Hinweise) oder die Versuchsperson

wusste aufgrund einer vorgegebenen Reihenfolge, welche Aufgabe aktuell war (implizite Hinweise). Tabelle I.1 stellt verschiedene Methoden dar.

Jersild (1927), Spector und Biederman (1976) und Allport et al. (1994) berechneten Wechselkosten durch den Vergleich von *Blöcken mit alternierender Aufgabe* und *reinen Blöcken*, d.h. Blöcke, in denen die Aufgabe konstant gehalten wurde. Um zu wissen, welche Aufgabe im nächsten Durchgang zu bearbeiten ist, muss die Versuchsperson wissen, ob sie sich in einem alternierenden oder konstanten Block befindet und welche Aufgabe im vorherigen Durchgang relevant war. Die Hinweise sind somit impliziter Natur.

Verschiedene Autoren (z. B. DeJong, 2000; Kray & Lindenberger, 2000; Monsell et al., 2000; Rogers, Sahakian, Hodges, Polkey, Kennard & Robbins, 1998; Ruthruff, Remington & Johnston, 2001; Wylie & Allport, 2000) verwendeten das *Alternate Runs Paradigma* von Rogers und Monsell (1995). Jede Aufgabe wird hierbei zwei oder mehrere Durchgänge lang bearbeitet, worauf die nächste Aufgabe folgt. Die Reihenfolge wird vorgegeben (impliziter Hinweis), zusätzlich kann allerdings ein expliziter Hinweisreiz dargeboten werden. Die Wechselkosten werden innerhalb eines Blocks durch den Vergleich von Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen ermittelt.

Im *Task Cuing Paradigma* (z. B. Hübner, Futterer & Steinhauser, 2001; Mayr, 2001; Mayr & Keele, 2000; Meiran, 1996, 2000a, 2000b; Sudevan & Taylor, 1987) werden zwei oder mehrere Aufgaben in zufälliger Reihenfolge bearbeitet. Vor jeder Aufgabe erscheint ein expliziter Hinweisreiz, der die zu bearbeitende Aufgabe spezifiziert. Die Wechselkosten werden durch Vergleich von Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen erhoben.

Bei einer weiteren Methode, dem *Precued Sequence Paradigma* (z. B. Allport et al., 1994; Goschke, 2000; Sohn & Anderson, 2001; Sohn & Carlsson, 2000) werden Blöcke aus Aufgabenpaaren bearbeitet. Zu Beginn eines Blocks erfolgt ein expliziter Hinweis, welche Reihenfolge der Aufgaben bei jedem Paar verwendet werden soll. Diese Sequenz wird über den Block konstant gehalten. Die Aufgaben selbst werden aufgrund dieses Wissens bearbeitet und unterliegen somit impliziten Hinweisen. Die Wechselkosten werden aus der Differenz der jeweils zweiten Aufgabe berechnet, die nach einer Wiederholung bzw. nach einem Wechsel auftreten.

Annähernd alle Arbeiten, die sich mit Wechselkosten beschäftigen, verwenden eines oder mehrere dieser Paradigmen. Trotzdem sind noch weitere Methoden denkbar, wobei es sich hierbei vor allem um Abwandlungen der gezeigten handeln kann.

Tab. I.1: Die vier häufigsten Paradigmen zur Erhebung von Wechselkosten nach verwendeter Aufgabensequenz, Art der Hinweisreize und Berechnung der Wechselkosten.

Paradigma	Sequenz	Hinweisreize	Wechselkosten
Alternierend	A B A B A B A B A A A A A A A A	implizit	RT aus alternierendem Block vs. RT aus reinem Block
Alternate Runs	A A B B A A B B	implizit ³	RT nach Wechsel vs. RT nach Wiederholung
Task Cuing	A B B A B A A B	explizit	RT nach Wechsel vs. RT nach Wiederholung
Precued Sequence	A B – A B – A B A A – A A – A A	expliziter Hinweis auf die Reihenfolge, impliziter Hinweis auf die Aufgaben	zweite RT aus Wechselsequenz vs. zweite RT aus Wiederholungssequenz

Mit jedem dieser Paradigmen lassen sich die Wechselkosten in mindestens zwei Komponenten zerlegen: *Vorbereitungskosten* und *residuale Wechselkosten*. Vorbereitungskosten entsprechen der Komponente, um die sich die Wechselkosten reduzieren, wenn ausreichend Vorbereitungszeit zur Verfügung steht. Je nach Paradigma kann die Vorbereitungszeit durch Erhöhung des Intervalls zwischen letzter Antwort und neuem Testreiz (Response-Stimulus-Interval, RSI) oder des Intervalls zwischen Hinweisreiz und Testreiz (Cue-Stimulus-Interval; CSI) variiert werden. Erstere Methode kommt dann zum Einsatz, wenn kein exogener Hinweisreiz gegeben wird, also bei alternierenden Blöcken, beim Alternate Runs Paradigma und beim Precued Sequence Paradigma. Letztere Methode wird nur beim Task Cuing Paradigma verwendet. Bei kurzem RSI bzw. CSI enthalten die Wechselkosten sowohl die Vorbereitungszeit als auch die residuale Komponente. Wird das RSI bzw. CSI so weit verlängert, dass keine weitere Reduktion der Reaktionszeiten eintritt, dann liegen nur noch residuale Wechselkosten vor. Diese Unterscheidung ist zunächst rein methodischer Natur. Der Frage nach den Prozessen, die diese beiden Komponenten widerspiegeln, soll in den nächsten Abschnitten nachgegangen werden.

Globale und lokale Wechselkosten

Die Paradigmen unterscheiden sich, wie erwähnt, auch darin, dass die Kosten manchmal blockweise, manchmal innerhalb eines Blockes erhoben werden. Dies ist im Hinblick auf die ursprüngliche Fragestellung, die Untersuchung des Wechsels zwischen zwei Aufgaben, nicht unproblematisch. Eine Reihe

³ Bei Rogers und Monsell (1995) und anderen wurden die impliziten Hinweise durch explizite unterstützt, z. B. durch die Position der Testreize.

von Arbeiten fanden Hinweise, dass Wechselkosten innerhalb eines Blocks und zwischen Blöcken andere Ursachen zugrundeliegen bzw. unterschiedliche Phänomene darstellen (z. B. Hübner et al., 2001; Kray & Lindenberger, 2000; Mayr, 2001). Untersuchungen, in denen beide Effekte erhoben wurden, benannten diese als geblockte vs. sequentielle Wechselkosten (Hübner et al., 2001), generelle vs. spezifische Wechselkosten (Kray & Lindenberger, 2000), „mixed-list costs“ vs. Wechselkosten (Fagot, 1994; Meiran, 2000a) oder globale vs. lokale Wechselkosten (Mayr, 2001). In den folgenden Abschnitten soll die letztere Sprachgebung verwendet werden. Idealerweise definieren sich demnach lokale Wechselkosten als Differenz von Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen innerhalb eines Blocks. Globale Wechselkosten entsprechen der Differenz von Wiederholungsdurchgängen in Wechselblöcken und Durchgängen aus reinen Blöcken, d.h. solche, in denen nur eine Aufgabe bearbeitet wird.

Die Unterscheidung ist jedoch nicht immer einfach, da in verschiedenen Arbeiten (z. B. Allport et al., 1994) beide Effekte vermischt wurden. Unabhängig von der tatsächlich verwendeten Methode sollen im folgenden Teil Arbeiten beschrieben werden, die sich mit den Auswirkungen lokaler Wechsel befassen, den *Kosten des Wechsels*. Der darauffolgende Abschnitt berichtet Arbeiten, die globale Effekte von Wechselbedingungen behandeln, den *Kosten des Wechsels*.

3. Lokale Effekte: Die Kosten des Wechsels

Eine Reihe neuerer Arbeiten befassten sich seit Allport et al. (1994) und Rogers und Monsell (1995) mit dem Problem, in welcher Weise Kontrolle beim Wechsel zwischen zwei Aufgaben stattfindet. Die theoretischen Konzepte orientieren sich immer noch mehr oder weniger an den ursprünglichen Ideen dieser beiden Autoren. Die Arbeiten wurden deshalb danach klassifiziert, an welchem Punkt in der Aufgabenbearbeitung sie Kontrolle oder Kosten lokalisieren bzw. welchen Prozess sie untersuchen; Prästimulus-Rekonfiguration, Poststimulus-Rekonfiguration oder Antwortselektion. Wo dies möglich war, wurden Theorien danach getrennt, ob sie Aufgabenbereitschaft oder Task Set (im Sinne von Zielrepräsentationen nach Allport & Wylie, 2000; Fagot, 1994) in den Mittelpunkt ihrer Überlegungen stellten.

3.1. Die Rolle der Prästimulus-Rekonfiguration

Einen eindeutigen Beleg für die Wirksamkeit endogener Rekonfiguration vor Reizbeginn sahen Rogers und Monsell (1995) in den abnehmenden Wechselkosten bei zunehmendem Vorbereitungsintervall. Allport et al. (1994), die in einem Experiment das gleiche Resultat erhielten, begründeten diesen Effekt damit, dass mit zunehmendem zeitlichen Abstand zwischen den Aufgaben die proaktive Interferenz abnimmt. Die Abhängigkeit von Primingeffekten von der vergangenen Zeit ist seit langem bekannt (z. B. Neely, 1977). Gegen solch eine Erklärung spricht allerdings, dass die beobachtete Reduktion der Wechselkosten nur bei vorhersehbaren Intervallen auftritt (Rogers & Monsell, 1995). Meiran (1995) konnte beide Effekte trennen: In einem Task Cuing Paradigma variierte er die Zeit zwischen Hinweisreiz und Testreiz (Cue-Stimulus-Intervall, CSI), hielt aber die Gesamtzeit zwischen letzter Antwort und Testreiz (RSI) konstant. Es zeigte sich ebenfalls eine Reduktion der Wechselkosten mit zunehmendem CSI.

Was ist nun die Natur dieser Vorbereitung? Dient sie lediglich der Konfiguration von Zielen, also des Task Sets nach dem Modell von Allport und Wylie (2000) und Fagot (1994)? Oder hat sie auch einen Einfluss auf die Aufgabenbereitschaft? Dieser könnte darin bestehen, dass die relevanten Reiz-Reaktions-Assoziationen aktiviert und die irrelevanten gehemmt werden.

Vorbereitung als Zielbildung

In einer Arbeit von Goschke (2000) sollten Versuchspersonen einen Buchstaben anhand seiner Identität oder seiner Farbe klassifizieren. Die Reihenfolge der Aufgaben war vorgegeben und es wurden Wechselkosten bei langem RSI (1400 ms) und kurzem RSI (14 ms) erhoben. Die Kosten waren bei langem RSI erwartungsgemäß deutlich kleiner. In einem zweiten Experiment mit langem RSI sollten die Versuchspersonen in der Vorbereitungsphase entweder die Art der folgenden Aufgabe („Farbe“ oder „Buchstabe“; Abrufbedingung) oder ein irrelevantes Wort („Montag“ oder „Dienstag“; Blockierbedingung) laut aussprechen. Die Wechselkosten waren in der Blockierbedingung deutlich höher als in der Abrufbedingung. Die Kosten in der Blockierbedingung entsprachen außerdem denen des ersten Experiments bei kurzem RSI. Die Kosten der Abrufbedingung waren hingegen identisch mit denen des ersten Experiments bei langem RSI. Die Formulierung von nichtrelevantem verbalen Material in der Blockierbedingung führte offensichtlich zu einer Störung der Vorbereitungsprozesse, die die Wechselkosten auf dasselbe Niveau wie ohne Vorbereitung anheben. Die Formulierung von verbalem Material, das in Beziehung zur Aufgabe steht lässt die Kosten hingegen unbeeinflusst. Da diese Begriffe („Farbe“ und „Buchstabe“) einer verbalen Zielrepräsentation entsprechen könnten, wäre zu vermuten, dass genau solch eine Aktivierung eines Ziels im Arbeitsgedächtnis der Prozess ist, der der endogenen Vorbereitung entspricht. Auch die Ergebnisse anderer Arbeiten legen nahe, dass verbale Prozesse eine besondere Bedeutung bei Aufgabenwechseln haben (Baddeley, Chincotta & Adlam, 2001; Mecklinger, von Cramon, Springer & Matthes-von Cramon, 1999). Eine ähnliche Sichtweise vertreten Rubinstein et al. (2001), auf die später eingegangen wird.

Vorbereitung als Erhöhung der Aufgabenbereitschaft

Die Vorstellung, dass in der Vorbereitungsphase Reiz-Reaktions-Assoziationen gehemmt oder aktiviert werden, wurde bei Rogers und Monsell (1995) in Anlehnung an das Modell von Norman und Shallice (1986) geäußert. Hier erhöht das SAS die Wahrscheinlichkeit der Auswahl bestimmter Schemata, indem es diese voraktiviert. Ähnliche Vorstellungen liegen auch dem Prepared Reflex Modell (Hommel, 2000) zugrunde. Verschiedene Autoren machten konzeptionelle Vorschläge, wie Aufgabenvorbereitung jenseits von Zielkonfigurationen aussehen könnte: Ward (1982) untersuchte das Wechseln zwischen den Ebenen hierarchischer Reize. Seiner Ansicht nach können Versuchspersonen eine Gewichtung der Aufmerksamkeit für jede Reizebene vor Reizbeginn vornehmen. Meiran (2000a, b) setzte solch eine Gewichtung der Reizdimensionen aber nicht mit der Rekonfiguration von Reiz-Reaktions-Assoziationen gleich. Mayr und Keele (2000) konnten die Hemmung von Task Sets nachweisen, wobei sie mutmaßten, dass der Hemmprozess während der Rekonfiguration stattfindet. Alle diese Annahmen sind jedoch mehr oder weniger spekulativer Natur. Direkte Beweise für eine endogene Veränderung der Aufgabenbereitschaft während der Vorbereitungsphase gibt es jedoch kaum.

Betrachtet man die Kongruenzeffekte bei Rogers und Monsell (1995) als Maß für den Einfluss irrelevanter Reiz-Reaktions-Assoziationen oder Task Sets, dann sollten diese mit der Aufgabenbereitschaft variieren. Die Stärke dieses Effekts könnte etwas über die Aktivierung der irrelevanten Task Sets oder der irrelevanten Reiz-Reaktions-Assoziationen aussagen. Genauso wie Meiran (1996) fanden auch Rogers und Monsell (1995) allerdings keine Reduktion dieses Einflusses bei Verlängerung der Vorbereitungszeit. In der Arbeit von Goschke (2000) wird der Effekt der irrelevanten Aufgabe bei langer Vorbereitung hingegen weitgehend eliminiert. Dies gilt nicht für die Blockierbedingung, in der mutmaßlich auch die Zielbildung gestört wurde. Solch ein Befund scheint jedoch die Ausnahme zu sein.

Die bisherige Vorstellung von Aufgabenbereitschaft nimmt an, dass alle Reiz-Reaktions-Assoziationen permanent im Arbeitsgedächtnis vorhanden sind, deren relative Aktivierung jedoch variiert. Diese Sichtweise wird empirisch von Koch (2001) gestützt, der implizites Lernen von Aufgabensequenzen fand. Solche Lerneffekte führte er darauf zurück, dass die gleichzeitige Aktivierung der Aufgaben zur Bildung von Assoziationen zwischen diesen führen kann. Damit ist dieses Ergebnis ein indirekter Nachweis gleichzeitiger Aktivierung mehrerer Aufgaben. Auch die Existenz von Kongruenzeffekten (z. B. Rogers & Monsell, 1995) lässt vermuten, dass Reiz-Reaktions-Assoziationen verschiedener Aufgaben gleichzeitig aktiv sind.

Die *Long-Term Memory Retrieval Hypothese* von Mayr und Kliegl (2000) geht jedoch von einer völlig anderen Vorstellung aus. Sie lehnten die Annahme ab, dass mehrere Aufgaben gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis aktiv gehalten werden. Vielmehr nahmen sie an, dass in der Vorbereitung auf eine Aufgabe die jeweiligen Reiz-Reaktions-Assoziationen aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden, während die der irrelevanten Aufgabe entfernt werden. Sie testeten ihre Annahme durch die Verwendung von Aufgaben mit unterschiedlichen Abrufanforderungen. Zum einen sollten Wörter anhand von Eigenschaften beurteilt werden, die zuvor in einer Lernphase gelernt wurden (z. B. Position des Wortes), zum anderen sollten Wörter anhand semantischer Kriterien beurteilt werden (z. B. belebt oder unbelebt). Erstere Aufgaben erforderten einen episodischen Abruf während der Rekonfiguration, letztere einen semantischen Abruf. Tatsächlich führten Aufgaben mit episodischem Abruf zu höheren Wechselkosten. Der Effekt konnte in der Vorbereitungsphase lokalisiert werden, da er bei langer Vorbereitungszeit verschwand. Er war außerdem nicht auf die unterschiedliche Aufgabenschwierigkeit zurückzuführen. Deren Manipulation führte, ähnlich wie bei anderen Arbeiten (Allport et al. 1994; Rubinstein et al., 2001), zu keiner Veränderung der Wechselkosten. Der Effekt war somit auf die Abrufbedingung zurückzuführen.

Interessant war auch, dass sowohl der Effekt der Abrufbedingung als auch der Effekt des Vorbereitungsintervalls eliminiert werden konnte, wenn die relevanten Klassifikationsregeln als Hinweisreize dargeboten wurden. Unter diesen Bedingungen scheint ein endogener Abruf der Regeln nicht mehr nötig zu sein. Allerdings werden dadurch nicht die residualen Wechselkosten vermindert, die die Aufgabenbereitschaft widerspiegeln sollten. Es wäre somit möglich, dass durch den Abruf nicht die Auf-

gabenbereitschaft (i.S. einer Aktivierung der Reiz-Reaktions-Assoziationen) erhöht, sondern lediglich eine verbale Kodierung der Regeln im Arbeitsgedächtnis aktiviert wird. Solch ein Prozess ähnelt der Etablierung eines Verarbeitungsziels, wobei hier das Ziel die Form von Wenn-Dann-Regeln annähme. Mayr und Kliegl (2000) interpretierten die residualen Wechselkosten hingegen als Resultat von Abruf-
fehlern, ähnlich wie deJong (2000), dessen Hypothese im nächsten Abschnitt dargestellt wird. Insgesamt liefert auch diese Arbeit keine starken Befunde, die für eine aktive Veränderung der Aufgabenbereitschaft im Sinne von Allport und Wylie (2000) in der Vorbereitungsphase spricht. Wenn aber die Aufgabenbereitschaft nicht durch einen endogenen Kontrollprozess vor Reizbeginn verändert werden kann, bleiben im Rahmen der bisherigen Überlegungen zwei Alternativen: Entweder wird die volle Aufgabenbereitschaft nach einem Wechsel durch den Reiz hergestellt (gemäß Rogers & Monsell, 1995), oder die Durchführung der Aufgabe erfolgt unter erschwerten Bedingungen (gemäß Allport et al., 1994).

3.2. Die Rolle der Poststimulus-Rekonfiguration

Rogers und Monsell (1995) führten die Existenz der residualen Wechselkosten auf einen Rekonfigurationsschritt zurück, der erst nach Reizbeginn einsetzen kann. Diese Sichtweise setzt voraus, dass die Prästimulus-Rekonfiguration nicht vollständig im Sinne einer optimalen Aufgabenbereitschaft sein kann. Die Aufgabenbereitschaft für die relevante Aufgabe wird nach Rogers und Monsell (1995) erst dadurch hergestellt, dass der Reiz die relevanten Assoziationen aktiviert. Auch die nachfolgenden Theorien nehmen an, dass die Rekonfiguration für eine neue Aufgabe zum Teil oder in manchen Fällen exogene Kontrolle erfordert, was dazu führt, dass sie erst nach Reizbeginn erfolgen kann.

Zielbildung nach Reizbeginn

DeJong (2000) schlug eine Interpretation der residualen Wechselkosten vor, die sich deutlich von den bisherigen unterscheidet. In seiner *Failure-to-Engage-Hypothese* (FTE) nahm er an, dass in Wechseldurchgängen entweder eine perfekte Vorbereitung oder gar keine Vorbereitung stattfindet. Hierzu erhob er Daten mit dem Alternate Runs Paradigma mit langem und kurzem RSI (Response Stimulus Interval). Die Wiederholungsdurchgänge dienten als Schätzung für die Reaktionszeitverteilung bei perfekter Vorbereitung. Die Wechseldurchgänge bei kurzem RSI dienten als Schätzung für die Reaktionszeitverteilung bei nichtvorhandener Vorbereitung. Es zeigte sich, dass die Reaktionszeitverteilungen in Wechseldurchgängen mit langem RSI, die nur die residualen Wechselkosten beinhalten, als Mischverteilung der beiden Verteilungen („nichtvorbereitet“ und „perfekt vorbereitet“) modelliert werden können. Eine Anpassung des Modells auf die empirischen Daten ergab ein Mischverhältnis von jeweils 50%. Die Annahme einer zusätzlichen Kostenkomponente in Wechseldurchgängen war

nicht erforderlich, um die empirischen Daten anzupassen. Die FTE-Hypothese erklärt dieses Modell damit, dass Versuchspersonen in der Hälfte der Durchgänge in der Lage sind, eine perfekte Prästimulus-Rekonfiguration durchzuführen, die zu gar keinen residualen Wechselkosten führt, während in der anderen Hälfte der Durchgänge überhaupt keine Vorbereitung stattfindet. In nichtvorbereiteten Wechseldurchgängen wird eine Rekonfiguration erst nach Reizbeginn durchgeführt. DeJong (2000) führte dieses Scheitern der Vorbereitung vor Reizbeginn auf die unzulängliche Aktivierung von Intentionen zurück und nannte das Phänomen *Goal Neglect* (DeJong et al., 1999). Der Reiz selbst löst dann die Zielbildung nachträglich aus.

Erhöhung der Aufgabenbereitschaft nach Reizbeginn

Ähnlich wie Rogers und Monsell (1995) postulierten Rubinstein et al. (2001) zwei Stufen der Rekonfiguration in Wechseldurchgängen. Eine erste dient dem Wechsel des Verarbeitungsziels (*Goal Shifting*), eine zweite der Aktivierung von Aufgabenregeln (*Rule Activation*). In einer Reihe von Experimenten verglichen sie Blöcke mit alternierender und konstanter Aufgabenbearbeitung bei kurzem RSI. Zunächst zeigten sie, dass die Komplexität der Klassifikationsregeln in einer Sortieraufgabe (WCST; vgl. Milner, 1963), nicht aber die Diskriminierbarkeit der Reize mit den Wechselkosten interagiert. Sie schlossen daraus, dass die Komplexität der Regeln die Regelaktivierung beeinflusste, deren Dauer einen Teil der Wechselkosten ausmacht. Eine Manipulation aufgabenbezogener Prozesse durch die Diskriminierbarkeit der Reize führte jedoch nicht zu höheren Wechselkosten. Die Unabhängigkeit beider Manipulationen lässt außerdem den Schluss zu, dass exekutive Kontrollprozesse von aufgabenbezogenen Prozessen getrennt sind. Ein weiteres Experiment sollte zeigen, dass die Prozesse der Regelaktivierung von Prozessen des Zielwechsels separierbar sind. Versuchspersonen sollten arithmetische Aufgaben bearbeiten, wobei die Reize mit und ohne zusätzlichem Hinweisreiz (dem arithmetischen Operator) dargeboten wurden. Der Hinweisreiz sollte das Wechseln des Zieles erleichtern. Tatsächlich nahmen die Wechselkosten in dieser Bedingung ab. Auch die Variation der Regelkomplexität führte erneut zu einer Interaktion mit den Wechselkosten. Beide Faktoren hatten jedoch additive Effekte auf die Reaktionszeit, was die Annahme unabhängiger Verarbeitungsstufen unterstützte. Leider lieferten Rubinstein et al. (2001) keine empirischen Befunde, die darauf hinweisen würden, dass die Stufe der Regelaktivierung tatsächlich nach Reizbeginn einsetzt. Die Effekte wurden nicht bei unterschiedlichem RSI gemessen, weshalb keine residualen Wechselkosten erhoben wurden. Würde die Regelaktivierung nur mit der residualen Komponente der Wechselkosten interagieren, dann wäre deren Interpretation als Poststimulus-Rekonfigurationsschritt gerechtfertigt. Rubinstein et al. (2001) argumentierten lediglich, dass eine effizientere Regelaktivierung stattfinden sollte, nachdem die relevante Reizeigenschaft fokussiert und identifiziert wurde. Ansonsten würden ambivalente Reize zu stark die irrelevante Aufgabe aktivieren. Diese Stufe ist ihrer Ansicht nach auch der Ort, an dem Effekte proaktiver Interferenz, wie Task Set Inertia, auftreten.

Poststimulus-Rekonfiguration oder Antwortselektion?

Die Frage, ob sich Wechsel- und Wiederholungsdurchgänge durch eine einzelne Verarbeitungskomponente unterscheiden, hängt eng mit der Frage zusammen, ob residuale Wechselkosten nur auf Wechseldurchgänge beschränkt sind. Rogers und Monsell (1995) testeten diese Hypothese in dem oben beschriebenen Experiment und stellten genau dies fest. Während in einigen Arbeiten dieser Befund repliziert werden konnte (z. B. Gopher, Armony & Greenspan, 2000; Mayr & Kliegl, 2000; Monsell et al., 2000), wurde bei anderen beobachtet, dass Reaktionszeitkosten nach einem Wechsel mit jeder nachfolgenden Wiederholung kontinuierlich abnahmen (z. B. Allport & Wylie, 2000; Hübner et al., 2001; Mayr, 2001). Solch ein Befund spricht nicht nur für proaktive Interferenz bzw. Erleichterung als Ursache der residualen Wechselkosten. Er wirft außerdem Zweifel auf, ob Wiederholungsdurchgänge in Blöcken mit Aufgabenwechsel einen adäquaten Vergleichswert darstellen, da auch diese offensichtlich von lokalen Wechseleffekten belastet sind. Eine weitere Möglichkeit wäre die Annahme, dass sowohl ein Poststimulus-Rekonfigurationsprozess als auch proaktive Effekte Teil der residualen Kosten sind. Letztere wirken sich allerdings auch auf Wiederholungsdurchgänge aus, woraus sich unterschiedliche Ergebnisse erklären ließen. Tornay und Milan (2001) führten diese Unterschiede auf die jeweiligen Paradigmen zurück: Das Alternate Runs Paradigma tendiert ihnen zufolge dazu, nur Wechselkosten in Wechseldurchgängen zu produzieren, während diese im Task Cuing Paradigma kontinuierlich abnehmen. Möglicherweise sind proaktive Effekte vor allem im Task Cuing Paradigma zu beobachten, während bei Alternate Runs nur der Rekonfigurationsschritt in den Wechselkosten sichtbar wird.

Verschiedene Arbeiten verfolgten eine andere Strategie, um der Frage nach einem zusätzlichen Rekonfigurationsprozess nachzugehen. Sohn und Carlsson (2000) erhoben Wechselkosten in einem Pre-cued Sequence Paradigma mit langem RSI. In einer Bedingung mit Vorwissen wussten die Versuchspersonen, ob bei einem Aufgabenpaar gewechselt werden musste oder nicht. In einer Bedingung ohne Vorwissen wussten sie dies nicht. Die zu bearbeitende Aufgabe war nur anhand des Testreizes ersichtlich, dessen Farbe diese Information enthielt. Es stellte sich nun heraus, dass die Höhe der Wechselkosten unabhängig vom Vorwissen war.

Sohn und Carlsson (2000) argumentierten wie folgt: Wenn die Versuchspersonen kein Vorwissen über die Art der nächsten Aufgabe haben, dann sollten sie sowohl auf einen Wechsel als auch auf eine Wiederholung nicht vorbereitet sein. Die residualen Wechselkosten spiegeln dann lediglich proaktive Effekte der vorherigen Aufgabe wider. Nimmt man nun an, dass sich Versuchspersonen in der Bedingung mit Vorwissen auf eine Wiederholung besser vorbereiten können als auf einen Wechsel, dann sollte sich die Differenz von Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen um den Effekt dieser besseren Vorbereitung erhöhen. Da dies nicht der Fall ist, kann in den residualen Wechselkosten nicht die Dauer eines zeitkonsumierenden Rekonfigurationsprozess enthalten sein, der nur in Wechseldurchgängen

auftritt. Sohn und Anderson (2001) konnten diese Ergebnisse unter Verwendung verschiedener RSIs replizieren.

Eine ähnliche Studie führten Ruthruff et al. (2001) durch. In einem Alternate Runs Paradigma sollten Versuchspersonen zwei Aufgaben in der bekannten AABBAABB-Sequenz bei langem RSI (2500 ms) bearbeiten. Wie bei Rogers und Monsell (1995) zeigte die Position des Reizes zusätzlich die Art der Aufgabe an. In jedem Durchgang wurde nur der Reiz für eine Aufgabe dargeboten, die Reize waren somit univalent. In ca. 12% der Durchgänge hingegen konnte jedoch nicht die erwartete Aufgabe bearbeitet werden, da der Reiz der jeweils anderen Aufgabe präsentiert wurde. Stattdessen sollten die Versuchspersonen hier die alternative Aufgabe durchführen. Die Experimente enthielten somit Durchgänge mit erwarteten und unerwarteten Wechsel und Wiederholungen.

Ruthruff et al. (2001) prüften eine Reihe von Modellvorstellungen, die unterschiedliche Vorhersagen für die Interaktion von Erwartung und Aufgabenwechsel machten. Eines der Modelle nahm nun an, dass die residualen Wechselkosten durch einen zusätzlichen Rekonfigurationsschritt in Wechseldurchgängen bedingt seien (DeJong, 2000; Rogers & Monsell, 1995; Rubinstein et al., 2001). Solch ein Rekonfigurationsschritt sollte ebenfalls dann erforderlich sein, wenn die unerwartete Aufgabe durchgeführt werden soll, unabhängig davon, ob diese Aufgabe einem Wechsel oder einer Wiederholung entspricht. Der einzige Fall, in dem dieser Rekonfigurationsschritt nicht notwendig ist, ist der einer erwarteten Wiederholung, da in diesem Fall die vorhandene Aufgabenkonfiguration beibehalten werden kann. Die Effekte von Erwartung und Aufgabenwechsel sollten somit subadditiv interagieren, d.h. bei der Bearbeitung einer unerwarteten Aufgabe sollten die Wechselkosten weniger groß sein, da sowohl bei einer Wiederholung als auch einem Wechsel ein Rekonfigurationsschritt notwendig ist.

Tatsächlich ergab sich in ersten Experimenten genau dieses Resultat. Die Wechselkosten waren kleiner, wenn die nicht erwartete Aufgabe durchgeführt werden sollte. Es zeigte sich aber, dass die Reaktionszeiten der Durchgänge weniger die Einteilung in Wechsel- und Wiederholungsdurchgänge reflektierten, sondern besser durch den Abstand zur letztmaligen Durchführung der gleichen Aufgabe beschrieben werden konnten. Ein Kontrollexperiment bestätigte, dass die „Wechselkosten“ als logarithmische Funktion dieses Abstands modellierbar waren. Der Effekt der Erwartung interagierte mit den dadurch erhobenen Kosten allerdings nicht. Ruthruff et al. (2001) sahen in diesen beiden Ergebnissen starke Befunde gegen eine Interpretation der residualen Wechselkosten als Rekonfigurationsprozess. Vielmehr interpretierten sie die Kosten als Verlängerung der Antwortselektion, während der Effekt der Erwartung der bekannten Prästimulus-Rekonfiguration gleicht. Diese wird nach Reizbeginn neu gestartet, wenn nicht die erwartete Aufgabe durchgeführt werden muss.

Dieser Interpretation der residualen Wechselkosten muss allerdings entgegengehalten werden, dass ausschließlich univalentes Reizmaterial in der Untersuchung verwendet wurde. Zumindest ältere Arbeiten lassen vermuten, dass unter diesen Bedingungen möglicherweise nicht dieselben Prozesse wie

unter ambivalenten Reizbedingungen eine Rolle spielen. Jersild (1927) und Spector und Biederman (1976) fanden bei univalenten Reizen gar keine Wechselkosten. Auch Rubinstein et al. (2001) sahen in der Ambivalenz der Reize eine notwendige Bedingung dafür, dass die Regelaktivierung erst nach Reizbeginn durchgeführt wird. Nur dann könnte somit ein Poststimulus-Rekonfigurationsschritt beobachtet werden.

3.3. Die Rolle der Antwortselektion

Die bisher berichteten Ansätze zur Kontrolle bei lokalen Wechseln gehen davon aus, dass zeitkonsumierende Verarbeitungsprozesse in Zusammenhang mit der Vorbereitungs- und der residualen Komponente der Wechselkosten stehen. Die Arbeiten von Sohn und Carlsson (2000), Sohn und Anderson (2001) und Ruthruff et al. (2001) zeigen aber, dass zumindest für die residualen Wechselkosten die Annahme solch eines zusätzlichen Prozesses in Wechseldurchgängen nicht zutreffen könnte. Ihre Ergebnisse sprechen vielmehr für die Verlängerung aufgabenspezifischer Prozesse, wobei die Stufe der Antwortselektion meist als Kandidat genannt wird. Diese Verlängerung wird als Folge von proaktiven Effekten früherer Verarbeitungsepisoden gesehen. Aufgrund der Ergebnisse von Ruthruff et al. (2001) könnten die „Wechselkosten“ auch als Wiederholungsgewinne interpretiert werden, da die dort gefundenen Reaktionszeiten davon abhängen, wieviele Durchgänge seit der letzten Bearbeitung der aktuellen Aufgabe vergangen sind. Die Besonderheiten des dort verwendeten Paradigmas (univalentes Reizmaterial) lassen aber zweifeln, ob diese Ergebnisse auf andere Studien übertragbar sind. Insgesamt gibt es jedoch einen Trend in neueren Theorien, Wechselkosten als Verlängerung der Antwortselektion zu interpretieren. Zunächst soll jedoch noch einmal ein Blick auf neuere Entwicklungen der etwas älteren Task Set Inertia Hypothese (Allport et al., 1994) geworfen werden.

Der zeitliche Verlauf von positivem und negativem Priming

Die *Task Set Inertia Hypothese* von Allport et al. (1994) sieht ebenfalls in proaktiven Effekten die Ursache der residualen Kosten (vgl. Abschnitt 2.1). Diese resultieren aber aus der persistierenden Aktivierung der irrelevanten bzw. Hemmung der relevanten Reiz-Reaktions-Assoziationen in vorherigen Durchgängen. Wechselkosten treten somit auch dann auf, wenn ein Wechsel bereits mehrere Durchgänge zurückliegt. Im Gegensatz zu Ruthruff et al. (2001) hängen sie davon ab, wie lange die Bearbeitung der jetzt irrelevanten Aufgabe zurückliegt und sind somit nicht an Wechsel gebunden.

Allport und Wylie (1999, 2000) dokumentieren dies mit Hilfe ihres „*Before and After*“-Paradigmas. Ähnlich wie das in Abschnitt 2.1 beschriebene Experiment von Allport et al. (1994) ist es in mehrere Phasen mit unterschiedlichen Aufgaben aufgeteilt. In diesem Experiment treten innerhalb der Phasen

jedoch keine Wechsel auf. Als Aufgaben wurden erneut die Wortbenennungs- und die Farbbenennungsaufgabe anhand von Stroop-Reizen verwendet. In Phase 1 („Before“) sollten die Versuchspersonen die Wortbenennungsaufgabe in mehreren Blöcken üben. Eine Gruppe musste nun in Phase 2 die Farbbenennungsaufgabe bearbeiten, eine Kontrollgruppe hingegen nicht. In Phase 3 („After“) wurde erneut in mehreren Blöcken die Wortbenennung durchgeführt. In der Hälfte der Blöcke mit Wortbenennung waren die Reize inkongruent, d.h. die Farbe führte zu einer anderen Antwort als das Farbwort. In der anderen Hälfte waren sie neutral, d.h. die Buchstaben waren schwarz umrandet, ihre Farbe entsprach jedoch der des Hintergrunds. Diese Blöcke wechselten ab, wobei ein Teil der Versuchspersonen mit neutralen, ein anderer mit inkongruenten Reizen begann.

Zunächst ist erwähnenswert, dass zu Beginn jedes Blocks die Reaktionszeit zunahm, unabhängig davon, welche Aufgabe zuvor bearbeitet wurde. Allport und Wylie (1999, 2000) bezeichneten dieses Phänomen als *Restart-Effekt*. Während sich die Phasen 1 und 3 bei der Kontrollgruppe kaum unterschieden, zeigte sich eine Zunahme bei den Versuchspersonen, die die Farbbenennungsaufgabe in Phase 2 bearbeiteten. Entscheidend war der Vergleich der Gruppen in Phase 3 des Experiments. Zwei Arten proaktiver Effekte waren hierbei ersichtlich:

Negatives Priming der Wortbenennungsaufgabe wurde durch den Vergleich von neutralen Durchgängen der beiden Gruppen in Phase 3 gemessen. Bei neutralen Reizen wurde nur die Wortbenennung durch den Reiz aktiviert. Diese befand sich jedoch in Phase 3 in gehemmtem Zustand, wenn in Phase 2 die Farbbenennung durchgeführt wurde.

Die Auswirkung von *positivem Priming* der Farbbenennungsaufgabe auf die Durchführung der Wortbenennung war durch den Vergleich der Differenz von neutralen und inkongruenten Durchgängen der beiden Gruppen in Phase 3 erkennbar. Bei inkongruenten Durchgängen löste die Farbdimension die Farbbenennungsaufgabe aus, was zu höheren Kosten bei der Wortbenennung führte, je stärker diese aktiviert war. Wurde in Phase 2 die Farbbenennung durchgeführt, dann wurde diese dort stark aktiviert, was zu positivem Priming führte.

Vor allem im ersten Block nach der Bearbeitung der Farbbenennungsaufgabe waren sowohl positives als auch negatives Priming deutlich erkennbar. Während negatives Priming vor allem im ersten Durchgang des Blocks gemessen werden konnte, waren die Effekte von positivem Priming in allen Durchgängen des Blocks vorhanden. Sie nahmen jedoch im Laufe des Blocks zusehends ab. Auch in weiteren Blöcken der Phase 3 konnte vor allem positives Priming gezeigt werden.

Die langanhaltenden proaktiven Effekte auch in Abwesenheit von Wechseln zeigten die Wirkung von Task Set Inertia. Problematisch war lediglich die Beobachtung, dass zusätzlich zum Restart-Effekt auch proaktive Interferenz im ersten Durchgang späterer Blöcke plötzlich wieder auftrat, nachdem sie zunächst reduziert wurde. Allport und Wylie (2000) erklärten dieses Phänomen durch einen weiteren

Mechanismus, der zu den „residualen Wechselkosten“ beiträgt. Auf diesen wird im übernächsten Abschnitt näher eingegangen.

Task Set- und itemspezifische Komponenten proaktiver Effekte

Rogers und Monsell (1995) fanden in ihren Experimenten, dass die Wechselkosten und die absoluten Reaktionszeiten bei Reizen, mit denen keine Antwort auf die irrelevante Aufgabe verbunden war (Bedingung „neutral“) deutlich kleiner waren als bei Reizen, bei denen die irrelevante Aufgabe zur selben Antwort führte (Bedingung „kongruent“). Sie nannten diesen Effekt *Task Cuing* und sahen ihn als Hinweis darauf, dass in der Poststimulus-Rekonfiguration Task Sets miteinander konkurrieren. Wenn die irrelevante Aufgabe durch den Reiz aktiviert wird, erzeugt dies eine interferenzbedingte Verschlechterung der Leistung, auch wenn diese andere Aufgabe zur selben Antwort kommen sollte. Goschke (2000) fand solch ein Ergebnis hingegen nicht. Die neutralen Durchgänge lagen zwischen kongruenten und inkongruenten wie dies auch im Stroop-Paradigma üblicherweise gefunden wird (McLeod, 1991)⁴. Letzteres Ergebnis spricht stärker für Interferenz auf der Ebene einzelner Reiz-Reaktions-Assoziationen, sogenannte itemspezifische Effekte.

Unter der Annahme eines Poststimulus-Rekonfigurationsschrittes ist es aber zwingend, von Effekten auf Aufgabenebene auszugehen. Wechselkosten werden durch den Vergleich von Aufgabenwechsel und Aufgabenwiederholungen gemessen, wobei sich diese nicht in der Häufigkeit von Reiz- oder Antwortwechsel unterscheiden sollten. Würden hingegen die residualen Wechselkosten durch langanhaltende proaktive Effekte zurückliegender Durchgänge entstehen, wäre diese Annahme weniger zwingend. Es wäre möglich, dass Wechseleffekte zumindest teilweise auf der Ebene individueller Reiz-Reaktions-Assoziationen entstehen und nicht auf der Ebene ganzer Aufgaben. Die proaktiven Effekte sind schließlich langanhaltend und alle Reiz-Reaktions-Transitionen werden in Blocks mit Aufgabenwechsel gleich wahrscheinlich in zurückliegenden Durchgängen durchgeführt. Nach Wechsel könnte die Interferenz zusätzlich ausgeprägter sein, wenn man eine Art Restart-Effekt (Allport & Wylie, 1999, 2000) mitberücksichtigt.

Den Beitrag itemspezifischer Effekte an den bisher berichteten Priming-Phänomenen untersuchten Allport und Wylie (2000): Hierzu führten sie ein Experiment mit dem Before-After-Paradigma durch, das dem bereits berichteten weitgehend entsprach, mit einer Ausnahme: Bei den Wortbenennungsaufgaben wurden alle vorkommenden Farbwörter präsentiert. Bei der Farbbenennungsaufgabe tauchte jedoch nur eine Hälfte der verwendeten Wörter als irrelevante Dimension auf. Nur dieser Teil der Wörter durchlief somit in dieser Phase negatives Priming. Tatsächlich waren die Reaktionszeiten dieser Wörter in der nachfolgenden Wortbenennungsphase höher. Dieser itemspezifische Effekt war allerdings auf den ersten Durchgang beschränkt. Außerdem war auch die Benennung der nicht verwen-

⁴ Monsell, Taylor und Murphy (2001) erklären Stroop-Interferenz trotz dieses Ergebnisses auf Task Set Ebene.

deten Wörter nach der Farbbenennung langsamer als zuvor. Somit zeigte sich, dass itemspezifisches negatives Priming zwar einen Beitrag leistet, der Großteil des Effekts aber auf der Ebene ganzer Aufgaben stattfindet.

Die Retrieval-Hypothese – eine Uminterpretation der Effekte von Task Set Inertia

Trotz der eleganten Erklärung, die die Task Set Inertia Hypothese für eine Reihe von Ergebnissen bietet, sind einzelne Phänomene nur unzulänglich als Priming beschreibbar. Aus diesem Grund führen Allport und Wylie (2000) und Wylie und Allport (2000) einen weiteren Mechanismus ein, durch den proaktive Interferenz bei Aufgabenwechseln wirksam werden könnte.

Experiment 2 aus Wylie und Allport (2000) dokumentiert diese neue Idee: Versuchspersonen sollten zwischen der Farbbenennungsaufgabe und der Wortbenennungsaufgabe bei Stroop-Reizen wechseln, wobei nun ein Alternate Runs Paradigma verwendet wurde, d.h. Wort- und Farbbenennung alternierten in einer AABB-Sequenz. Zwei Blockarten wechselten sich ab: In der „All-Stroop“-Bedingung waren alle Reize inkongruent, d.h. Farbe und Farbwort entsprachen sich nicht. In der „Colour-Neutral“-Bedingung waren nur die Reize der Wortbenennungsaufgabe inkongruent, die der Farbbenennungsaufgabe bestanden aus farbig gefüllten Rechtecken. Es interessierte vor allem die Leistung in der Wortbenennungsaufgabe.

Die TSI-Hypothese würde nun vorhersagen, dass die Reaktionszeiten der Wortbenennung in der „Colour-Neutral“-Bedingung sukzessive abnehmen. Wenn bei der Farbbenennungsaufgabe nur neutrale Reize verwendet werden, dann wird auch die Wortbenennung in diesen Durchgängen nicht gehemmt. Somit baut sich negatives Priming immer mehr ab und die Wortbenennung wird immer schneller. Gleichzeitig sollte negatives Priming in der „All-Stroop“-Bedingung zunehmen, da in den Durchgängen der Farbbenennung die Wortbenennungsaufgabe aufgrund der inkongruenten Reize gehemmt werden muss. Die Reaktionszeiten der Wortbenennung sollten hier also sukzessive zunehmen.

Beide Vorhersagen trafen jedoch nur zum Teil zu: Die Reaktionszeiten von Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen nahmen in der „Color-Neutral“-Bedingung tatsächlich ab, jedoch nicht monoton. Ein früherer Wiederholungsdurchgang blieb immer noch schneller als ein späterer Wechseldurchgang. Die TSI-Hypothese macht jedoch keinen Unterschied zwischen Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen. Ein Durchgang der Farbbenennung mit neutralem Reiz sollte überhaupt keinen Einfluss auf einen nachfolgenden Durchgang der Wortbenennung ausüben. Gleiches galt in der anderen Richtung für die Zunahme der Reaktionszeiten in der „All-Stroop“-Bedingung. Die Ergebnisse waren zumindest mit der Annahme von negativem Priming unvereinbar.

Stattdessen schlugen Wylie und Allport (2000) eine andere Interpretation vor: Die *Retrieval-Hypothese* nimmt an, dass bei der Bearbeitung eines Durchgangs Reiz-Reaktions-Assoziationen⁵ zwischen spezifischen Reizen und spezifischen Antworten verstärkt werden. Wird ein Reiz erneut bearbeitet, kommt es zu einem Abruf (engl. *retrieval*) solch einer Assoziation. In der „Colour-Neutral“-Bedingung wurden bei der Wortbenennung einerseits Assoziationen zwischen den Farbwörtern und der jeweiligen Antwort verstärkt, andererseits Assoziationen zwischen der Farbdimension und einer Nichtantwort. In Wiederholungsdurchgängen wurden nun stärker Antworten auf das Farbwort abgerufen, die Reaktionszeit nimmt ab. In Wechseldurchgängen hingegen ist die Farbe durch die vorherige Farbbenennung wieder stärker mit der Antwort assoziiert, es entstehen Kosten. Da aber im Laufe des Blocks immer mehr Farbwörter zu Antworten führen, nehmen die Reaktionszeiten der Wortbenennung kontinuierlich ab. In der darauffolgenden „All-Stroop“-Bedingung hingegen werden über den Block hinweg wieder Farbwörter durch die inkongruenten Farbbenennungsdurchgänge mit Nichtantworten assoziiert. Die Reaktionszeiten nehmen wieder stärker zu. Die Retrieval-Hypothese kann also Zu- bzw. Abnahme der Reaktionszeiten *und* die Modulation durch Wechsel- und Wiederholungsdurchgänge vorhersagen.

Die Retrieval-Hypothese versucht allerdings vor allem die itemspezifische Komponente der proaktiven Effekte zu erklären. Tatsächlich konnten Wylie und Allport (2000) zeigen, dass die Häufigkeit der Durchführung einzelner Aufgaben deutliche Effekte auf den Verlauf dieser Reaktionszeitveränderungen nimmt. Wie der vorherige Abschnitt zeigte, sind jedoch nicht alle proaktiven Effekte auf itemspezifische Mechanismen zurückführbar.

Antwortselektion als Ursache der residualen Wechselkosten

Bisher berichtete Arbeiten weisen der Antwortselektion die Rolle des Ortes der Kosten zu, die bei Aufgabenwechsel entstehen. Andere Theorien gehen nicht nur auf die Verlängerung der Antwortselektion durch proaktive Effekte ein, sondern akzentuieren auch ihre Rolle als Ursache der Effekte.

Schuch und Koch (eingereicht) griffen hierbei auf eine Methode von Mayr und Keele (2000) zurück. Diese stellten die Frage, ob die Rekonfiguration für eine neue Aufgabe durch die Hemmung des alten Task Sets erfolgt. Hierzu ließen Mayr und Keele (2000) Versuchspersonen in einem Task Cuing Paradigma zwischen drei Aufgaben wechseln. Sie verglichen nun die jeweils dritten Durchgänge aus Sequenzen der Form A-B-A und Sequenzen der Form C-B-A. Es zeigte sich, dass erstere Sequenz zu höheren Reaktionszeiten in der dritten Aufgabe führte. Dies erklärten sie dadurch, dass im zweiten Durchgang das Task Set A gehemmt wurde. Sie nannten dieses Phänomen *Backward Inhibition* und führten es auf die Notwendigkeit zurück, zuvor aktivierte Task Sets bei der Rekonfiguration für eine

⁵ Wylie und Allport (2000) und Allport und Wylie (2000) verwendeten hierfür den Begriff Stimulus-Response-Binding, was den temporären Charakter solch einer Assoziation deutlicher macht.

neue Aufgabe zu hemmen. Sie zeigten außerdem, dass ein großer Anteil der residualen Wechselkosten auf diese persistierende Hemmung zurückgeführt werden kann. Tatsächlich waren die Kosten verschwunden in Sequenzen der Form C-B-A bei langem CSI.

Schuch und Koch (eingereicht) sehen ebenfalls in Backward Inhibition die Ursache der residualen Wechselkosten. Ihrer Ansicht nach ist jedoch die Antwortselektion selbst für die Hemmung der alternativen Task Sets verantwortlich. Auch sie ließen in einem Experiment zwischen drei Aufgaben wechseln, wobei Hinweisreize die aktuelle Aufgabe ankündigten. Zeitgleich mit dem Reiz erfolgte jedoch zusätzlich ein hohes oder tiefes Tonsignal, das anzeigte, ob es sich um einen Go- oder No-Go-Durchgang handelte. Die Versuchspersonen sollten nur in Go-Durchgängen antworten, nicht aber in No-Go-Durchgängen. Welches Tonsignal präsentiert werden sollte, war vor Reizbeginn nicht vorhersehbar, beide Bedingungen mussten deshalb gleich vorbereitet werden. Es wurden nun Reaktionszeiten auf Durchgänge verglichen, die einem Go- oder einem No-Go-Durchgang folgten. Es zeigte sich, dass No-Go-Durchgänge weder residuale Wechselkosten, noch Backward Inhibition-Effekte in nachfolgenden Durchgängen erzeugten. Schuch und Koch (eingereicht) schlossen daraus, dass die Hemmung der irrelevanten Aufgaben ein Nebeneffekt der Antwortselektion darstellt. Sie widersprachen somit der Ansicht von Mayr und Keele (2000), die diesen Prozess als Teil einer Prästimulus-Rekonfiguration sahen.

Die Resultate von Schuch und Koch (eingereicht) können auch durch das *Modell von Meiran (2000a, b)* erklärt werden. In diesem wird davon ausgegangen, dass ein Teil der Rekonfiguration nur nach erfolgter Antwortselektion möglich ist (Meiran, 2000a, b; Meiran & Gotler, 2001). Hierzu unterscheidet es *Stimulus Task Set* und *Response Task Set*. Das Stimulus Task Set entspricht der Repräsentation des Reizmaterials in Form seiner aufgabenrelevanten Eigenschaften. Die Rekonfiguration des Stimulus Task Sets erfolgt dadurch, dass relevante Reizdimensionen höher gewichtet werden als irrelevante (vgl. Ward, 1982). Das Modell nimmt nun an, dass dieser Aspekt der Aufgabe bereits vor Reizbeginn rekonfiguriert werden kann. Das Response Task Set hingegen entspricht den eigentlichen Reiz-Reaktions-Assoziationen. Diese werden allerdings erst nach erfolgter Antwortselektion rekonfiguriert. Die Antwort selbst aktiviert die zur aktuellen Aufgabe gehörenden Assoziationen. Das Resultat ist, dass bei Wechseldurchgängen das Response Task Set für die vorherige, also falsche Aufgabe konfiguriert ist, was die Antwortselektion im nachfolgenden Durchgang verlängert und zu den residualen Kosten führt. Die Ursache für diese Post-Antwort-Rekonfiguration erklärte Meiran (2000a, b) im Rahmen der Action Coding Theory (Hommel, 1997; Prinz, 1997). Was in bisherigen Ansätzen als Reiz-Reaktions-Assoziation bezeichnet wurde, waren für ihn Repräsentationen der Antwort in Form ihres aufgabenspezifischen Ergebnisses. Das Drücken der linken Taste aktiviert die Repräsentation von gerade bei gerade/ungerade-Entscheidungen. Im nächsten Durchgang hat so die gerade/ungerade-Interpretation der Antworten (also deren Assoziationen) höhere Aktivierung als die Konsonant/Vokal-Interpretation.

Das formalisierte Modell kann eine Reihe von typischen Ergebnissen aus Aufgabenwechsexperimenten erklären: Kongruenzeffekte und deren Interaktion mit der Wechselbedingung (z. B. Rogers & Monsell, 1995) entstehen dadurch, dass die irrelevanten Reiz-Reaktions-Assoziationen auch in Wiederholungsdurchgängen, noch stärker aber in Wechseldurchgängen aktiviert sind. Auch der in manchen Untersuchungen (Meiran, 1996; Rogers & Monsell, 1995) beschriebene Befund, dass Antwortwiederholungen in Wiederholungsdurchgängen zu Vorteilen, in Wechseldurchgängen aber zu Kosten führt, findet sich im Modell wieder. Vor allem aber macht das Modell eine Reihe interessanter Vorhersagen: Die Rekonfiguration des Stimulus Task Sets ist nur dann notwendig, wenn die Reize ambivalent bezüglich der Aufgaben sind. Tatsächlich zeigte Meiran (2000b), dass unter univalenten Reizbedingungen die Wechselkosten unabhängig von der Vorbereitungszeit sind. Genauso ist die Rekonfiguration des Response Task Sets nur notwendig, weil die gleichen Antworten mit beiden Aufgaben assoziiert sind. Tatsächlich fand Meiran (2000b) auch, dass die residualen Wechselkosten verschwanden, wenn jede Aufgabe anhand separater Antworten bearbeitet wurde.

3.4. Zusammenfassung: Kontrolle bei lokalen Aufgabenwechseln

Die Arbeiten von Allport et al. (1994) und Rogers und Monsell (1995) führten innerhalb von einigen Jahren zu einer ganzen Reihe von Untersuchungen des Phänomens lokaler Wechselkosten. Hierbei wurden die Auswirkungen von Kontrollmechanismen zu mindestens zwei Zeitpunkten postuliert. Zum einen vor Beginn des eigentlichen Reizes, der Vorbereitungsphase. Die oben diskutierten Arbeiten legen den Schluss nahe, dass in dieser Phase ein endogener Kontrollschritt einen Wechsel der Zielkonfiguration herbeiführt, was dem Task Set nach Allport und Wylie (2000) und Fagot (1994) entspricht. Ob hier Einfluss auf die Aufgabenbereitschaft, also der Aktivierung der relevanten Reiz-Reaktions-Assoziationen, genommen werden kann, ist hingegen strittig. Lediglich die Ergebnisse von Goschke (2000) weisen in diese Richtung. Bei langer Vorbereitungszeit wurde der Einfluss der irrelevanten Assoziationen in Form der Kongruenzeffekte abgebaut. Dies war nicht der Fall bei kurzer Vorbereitungszeit und wenn die Bildung eines verbalen Zieles verhindert wird. Möglicherweise führt aber auch eine Zielstruktur zu einer automatischen Aktivierung relevanter und Hemmung irrelevanter Assoziationen (vgl. auch Gollwitzer, 1999). Die Optimierung der Aufgabenbereitschaft könnte demnach nicht direkt durch eine zentrale Kontrollinstanz, sondern indirekt über Zielrepräsentationen herbeigeführt werden. Die Implementation von Zielstrukturen kann möglicherweise auch durch exogene Kontrolle gestartet werden, wenn nämlich die Reiz-Reaktions-Regeln explizit als Hinweisreize dargeboten werden (Mayr & Kliegl, 2000).

Die Analyse der residualen Komponente der Wechselkosten ergab bisher nur wenig Hinweise auf die Auswirkungen endogener Kontrolle bei Aufgabenwechseln. Die Arbeiten von Sohn und Carlsson

(2000), Sohn und Anderson (2001) und Ruthruff et al. (2001) lassen den Schluss zu, dass kein distinkter Verarbeitungsschritt in Wechseldurchgängen, sondern vielmehr eine Verlängerung der Antwortselektion die Kosten verursacht. Die Ursache dieser Verlängerung scheinen vor allem in proaktiven Effekten früherer Durchgänge zu liegen: Positives Priming der relevanten und negatives Priming der irrelevanten Aufgabe (Allport et al., 1994, Allport & Wylie, 1999, 2000), die Verstärkung itemspezifischer Assoziationen (Wylie & Allport, 2000), die Hemmung der jetzt relevanten Aufgabe während (Schuch & Koch, eingereicht) oder nach der Antwortselektion (Meiran, 2000a, b) des vorherigen Durchgangs. Die Voraussetzungen für solche proaktiven Effekte scheinen in der Struktur der Aufgaben zu liegen, genauer in der Überlappung von Reiz-Reaktions-Assoziationen verschiedener Aufgaben in den Reizen (z. B. Wylie & Allport, 2000) oder in den Antworten (Meiran, 2000a, b). Hierbei kommen in erster Linie Effekte exogener Kontrolle zum Tragen, z. B. der automatische Abruf von Reiz-Reaktions-Assoziationen durch den Reiz (z. B. Wylie & Allport, 2000). Lediglich Meiran (2000a, b) nimmt an, dass die von ihm postulierte Rekonfiguration nach der Antwort durch strategische Faktoren beeinflusst wird, hierzu aber später mehr.

4. Globale Effekte: Die Kosten des Wechsels

In Abschnitt 2.2 wurde angedeutet, dass globale und lokale Wechselkosten auf unterschiedliche Prozesse zurückzuführen sind. Eine Reihe von Arbeiten, die in den nächsten Abschnitten berichtet werden, sprechen für diese Sichtweise. So können lokale Wechselkosten kleiner sein in Blöcken mit höheren globalen Wechselkosten (Hübner et al., 2001). Globale Kosten nehmen außerdem mit dem Alter zu (Kray & Lindenberger, 2000; Mayr, 2001) und steigen bei Patienten mit Frontalhirnschädigung an (Keele & Rafal, 2000), während lokale Kosten hier kaum Unterschiede aufweisen. Besonders die letzteren Ergebnisse führen zu der Annahme, dass globale Wechselkosten in stärkerem Maße als lokale Wechselkosten mit dem Problem endogener kognitiver Kontrolle zusammenhängen. So gilt als sicher, dass zum einen das Frontalhirn an solchen Funktionen großen Anteil hat (vgl. Abschnitt 1) und dass vor allem dieses Hirnareal mit zunehmendem Alter Leistungseinbußen ausgesetzt ist (vgl. Phillips & Della Sala, 1998; West, 1996).

Um aber die Prozesse zu untersuchen, die globalen Wechselkosten zugrundeliegen, ist es erforderlich, beide Komponenten zu trennen. Dies wird dadurch erschwert, dass lokale Effekte nicht auf Wechseldurchgänge beschränkt zu sein scheinen. Ihre Auswirkungen nehmen in manchen Untersuchungen erst mit mehreren Wiederholungsdurchgängen ab (z. B. Allport & Wylie, 2000; Hübner et al., 2001; Wylie & Allport, 2000). Die Definition globaler Wechselkosten als der Differenz von Wiederholungsdurchgängen aus Wechselblöcken und Durchgängen aus reinen Blöcken (solche mit nur einer Aufgabe) ist somit nicht ausreichend, um globale Effekte zu isolieren. Vielmehr dürften nur solche Wiederholungsdurchgänge in die Berechnung eingehen, in denen keine weitere Abnahme lokaler Effekte beobachtet werden kann. Dies ist die Voraussetzung, dass diese Durchgänge nicht durch lokale Effekte belastet sind.

Eine wichtige Anmerkung betrifft die Trennung in Vorbereitungs- und residuale Kosten. Wenn von globalen Wechselkosten die Rede ist, dann wurden diese in der Regel bei langem Vorbereitungsintervall erhoben. Sie entsprechen somit einer residualen Kostenkomponente, ohne dass dies weiterhin erwähnt wird.

Die folgenden Abschnitte stellen verschiedene Ansätze dar, wie globale Wechselkosten erklärt werden könnten. Genauso wie im vorherigen Kapitel können auch diese in drei Kategorien eingeteilt werden, die sich hier auf die zeitliche Lokalisierung der verursachenden Prozesse beziehen: *Prästimulus-Rekonfiguration*, *Poststimulus-Rekonfiguration* und *Antwortselektion*. Zunächst werden aber solche Arbeiten nochmals betrachtet, die eigentlich keine Trennung globaler und lokaler Effekte vorsehen.

4.1. Globale Kosten als Langzeiteffekte lokaler Wechsel?

Die Task Set Inertia Hypothese und die Retrieval Hypothese der Gruppe um Alan Allport (Allport et al., 1994; Allport & Wylie, 1999, 2000; Wylie & Allport, 2000) suggerieren, dass globale und lokale Effekte möglicherweise nicht getrennt werden können. Die Ergebnisse aus dem Before-and-After-Paradigma (Allport & Wylie, 1999, 2000) wurden so interpretiert, dass vor allem positives Priming der irrelevanten Aufgabe eine langanhaltende Wirkung über viele Wiederholungsdurchgänge aufweist. Experiment 4 bei Allport et al. (1994) zeigt ebenfalls, dass die Einführung einer zweiten Aufgabe zu Effekten führt, die im Verlauf des Experiments nicht mehr ganz abgebaut werden. Entsprechen globale Effekte somit nur einer persistierenden Form der lokalen Effekte?

Anhand der Ergebnisse des Before-and-After Paradigmas sieht man, dass durchaus globale und lokale Effekte getrennt werden können. Unmittelbar nach dem Wechsel der Aufgabe ergeben sich lokale Kosten, die sich im Laufe von wenigen Durchgängen auf ein konstantes Niveau abbauen (abgesehen von den Restart-Effekten nach jedem Blockbeginn). Die verbleibenden Kosten könnten als globale Effekte interpretiert werden. Sie entstehen durch den Vergleich mit einer Bedingung, in der die Alternativaufgabe noch gar nicht durchgeführt wurde. Deshalb könnten sie darauf zurückgeführt werden, dass die Versuchsperson nun eine zweite Aufgabe mit den Reizen verbindet, diese somit erst jetzt zu ambivalenten Reizen innerhalb des Kontextes des Experiments werden⁶. Ob dies ebenfalls als Priming bezeichnet werden kann ist fraglich, wenn kein kontinuierlicher Abbau beobachtet werden kann, wie dies die Task Set Inertia Hypothese fordert. Auch die Retrieval Hypothese von Wylie und Allport (2000) erklärt keine Kosten, die über mehrere Durchgänge stabil bleiben. In ihren Experimenten wurden gerade Verläufe zunehmender und abnehmender Reaktionszeiten als Hinweise auf die Lernvorgänge beschrieben, die durch automatischen Abruf zu Kosten führen.

Wenn man lokale Kosten darüber definiert, dass sie eine unmittelbare Folge eines lokalen Ereignisses, nämlich des Wechsels bzw. der Durchführung der Alternativaufgabe in Durchgang n-1, n-2 oder früher darstellt, dann würden alle bisher beschriebenen Theorien davon ausgehen, dass sie sich mit zunehmendem Abstand dieses lokalen Ereignisses abbauen. Erreicht solch ein Verlauf einen asymptotischen Wert, der sich nicht weiter verringert, aber gegenüber einem reinen Block noch immer Kosten aufweist, dann kann die Ursache dieser Kosten nicht das lokale Ereignis sein. Der nächste Abschnitt enthält weitere Argumente, die eine separate Betrachtung lokaler und globaler Kosten nahelegt.

⁶ Natürlich sind der Versuchsperson auch andere Aufgaben prinzipiell bekannt, die mit solchen Reizen durchgeführt werden könnten. Diese spielen jedoch keine Rolle, wenn sie im Kontext des Experiments nicht durchgeführt wurden. Das Problem wird von Allport und Wylie (1999) diskutiert.

Die Dissoziation lokaler und globaler Effekte über Drittvariablen

Eine Reihe von Ergebnissen neuerer Arbeiten legen den Schluss nahe, dass lokale und globale Wechselkosten dissoziierbare Effekte darstellen. In der kognitiven Neuropsychologie wird von der Dissoziation zweier Leistungen gesprochen, wenn eine Läsion gefunden werden kann, bei der nur eine der Leistungen beeinträchtigt ist. In solch einem Fall wird davon ausgegangen, dass beide Leistungen auf unterschiedlichen kortikalen Modulen beruhen (Shallice, 1988).

Keele und Rafal (2000) untersuchte zwei Patientengruppen mit linkshemisphärischer und rechtshemisphärischer lateral-frontaler Läsion und eine Kontrollgruppe anhand verschiedener Bedingungen. Die drei Gruppen unterschieden sich nicht in den lokalen, aber in den globalen Wechselkosten, wobei nur die Gruppe der Patienten mit linkshemisphärischer Schädigung deutlich höhere globale Wechselkosten aufwies⁷. Der Effekt zeigte sich außerdem nur bei ambivalenten Reizen, bei Wechselblöcken mit univalenten Reizen ergaben sich keine Unterschiede. Die Ergebnisse von Keele und Rafal (2000) legen somit nahe, dass lokale und globale Wechselkosten dissoziierbare Leistungen darstellen.

Andere Arbeiten untersuchten nicht Läsionen des Kortex, sondern den Einfluss des Alters. Auch dieses führt zu selektiven Beeinträchtigungen kognitiver Leistungen, weshalb auch hier die Logik der Dissoziation von Leistungen angewendet werden kann. Kray und Lindenberger (2000) untersuchten globale und lokale Wechselkosten bei verschiedenen Altersstichproben anhand von Aufgaben mit unterschiedlichem Reizmaterial (numerisch, räumlich und verbal). Globale Kosten wurden hierbei durch Vergleich der mittleren Reaktionszeiten in einem Alternate Runs Paradigma und reinen Blöcken ermittelt. Wenn die generelle Verlangsamung durch das Alter bei der Auswertung kontrolliert wurde, fand sich bei zwei der drei Materialien das Muster, dass nur globale, nicht aber lokale Kosten mit dem Alter variierten. Ältere Versuchspersonen erzielten hierbei höhere globale Wechselkosten als jüngere. Die Kosten wurden außerdem zusammen mit einer Reihe verschiedener Leistungsmaße (z. B. Intelligenzmaße) in eine Faktorenanalyse eingebracht. Beide Kostenkomponenten korrelierten hierbei mit unterschiedlichen psychometrischen Maßen.

Mayr (2001) verglich Aufgabenwechsel in einem Task Cuing Paradigma mit reinen Blöcken anhand einer älteren und einer jüngeren Versuchspersonengruppe. Es zeigte sich das gleiche Muster wie bei Kray und Lindenberger (2000), unabhängig davon, ob globale Kosten als Differenz der Mittelwerte aus Wechsel- und reinen Blöcken definiert wurde, oder ob nur Wiederholungsdurchgänge verwendet wurden, die keine lokalen Effekte mehr aufwiesen (hier ab der dritten Wiederholung). Durch die Ver-

⁷ Die Resultate einer anderen Studie (Rogers et al., 1998), die auch erhöhte lokale Wechselkosten bei Patienten mit linksfrontaler Läsion feststellten, führten Keele und Rafal (2000) darauf zurück, dass dort die Aufgaben jeden zweiten Durchgang wechselten. Im Gegensatz zu Gesunden nutzten die Patienten die Vorhersagbarkeit der Wechsel, also die impliziten Hinweise, nicht zur Rekonfiguration. Keele und Rafal (2000) ließen die Aufgaben jedoch jeden achten Durchgang wechseln, was die Vorhersagbarkeit erschwert. Alle Gruppen mussten so die expliziten Hinweise nutzen. Die erhöhten lokalen Kosten bei Rogers et al. (1998) entsprechen somit einem Planungsdefizit, weniger einem Wechseldefizit.

wendung von drei Aufgaben konnten außerdem Effekte von Backward Inhibition (vgl. Abschnitt 3.3) gemessen werden. Es ergab sich keine Interaktion der Backward Inhibition mit dem Alter, wenn generelle Verlangsamung durch Alterseinflüsse in die Analyse mit einging. Backward Inhibition war somit nicht die Ursache der Altersunterschiede in den globalen Kosten.

Globale und lokale Wechselkosten sind somit nicht nur dissoziierbar im Sinne einer differentiellen Beeinträchtigung durch Läsionen (Keele & Rafal, 2000) und durch das Alter (Kray & Lindenberger, 2000; Mayr, 2001), sie korrelieren auch unterschiedlich mit verschiedenen psychometrischen Leistungsmaßen (Kray & Lindenberger, 2000). Außerdem können zwar lokale, nicht aber globale Kosten auf persistierende Inhibition, d.h. Backward Inhibition zurückgeführt werden (Mayr, 2001). Es liegt somit nahe, unterschiedliche Ursachen dieser Effekte anzunehmen. In den folgenden drei Abschnitten werden Theorien der globalen Wechselkosten vorgestellt. Jeder dieser Abschnitte bietet Erklärungen, die in irgendeiner Weise die Beteiligung strategischer Kontrolle annimmt. Auf die Notwendigkeit dieser Annahme soll im Anschluss eingegangen werden.

4.2. Strategien der Prästimulus-Rekonfiguration

Rogers und Monsell (1995) erhoben lokale Wechselkosten erstmals durch den Vergleich von Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen innerhalb eines Blocks. Sie begründeten dies damit, dass sich Wechsel- und Wiederholungsblöcke durch eine Reihe von Variablen unterscheiden, die nicht im Zusammenhang mit den (lokalen) Wechseln stünden. So sei die Arbeitsgedächtnisbelastung in Wechselblöcken höher, weil dort die Versuchspersonen immer mehrere Aufgaben aktiv halten müssen, in reinen Blöcken aber nur eine. Tatsächlich gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Aktivhalten mehrerer Aufgaben und den Reaktionszeiten (Gottsdanker, 1984). Mayr und Kliegl (2000) und Rubinstein et al. (2001) bezweifelten zwar, dass mehrere Aufgaben gleichzeitig aktiv gehalten werden können, die Ergebnisse von Koch (2001), sowie das Auftreten von Kongruenzeffekten (z. B. Rogers & Monsell, 1995) sprechen jedoch dafür.

Das Aktivhalten aller im Block auftretenden Aufgaben könnte eine optimierte Anpassung an Wechselbedingungen darstellen: Wenn die aktuelle Aufgabe A in Durchgang n optimal vorbereitet wäre, dann würde die Rekonfiguration der Aufgabe B in Durchgang n+1 länger dauern. Nichtoptimale Vorbereitung von A würde den Wechsel zu B hingegen erleichtern. In reinen Blöcken hingegen führt optimale Vorbereitung nicht zu Nachteilen. Solch eine Strategie könnte auf zwei Wegen realisiert werden: Einmal könnte die Aufgabenbereitschaft für beide Aufgaben graduell zwischen Wechsel- und reinen Blöcken variieren. 100%ige Aktivierung von Reiz-Reaktions-Assoziationen in reinen Blöcken könnte z. B. 80%iger Aktivierung in Wechselblöcken gegenüberstehen. Andererseits könnte in Wechselblöcken eine Aufgabenrepräsentation wirksam sein, in der Wechsel erleichtert werden.

Eine ähnliche Erklärung der globalen Wechselkosten versucht das Modell von Meiran (2000a, b) zu bieten. In Abschnitt 3.3 wurde die Annahme des Modells beschrieben, dass im Anschluss an die Antwortselektion eine Rekonfiguration der Reiz-Reaktions-Assoziationen stattfindet. Hierbei werden die Assoziationen der soeben durchgeführten Aufgabe stärker aktiviert. Diese Erhöhung der Aufgabenbereitschaft der noch aktuellen Aufgabe führt bei nachfolgenden Wiederholungsdurchgängen zu Vorteilen, bei Wechseldurchgängen jedoch zu Nachteilen. Meiran (2000a, b) nimmt deshalb an, dass diese Rekonfiguration in Wechselblöcken nur sehr schwach ausfällt, da die Wahrscheinlichkeit einer Wiederholung bei zwei zufällig wechselnden Aufgaben nur 50%, in reinen Blöcken hingegen 100% beträgt. Da diese Rekonfiguration in reinen Blöcken somit einen größeren Vorteil bringt, erfolgt die Aktivierung der Reiz-Reaktions-Assoziationen hier stärker. Damit sinkt auch die Bearbeitungszeit in reinen Blöcken.

Diese Vorstellung entspricht ebenfalls einer Rekonfigurationsstrategie, allerdings nicht der Prästimulus-Rekonfiguration. Sie führt jedoch zum selben Ergebnis: Die Aufgabenbereitschaft bei Reizbeginn wird durch eine endogene Kontrollstrategie moduliert. Sie ist in Wechselblöcken niedriger als in reinen Blöcken, was mit der Wahrscheinlichkeit eines Wechsels zusammenhängt.

4.3. Strategien der Poststimulus-Rekonfiguration

Auch ein zweiter Erklärungsansatz geht davon aus, dass die Aufgabenbereitschaft in Wechselblöcken bei Reizbeginn niedriger ist. Jetzt wird jedoch angenommen, dass ein zusätzlicher Rekonfigurationsprozess nach Reizbeginn der niedrigen Aufgabenbereitschaft entgegenwirkt. Dieser zusätzliche Prozess erzeugt die globalen Wechselkosten.

Mayr (2001) ging in einem Experiment der Frage nach, welche Bedingungen für das Vorliegen von globalen Wechselkosten notwendig sind. Ähnlich wie Meiran (2000b) variierte er zum einen die Ambivalenz des Reizmaterials, d.h. ob ein Reiz für beide (ambivalent) oder nur für eine der Aufgaben (univalent) bearbeitet werden kann, und zum anderen die Überlappung der Antworten. Hier konstruierte er drei Bedingungen: Die Antworten konnten bei zwei verwendeten Aufgaben vollständig überlappen, d.h. beide Aufgaben wurden anhand derselben Antworttasten beantwortet. Die Antworten konnten nur konzeptionell überlappen, d.h. es wurden verschiedene Tasten verwendet, jedoch beide entsprachen einer links-rechts Anordnung. Oder die Antworten konnten überhaupt nicht überlappen, d.h. verschiedene Tasten wurden verwendet, die außerdem verschieden angeordnet waren (links-rechts und oben-unten). Zusätzlich wurden reine Aufgabenblöcke mit ambivalenten Reizen bearbeitet. Es zeigte sich, dass zumindest die altersabhängige Komponente der globalen Kosten nur in der Bedingung mit ambivalenten Reizen und vollständiger Überlappung der Antworten auftrat. Mayr (2001) interpretierte diese Komponente daraufhin als einen zeitkonsumierenden Prozess, in dem reizinduzier-

te Interferenz abgebaut wird. Dieser Prozess kann als Poststimulus-Rekonfiguration verstanden werden, in dem die volle Aufgabenbereitschaft⁸ nach Reizbeginn hergestellt wird, nachdem der ambivalente Reiz zu einer Verminderung der Aufgabenbereitschaft führte.

Einen ähnlichen Prozess nehmen Keele und Rafal (2000) in der oben erwähnten Studie an. Diese zeigte erhöhte globale Wechselkosten bei Patienten mit linksfrontaler Läsion. Zum einen waren diese Kosten nur bei ambivalentem Reizmaterial erhöht, zum anderen waren auch die Kongruenzeffekte deutlich stärker. Die Reaktionszeit hing bei diesen Patienten stärker davon ab, welche Antwort bezüglich der anderen Aufgabe vorlag. Aus diesen Resultaten folgerten sie, dass die erhöhten globalen Wechselkosten dadurch zustandekommen, dass durch die Reize aktivierte Interferenz alternativer Aufgaben bei diesen Patienten nicht gehemmt wurde. Die globalen Kosten spiegeln in dieser Annahme nicht unbedingt die Dauer einer Poststimulus-Rekonfiguration wider, aber zumindest die Effektivität solch eines Prozesses.

Beide Ansätze, die globale Wechselkosten im Zusammenhang mit Poststimulus-Rekonfiguration diskutieren, nehmen an, dass unter Wechselbedingungen Interferenz entsteht, die durch spezifische Prozesse abgebaut wird. Diese Interferenz entsteht aufgrund der Überlappung der Reiz-Reaktions-Assoziationen auf Seiten des Reizes (Reizambivalenz) und auf Seiten der Antworten (Antwortüberlappung).

4.4. Strategien der Antwortselektion

Eine Reihe von Arbeiten sehen die Ursache der lokalen Wechselkosten in der Verlängerung der Antwortselektion durch proaktiver Interferenz (Allport et al., 1994; Allport & Wylie, 2000; Wylie & Allport, 2000). Stochastische Modelle von Wahlreaktionsprozessen nehmen zwei Parameter an, die die Dauer eines solchen Selektionsprozesses bestimmen (vgl. Abschnitt 1 unter Speed-Accuracy-Tradeoff): Einerseits ist dies die Evidenz, die für die Antwortoptionen vorhanden ist. Interferenz äußert sich hierbei durch höhere Evidenz für die falsche Antwort. Andererseits spielen Antwortkriterien eine Rolle. Diese werden von der Versuchsperson so gesetzt, um ein vom Versuchsleiter vorgegebenes Fehlerniveau zu halten. Globale Kosten könnten dadurch erklärt werden, dass die höhere Interferenz unter Wechselbedingungen durch konservativere Antwortkriterien ausgeglichen wird. Ein erhöhtes Antwortkriterium in Wechselblöcken würde zu kleineren Wechselkosten in den Fehlerraten führen. Durchgänge in Wechselblöcken, in denen die Interferenz ein ähnliches Niveau wie in reinen Blöcken hat, wären dadurch trotzdem verlangsamt. Nimmt man also an, dass Durchgänge, in denen keine loka-

⁸ Mayr (2001) verwendet jedoch nicht den Begriff Aufgabenbereitschaft, sondern spricht von „internal control settings“. Darunter würde man eher Zielstrukturen verstehen, als Reiz-Reaktions-Assoziationen. Da dieser Prozess allerdings unter Bedingungen überlappender Reiz-Reaktions-Assoziationen auftritt, könnte er genauso auf eben dieser Ebene arbeiten.

len Kosten mehr nachgewiesen werden können, genauso hoher proaktiver Interferenz unterliegen wie solche in reinen Blöcken, dann sollten hier globale Kosten der Reaktionszeit, nicht aber globale Kosten in den Fehlern nachgewiesen werden können. Eine systematische Untersuchung globaler Wechselkosten der Fehler gibt es momentan nicht. Es ist aber fraglich, ob die vorhandenen Paradigmen für solch eine Analyse überhaupt geeignet sind. Die Fehlerniveaus sind dort sehr gering (oft unter 5%) und Unterschiede in den Fehlerraten können nicht immer auf die Antwortselektion zurückgeführt werden.

Ein anderer Ansatz zur endogenen Kontrolle bei Selektionsschritten stammt von Hübner et al. (2001). Diese untersuchten globale und lokale Wechselkosten anhand von Mehrkomponenten-Aufgaben. Hierzu verwendeten sie Mehrebenenreize (Navon, 1974), bei denen eine globale Ziffer aus mehreren identischen lokalen Ziffern aufgebaut war. Die Versuchspersonen sollten auf eine der Reizebenen eine von zwei Klassifikationsregeln anwenden: Eine Kleiner/Größer- und eine Gerade/Ungerade-Klassifikation, wobei beide auf dieselben Antworttasten abgebildet waren. Verglichen wurden nun reine Blöcke, in denen nur eine der Kombinationen aus Ebene und Regel bearbeitet wurden, Blöcke, in denen nur die Ebene oder nur die Regel wechselte und Blöcke, in denen Ebene und Regel unabhängig wechselten. Hierbei wurde ein Task Cuing Paradigma verwendet, wobei die Dauer des CSI von der Versuchsperson durch einen Tastendruck selbst bestimmt wurde. Die globalen Kosten des Ebenenwechsels wurden als die Differenz der Mittelwerte aus Blöcken mit konstanter Ebene und Blöcken mit wechselnder Ebene berechnet. Die Berechnung der globalen Kosten des Regelwechsels erfolgte dementsprechend.

Es zeigte sich, dass beide globalen Kostenkomponenten unabhängig waren, d.h. in Blöcken, in denen beide Komponenten wechselten, setzten sich die Kosten aus denen der Ebene und denen der Regel additiv zusammen. Die lokalen Wechselkosten hingegen zeigten ein anderes Bild: In Blöcken, in denen nur die Ebene oder nur die Regel wechselte, waren die lokalen Kosten größer als in Blöcken, in denen beides wechselte. Zudem waren in letzterer Bedingung die lokalen Kosten der Ebenenwechsel und der Regelwechsel subadditiv. Ein Doppelwechsel führte nicht zu höheren Kosten als der Wechsel von Ebene oder Regel. Weitere Experimente zeigten, dass das Muster der globalen Kosten nicht auf die Häufigkeit der lokalen Wechsel oder die Anzahl der verwendeten Aufgaben, also der Kombinationen aus Ebene und Regel, zurückgeführt werden konnten.

Zusätzlich untersuchten Hübner et al. (2001) die Kongruenzeffekte in den verschiedenen Bedingungen, die sie als Konsistenz bezeichneten. Hierbei definierten sie Durchgänge als ebenenkonsistent bzw. -inkonsistent, bei denen die Ziffer der irrelevanten Ebene dieselbe bzw. die andere Antwort auf die aktuelle Regel ergibt. Ähnlich wurden Durchgänge als regelkonsistent bzw. -inkonsistent definiert, bei denen die irrelevante Regel auf die Ziffer der aktuellen Ebene zu derselben bzw. der anderen Antwort führt. Neben einer Reihe von Interaktionen dieser Faktoren, zeigte sich, dass die Ebenenkonsistenz in Blöcken mit Ebenenwechsel, die Regelkonsistenz in Blöcken mit Regelwechsel jeweils höher

war. Beide Konsistenzarten zeigten allerdings auch Effekte in Blöcken ohne Wechsel. Nimmt man nun an, dass die Konsistenz die Aktivierung irrelevanter Reiz-Reaktions-Assoziationen in einem Durchgang widerspiegelt, dann kommt man zu dem Schluss, dass sämtliche Assoziationen in allen Blöcken aktiviert sind, stärker aber in solchen, in denen die jeweilige Regel oder Ebene auch bearbeitet werden muss.

Die globalen Wechselkosten konnten jedoch nicht auf die Wirkung inkonsistenter Reize zurückgeführt werden, da auch konsistente Durchgänge immer noch Kosten aufwiesen. Stattdessen folgerten Hübner et al. (2001), dass die Kosten auf einer Strategie beruhen, die diese Interferenz kontrolliert. Wendet man Sternbergs (1969) Methode Additiver Faktoren auf die globalen Kosten an, ergibt sich der Schluss, dass ihr Ursprung in unabhängigen Verarbeitungsschritten liegt. Hübner et al. (2001) vermuteten in ihrer *Attentional Control Hypothese*, dass die Bearbeitung der Aufgaben zwei Selektionsschritte erfordert: Die Selektion des relevanten Reizes und die Selektion der relevanten Klassifikationsregel. Unter Wechselbedingungen arbeitet die jeweils wechselnde Komponente in einem kontrollierten Modus. Diese Kontrolle erzeugt Kosten, die den jeweiligen Selektionsschritt verlängert. Über die Art der Kontrolle wird hierbei jedoch nichts ausgesagt.

Hübner et al. (2001) nehmen also an, dass Selektion unter Wechselbedingungen nicht nur aus einer Antwortselektion besteht, in der sich die korrekte Reiz-Reaktions-Assoziation gegen andere durchsetzt. Vielmehr besteht die Antwortselektion in diesem Konzept aus einer ganzen Reihe von seriell angeordneten Selektionsschritten, in der die Reizinformation anhand mehrerer Teilziele (z. B. „nimm global“, „klassifiziere nach gerade/ungerade“) ausgewertet wird. Die globalen Kosten entstehen je nach Bedingung in unterschiedlichen Schritten. Die lokalen Kosten hingegen entstehen immer im gleichen Schritt, unabhängig von der zu wechselnden Komponente. Dies wird durch die Subadditivität der lokalen Kosten von Ebenen- und Regelwechsel nahegelegt. Auch dieses Modell sieht die Ursache der globalen Kosten in einer Verlängerung der Antwortselektion, wenn auch in verschiedenen Teilkomponenten, je nach wechselndem Verarbeitungsschritt.

4.5. Überlegungen zur Natur globaler Wechselkosten

Trotz der unterschiedlichen Ansätze dieser Theorien, liegt ihnen doch ein ähnliches Prinzip zugrunde: Lokale Ereignisse führen zur Einführung einer adaptiven Strategie. Diese reduziert den Aufwand, den diese lokalen Ereignisse verursachen, führt aber auch in den Durchgängen zu Kosten, die nicht von diesen lokalen Ereignissen betroffen sind, nämlich Durchgänge nach einer oder mehreren Aufgabewiederholungen. Die Annahme einer Strategie stützt sich genau auf diese Tatsache: Theorien lokaler Wechselkosten sagen vorher, dass die Effekte des Wechsels mit der Zahl der sukzessiven Aufgabewiederholungen abnehmen. Wenn aber globale Kosten nicht durch lokale Effekte erklärbar sind, dann

ist eine Strategie die wahrscheinlichste Erklärung. Unter Strategie wird lediglich verstanden, dass die Versuchsperson eine andere Art der Aufgabenbearbeitung anwendet, um sich an die unterschiedlichen Anforderungen anzupassen.

Zwei Eigenschaften der lokalen Ereignisse könnten die diskutierten Strategien auslösen: Zum einen der Wechsel von einer Aufgabe zur nächsten. Um den Aufwand dieser Wechsel zu minimieren, könnte eine strategische Anpassung der *Prästimulus-Rekonfiguration* erfolgen. Suboptimale Konfiguration der Aufgabenbereitschaft (Meiran, 2000a, b), das Aktivhalten mehrerer Aufgaben (Rogers & Monsell, 1995) oder eine andere Form der Aufgabenrepräsentation erlaubt schnellere Wechsel, reduziert jedoch den Vorteil bei Wiederholungen. Zum anderen führt die Durchführung mehrerer Aufgaben mit überlappenden Reiz-Reaktions-Assoziationen zu erhöhter proaktiver Interferenz, die durch den Reiz ausgelöst wird. Diese führt zu niedrigerer Aufgabenbereitschaft bei Reizbeginn. Dem wird einerseits entgegengewirkt durch die Einführung zusätzlicher *Poststimulus-Rekonfiguration* (Keele & Rafal, 2000; Mayr, 2001), die die Aufgabenbereitschaft nachträglich optimiert. Andererseits könnte unter erschwerten Bedingungen ein anderer *Modus der Selektion* erfolgen, der konservativere Selektionskriterien oder „kontrollierte“ Selektion (Hübner et al., 2001) erfordert. Sowohl zusätzliche Konfigurationsschritte als auch adaptive Selektionsmodi erlauben die Kontrolle der Auswirkungen lokaler Effekte, führen aber zu globalen Kosten in Durchgängen, die nicht von lokalen Effekten betroffen sind.

II.

Experimentelle Befunde: Globale und lokale Komponenten der Kontrolle

Einführung

In Kapitel I wurden eine Reihe von endogenen und exogenen Kontrollprozessen dargestellt, die unter Wechselbedingungen wirksam sind oder sein könnten. Globale Effekte wurden in erster Linie durch Strategien endogener Kontrolle erklärt, die auf verschiedenen Stufen im Informationsverarbeitungsprozess arbeiten. Die folgenden Experimente sollen prüfen, welche Randbedingungen zur Einführung dieser Strategien führen.

Die Untersuchung globaler Kontrollmechanismen

Trotz ihrer Unterschiede liegt diesen endogenen Kontrollmechanismen weitgehend dasselbe Prinzip zugrunde: Lokale Anforderungen einzelner Durchgänge führen zur Entwicklung einer Strategie, die global wirksam wird. Die Leistung wird dadurch in einzelnen Durchgängen (lokal) relativ erhöht, was sich aber auf die restlichen Durchgänge (global) in Leistungseinbußen niederschlägt. Dies macht trotzdem Sinn, wenn die Gesamtleistung dadurch optimiert wird. Wie lassen sich globale Kontrollmechanismen nun untersuchen?

Zum einen kann man die *Kosten lokaler Anforderungen* messen wie dies bei residualen⁹, lokalen Wechselkosten bereits intensiv geschieht. Je effektiver globale Kontrolle eingesetzt wird, desto weniger sollten die lokalen Effekte zum Tragen kommen. Bis zum jetzigen Zeitpunkt gibt es jedoch kaum Studien, die lokale Wechselkosten unter verschiedenen globalen Kontrollanforderungen untersuchten. Hübner et al. (2001) fanden jedoch, dass die Zunahme der globalen Wechselkosten durch den Wechsel zweier Aufgabenkomponenten zu einer Abnahme der lokalen Wechselkosten führte, verglichen mit dem Wechsel nur einer Komponente.

Ein anderer Weg ist die Messung der *Kosten globaler Kontrolle*. Diese werden sichtbar in den Durchgängen, die nicht der eigentliche Grund für die Kontrolle sind, Durchgänge also, die sich bzgl. lokaler Anforderungen in nichts von denen der Baseline unterscheiden. Theoretisch wären dies im Wechselparadigma die Wiederholungsdurchgänge. Tatsächlich ist aber bekannt, dass lokale Effekte der Wechsel nicht nur auf die Wechseldurchgänge begrenzt sein können. In verschiedenen Arbeiten (z. B. Hübner et al., 2001; Meiran, 1996) wurde gefunden, dass sich Kosten eines Wechsels erst nach mehreren Wiederholungsdurchgängen abbauten. Da somit auch ein Teil der Wiederholungsdurchgänge mit lokalen Effekten belastet ist, sollten diese ebenfalls nicht zur Bestimmung der globalen Kosten herangezogen werden. Durchgänge, die sich zur Erhebung globaler Kosten eignen, sollen in den weiteren Ausführungen als *Vergleichsdurchgänge* bezeichnet werden. Durchgänge, die lokale Kosten erzeugen,

⁹ Im Folgenden sind unter lokalen wie globalen Wechselkosten immer residuale Kosten gemeint, d.h. Reaktionszeitkosten, die bei langer Vorbereitungsphase gemessen wurden.

werden hingegen als *Kontextdurchgänge* bezeichnet. Hierdurch kommt zum Ausdruck, dass diese Durchgänge den Kontext erzeugen, durch den in Vergleichsdurchgängen Kosten gemessen werden können.

Zielsetzung und Paradigma

Ein erster Schritt in der Analyse globaler Kontrollmechanismen ist die Frage nach den Bedingungen, die notwendig oder hinreichend für ihre Verwendung sind. Die diskutierten endogenen Kontrollstrategien sind jeweils an eine von zwei Eigenschaften der Wechselbedingung geknüpft, welche im Folgenden als *Wechselanforderungen* bezeichnet werden. Es ist zum einen die Durchführung zweier Aufgaben anhand derselben Reize, zum anderen die Notwendigkeit des Wechsels zwischen unterschiedlichen Aufgabenkonfigurationen. Jede dieser Eigenschaften könnte bestimmte Kontrollstrategien erforderlich machen, die zu den globalen Wechselkosten führen. Hieraus lassen sich zwei hypothetische Annahmen über die Ursache globaler Wechselkosten machen:

- 1) Die Durchführung unterschiedlicher Aufgaben mit überlappenden Reiz-Reaktions-Assoziationen führt zu exogener Interferenz. Wenn innerhalb des gleichen Blocks dieselben Reize anhand beider Aufgaben beantwortet werden, dann wird über mehrere Durchgänge hinweg das Reizmaterial¹⁰ mit beiden Aufgaben assoziiert (Wylie & Allport, 2000). Diese Assoziationen bewirken, dass die Reize wiederum beide Aufgaben automatisch aktivieren, was die exogene Interferenz verursacht. Ein Teil der lokalen Wechselkosten kann dadurch erklärt werden. Um diesen Effekten entgegenzuwirken, werden endogene Kontrollmechanismen (z. B. Selektionsstrategien, Poststimulus Rekonfiguration) eingesetzt, die auch dann zu Kosten führen, wenn die Interferenz weniger stark wirkt (z. B. nach mehreren Wiederholungsdurchgängen innerhalb eines Wechselblocks). Diese Annahme wird als *Interferenz-Kontroll-Hypothese* (IKH) bezeichnet.
- 2) Die Notwendigkeit, ständig zwischen verschiedenen Aufgaben zu wechseln und das Task Set bzw. die Aufgabenbereitschaft neu zu konfigurieren erfordert kognitiven Aufwand. Verschiedene Strategien könnten dazu dienen, diesen Aufwand zu minimieren: a) Die Verwendung einer Aufgabenrepräsentation, die alle Aufgaben umfasst. b) Die Adjustierung der Aufgabenbereitschaft auf ein Maß, das nachfolgende Wechsel erleichtert, die Durchführung der aktuellen Aufgabe aber trotzdem gewährleistet. Hierbei handelt es sich nicht um Alternativen, da eine gemeinsame Aufgabenrepräsentation die Voraussetzung darstellt, innerhalb derer eine Gewichtung der Aufgabenbereitschaft einzelner Aufgaben erfolgen kann. Dies entspricht einer Strategie der Prästimulus-Rekonfiguration und fällt somit unter eine *Strategische-*

¹⁰ Der Begriff Reizmaterial wird verwendet, da nicht nur einzelne Reize mit den Aufgaben oder bestimmten Antworten assoziiert werden. Allport und Wylie (2000) zeigten, dass auch Reize, die nie zuvor an einer Aufgabe bearbeitet wurden, zu Interferenz führen können. Es werden somit vielmehr ganze Reizklassen assoziiert.

Strategie der Prästimulus-Rekonfiguration und fällt somit unter eine *Strategische-Vorbereitungs-Hypothese* (SVH).

Beide Hypothesen weisen Gemeinsamkeiten auf (vgl. Abb. II.1): Sie beruhen zwar auf unterschiedlichen Wechselanforderungen und beinhalten verschiedene Strategien, ihre Auswirkungen auf die Reaktionszeit könnten jedoch auf ähnliche Mechanismen zurückzuführen sein. Die IKH nimmt an, dass die Aufgabenbereitschaft durch exogene Interferenz vermindert wird. Dem wirkt entweder ein zeitkonsumierender Prozess entgegen, oder eine Selektionsstrategie fängt die negativen Auswirkungen ab. Die SVH nimmt jedoch an, dass die Aufgabenbereitschaft aufgrund strategischer Erwägungen geringer gehalten wird. Zum einen wirkt sich dies möglicherweise direkt in einer Verlängerung der Selektion aus. Zum anderen wäre es möglich, dass in dieser Situation zusätzlich eine Selektionsstrategie wirkt, um die Konsequenzen der schlechteren Aufgabenbereitschaft zu minimieren.

Beide Wechselanforderungen werden jedoch durch denselben Unterschied zwischen reinen und Wechselblöcken erzeugt, nämlich die Tatsache, dass in reinen Blöcken nur eine Aufgabe, in Wechselblöcken jedoch mehrere Aufgaben durchgeführt werden. Interferenzkontrolle wird notwendig, weil die Durchführung selbst zu Interferenz führt. Strategische Vorbereitung wird notwendig in Erwartung des Wechsel zu einer anderen Aufgabe. Es ist somit zunächst der Nachweis erforderlich, dass der Unterschied in der Zahl der zu bearbeitenden Aufgaben in Zusammenhang mit den globalen Wechselkosten steht. Jede Prüfung der beiden alternativen Hypothesen muss an dieser Stelle ansetzen, bevor eine weitere Differenzierung vorgenommen werden kann.

In den meisten Experimenten zur Erhebung globaler Wechselkosten wird die wechselnde Bearbeitung der Aufgaben dadurch induziert, dass der Hinweisreiz, der die Aufgaben ankündigt wechselt. In reinen Blöcken wird hingegen immer derselbe Hinweisreiz dargeboten. Diese Eigenschaft soll im weiteren Verlauf als *globaler Cue-Wechsel*¹¹ bezeichnet werden. Globale Wechselkosten sollen durch Vergleich von Blöcken mit Cue-Wechsel und Blöcken ohne Cue-Wechsel gemessen werden. Kontextdurchgänge sind hier die Durchgänge, in denen die Hinweisreize wechseln. Vergleichsdurchgänge sind solche, in denen keine lokalen Kosten dieser Wechsel gemessen werden können.

Entscheidend ist hierbei, dass gemäß den bisherigen Überlegungen nicht die wechselnden Hinweisreize selbst die Kosten induzieren, sondern nur die damit verbundene Bearbeitung unterschiedlicher Aufgaben, welche Interferenz erzeugt und strategische Vorbereitung vorteilhaft macht. Gelänge es nun, auch in Blöcken ohne Cue-Wechsel beide Aufgaben bearbeiten zu lassen, dann sollten die Unterschiede zwischen Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel verschwinden. Dadurch sollten in beiden Blöcken dieselben Strategien eingesetzt werden und die globalen Wechselkosten würden verschwinden. Wenn sich dies bewahrheitet, dann zeigt dies, dass die globalen Wechselkosten tatsächlich aufgrund der Bearbeitung unterschiedlicher Aufgaben induziert werden.

¹¹ Die Verwendung des englischen Begriffs „Cue“ an Stelle von „Hinweisreiz“ dient lediglich der Vereinfachung.

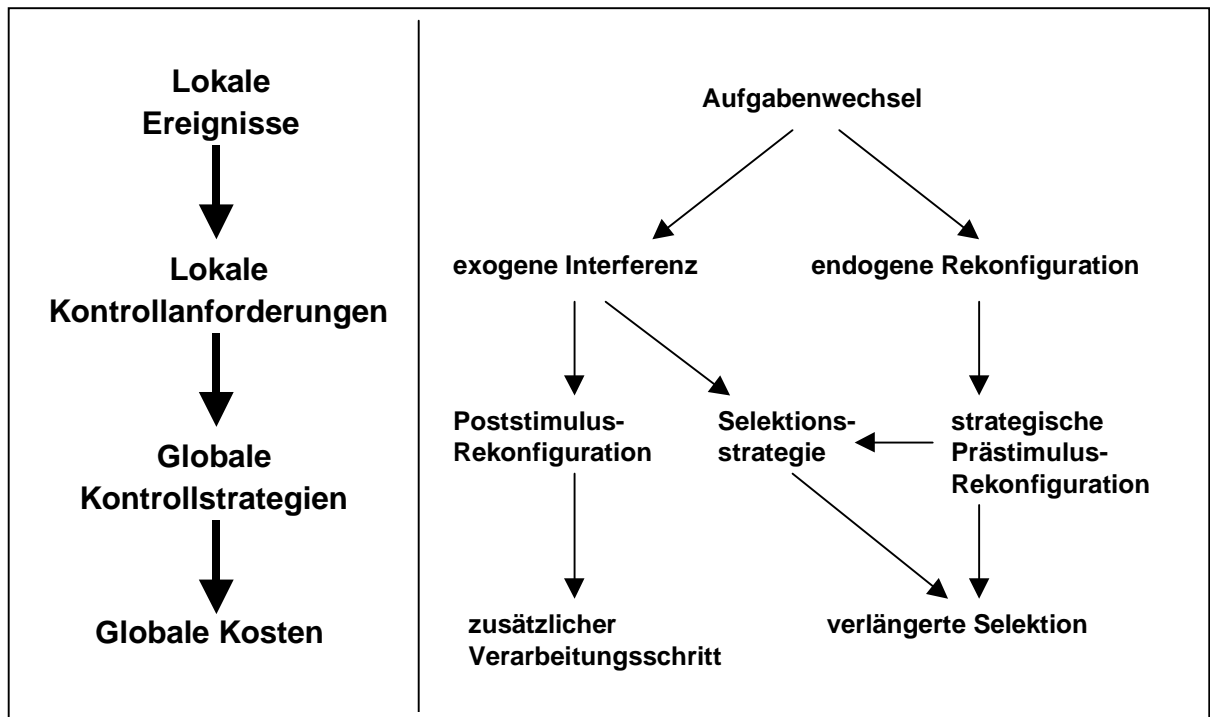


Abb. II.1: Schematische Darstellung, die die Entstehung globaler Kosten illustriert. Eine Erläuterung findet sich im Text.

Als Methode bietet sich hierzu die Verwendung *invalidier Hinweisreize an*. Ein Hinweisreiz ist dann invalide, wenn die angekündigte Aufgabe nicht anhand des Testreizes bearbeitet werden kann (etwa bei Ruthruff et al., 2001). In solch einem Fall muss die Versuchsperson zur anderen Aufgabe wechseln. Dieser Wechsel kostet Zeit, was zu lokalen Kosten invalider Hinweisreize führt. Jedoch sollte die Tatsache, dass invalide Hinweisreize auftreten können, auch Auswirkungen auf valide Durchgänge haben: Erstens wird die Durchführung einer zweiten Aufgabe auch in Blöcken ohne Cue-Wechsel notwendig. Dies führt zu exogener Interferenz auch in validen Durchgängen. In Blöcken mit Cue-Wechsel ändert sich hingegen die Häufigkeit der beiden Aufgaben nicht, wenn beide Hinweisreize invalide sein können. Zweitens bringt es Vorteile, wenn sich die Versuchsperson nicht optimal vorbereitet und beide Aufgaben aktiv hält, um im Fall eines invaliden Hinweisreizes schneller zur Alternativaufgabe wechseln zu können. Dies sollte sich deutlich auf Durchgänge in Blöcken ohne Cue-Wechsel auswirken. In Blöcken mit Cue-Wechsel sollte genau diese Art der strategischen Vorbereitung bereits verwendet werden, um auf spätere Wechsel vorbereitet zu sein. Eine zusätzliche Strategie aufgrund potenziell invalider Hinweisreize ist somit nicht notwendig.

Invalide Hinweisreize induzieren somit dieselben Wechselanforderungen in Blöcken ohne Cue-Wechsel, wie sie für die Entstehung globaler Wechselkosten notwendig sind. In Blöcken mit Cue-Wechsel werden hingegen keine zusätzlichen Wechselanforderungen induziert. Die Wahrscheinlich-

keit, mit der ein Hinweisreiz invalide sein kann, soll als *globale Validität* des Hinweisreizes bezeichnet werden. Die Kontextdurchgänge, die Wechselanforderungen induzieren, sind Durchgänge mit invaliden Hinweisreizen. Die Kosten der globalen Validität können durch den Vergleich von Blöcken gemessen werden, in denen die Validität 100% beträgt und Blöcken, in denen die Validität kleiner als 100% ist. Vergleichsdurchgänge sind hierbei Durchgänge mit validen Hinweisreizen, da diese in beiden Bedingungen vorhanden sind und keine lokalen Kosten der Validität aufweisen.

Der Unterschied zwischen der Manipulation der globalen Validität und des globalen Cue-Wechsels ist der, dass im ersten Fall Wechsel innerhalb eines Durchgangs, im zweiten Fall Wechsel zwischen den Durchgängen erzwungen werden. Die entstehenden Wechselanforderungen sollten hingegen dieselben sein, da diese allein durch die Durchführung beider Aufgaben im Block zustande kommen. Wenn globale Kosten in Zusammenhang mit diesen Wechselanforderungen stehen, dann ist zu erwarten, dass dieselben Kosten beobachtbar sind, gleichgültig ob Cue-Wechsel, invalide Hinweisreize oder beide diese induzieren. Diese Überlegungen sollten mit Hilfe von Experimenten getestet werden, in denen globaler Cue-Wechsel und globale Validität unabhängig voneinander variiert wurden (vgl. Tab. II.1).

Tab. II.1: Die vier experimentellen Bedingungen, die als Grunddesign verwendet wurden. Jede Bedingung wird durch eine exemplarische Sequenz dargestellt (Spalte 1). A und B entsprechen den beiden Aufgaben. Das kleine, tiefgestellte Symbol bezeichnet den Hinweisreiz, das große die durchgeführte Aufgabe. Unterstreichungen zeigen, ob der Durchgang lokale Wechselanforderungen durch einen invaliden Hinweisreiz (großes Symbol unterstrichen) oder einen lokalen Cue-Wechsel (kleines Symbol unterstrichen) enthält. Die Sequenzen ergeben sich aus der Kreuzung der Faktoren globaler Cue-Wechsel und globale Validität (Spalte 2 und 3). Spalte 4 zeigt, ob die jeweilige Sequenz Wechselanforderungen stellt.

Sequenz (klein: Hinweisreiz, groß: Aufgabe)	globaler Cue-Wechsel	globale Validität	Wechsel- anforderungen
A ^A A ^A A ^A A ^A A ^A A ^A A ^A A ^A	ohne Cue-Wechsel	100% valide	nein
A ^A A ^A A ^{<u>B</u>} A ^A A ^A A ^A A ^{<u>B</u>} A ^A	ohne Cue-Wechsel	< 100% valide	ja
B ^B <u>A</u> ^A A ^A <u>B</u> ^B B ^B <u>A</u> ^A A ^A <u>B</u> ^B	mit Cue-Wechsel	100% valide	ja
A ^A A ^{<u>B</u>} <u>B</u> ^B <u>A</u> ^A <u>B</u> ^A B ^B <u>A</u> ^A <u>B</u> ^B	mit Cue-Wechsel	< 100% valide	ja

Zur Umsetzung dieser Idee wurde folgendes Paradigma entwickelt: Testreize und Aufgaben entsprachen exakt den von Rogers und Monsell (1995) verwendeten. Buchstaben sollten als Konsonant oder Vokal, Ziffern sollten als gerade oder ungerade klassifiziert werden. Jeder Testreiz bestand aus zwei Symbolen. Er war entweder bezüglich der Aufgabe ambivalent und enthielt einen Buchstaben und eine Ziffer, oder er war univalent und enthielt eine Kombination aus einem der beiden und einem neutralen Symbol. Die Bedingung globaler Cue-Wechsel wurde dadurch realisiert, dass vor jedem Testreiz ein Hinweisreiz erschien, der die relevante Aufgabe ankündigte. Das Intervall zwischen Hinweisreiz und Testreiz wurde hierbei so gewählt, dass genügend Zeit zur Vorbereitung vorhanden war. Rogers und Monsell (1995) fanden, dass bei vorgegebener Reihenfolge bereits bei einem Intervall von 600 ms nur noch residuale Wechselkosten messbar waren. Da auch die Auswertung des Hinweisreizes Zeit benötigt, wurde das Intervall nochmals deutlich größer gewählt (1400 ms). In Blöcken mit Cue-Wechsel wurde die Art der angekündigten Aufgabe randomisiert, in Blöcken ohne Cue-Wechsel wurde die Art der Aufgabe geblockt. Die globale Validität des Hinweisreizes wurde durch Einmischen einzelner invalider Durchgänge manipuliert: In solchen folgte auf einen Hinweisreiz, der die eine Aufgabe ankündigte, ein Testreiz, anhand dessen nur die andere Aufgabe bearbeitet werden konnte. Invalide Durchgänge hatten somit ausschließlich univalente Testreize. Die relative Häufigkeit invalider Durchgänge im Block bestimmte die globale Validität der Hinweisreize (z. B. 75%-valide).

Im Zentrum der Auswertung standen globale und lokale Effekte der beiden Bedingungen (vgl. Tab. II.2): Die globalen Effekte wurden durch den Vergleich von Durchgängen gemessen, die frei von lokalen Kosten waren (Vergleichsdurchgänge). Dies waren zunächst per definitionem valide Wiederholungsdurchgänge aller Blöcke. Vorher wurde jedoch geprüft, ob lokale Anforderungen (invalide Hinweisreize oder lokaler Cue-Wechsel) auch proaktive Effekte auf nachfolgende Durchgänge hatten¹². Diese sollten dann ebenfalls ausgeschlossen werden. Lokale Effekte der Bedingungen wurden durch Vergleich der Durchgänge mit lokaler Anforderung und einer angemessenen Baseline innerhalb der gleichen Blöcke gemessen: Effekte lokaler Cue-Wechsel ergaben sich aus der Differenz von validen Wechseldurchgängen und validen Wiederholungsdurchgängen (bereinigt von proaktiven Effekten). Effekte lokaler Validität, auch Umschaltkosten genannt, wurden als Differenz von invaliden Durchgängen und validen Durchgängen mit univalentem (neutralem) Testreiz erhoben. Bei allen Analysen wurde darauf verzichtet, die Aufgabe als Faktor auszuwerten. Die beiden verwendeten Aufgaben zeigen keine bekannte Dominanzbeziehung und haben ähnliche Bearbeitungszeiten (Rogers & Monsell, 1995). Um die Anzahl der Beobachtungen pro Zelle in den Analysen möglichst hoch zu halten, wurde deshalb keine differenzierte Betrachtung vorgenommen. Diese Praxis war auch in anderen Studien mit gleichem Reizmaterial und gleichen Aufgaben üblich (z. B. Sohn & Anderson, 2001).

¹² Die Verwendung dieser Testreize und Aufgaben erfolgte nicht zuletzt in der Hoffnung, dass hier die Wahrscheinlichkeit proaktiver Effekte geringer ist. Rogers und Monsell (1995) fanden keine lokalen Wechselkosten in nachfolgenden Wiederholungsdurchgängen, was aber auch mit der Darbietung als Alternate Runs zusammenhängen könnte, wie dies von Tornay und Milan (2001) vermutet wird.

Dafür gingen Eigenschaften der Testreize in die Analysen ein: Da beide Aufgaben anhand der gleichen Antworttasten beantwortet wurden, konnten ambivalente Reize bezüglich beider Aufgaben die gleiche oder verschiedene Antworten erfordern. Diese Eigenschaft wird als Konsistenz bezeichnet. Neben „konsistent“ und „inkonsistent“ wurde als dritte Kategorie „neutral“ für univalente Testreize verwendet. Die Auswertung dieses Faktors hatte vor allem einen technischen Grund: In Blöcken ohne invalide Durchgänge waren immer 50% der Testreize ambivalent und 50% univalent. In den meisten Experimenten wurde die Validität manipuliert, indem das Verhältnis von validen und invaliden Durchgängen innerhalb der 50% univalenten Testreize verändert wurde. Je nach Validität waren somit univalente, valide Testreize innerhalb aller validen Durchgänge unterschiedlich häufig. Durch Einbeziehen des Faktors in die Auswertung wurden sie gleich gewichtet. Außerdem konnten so Auswirkungen dieser Häufigkeitsänderungen getestet werden.

Tab. II.2: Operationalisierung der vier Kostenarten. Vergleichsdurchgänge sind valide Wiederholungsdurchgänge (lokale Wiederholung des Hinweisreizes), auf denen keine lokalen Effekte aus früheren invaliden Durchgängen oder Cue-Wechsel lasten.

Komponente der RT	Operationalisierung
Kosten der globalen Cue-Wechsel (globale Wechselkosten)	Differenz der Reaktionszeiten von Vergleichsdurchgängen aus Blöcken mit vs. ohne Cue-Wechsel
Kosten der globalen Validität	Differenz der Reaktionszeiten von Vergleichsdurchgängen aus Blöcken mit 100% validem Hinweisreiz vs. <100% validem Hinweisreiz
Kosten der lokalen Cue-Wechsel (lokale Wechselkosten)	Differenz der Reaktionszeiten von validen Durchgängen nach einem Cue-Wechsel vs. nach einer Cue-Wiederholung
Kosten der lokalen Validität (Umschaltkosten)	Differenz der Reaktionszeiten von Durchgängen mit einem validen Hinweisreiz (mit neutralem Testreiz) vs. einem invaliden Hinweisreiz

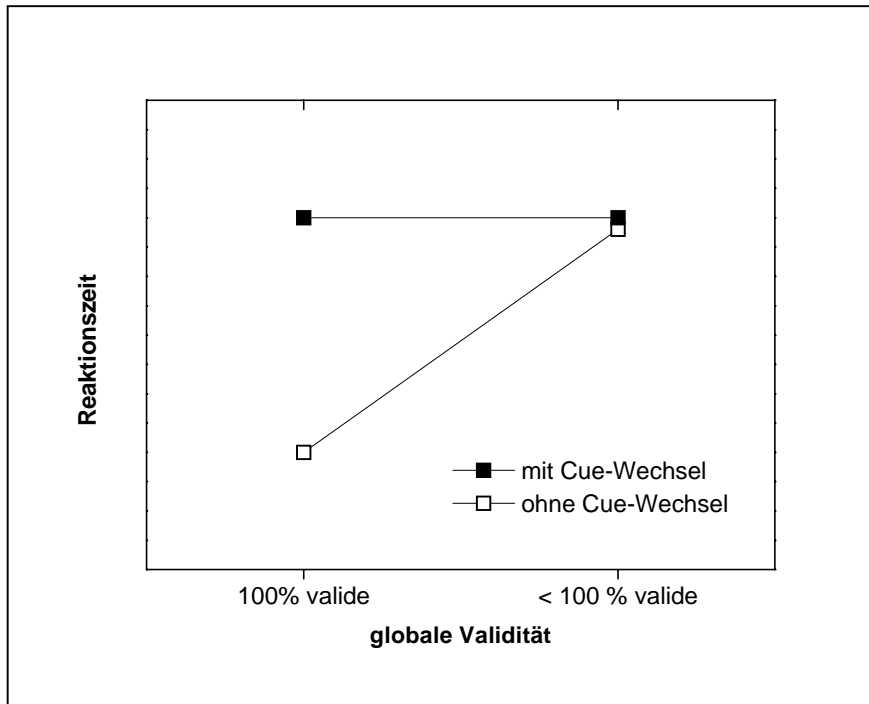


Abb. II.2: Subadditive Interaktion der Faktoren globaler Cue-Wechsel und globale Validität, wie sie idealisiert vorhergesagt wird, wenn Cue-Wechsel und invalide Hinweisreize zu denselben Wechselanforderungen und globalen Kosten führen.

Allgemeine Vorhersagen

Tab. II.1 verdeutlicht das Grunddesign der folgenden Experimente. Durch die Einführung lokaler Ereignisse wurden Wechselanforderungen induziert. Lokale Cue-Wechsel und invalide Hinweisreize führen zu globalen Kosten des Cue-Wechsels und der Validität, die anhand von Vergleichsdurchgängen erhoben werden können. Obwohl angenommen wird, dass beide Effekte durch die Induktion von Wechselanforderungen zustande kommen, wird nur der Effekt der globalen Cue-Wechsel als globale Wechselkosten bezeichnet, da dieser stärker der ursprünglichen Definition entspricht. Der Effekt der globalen Validität soll hingegen als Kosten der globalen Validität bezeichnet werden. Abb. II.2 zeigt das erwartete Ergebnis. Die Effekte der Faktoren globaler Cue-Wechsel und globale Validität auf die Vergleichsdurchgänge sollten subadditiv interagieren, d.h. es sollten keine zusätzlichen Kosten in Blöcken entstehen, in denen invalide Hinweisreize und lokale Cue-Wechsel auftreten können. Dies resultiert aus der Annahme, dass beide Manipulationen zu denselben Wechselanforderungen führen, die sich jedoch nicht addieren können. Mit anderen Worten, die globalen Wechselkosten sollten unter Bedingungen, in denen invalide Hinweisreize auftreten können, abnehmen bzw. verschwinden.

Lokale Wechselkosten können gemessen werden durch den Effekt lokaler Cue-Wechsel in Durchgängen mit validem Hinweisreiz. Eine Reihe von Arbeiten, die in Kap. I beschrieben wurden, legen nahe, dass diese lokalen Wechselkosten durch eine Verlängerung bzw. Verkürzung der Antwortselektion aufgrund exogener Interferenz bzw. Erleichterung zustande kommen. Unter der Annahme, dass die

Einführung invalider Hinweisreize in Wechselblocks keine zusätzlichen Kontrollstrategien induziert, sollten die lokalen Wechselkosten auch nicht von der globalen Validität des Hinweisreizes abhängen.

Die lokalen Effekte invalider Durchgänge sollten die Zeit widerspiegeln, die benötigt wird, um auf das neue Task Set umzuschalten. Dieser Prozess könnte kürzer dauern, je höher die Aufgabenbereitschaft für die nicht-angekündigte Aufgabe ist. Wenn durch Cue-Wechsel keine zusätzliche Kontrollstrategie induziert wird, sollte die Aufgabenbereitschaft in Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel gleich sein, wenn invalide Hinweisreize auftreten können. Damit sollte auch die Umschaltzeit unabhängig davon sein. Ruthruff et al. (2001) fanden außerdem, dass diese Umschaltkosten unabhängig von den lokalen Wechselkosten sind. Somit scheint dieser Prozess ohnehin nicht von der Aufgabenbereitschaft abhängig zu sein. Auch für diesen Fall sollten Umschaltzeiten nicht durch die Bedingung globaler Cue-Wechsel beeinflusst werden.

Es werden vier Experimente berichtet, die die hier gemachten Annahmen prüfen. Experiment 1 realisiert das oben beschriebene Grunddesign, führt aber eine zusätzliche Bedingung ein. Experiment 2 dient in erster Linie der Testung der Strategischen-Vorbereitungs-Hypothese. Die Experimente 3 und 4 untersuchen vor allem die Interferenz-Kontroll-Hypothese.

In allen Experimenten werden ausschließlich die Reaktionszeitdaten dargestellt, da sich aus der Auswertung der Fehlerraten keine zusätzlichen Informationen ergaben. Die Fehlerraten waren in allen Experimenten gering und es wurden keine Effekte gefunden, die signifikant in eine andere Richtung als die Effekte der Reaktionszeiten zeigten. Um dies zu dokumentieren, wurden die Fehlerraten in die graphische Darstellung der Ergebnisse eingefügt. Die wesentlichen Ergebnisse werden im Text und in Abbildungen dargestellt. Eine komplette Zusammenstellung aller Analysen in tabellarischer Form befindet sich im Anhang.

Experiment 1

Das erste Experiment stellt eine Umsetzung der oben beschriebenen Logik dar. Vorrangiges Ziel war die unabhängige Variation der Faktoren globaler Cue-Wechsel und globale Validität des Hinweisreizes. Neben der in der Einführung bereits beschriebenen Validitätsbedingung, in der bei invaliden Durchgängen zur alternativen Aufgabe gewechselt werden muss (Umschaltbedingung), wurde eine weitere Bedingung konstruiert. Hierbei sollte bei invalidem Hinweisreiz gar keine Antwort gegeben werden (Unterdrückungsbedingung). Diese Bedingung stellt eine weitere Baseline dar. Die Hinweisreize können invalide sein, ohne dass dadurch Wechselanforderungen induziert werden. Da angenommen wird, dass der Effekt der Validität durch die Umschaltung zur alternativen Aufgabe zustande kommt, sollte die Bedingung mit Unterdrücken nicht dieselbe Auswirkung auf die globalen Wechselkosten haben.

Die globale Validität wurde in den Stufen 100% valide (nur valide Hinweisreize) und 75% valide (ein Viertel invalide Hinweisreize) variiert. Letztere Validitätsstufe wurde als Bedingung 75% valide/Unterdrücken und 75% valide/Umschalten durchgeführt. Jede Validitätsbedingung wurde bei Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel realisiert. Da nur in der Umschaltbedingung Wechselanforderungen induziert wurden, sollten nur in dieser Bedingung die globalen Wechselkosten zwischen Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel verschwinden oder sich reduzieren. In der Unterdrückungsbedingung sollten die globalen Wechselkosten jedoch dieselben sein wie bei 100% validem Hinweisreiz.

Methode

Stichprobe

Es nahmen zwölf Versuchspersonen (drei Männer und neun Frauen) im Alter zwischen 18 und 28 Jahren ($m = 21,8$; $s = 2,9$) teil. Alle wurden an der Universität Konstanz rekrutiert und verfügten über normale oder korrigierte Sehstärke. Elf der Versuchspersonen waren Rechtshänder. Die Teilnahme wurde mit zehn DM bzw. fünf Euro pro Stunde belohnt oder diente der teilweisen Erfüllung einer Studienanforderung im Rahmen des Psychologie-Studienganges.

Versuchsaufbau

Das Reizmaterial wurde auf einem 21-Zoll Farbmonitor präsentiert. Ein IBM-kompatibler Personal Computer kontrollierte Reizpräsentation und Antwortmessung.



Abb. II.3: Exemplarische Testreize. Links: Kombination aus Buchstabe und Ziffer. Mitte/Rechts: Kombination aus Buchstabe bzw. Ziffer und neutralem Symbol.

Reizmaterial

Die Testreize wurden aus den Ziffern 2-9, den Buchstaben A, E, I, U, G, K, M, R und den neutralen Symbolen %, *, #, ? aufgebaut. In Anlehnung an die Reize von Rogers und Monsell (1995) wurden Paare aus Ziffern und Buchstaben (128 Stück), Ziffern und neutralen Symbolen (64 Stück) und Buchstaben und neutralen Symbolen (64 Stück) gebildet (vgl. Abb. II.3). Es wurde jede mögliche dieser Kombinationen in jeder Reihenfolge realisiert. Ziffern, Buchstaben und Symbole wurden dem Schriftsatz Arial entnommen und so gestreckt bzw. gestaucht, dass sie einem Sehwinkel von 1.77° Höhe und 1.24° Breite bei einem Auge-Monitor-Abstand von 127 cm entsprachen. Die Zeichen wurden so präsentiert, dass ihr Zentrum 0.84° Sehwinkel links oder rechts von der Bildschirmmitte lag. Als Hinweisreize wurden Kreise und Quadrate mit einem Durchmesser von 1.43° Sehwinkel verwendet. Test- und Hinweisreize wurden in weißer Farbe auf schwarzem Hintergrund präsentiert.

Durchführung

Die Versuchspersonen sollten in jedem Durchgang anhand des Testreizes eine von zwei Aufgaben bearbeiten. Bei der Buchstabenaufgabe sollte der Buchstabe im Testreiz als Vokal oder als Konsonant klassifiziert werden. Bei der Zahlenaufgabe sollte die Ziffer im Testreiz als gerade oder ungerade klassifiziert werden. Die Antwort wurde durch Betätigung von Reaktionstasten mit dem Zeigefinger (gerade Ziffern, Konsonanten) oder dem Mittelfinger (ungerade Ziffern, Vokale) der rechten Hand gegeben. Die Aufgaben wurden durch Hinweisreize angekündigt: Ein Kreis kündigte die Zahlenaufgabe, ein Quadrat die Buchstabenaufgabe an.

In einem Teil der Durchgänge konnte die Aufgabe, die im Hinweisreiz angekündigt war, nicht bearbeitet werden (invalide Durchgänge). Das dazu notwendige Zeichen war nicht im Testreiz vorhanden. Je nach Versuchsbedingung sollte in solchen Fällen keine Antwort erfolgen (Unterdrücken), oder es sollte die andere Aufgabe bearbeitet werden (Umschalten).

Zu Beginn jedes Durchganges erschien für 1000 ms der Hinweisreiz in der Mitte des Bildschirms. Nach 400 ms leerem Bildschirm erfolgte die Darbietung des Testreizes für 120 ms. Der Durchgang wurde durch eine Antwort der Versuchsperson oder nach 2000 ms beendet. Danach blieb der Bildschirm für weitere 1000 ms leer bis der nächste Hinweisreiz erschien (vgl. Abb. II.4). Eine fehlerhafte Antwort wurde durch ein Tonsignal angezeigt.

Zur Realisierung der unterschiedlichen Kontrollanforderungen wurden sechs Blockarten konstruiert, die sich aus der Kombination der Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel) und *globale Validität* (100% valide, 75% valide/Unterdrücken, 75% valide/Umschalten) ergaben:

ohne Cue-Wechsel-100% valide: Jeder Durchgang eines Blocks begann mit demselben Hinweisreiz. Dieser war immer valide, d.h. die Versuchsperson sollte immer die angekündigte Aufgabe bearbeiten.

ohne Cue-Wechsel-75% valide/Unterdrücken: Jeder Durchgang eines Blocks begann mit demselben Hinweisreiz. Dieser war in 25% der Durchgänge invalide, worauf keine Antwort gegeben werden sollte.

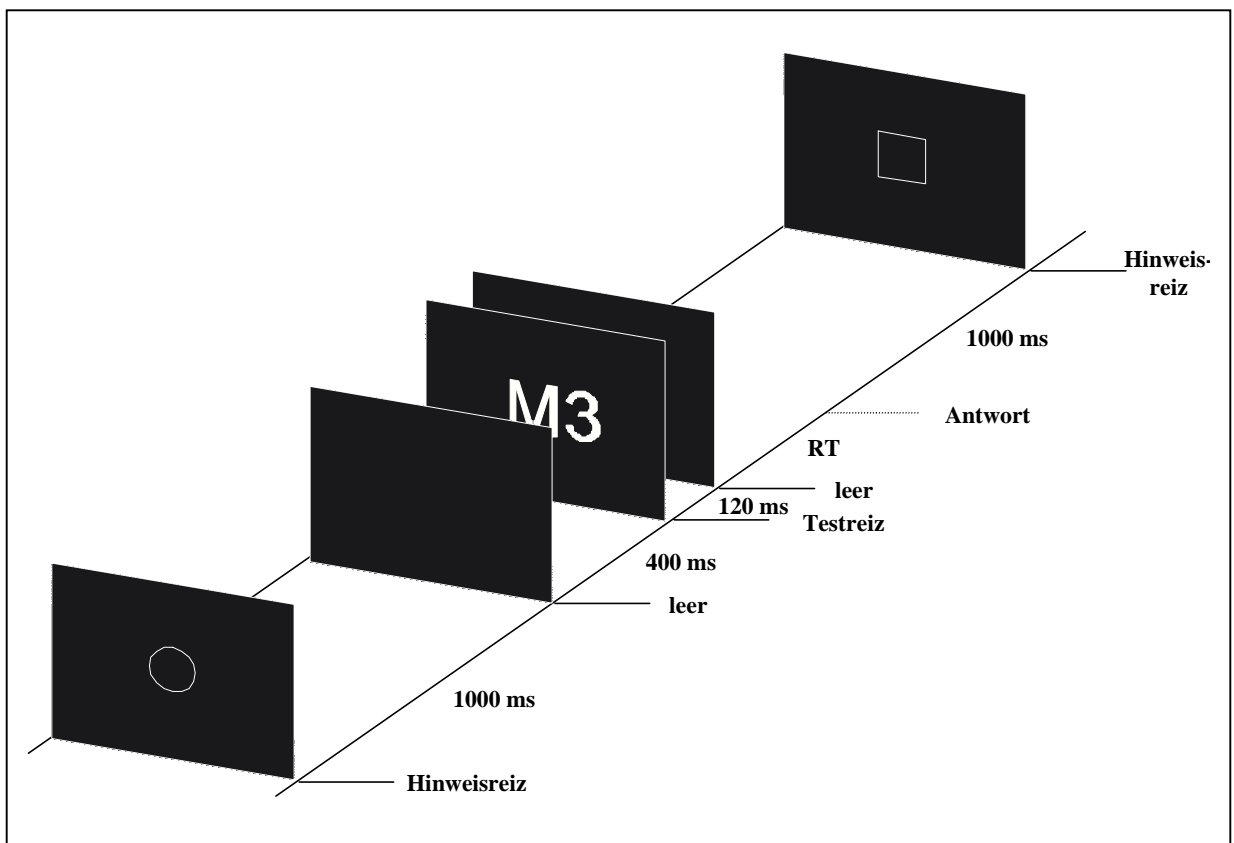


Abb. II.4: Zeitlicher Ablauf eines Durchgangs.

ohne Cue-Wechsel-75% valide/Umschalten: Jeder Durchgang eines Blocks begann mit demselben Hinweisreiz. Dieser war in 25% der Durchgänge invalide, worauf die jeweils andere Aufgabe bearbeitet werden sollte.

Die Blockarten *mit Cue-Wechsel-100% valide*, *mit Cue-Wechsel-75% valide/Unterdrücken* und *mit Cue-Wechsel-75% valide/Umschalten* wurden in ähnlicher Weise konstruiert. Hier wechselte jedoch die Art des Hinweisreizes in zufälliger Abfolge.

Jede Versuchsperson absolvierte vier Blöcke jeder Blockart. Jeder Block bestand aus 64 Durchgängen. Blöcke mit Cue-Wechsel bestanden aus 32 Durchgängen jedes Hinweisreizes. Bei Blockarten ohne Cue-Wechsel bearbeiteten die Versuchspersonen je zwei Blöcke mit dem Hinweisreiz der Buchstabenaufgabe und zwei Blöcke mit dem Hinweisreiz der Zahlenaufgabe.

Jeder Block bestand zu 50% aus Testreizen mit Ziffer-Buchstaben-Kombinationen. Je die Hälfte dieser Reize war konsistent bzw. inkonsistent, d.h. die Antworten bzgl. der Zahlen- und der Buchstabenaufgabe waren gleich bzw. unterschiedlich. Die restlichen 50% der Durchgänge enthielten Testreize mit einem aufgabenrelevanten Zeichen (Ziffer oder Buchstabe) und einem neutralen Symbol. Die Bedingungen mit invaliden Hinweisreizen wurden dadurch realisiert, dass bei der Hälfte dieser Durchgänge das aufgabenrelevante Zeichen nicht mit der angekündigten Aufgabe übereinstimmte.

Jeder Block begann mit fünf Übungsdurchgängen, die zufällig aus dem Block gezogen wurden. Sie wurden nicht in der Auswertung berücksichtigt. Die 24 Blöcke mit insgesamt 1536 Durchgängen wurden auf zwei Testsitzungen verteilt. Jede der vier Sitzungshälften enthielt alle sechs Blockarten. Blöcke mit Cue-Wechsel und ohne Cue-Wechsel wechselten sich ab. Die Bedingung des jeweils ersten Blocks wurde über Versuchspersonen und Sitzungen balanciert. Die Abfolge der Blöcke bezüglich der Validitätsbedingungen wurde randomisiert.

Eine Übungssitzung ging den Testsitzungen voraus. In dieser wurden vier Blöcke der Blockart *ohne Cue-Wechsel/100% valide* (je zwei jeder Aufgabenart) und vier Blöcke der Bedingung *mit Cue-Wechsel/100% valide* bearbeitet, insgesamt 512 Durchgänge. Die Blöcke dieser beiden Blockarten wechselten sich ab. Durch diese ausgiebige Übungsphase sollten Lerneffekte der Aufgabenbearbeitung und des Aufgabenwechsels in den Testsitzungen vermieden werden.

Vor jedem Block erhielt die Versuchsperson eine Instruktion über die auftretenden Hinweisreize („nur Zahlenaufgabe“, „nur Buchstabenaufgabe“ oder „Zahlen- und Buchstabenaufgabe“), die Validität des Hinweisreizes („immer valide“, „25% invalide“) und die Bearbeitung invalider Durchgänge („Unterdrücken“, „Umschalten“). Diese wurde verbal und schriftlich als Monitoreinblendung dargeboten.

Statistische Auswertung

Zur Prüfung der Hypothesen wurden ANOVAs mit Messwiederholung und Post-Hoc-Tests berechnet. In die Analysen gingen getrimmte Mittelwerte für jede Versuchsperson und jede Bedingung ein. Hierbei wurden korrekt beantwortete Durchgänge von 15% der schnellsten und 15% der langsamsten Reaktionszeiten jeder Bedingung bereinigt.

Resultate

Bestimmung der Vergleichsdurchgänge für die Operationalisierung globaler Effekte

Im ersten Teil der Analysen soll die proaktive Wirkung lokaler Cue-Wechsel und invalider Hinweisreize untersucht werden. Es soll festgestellt werden, ob diese auf einzelne Durchgänge begrenzt sind, oder ob sie Auswirkungen auf mehrere nachfolgende Durchgänge haben. Auf der Grundlage dieser Analysen wird dann festgelegt, welche Vergleichsdurchgänge zur Erhebung der globalen Effekte herangezogen werden können.

Proaktive Effekte invalider Hinweisreize. Eine erste Analyse sollte prüfen, ob sich Auswirkungen invalider Hinweisreize auch in nachfolgenden Durchgängen zeigen. Hierzu wurden Durchgänge auf den ersten drei Positionen nach einem invaliden Durchgang untersucht. Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge gingen in eine dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *Position* (Position 1, Position 2 und Position 3), *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel) und *Antwort auf invalide Hinweisreize* (Umschalten, Unterdrücken) ein. Es interessierten hierbei nur Effekte mit Beteiligung des Faktors *Position*.

Es wurde nur der Haupteffekt von *Position* signifikant, $F(2,22) = 13,5; p < .001$. Durchgänge auf Position 1 waren schneller (627 ms) als Durchgänge auf den Positionen 2 (586 ms) und 3 (581 ms). Die Interaktion der Faktoren *Position* und *Antwort auf invalide Hinweisreize* verfehlte knapp Signifikanz, $F(2,22) = 2,8; p = .08$. (vgl. Abb. II.5, rechts). Der Rückgang der Reaktionszeiten war unter der Unterdrücken-Bedingung kleiner (Position 1: 601 ms; Position 2: 573 ms; Position 3: 566 ms) als unter der Umschalten-Bedingung (Position 1: 653 ms; Position 2: 599 ms; Position 3: 597 ms). Die Differenz der Reaktionszeiten auf Position 2 und Position 3 war bei beiden Bedingungen nicht signifikant, wie zwei t-Tests ergaben (Unterdrücken: $t = .91, p = .38$; Umschalten: $t = .34; p = .74$).

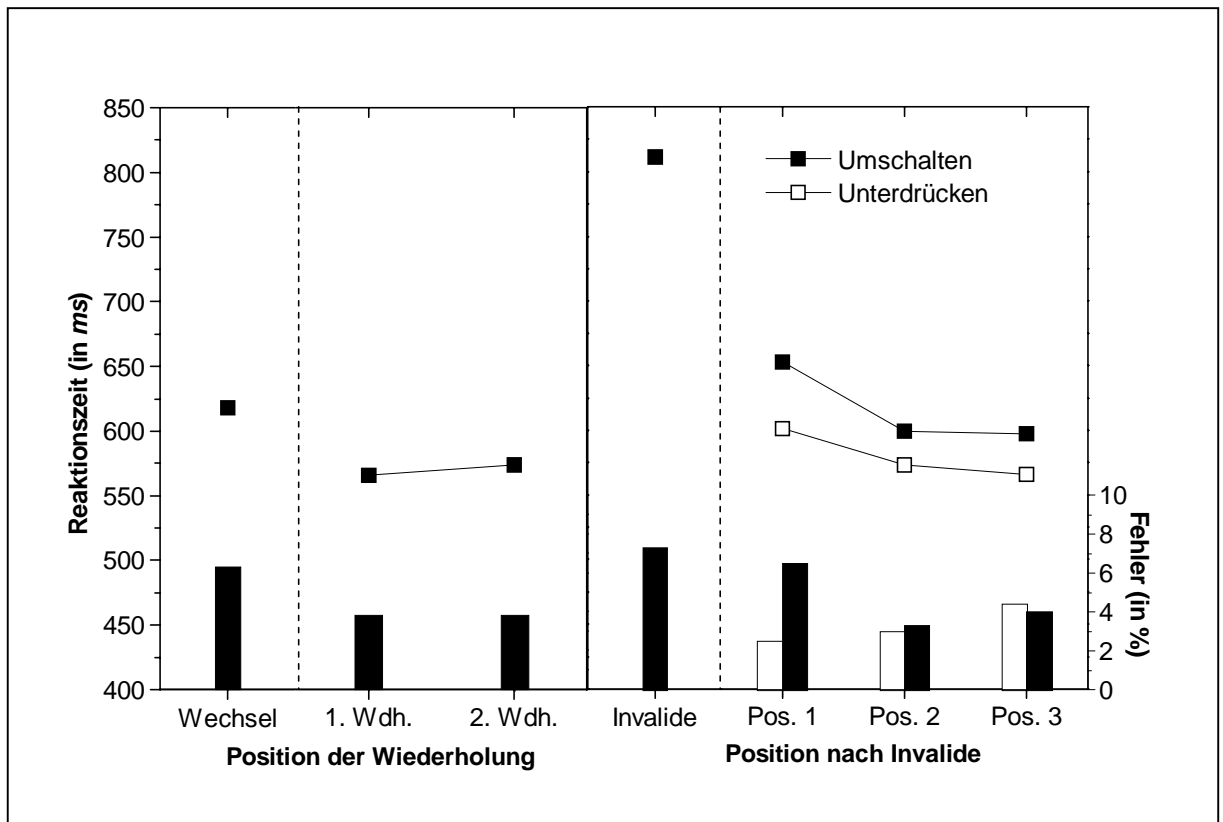


Abb. II.5: Experiment 1: Mittlere Reaktionszeiten und Fehlerraten für lokale Effekte; links: Durchgänge mit erster oder zweiter Wiederholung einer Aufgabe nach einem Cue-Wechsel, zum Vergleich sind Daten der Wechseldurchgänge dargestellt; rechts: Durchgänge auf Position 1 bis 3 nach einem invaliden Durchgang für beide Blockarten mit invaliden Hinweisreizen, zum Vergleich sind Daten invalider Durchgänge dargestellt.

Proaktive Effekte lokaler Wechsel. Eine weitere Analyse sollte zeigen, ob der lokale Wechsel des Hinweisreizes nur Auswirkungen auf den Wechseldurchgang hat. Demgegenüber wäre es möglich, dass auch der erste Wiederholungsdurchgang gegenüber weiteren Wiederholungen verlangsamt ist (vgl. u.a. Hübner et al., 2001; Mayr, 2001). In dieser Analyse wurden der jeweils erste und zweite Wiederholungsdurchgang nach einem Wechsel verglichen. Der dritte konnte aufgrund der geringen Beobachtungen nicht mehr einbezogen werden. Als Konsequenz der vorangegangenen Analyse wurden Durchgänge nach invaliden Durchgängen ausgeschlossen.

Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge wurden in einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *Position der Wiederholung* (1. Wiederholung, 2. Wiederholung) und *globale Validität* (100% valide; 75% valide, Unterdrücken; 75% valide, Umschalten) analysiert. Es interessierten nur Effekte mit Beteiligung des Faktors *Position der Wiederholung*. Weder Haupteffekt, $F(1,11) = 0.54$; $p = .48$ (vgl. Abb. II.5), noch Interaktionen erlangten hierbei Signifikanz. Die Reaktionszeiten der 1. Wiederholung waren sogar geringfügig schneller (566 ms) als Reaktionszeiten der 2. Wiederholung (574 ms).

Lokale Effekte von Cue-Wechsel und invaliden Hinweisreizen

Lokale Wechselkosten. Für Blöcke mit Cue-Wechsel wurden die lokalen Wechselkosten valider Durchgänge in Form des Effekts lokaler Cue-Wechsel analysiert. Auch hier wurden Durchgänge ignoriert, die unmittelbar einem invaliden Durchgang folgten. Mittlere Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge gingen in eine dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokaler Cue-Wechsel* (Wechsel, Wiederholung), *globale Validität* (100% valide, 75% valide/Unterdrücken, 75% valide/Umschalten) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent) ein. Es interessierten nur Effekte, an denen der Faktor *lokaler Cue-Wechsel* beteiligt war.

Es wurde nur der Haupteffekt des Faktors *lokaler Cue-Wechsel* signifikant, $F(1,11) = 15.2$; $p < .01$. Wechseldurchgänge wurden erwartungsgemäß langsamer beantwortet (619 ms) als Wiederholungsdurchgänge (573 ms). Die lokalen Wechselkosten waren aber unter allen Validitätsbedingungen gleich hoch, $F(2,22) = .39$; $p = .68$ (vgl. Abb. II.7).

Lokale Wechselkosten nach invaliden Durchgängen. Schuch und Koch (eingereicht) berichten das Verschwinden lokaler Wechselkosten in Durchgang n, wenn in Durchgang n-1 die Aufgabendurchführung unterbrochen wurde. Diese Hypothese kann anhand der vorliegenden Daten ebenfalls getestet werden. Hierzu wurden lokale Wechselkosten valider Durchgänge der Bedingung „mit Cue-Wechsel - 75% valide/Unterdrücken“ verglichen, die einem validen oder einem invaliden Durchgang folgten. Da in invaliden Durchgängen die Aufgabenbearbeitung unterbrochen wird, gleicht dies der von Schuch und Koch (eingereicht) durchgeführten Analyse. Die Konsistenz der Testreize wurde nicht als Faktor in die Analyse einbezogen, da in der vorherigen Analyse kein signifikanter Einfluss auf lokale Effekte festgestellt wurde. Gemittelte Reaktionszeiten dieser Durchgänge wurden in einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokale Validität in Durchgang n-1* (nach valide, nach invalide) und *lokaler Cue-Wechsel* (Wechsel, Wiederholung) analysiert.

Beide Haupteffekte wurden signifikant. Wechseldurchgänge wurden langsamer beantwortet (632 ms) als Wiederholungsdurchgänge (605 ms), $F(1,11) = 6.1$, $p < .05$. Durchgänge nach invaliden Durchgängen wurden langsamer beantwortet (637 ms) als solche nach validen Durchgängen (600 ms), $F(1,11) = 11.1$, $p < .01$. Auch die Interaktion der beiden Faktoren erreichte Signifikanz, $F(1,11) = 14.3$, $p < .01$. Lokale Wechselkosten waren nach validen (54 ms), nicht aber nach invaliden Durchgängen messbar (-1 ms, vgl. Abb. II.6, links).

Die gleiche Analyse wurde außerdem für Durchgänge aus der Bedingung „mit Cue-Wechsel - 75% valide/Umschalten“ durchgeführt. Dadurch kann getestet werden, ob Aufgaben, die nach einem Umschaltvorgang bearbeitet wurden, ebenfalls lokale Wechselkosten in nachfolgenden Durchgängen erzeugen. In dieser Analyse wurden Durchgänge nicht danach unterschieden, ob ein lokaler Cue-Wechsel erfolgte, sondern ob ein Aufgabenwechsel erfolgte, da nach einem invaliden Durchgang ein Cue-Wechsel einer Aufgabenwiederholung entspricht. Entscheidend für die Entstehung von lokalen

Wechselkosten ist jedoch die zuletzt bearbeitete Aufgabe. Gemittelte Reaktionszeiten dieser Durchgänge wurden in einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokale Validität in Durchgang n-1* (nach valide, nach invalide) und *Aufgabenwechsel* (Wechsel, Wiederholung) analysiert.

Erneut wurden beide Haupteffekte signifikant. Wechseldurchgänge wurden langsamer beantwortet (661 ms) als Wiederholungsdurchgänge (622 ms), $F(1,11) = 14.4$, $p < .01$. Durchgänge nach invaliden Durchgängen wurden langsamer beantwortet (664 ms) als solche nach validen Durchgängen (619 ms), $F(1,11) = 8.8$, $p < .05$. Es ergab sich jedoch keine signifikante Interaktion, $F(1,11) = .02$, $p = .88$. Die lokalen Wechselkosten waren nach validen und nach invaliden Durchgängen ähnlich hoch (40 ms vs. 36 ms, vgl. Abb. II.6, rechts).

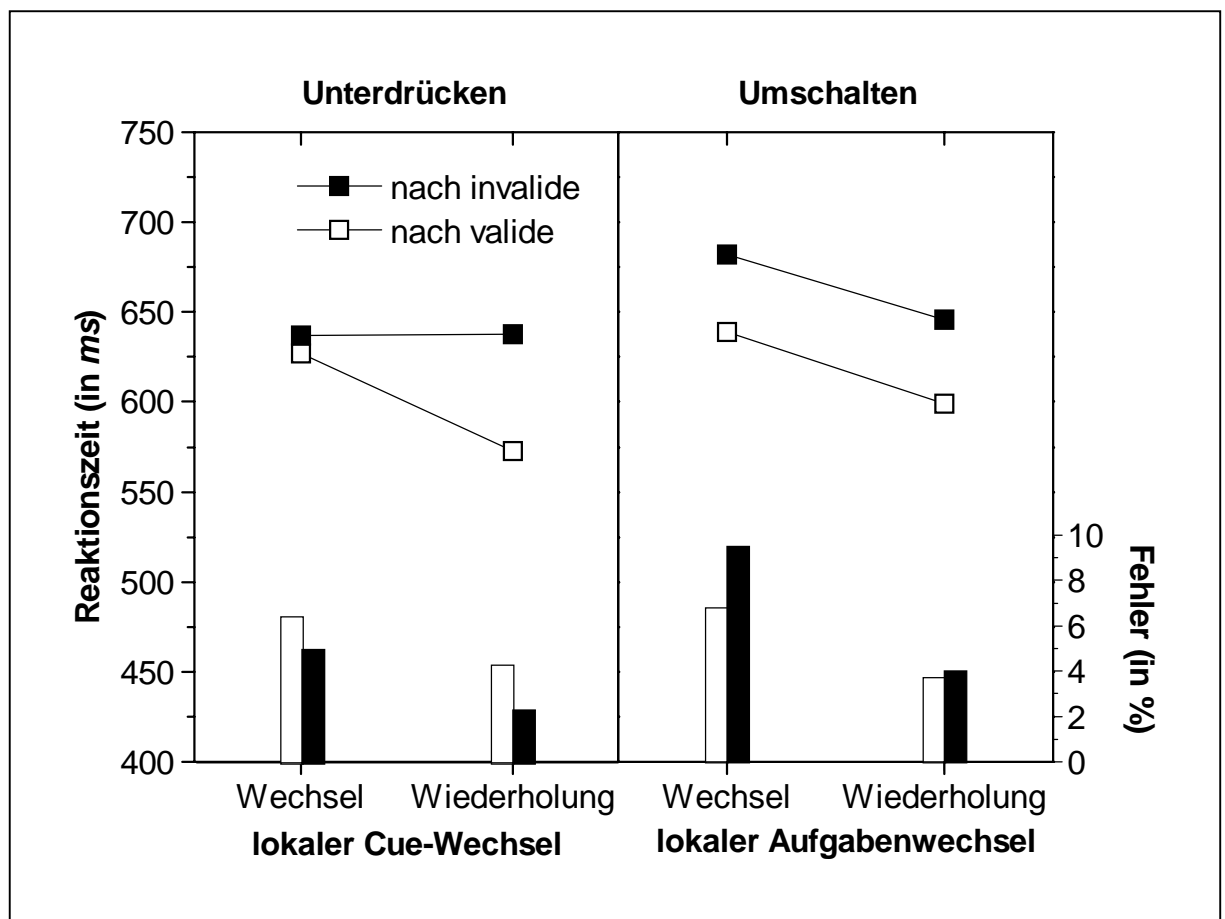


Abb. II.6: Experiment 1: Mittlere Reaktionszeiten und Fehlerraten in Abhängigkeit von der lokalen Validität des vorhergehenden Durchgangs und des lokalen Wechsels. Links: Bedingung „mit Cue-Wechsel – 75% valide/Unterdrücken“; lokale Wechsel wurden über Cue-Wechsel definiert. Rechts: Bedingung „mit Cue-Wechsel – 75% valide/Umschalten“; lokale Wechsel wurden über Aufgabenwechsel definiert.

Umschalten nach invalidem Hinweisreiz. Eine weitere Analyse zielte auf den Zeitbedarf für das Umschalten zur Alternativaufgabe bei invaliden Durchgängen, also auf den Effekt der lokalen Validität. Um diesen zu schätzen, wurden invalide Durchgänge aus der Bedingung 75%/Umschalten mit validen Durchgängen aus derselben Bedingung verglichen. Bei letzteren wurden nur solche mit neutralem Testreiz verwendet, da auch invalide Durchgänge nur aus solchen bestehen. Ausgeschlossen wurden außerdem alle Durchgänge (auch invalide), die unmittelbar einem invaliden Durchgang folgten.

Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge dieser Art wurden in einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokale Validität* (valide, invalide) und *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel) untersucht. Betrachtet wurden ausschließlich Ergebnisse mit Beteiligung des Faktors *lokale Validität*.

Die Analyse der Reaktionszeiten erbrachte einen signifikanten Effekt der *lokalen Validität*, $F(1,11) = 82.5$; $p < .001$. Valide Durchgänge (560 ms) wurden schneller beantwortet als invalide Durchgänge (811 ms), die Umschaltkosten betragen somit 251 ms. Die Interaktion der *lokalen Validität* mit dem Faktor *globaler Cue-Wechsel* erreichte keine Signifikanz, $F(1,11) = .58$; $p = .46$. Die Umschaltkosten waren somit unter jeder Wechselbedingung gleich.

Globale Effekte von Cue-Wechsel und Validität der Hinweisreize

Die bisherigen Analysen zeigten, dass lokale Wechselkosten ausschließlich in Wechseldurchgängen auftreten. Lokale Effekte invalider Hinweisreize sind jedoch auch auf dem ersten Durchgang nach einem invaliden Durchgang messbar. Zur Analyse globaler Effekte sollten alle Durchgänge verwendet werden, die nicht durch lokale Effekte belastet sind. Es wurden somit alle Wiederholungsdurchgänge mit validem Hinweisreiz, die nicht einem invaliden Durchgang unmittelbar folgten, berücksichtigt.

Von diesen gingen Reaktionszeiten mit korrekter Antwort in eine dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel), *globale Validität* (100% valide, 75% valide/Unterdrücken, 75% valide/Umschalten) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent) in die Analyse ein.

Bei der Analyse der Reaktionszeiten wurde der Faktor *globaler Cue-Wechsel* signifikant, $F(1,11) = 17.9$; $p < .001$. In Blöcken mit Cue-Wechsel waren die Reaktionen langsamer (573 ms) als in Blöcken ohne Cue-Wechsel (537 ms). Gleiches gilt für den Faktor *globale Validität*, $F(2,22) = 22.8$; $p < .001$. Die schnellsten Reaktionen erfolgten auf 100% valide Hinweisreize (520 ms), gefolgt von Durchgängen der Bedingung 75% valide/Unterdrücken (555 ms) und 75% valide/Umschalten (589 ms). Schließlich erreichte auch der Faktor *Konsistenz* Signifikanz, $F(2,22) = 24.0$; $p < .001$. Durchgänge mit neutralen Testreizen wurden schneller beantwortet (527 ms) als Durchgänge mit konsistenten (565 ms) oder inkonsistenten Testreizen (573 ms).

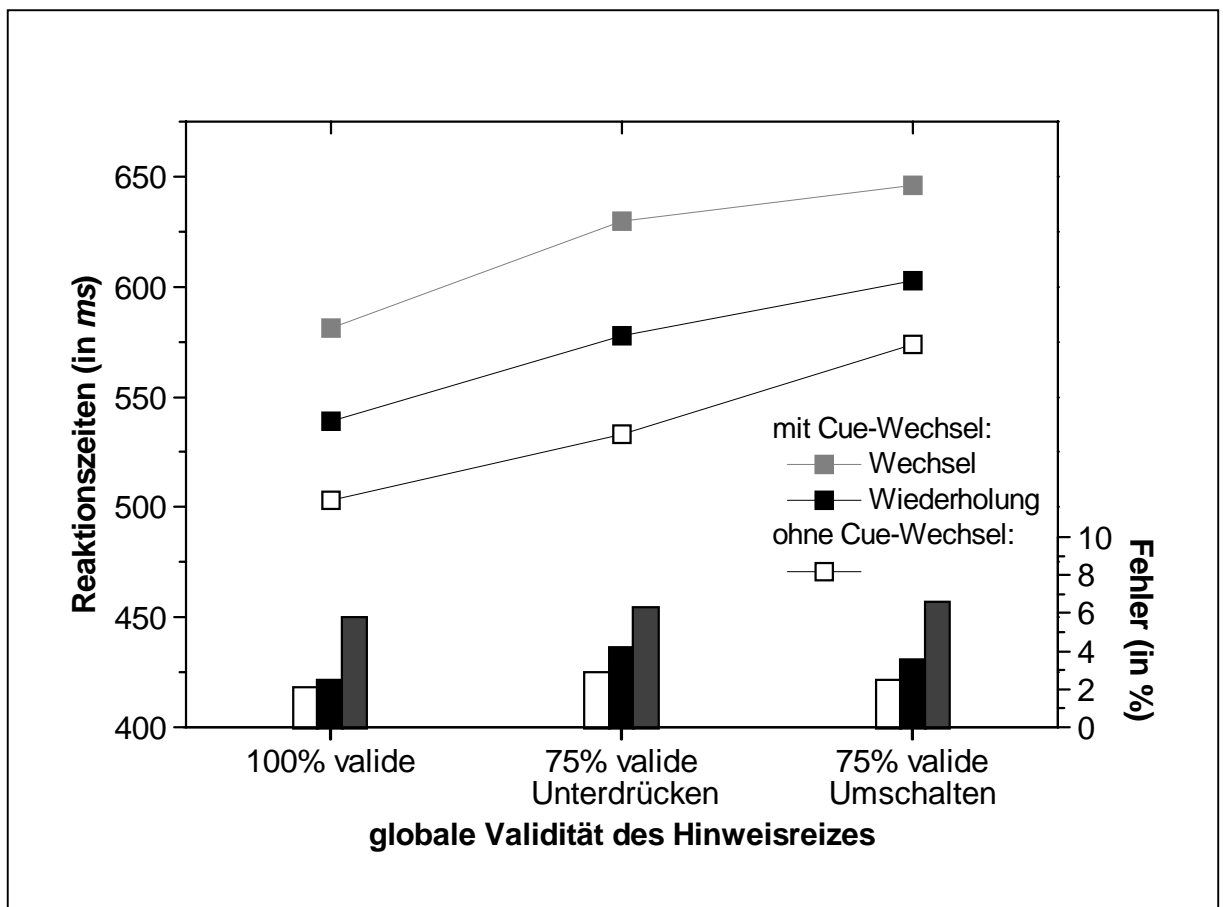


Abb. II.7: Experiment 1: Mittlere Reaktionszeiten und Fehlerraten valider Wechsel- und Wiederholungsdurchgänge aus Blöcken mit Cue-Wechsel und valider Durchgänge aus Blöcken ohne Cue-Wechsel, getrennt nach den Stufen des Faktors globale Validität (Durchgänge nach invalidem Durchgang wurden eliminiert). Ersichtlich ist die nichtsignifikante Interaktion der Effekte globaler Validität und globaler Cue-Wechsel in validen Wiederholungsdurchgängen, ergänzt durch die Wechseldurchgänge aus Blöcken mit Cue-Wechsel.

Signifikante Interaktionen zeigten sich zwischen den Effekten von *globaler Cue-Wechsel* und *Konsistenz*, $F(2,22) = 6.22$; $p < .01$ und den Effekten von *globale Validität* und *Konsistenz*, $F(4,44) = 3.54$; $p < .05$. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Arten an Testreizen waren größer in Blöcken mit Cue-Wechsel (neutral: 538 ms; konsistent: 584 ms; inkonsistent: 598 ms) als in Blöcken ohne Cue-Wechsel (neutral: 516 ms; konsistent: 546 ms; inkonsistent: 548 ms; vgl. Abb. II.8, links). Sie waren außerdem größer in Blöcken der Bedingung 75% valide/Umschalten (neutral: 550 ms; konsistent: 599 ms; inkonsistent: 617 ms) als in Blöcken der Bedingungen 75% valide/Unterdrücken (neutral: 531 ms; konsistent: 564 ms; inkonsistent: 571 ms) und 100% valide (neutral: 500 ms; konsistent: 531 ms; inkonsistent: 530 ms; vgl. Abb. II.8, rechts). Die kritischen Interaktionen wurden hingegen nicht signifikant: Weder die einfache Interaktion *globaler Cue-Wechsel* und *globale Validität*, $F(2,22) = .75$; $p = .49$ (vgl. Abb. II.7), noch die Interaktion aller drei Faktoren, $F(4,44) = .67$; $p = .62$.

Um eine genauere Betrachtung zu ermöglichen, wurde eine Kontrastanalyse vorgenommen. Hierbei wurde erneut die Interaktion von *globale Validität* und *globaler Cue-Wechsel* getestet. Diesmal gingen jedoch nur die beiden Stufen 75% valide/Unterdrücken und 75% valide/Umschalten des Faktors *globale Validität* in die Analyse ein. Auch diese Interaktion wurde nicht signifikant, $F(1,11) = .89$; $p = .37$.

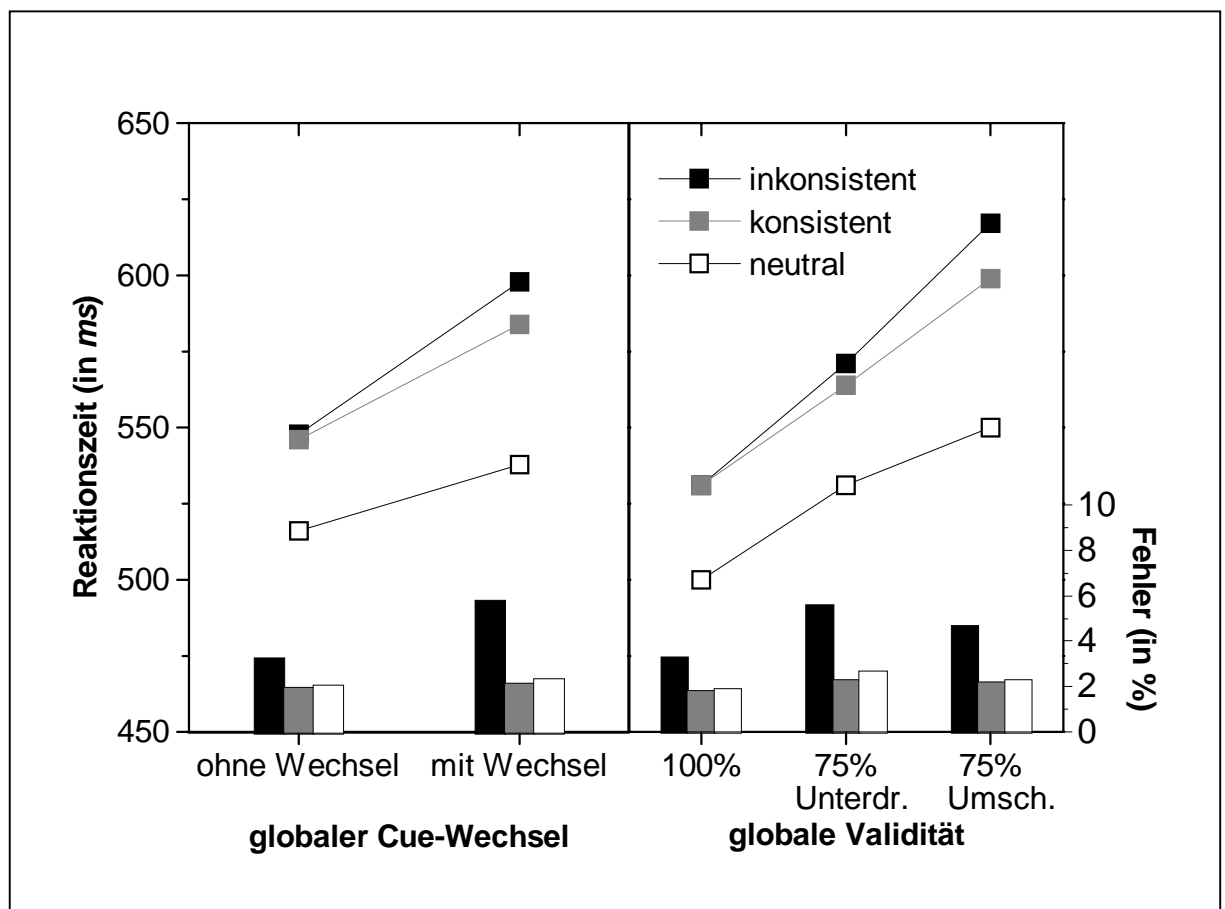


Abb. II.8: Experiment 1: Mittlere Reaktionszeiten und Fehlerraten auf Testreize unterschiedlicher Konsistenz bei validen Wiederholungsdurchgängen (Durchgänge nach invalidem Durchgang wurden eliminiert) in Abhängigkeit von globalem Cue-Wechsel (links) und globaler Validität (rechts).

Diskussion

Die Ergebnisse dieses ersten Experiments sind in mancher Hinsicht überraschend. Die Analysen der lokalen Kosten entsprachen weitgehend den Erwartungen. Die globalen Effekte der Validität der Hinweisreize und des Cue-Wechsels zeigten jedoch nicht die vorhergesagte Interaktion. Der Effekt der globalen Cue-Wechsel war unabhängig von dem der globalen Validität. Was dies für die theoretischen Vorannahmen bedeutet, wird im Folgenden erläutert. Zunächst jedoch ein Blick auf die lokalen Effekte.

Lokale Effekte

Das Ziel, lokale und globale Reaktionszeitkomponenten zu trennen, scheint erreicht worden zu sein. Die lokalen Cue-Wechsel verursachten lediglich Kosten in validen Wechseldurchgängen. Nachfolgende Wiederholungsdurchgänge zeigten keinen linearen Abfall, weshalb diese nicht durch den lokalen Cue-Wechsel beeinflusst sein können. Im Gegensatz zu den Wechseln sind lokale Effekte invalider Hinweisreize jedoch nicht auf den Durchgang ihrer Darbietung begrenzt. Sie verursachten auch eine Verlangsamung des nachfolgenden Durchgangs, bevor erst zwei Durchgänge später die Reaktionszeit ein konstantes Niveau erreichte. Der Effekt war kleiner in der Bedingung mit Antwortunterdrückung. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass dort keine lokalen Wechselkosten nach einem invaliden Durchgang auftreten, wie eine weitere Analyse zeigte. Aufgrund dieser Ergebnisse wurden zur Berechnung globaler Effekte alle validen Wiederholungsdurchgänge herangezogen, die nicht unmittelbar einem invaliden Durchgang folgten. Diese bilden somit die Vergleichsdurchgänge zur Analyse der globalen Effekte.

Die *lokalen Effekte der Cue-Wechsel* in validen Durchgängen sind unabhängig von der globalen Validität der Hinweisreize. Dies entspricht den Vorstellungen, dass lokale Wechselkosten unabhängig vom Vorwissen der Versuchsperson (Sohn & Carlsson, 2000; Sohn & Anderson, 2001; Ruthruff et al., 2001) und somit auf proaktive Effekte früherer Durchgänge zurückzuführen sind.

Interessanter war die Analyse der lokalen Wechselkosten nach einem invaliden Durchgang: In der Bedingung mit Antwortunterdrückung treten im nachfolgenden Durchgang keine lokalen Wechselkosten auf. Dies bestätigt die Ergebnisse von Schuch und Koch (eingereicht) und die Annahme, dass lokale Wechselkosten nicht durch die Vorbereitung, sondern durch die Durchführung der Aufgabe im Durchgang n-1 entstehen. Die lokalen Wechselkosten nach einem invaliden Durchgang in der Bedingung mit Umschalten entsprechen denen nach validen Durchgängen. Eine Aufgabe, die nach einem invaliden Hinweisreiz durchgeführt wurde, verursacht offensichtlich dieselben lokalen Wechseleffekte auf den nachfolgenden Durchgang wie eine Aufgabe, die nach einem validen Hinweisreiz durchgeführt wurde. Aufgrund des Designs können die lokalen Wechselkosten nach invaliden Durchgängen in

Blöcken ohne Cue-Wechsel nicht erhoben werden. Es ist aber zu vermuten, dass auch dort invalide Durchgänge zu denselben lokalen Wechseleffekten führen. Die Interferenz, die durch die Bearbeitung einer Aufgabe nach einem invaliden Hinweisreiz erzeugt wird, ist somit zumindest hinsichtlich ihres Beitrags zu den lokalen Wechselkosten dieselbe wie die Interferenz, die durch eine valide angekündigte Aufgabe entsteht.

Die *lokalen Effekte der invaliden Hinweisreize*, die Umschaltkosten, sind in Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel gleich. Aufgrund der Ergebnisse von Ruthruff et al. (2001), die darauf verweisen, dass diese Kosten unabhängig von lokalen Wechselkosten und somit der Aufgabenbereitschaft sind, war dieses Ergebnis zu erwarten. Es liegt somit die Annahme nahe, dass sie lediglich die Zeitdauer widerspiegeln, die zum Wechsel eines Zieles notwendig ist. Dass dieser Vorgang in Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel gleich lange dauert, lässt vermuten, dass zumindest die Repräsentation der Zielstrukturen in beiden Bedingungen gleich ist. Dadurch kann noch keine Aussage über die Aufgabenbereitschaft in den beiden Wechselbedingungen gemacht werden. Dass jedoch überhaupt deutliche lokale Kosten invalider Hinweisreize von 251 ms gefunden wurden, zeigt zumindest, dass die Versuchspersonen den Hinweisreiz zur Vorbereitung nutzen, auch wenn dieser invalide sein könnte. Ansonsten wären keine Unterschiede zwischen validen und invaliden Durchgängen beobachtbar.

Globale Effekte

Wie erwartet konnten globale Effekte von globalem Cue-Wechsel und globaler Validität festgestellt werden. Diese sind jedoch unabhängig, d.h. die globalen Wechselkosten als Effekt der globalen Cue-Wechsel sind auf allen Stufen der globalen Validität gleich, unabhängig davon, ob Wechselanforderungen induziert werden (Umschalten) oder nicht (Unterdrücken). Um dieses Ergebnis zu deuten, soll zunächst der *Effekt der globalen Validität* näher betrachtet werden. Dieser kann in zwei Komponenten aufgeteilt werden: Der Unterschied zwischen den Bedingungen 100% valide und 75% valide/Unterdrücken stellt den Effekt der Validität des Hinweisreizes selbst dar. Die Differenz zwischen den Bedingungen 75% valide/Unterdrücken und 75% valide/Umschalten hingegen repräsentiert die Komponente des Validitätseffekts, die durch die Induktion von Wechselanforderungen zustande kommt.

Es kann nur spekuliert werden, wodurch die erste Komponente der Kosten, der Effekt der Unterdrückungsbedingung, erzeugt wird. Natürlich wäre denkbar, dass invalide Hinweisreize auch dann zu schlechterer Vorbereitung führen, wenn nicht zur anderen Aufgabe gewechselt werden soll. Das Wissen, dass die angekündigte Aufgabe gar nicht durchgeführt werden muss, könnte dazu führen, dass die Anstrengung einer vollen Vorbereitung gescheut wird. Eine andere Ursache für diese Kosten könnte die induzierte Erhöhung der Unsicherheit sein. Valide Hinweisreize reduzieren die möglichen Antworten auf zwei, z. B. Konsonant bzw. linke Taste und Vokal bzw. rechte Taste. In der Bedingung 75%

valide/Unterdrücken wird noch eine dritte Antwort möglich, nämlich die Nichtantwort¹³. Dass Reaktionszeiten mit der Anzahl der möglichen Antworten ansteigen, ist im Hick'schen Gesetz beschrieben (Hick, 1952). Im vorliegenden Paradigma sind jedoch sehr unterschiedliche Eigenschaften des Testreizes mit den beiden Aufgabenantworten und der Nichtantwort verknüpft. Die Nichtantwort wird gewählt, wenn das angekündigte Symbol nicht im Testreiz vorhanden ist. Die Aufgabenantworten (z. B. Konsonant oder Vokal) werden aufgrund der Art des Symbols ausgewählt, unter der Voraussetzung, dass dieses im Testreiz vorhanden ist. Die Entscheidung für eine Aufgabenantwort setzt also zunächst eine Entscheidung über die Nichtantwort voraus. Unter solchen Bedingungen könnte es effizienter sein, wenn anstatt einer Entscheidung (Nichtantwort, Vokal, Konsonant) zwei sequentiell angeordnete Entscheidungsschritte verwendet würden (Antwort oder Nichtantwort, Konsonant oder Vokal). Ist diese Annahme richtig, so repräsentiert die zusätzliche Zeit in der Bedingung 75% valide/Unterdrücken diesen ersten Entscheidungsschritt, der bei 100% validen Hinweisreizen nicht notwendig ist.

Die Bearbeitungszeit in der Bedingung 75% valide/Umschalten sollte diesen Schritt ebenfalls beinhalten, jedoch ist das Ergebnis dieser Entscheidung nicht Antwort oder Nichtantwort, sondern das Beibehalten der angekündigten Aufgabe oder das Umschalten zur Alternativaufgabe. Was ist jedoch die Ursache für die zusätzlichen Kosten dieser Bedingung? Diese können nur durch die Möglichkeit eines Wechsels erklärt werden. Diese hat hier zwei Konsequenzen: a) Um für den Fall des Wechsels vorbereitet zu sein, ist es sinnvoll, nun stärker für die Alternativaufgabe konfiguriert zu sein. b) Die Durchführung der Alternativaufgabe in 25% der Durchgänge führt zu Interferenz, der durch eine Strategie entgegengewirkt wird. Beide Mechanismen wurden auch als Ursache der globalen Wechselkosten angenommen. Entgegen der ursprünglichen Überlegungen sind jedoch die globalen Wechselkosten in allen Bedingungen der Validität gleich. Nimmt man einen zusätzlichen Selektionsschritt als Ursache der Differenz der Bedingungen 100% valide und 75% valide/Unterdrücken an, so ist deren Unabhängigkeit von den globalen Wechselkosten nicht überraschend. Dadurch werden weder beide Aufgaben in Blöcken ohne Cue-Wechsel bearbeitet, noch wird die Aufgabenbereitschaft der angekündigten Aufgabe beeinträchtigt. Die Komponente des Validitätseffekts, durch die diese Wechselanforderungen induziert werden (75% valide/Unterdrücken vs. 75% valide/Umschalten) sollte jedoch subadditiv mit den globalen Wechselkosten interagieren.

Diese Vorhersage wäre zum einen plausibel, wenn beide globalen Effekte auf strategische Modifikationen der Aufgabenkonfiguration in der Vorbereitung zurückzuführen wären (*Strategische-Vorbereitungshypothese*): Wenn die Aufgabenbereitschaft für die angekündigte Aufgabe in Blöcken ohne Cue-Wechsel optimal ist, muss sie deutlich gesenkt werden, um im invaliden Fall ein Umschalten zu erleichtern. Wenn jedoch unter Wechselbedingungen die Aufgabenbereitschaft bereits einge-

¹³ Die Annahme einer Nichtantwort wird auch bei Wylie und Allport (2000) gemacht. Dort werden Assoziationen von Reizeigenschaften mit Nichtantworten verstärkt, wenn diese Reizeigenschaften unterdrückt werden müssen.

schränkt ist, um einen potenziellen Wechsel im nächsten Durchgang zu erleichtern, dann sollte die zusätzliche Einschränkung zur Vorbereitung eines Wechsels innerhalb des Durchgangs weitaus kleiner sein. Somit sollten sich höhere globale Effekte der Validität in Blöcken ohne Cue-Wechsel als in Blöcken mit Cue-Wechsel ergeben. Anders ausgedrückt: Die globalen Wechselkosten sollten kleiner sein bei 75% validen Hinweisreizen als bei 100% validen Hinweisreizen. Dies trifft jedoch offensichtlich nicht zu.

Die gleiche Vorhersage gilt auch, wenn Interferenz die Ursache strategischer Kontrolle wäre, die zu den globalen Kosten der Wechsel und der Validität führen würde (*Interferenz-Kontroll-Hypothese*): Exogene Interferenz bei der Bearbeitung der einen Aufgabe sollte aufgrund der früheren Durchführung der anderen Aufgabe entstehen, unabhängig davon, ob die andere Aufgabe aufgrund eines Wechsels innerhalb oder zwischen den Durchgängen bearbeitet wurde. Tatsächlich führen Aufgaben, die nach einem Umschaltvorgang bearbeitet wurden, zu denselben Wechselkosten im nachfolgenden Durchgang wie solche, die aufgrund eines validen Hinweisreizes bearbeitet wurden. Beide Arten der Wechsel sollten somit die gleiche Kontrollstrategie auslösen, weshalb die Kosten nicht höher wären, wenn beide Wechselarten im Block vorkommen.

Konsequenzen für die Untersuchung globaler Wechselkosten

Die Additivität der globalen Effekte scheint alle diese Überlegungen nicht zu unterstützen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass diese nicht auf den gleichen Wechselanforderungen beruhen, nämlich der Durchführung beider Aufgaben innerhalb eines Blocks. Vielmehr wird die Annahme unabhängiger Ursachen beider globaler Kosten unterstützt. Dies eröffnet aber eine neue Möglichkeit, Aussagen über die globalen Wechselkosten zu machen. Wenn die genaue Ursache der Kosten der globalen Validität aufgeklärt werden könnte, dann kann daraufhin diese Ursache für die globalen Wechselkosten ausgeschlossen werden. Um z. B. zu zeigen, dass globale Wechselkosten nicht durch die Strategische-Vorbereitungs-Hypothese erklärt werden können, sollte gezeigt werden, dass genau diese für die Kosten der globalen Validität gilt. Interessant ist hierbei nur die Komponente der Kosten der Validität, die durch die Umschaltbedingung induziert wird. Nur diese wird im weiteren Verlauf als Kosten der globalen Validität bezeichnet.

Welche der beiden Ursachen für welche der beiden globalen Kosten zutrifft, kann anhand der bisherigen Ergebnisse schwer beurteilt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Betrachtung der *Konsistenzeffekte*. Diese könnten allerdings die Aufgabenbereitschaft aufgrund der Vorbereitung (vgl. Goschke, 2000) oder aufgrund exogener Interferenz (vgl. Allport & Wylie, 2000) widerspiegeln. Tatsächlich sind diese Effekte zum einen größer in Blöcken mit Cue-Wechsel als in Blöcken ohne Cue-Wechsel. Dies bestätigt die Ergebnisse von Keele und Rafal (2000). Das gleiche trifft jedoch auch auf die Validitätsmanipulation zu: Die Konsistenzeffekte sind in den Blöcken der Umschaltbedingung

größer als in Blöcken mit 100% validem Hinweisreiz oder der Unterdrückungsbedingung. Aufgrund dieser Ergebnisse kann somit keine Entscheidung über die Ursache der beiden globalen Effekte getroffen werden, da nicht klar ist, welche Eigenschaften der Bedingungen die Konsistenzeffekte repräsentieren. Die Frage, welche Strategie die Kosten der globalen Validität verursacht, wurde deshalb in einem weiteren Experiment untersucht.

Experiment 2

Das Ziel des folgenden Experiments ist die Frage nach der Ursache der Kosten der globalen Validität, die durch das Umschalten nach invaliden Hinweisreizen zustande kommt. Hierzu ist es notwendig, zunächst die beiden Alternativen zu erörtern:

Nehmen wir zunächst an, die Ursache wäre eine *Interferenz-Kontroll-Strategie*. Da die Effekte von globalem Cue-Wechsel und globaler Validität unabhängig sind, würde dies bedeuten, dass durch invalide Hinweisreize, nicht aber durch Cue-Wechsel Interferenz induziert wird, die Kontrolle notwendig macht. Eine mögliche Erklärung wäre die, dass nur in invaliden Durchgängen das Reizmaterial mit beiden Aufgaben assoziiert wird. Nur in diesen Durchgängen wird zuerst die eine Aufgabe vorbereitet, dann aber zur anderen gewechselt. Beide Aufgaben sind somit kontingent zum Reiz aktiviert, was zur Bildung mehrdeutiger Assoziationen führt. Werden diese durch den Reiz erneut aktiviert, entsteht Interferenz. Ein Hinweis auf die Wirkung solcher Interferenz könnten die erhöhten Reaktionszeiten in Durchgängen sein, die unmittelbar einem invaliden Durchgang folgen. Durch Cue-Wechsel werden ebenfalls mehrdeutige Assoziationen gebildet. Wenn in Durchgang n-1 die Buchstabenaufgabe durchgeführt wurde und mit dem Reizmaterial assoziiert wurde, dann wird in Durchgang n durch die Bearbeitung der Zahlenaufgabe das gleiche Reizmaterial mit der Zahlenaufgabe assoziiert. Die beiden Formen der mehrdeutigen Assoziationsbildung unterscheiden sich darin, dass diese bei invaliden Hinweisreizen durch die *konkurrente Aktivierung* der beiden Aufgaben, bei Cue-Wechseln durch die *sequentielle Aktivierung* der beiden Aufgaben zustande kommt. Der Effekt der beiden Prozesse ist der gleiche, nämlich mehrdeutige Assoziationen, die zu exogener Interferenz führen. Möglicherweise führt aber nur konkurrente Aktivierung zu so starker Interferenz, dass Interferenzkontrolle notwendig wird, die die Kosten der globalen Validität verursacht, während sequentielle Aktivierung diese nicht erfordert. Die globalen Wechselkosten wären dann auf andere Ursachen zurückzuführen.

Möglicherweise bleibt jedoch die Idee verstärkter Interferenz durch konkurrente Aktivierung nur Spekulation. Tatsächlich gibt es bisher nur Arbeiten, die Interferenz auf sequentielle Aktivierung von Aufgaben zurückführen (z. B. Wylie & Allport, 2000). Die andere Alternative wäre, dass die Kosten der globalen Validität eine *Vorbereitungsstrategie* widerspiegeln, die globalen Wechselkosten jedoch eine Strategie zur Interferenzkontrolle. Wie lassen sich diese beiden Alternativen nun trennen? Folgende Argumentation soll versuchen, dies zu leisten: Nehmen wir an, die Kosten der globalen Validität resultieren daraus, dass die konkurrente Aktivierung beider Aufgaben durch den aktuellen Reiz zu mehrdeutigen Assoziationen führt, was eine Interferenz-Kontroll-Strategie erforderlich macht. Diese Interferenz sollte in allen Durchgängen eines Blocks wirksam sein, auch wenn die Versuchsperson bei einzelnen Durchgängen sicher sein kann, dass der Hinweisreiz 100% valide ist. Die mehrdeutigen

Assoziationen werden schließlich durch den Reiz automatisch aktiviert. Wäre die Ursache der Kosten hingegen eine Vorbereitungsstrategie, dann sollten nur solche Durchgänge Kosten aufweisen, deren Hinweisreiz tatsächlich invalide sein kann und in denen deshalb ein Umschalten notwendig werden könnte.

Das folgende Experiment soll diese Annahme testen und weist deshalb im Gegensatz zu Experiment 1 verschiedene Neuerungen auf: Die globale Validität der Hinweisreize war nicht mehr für alle Durchgänge eines Blocks gleich. Sie wurde nun in Blöcken mit Cue-Wechsel für jeden der beiden Hinweisreize unabhängig variiert. Zu den Blöcken, in denen beide oder keiner der Hinweisreize invalide sein konnte (geblockte Validität), kamen nun Blöcke hinzu, in denen nur einer der beiden Hinweisreize invalide sein konnte (randomisierte Validität). Diese Blöcke dienten der Frage, ob die globalen Kosten der Validität nur in solchen Durchgängen auftreten, in denen der Hinweisreiz tatsächlich invalide sein kann. In diesem Fall sollten die Reaktionszeiten für valide und potenziell invalide Durchgänge unabhängig davon sein, ob beide oder nur einer der Hinweisreize im Block invalide sein konnten. Bei invaliden Durchgängen sollte immer umgeschaltet werden. Auf die Bedingung mit Antwortunterdrückung wurde verzichtet, da alle Informationen über die wechselspezifischen Kosten der globalen Validität auch aus dem Vergleich 100% valider und 75% valider Hinweisreize mit Umschalten ermittelt werden können. Zusätzlich wurden ebenfalls Blöcke ohne Cue-Wechsel unter beiden Bedingungen globaler Validität durchgeführt. Diese dienten der Replikation der bisherigen Ergebnisse.

Eine weitere Neuerung war die Art der Realisierung invalider Hinweisreize. In Experiment 1 waren die Hälfte der Testreize immer ambivalent, die andere Hälfte immer neutral bezüglich der anderen Aufgabe. Innerhalb der Menge neutraler Testreize waren alle Durchgänge valide (100% valide) oder die Hälfte der Durchgänge war invalide (75% valide). Dadurch war die Wahrscheinlichkeit neutraler bzw. ambivalenter Testreize in allen Blöcken gleich. Der Nachteil war aber, dass valide Durchgänge mit neutralem Testreiz in Blöcken mit 100% validen Hinweisreizen häufiger waren als in Blöcken mit 75% validem Hinweisreiz. Somit war auch die Wahrscheinlichkeit, dass einem Durchgang n ein valider Durchgang $n-1$ mit neutralem Testreiz vorausging, in den beiden Validitätsbedingungen unterschiedlich. Die lokalen Wechselkosten nach neutralen Testreizen sind aber geringer, da ambivalente Reize zu negativem Priming der irrelevanten Aufgabe führen (z. B. Allport & Wylie, 2000). Da nur Durchgänge, die validen Durchgängen folgten, in die Berechnung eingingen und eine Berücksichtigung des Testreizes des Vorläuferdurchgangs aufgrund der geringen Zellhäufigkeiten nicht möglich war, könnten somit die lokalen Kosten in Blöcken mit invaliden Hinweisreizen überschätzt worden sein. Aus diesem Grund wurde in Experiment 2 eine andere Art der Blockkonstruktion angewendet: Valide Durchgänge jeder Aufgabe bestanden zu je einem Drittel aus konsistenten, inkonsistenten und neutralen Testreizen. Invalide Durchgänge wurden so ergänzt, dass die Hinweisreize wieder zu 75% invalide waren. Somit lag in allen Bedingungen die Wahrscheinlichkeit eines validen, neutralen Vorläuferdurchgangs bei 33%.

Methode

Stichprobe

Es nahmen zwölf Versuchspersonen (acht Frauen und vier Männer) im Alter zwischen 21 und 31 Jahren ($m = 25.4$; $s = 2.5$) teil. Alle wurden an der Universität Konstanz rekrutiert und verfügten über normale oder korrigierte Sehstärke. Zehn der Versuchspersonen waren Rechtshänder. Die Teilnahme wurde mit zehn DM bzw. fünf Euro pro Stunde belohnt oder diente der teilweisen Erfüllung einer Studienanforderung im Rahmen des Psychologie-Studienganges.

Versuchsaufbau und Reizmaterial

Versuchsaufbau und Reizmaterial waren identisch wie in Experiment 1.

Durchführung

Aufgaben, Hinweisreize und Durchführung unterschieden sich nicht von Experiment 1. Bei invaliden Hinweisreizen sollten die Versuchspersonen nun immer zur alternativen Aufgabe umschalten. Es wurden sechs Blockarten konstruiert:

B_V/Z_V ¹⁴: Jeder Durchgang eines Blocks begann mit demselben Hinweisreiz (ohne Cue-Wechsel). Dieser war immer valide, d.h. die Versuchsperson sollte immer die angekündigte Aufgabe bearbeiten.

B_I/Z_I : Jeder Durchgang eines Blocks begann mit demselben Hinweisreiz (ohne Cue-Wechsel). Dieser war jedoch in 25% der Durchgänge invalide, d.h. die Versuchsperson sollte immer die alternative Aufgabe bearbeiten.

B_V/Z_I : Die Art des Hinweisreizes wechselte in zufälliger Abfolge (mit Cue-Wechsel), wobei beide immer valide waren.

B_I/Z_V : Die Art des Hinweisreizes wechselte in zufälliger Abfolge (mit Cue-Wechsel), wobei beide in 25% der Fälle invalide sein konnten.

¹⁴ Die Abkürzungen können wie folgt gedeutet werden: B steht für den Hinweisreiz der Buchstabenaufgabe, Z für den Hinweisreiz der Zahlenaufgabe. Der Index zeigt an, ob der Hinweisreiz immer valide (V) oder potenziell invalide sein kann (I). Zur Bezeichnung einer Bedingung mit Cue-Wechsel sind die Buchstaben der Hinweisreize gepaart (z. B. B_V/Z_V), da beide in einem Block auftreten. Zur Bezeichnung einer Bedingung ohne Cue-Wechsel sind die Buchstaben der Hinweisreize durch einen Schrägstrich getrennt (z. B. B_V/Z_V), da hier nur ein Hinweisreiz pro Block auftritt.

B_iZ_v : Die Art des Hinweisreizes wechselte in zufälliger Abfolge (mit Cue-Wechsel). Der Hinweisreiz der Zahlenaufgabe war immer valide, der Hinweisreiz der Buchstabenaufgabe konnte in 25% der Fälle invalide sein.

B_vZ_i : Die Art des Hinweisreizes wechselte in zufälliger Abfolge (mit Cue-Wechsel). Der Hinweisreiz der Zahlenaufgabe konnte in 25% der Fälle invalide sein, der Hinweisreiz der Buchstabenaufgabe war immer valide.

Jede Versuchsperson absolvierte vier Blöcke jeder Blockart. Bei Blockarten ohne Cue-Wechsel bearbeiteten die Versuchspersonen je zwei Blöcke jeder Aufgabe.

Die Konstruktion der Blöcke unterschied sich von den bisherigen Experimenten in einer ganzen Reihe von Punkten: Jeder Block bestand aus 48 Durchgängen mit validen Hinweisreizen. Bei Blöcken mit Cue-Wechsel waren dies 24 Durchgänge pro Hinweisreiz. Pro Hinweisreiz setzten sich diese aus 2/3 Testreizen mit Zahlen-Buchstaben-Kombination (je zur Hälfte konsistent und inkonsistent) und aus 1/3 Testreize mit neutralem Symbol zusammen. Für jede Aufgabe, deren Hinweisreiz invalide sein konnte, wurde eine Block mit 8 invaliden Durchgängen dieses Hinweisreizes ergänzt. Blöcke, in denen ein Hinweisreiz invalide sein konnte, enthielten somit 56 Durchgänge. Blöcke, in denen beide Hinweisreize invalide sein konnten, enthielten 64 Durchgänge. Jeder Block begann zudem erneut mit fünf Übungsdurchgängen, die zufällig aus dem Block gezogen wurden. Sie wurden nicht in der Auswertung berücksichtigt.

Die 24 Blöcke mit insgesamt 1344 Durchgängen wurden zufällig auf zwei Testsitzungen verteilt. Die Abfolge innerhalb der Testsitzungen wurde randomisiert. Erneut ging den Testsitzungen eine Übungssitzung voraus. Ihr Aufbau entsprach dem aus den bisherigen Experimenten, wobei diesmal acht Blöcke mit je 48 Durchgängen verwendet wurden.

Vor jedem Block erhielt die Versuchsperson eine Instruktion über die auftretenden Hinweisreize („Zahlenaufgabe“, „Buchstabenaufgabe“ oder „beide Aufgaben“) und die Validität des Hinweisreizes („beide 100% valide“, „beide 75% valide“, „nur Buchstabenaufgabe 75% valide“, „nur Zahlenaufgabe 75% valide“). Diese wurde verbal dargeboten. Andere Informationen über die Zusammensetzung der Blocks wurden nicht gegeben.

Statistische Auswertung

Datenaufbereitung und statistische Auswertung erfolgten nach dem gleichen Muster wie in Experiment 1.

Resultate

Auch für dieses Experiment wurde zunächst geprüft, ob lokale Wechsel und invalide Durchgänge proaktive Effekte über mehrere folgende Durchgänge aufweisen. Das Ergebnis dieser Analysen war dasselbe wie in Experiment 1 und wird der Übersicht halber in Anhang A dargestellt. Als Konsequenz wurden Durchgänge aus allen Analysen eliminiert, die unmittelbar einem invaliden Durchgang folgten. Vergleichsdurchgänge zur Erhebung globaler Effekte waren auch hier alle validen Wiederholungsdurchgänge, die nicht einem invaliden Durchgang unmittelbar folgten.

Globale und lokale Effekte bei unabhängiger Variation der Validität für Hinweisreize einzelner Aufgaben

Globale Effekte. Die Analyse soll prüfen, ob die Effekte der globalen Validität des Hinweisreizes nur auf solche Durchgänge beschränkt sind, in denen der Hinweisreiz tatsächlich invalide sein kann. Hierzu wurden alle validen Wiederholungsdurchgänge aus den Blöcken mit Cue-Wechsel ($B_V Z_V$, $B_V Z_I$, $B_I Z_V$ und $B_I Z_I$) verglichen. Um eine vereinfachte Analyse mit möglichst wenig Einzelvergleichen durchzuführen, wurde auch hier auf die Auswertung des Aufgabentyps verzichtet. Stattdessen wurden die Durchgänge auf folgende Faktorstufen verteilt: Der Faktor *Validitätsmodus* wies allen Durchgängen der Blöcke $B_V Z_V$ und $B_I Z_I$ die Stufe „geblockt“ zu, da hier die Validität des Hinweisreizes geblockt wurde. Dementsprechend wurden alle Durchgänge der Blöcke $B_I Z_V$ und $B_V Z_I$ der Stufe „randomisiert“ zugewiesen, da hier die Validität des Hinweisreizes im Block zufällig (verbunden mit der Aufgabe) variierte. Ein zweiter Faktor *globale Validität* teilte die Durchgänge in die Validität 100% valide und 75% valide auf. Somit entsprachen z. B. alle Buchstabenaufgaben des Blocks $B_I Z_V$ und alle Zahlenaufgaben des Blockes $B_V Z_I$ der Faktorstufenkombination „randomisiert/valide“. Eine dreifaktorielle ANOVA der Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge mit Messwiederholung auf den Faktoren *Validitätsmodus* (geblockt, randomisiert), *globale Validität* (100% valide, 75% valide) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent) führte zu folgenden Ergebnissen.

Der Haupteffekt der *globalen Validität* wurde signifikant, $F(1,11) = 94.0$; $p < .001$. Durchgänge mit 100% validen Hinweisreizen wurden schneller bearbeitet (566 ms) als Durchgänge mit 75% validen Hinweisreizen (647 ms). Genauso erlangte der Haupteffekt der *Konsistenz* Signifikanz, $F(2,22) = 44.3$; $p < .001$. Reaktionen auf neutrale Testreize waren am schnellsten (548 ms), vor konsistenten (630 ms) und inkonsistenten (641 ms) Testreizen. Der *Validitätsmodus* zeigte keinen signifikanten Effekt, weder als Haupteffekt ($F(1,11) = .08$; $p = .78$) noch in einer Interaktion. Die entscheidende Interaktion von *Validitätsmodus* und *globale Validität* wurde nicht signifikant, obwohl geringe Unterschiede auftraten, $F(1,11) = 2.61$; $p = .13$ (vgl. Abb. II.9). So waren Reaktionen auf 75% valide Hinweisreize bei geblockter Validität um 13 ms schneller als bei randomisierter Validität. Umgekehrt waren Reaktionen

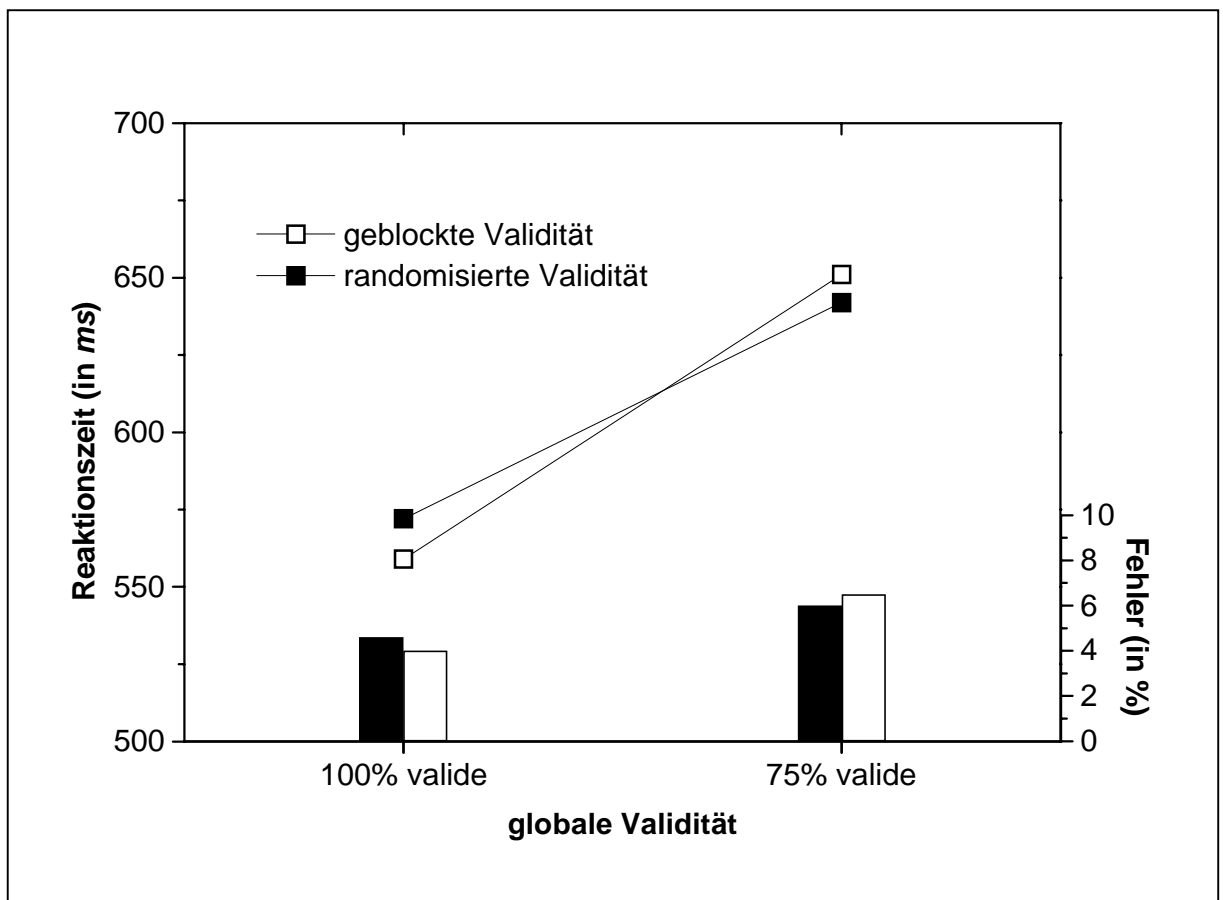


Abb. II.9: Experiment 2: Mittlere Reaktionszeiten und Fehlerraten valider Wiederholungsdurchgänge (Durchgänge nach invalidem Durchgang wurden eliminiert) in Abhängigkeit von globaler Validität und Validitätsmodus.

auf 100% valide Hinweisreize um 9 ms schneller bei randomisierter Validität als bei geblockte Validität. Zusätzlich wurde aber die Interaktion von *globaler Validität* und *Konsistenz* signifikant, $F(2,22) = 7.78$; $p < .01$. Die Differenzen der drei Konsistenzstufen waren größer bei 75% validen Durchgängen (neutral: 571 ms; konsistent: 675 ms; inkonsistent: 694 ms) als bei 100% validen Durchgängen (neutral: 525 ms; konsistent: 586 ms; inkonsistent: 587 ms).

Lokale Wechselkosten. Die lokalen Wechselkosten wurden anhand desselben Designs überprüft. Die Datenbasis wurde lediglich um die validen Wechseldurchgänge erweitert und es wurde der Faktor *lokaler Cue-Wechsel* eingeführt. Da diese Analyse die vorherige zum Teil enthält, werden nur Effekte berichtet, bei denen dieser neue Faktor *lokaler Cue-Wechsel* eine Rolle spielt. Die Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge gingen in eine vierfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *Validitätsmodus* (geblockt, randomisiert), *globale Validität* (100% valide, 75% valide), *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent) und *lokaler Cue-Wechsel* (Wechsel, Wiederholung) ein.

Der Haupteffekt des Faktors *lokaler Cue-Wechsel* wurde signifikant, $F(1,11) = 11.3$, $p < .01$. Wechseldurchgänge waren im Mittel langsamer (639 ms) als Wiederholungsdurchgänge (606 ms). Die Interaktion von *lokaler Wechsel* und *globale Validität* wurde marginal signifikant, $F(1,11) = 4.49$; $p < .10$ (vgl. Abb. II.10, links). Die Wechselkosten waren in 100% validen Durchgängen höher (40 ms) als in 75% validen Durchgängen (26 ms). Ebenso erreichte die Interaktion von *lokaler Cue-Wechsel* und *Validitätsmodus* marginale Signifikanz, $F(1,11) = 3.65$; $p < .10$ (vgl. Abb. II.10, rechts). Die lokalen Kosten waren größer in Blöcken mit randomisierter Validität (38 ms) als in Blöcken mit geblockter Validität (28 ms). Keine weitere Interaktion des Faktors *lokaler Cue-Wechsel* wurde signifikant.

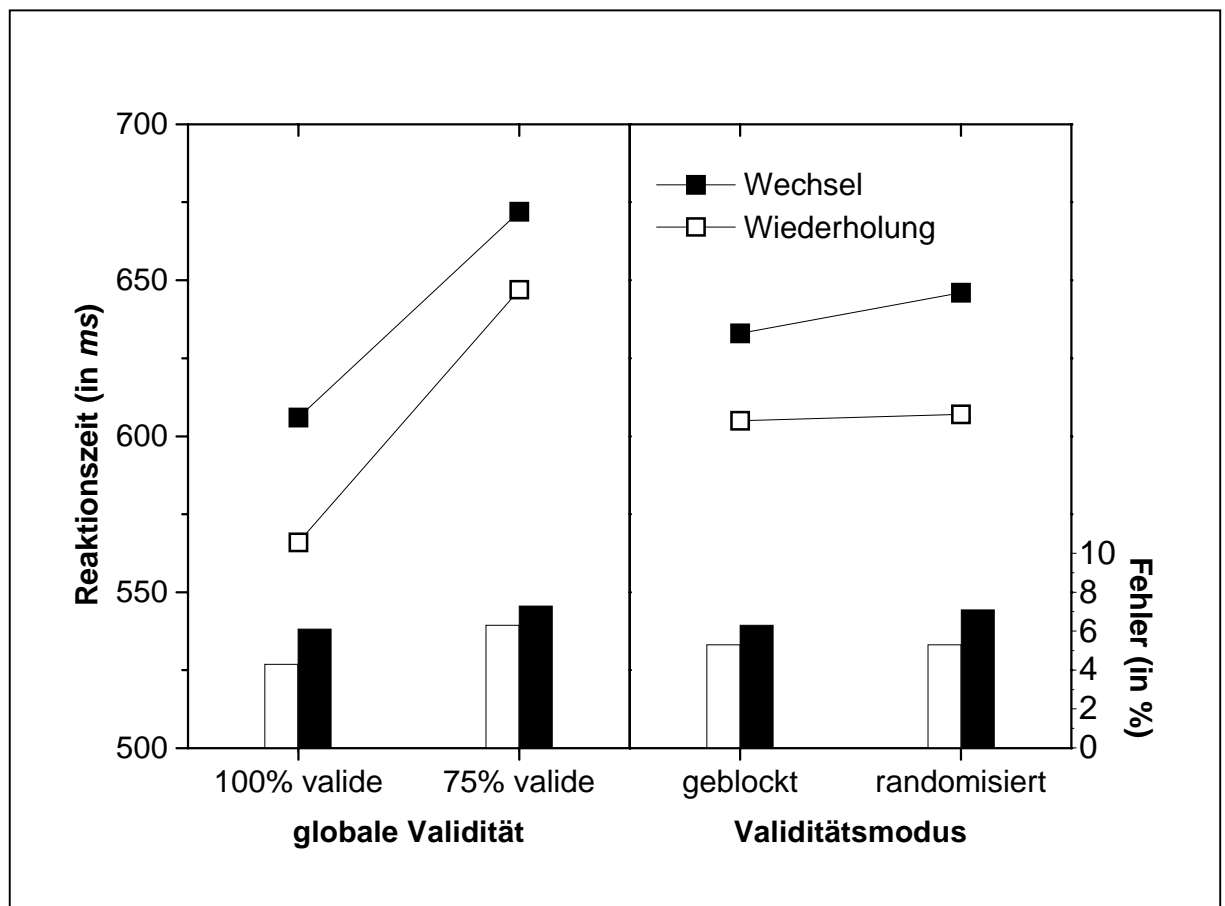


Abb. II.10: Experiment 2: Mittlere Reaktionszeiten und Fehlerraten valider Wechsel- und Wiederholungsdurchgänge (Durchgänge nach invalidem Durchgang wurden eliminiert) in Abhängigkeit von globaler Validität (links) und Validitätsmodus (rechts).

Globale Effekte von Cue-Wechsel und Validität der Hinweisreize

Zur neuerlichen Untersuchung der Interaktion von globalem Cue-Wechsel und globaler Validität wurden die Blöcke herangezogen, in denen beide oder keiner der Hinweisreize invalide sein konnten (B_V/Z_V , B_I/Z_I , B_V/Z_V , B_I/Z_I). Zu dieser Fragestellung wurden auch hier nur valide Wiederholungsdurchgänge analysiert, die nicht unmittelbar auf einen invaliden Durchgang folgten. Mittlere Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge gingen in eine dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel), *globale Validität* (100% valide, 75% valide) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent) ein.

Alle drei Haupteffekte wurden signifikant: Reaktionen in Blöcken mit Cue-Wechsel waren langsamer (605 ms) als Reaktionen in Blöcken ohne Cue-Wechsel (547 ms), $F(1,11) = 71.0$; $p < .001$. 100% valide Hinweisreize verursachten schnellere Reaktionen (537 ms) als 75% valide Hinweisreize (615 ms),

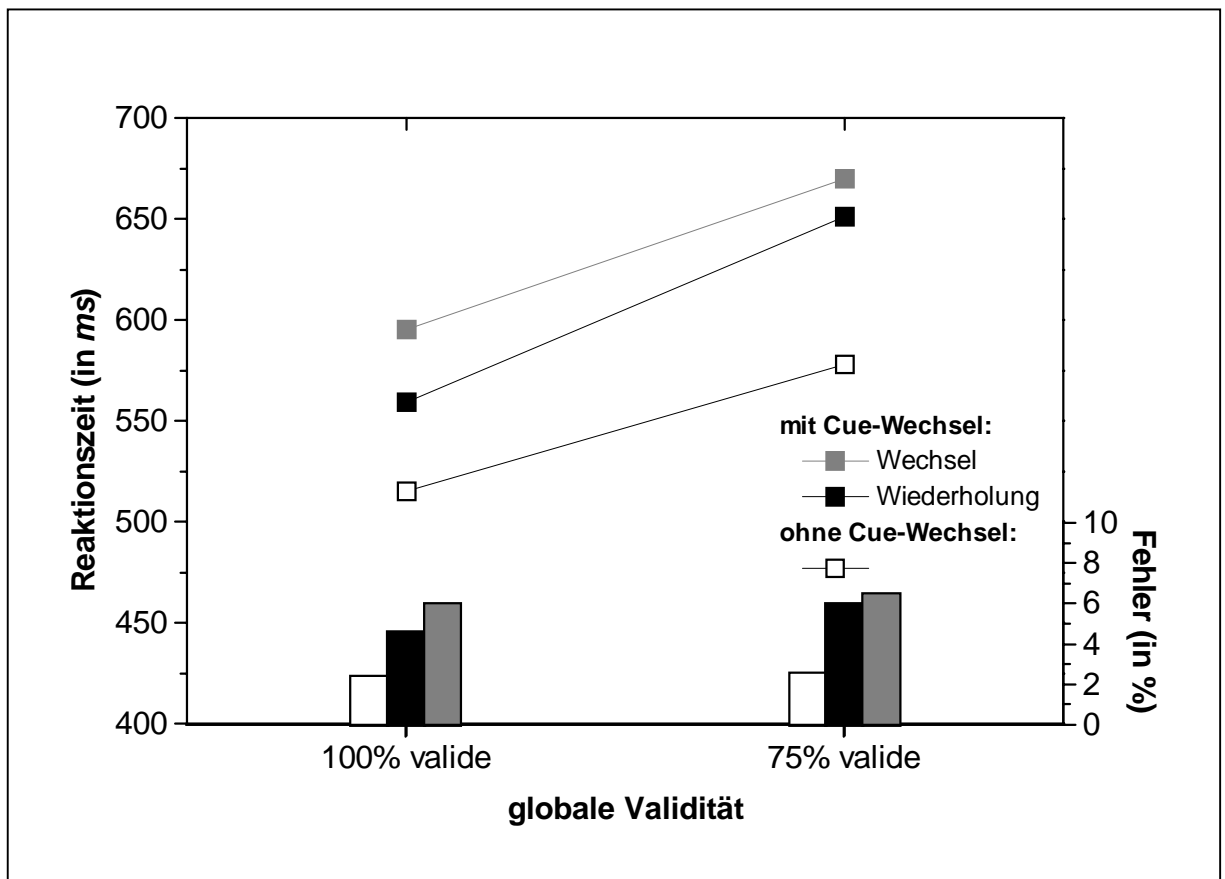


Abb. II.11.: Experiment 2: Mittlere Reaktionszeiten und Fehlerraten valider Wechsel- und Wiederholungsdurchgänge aus Blöcken mit Cue-Wechsel und valider Durchgänge aus Blöcken ohne Cue-Wechsel, getrennt nach den Stufen des Faktors globale Validität (Durchgänge nach invalidem Durchgang wurden eliminiert). Ersichtlich ist die Interaktion der Effekte globaler Validität und globaler Cue-Wechsel in validen Wiederholungsdurchgängen, ergänzt durch die Wechseldurchgänge aus Blöcken mit Cue-Wechsel.

$F(1,11) = 122; p < .001$. Reaktionen auf neutrale Testreize waren am schnellsten (530 ms), gefolgt von Reaktionen auf konsistente (596 ms) und inkonsistente Testreize (602 ms), $F(2,22) = 38.4; p < .001$. Diesmal erreichte auch die Interaktion von *globalem Cue-Wechsel* und *globale Validität* Signifikanz, $F(1,11) = 5.0; p < .05$ (vgl. Abb. II.11). Bei 75% validen Hinweisreizen war die Differenz der Reaktionszeiten zwischen Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel größer (651 ms vs. 578 ms) als bei 100% validen Hinweisreizen (559 ms vs. 515 ms). Desweiteren interagierten, wie in früheren Analysen, die Faktoren *Konsistenz* und *globaler Cue-Wechsel*, $F(2,22) = 6.74; p < .01$, sowie *Konsistenz* und *globale Validität*, $F(2,22) = 8.32; p < .01$. Der Effekt der *Konsistenz* war größer in Blöcken mit Cue-Wechsel (neutral: 547 ms; konsistent: 630 ms; inkonsistent: 638 ms) als in Blöcken ohne Cue-Wechsel: (neutral: 518 ms; konsistent: 561 ms; inkonsistent: 565 ms). Er war außerdem größer bei 75% validen Hinweisreizen (neutral: 556 ms; konsistent: 637 ms; inkonsistent: 651 ms) als bei 100% validen Hinweisreizen (neutral: 505 ms; konsistent: 555 ms; inkonsistent: 552 ms). Keine weitere Interaktion hatte einen signifikanten Effekt.

Auswirkungen von globalem Cue-Wechsel und globaler Validität auf Umschaltung nach invaliden Hinweisreizen

Die letzte Analyse vergleicht die Umschaltzeiten in den verschiedenen Blockarten. Hierzu wurden erneut invalide Durchgänge und valide Durchgänge mit neutralem Testreiz verglichen. Bei beiden wurden solche Durchgänge nicht beachtet, die unmittelbar einem invaliden Durchgang folgten.

Zunächst wurden Blöcke mit Cue-Wechsel ($B_I Z_I$) mit Blöcken ohne Cue-Wechsel ($B_V Z_I$) verglichen. Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge gingen in eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (mit Wechsel, ohne Wechsel) und *lokale Validität* (valide, invalide) ein. Es interessierten nur die Effekte unter Beteiligung des Faktors *lokale Validität*. Dessen Haupteffekt war signifikant, $F(1,11) = 57.0; p < .001$. Die Reaktionen nach validen Durchgängen waren schneller (563 ms) als nach invaliden (787 ms), die Umschaltzeit betrug somit 224 ms. Die Interaktion mit dem Faktor *globaler Cue-Wechsel* wurde erneut nicht signifikant, $F(1,11) = 1.78; p = .21$.

In einer zweiten Analyse wurden Umschaltzeiten in Blöcken mit geblockter ($B_I Z_I$) und randomisierter Validität ($B_I Z_V, B_V Z_I$) verglichen. Die Auswahl der Durchgänge erfolgte wie in der vorherigen Auswertung. Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge gingen in eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *Validitätsmodus* (geblockt, randomisiert) und *lokale Validität* (valide, invalide) ein. Erneut interessierten nur Effekte mit Beteiligung des Faktors *lokale Validität*. Der Haupteffekt der *lokalen Validität* wurde wieder signifikant, $F(1,11) = 40.6; p < .001$. Valide Hinweisreize führten zu schnelleren Reaktionen (586 ms) als invalide Hinweisreize (808 ms), die Um-

schaltzeit betrug somit im Mittel 222 *ms*. Auch hier interagiere die *lokale Validität* nicht signifikant mit dem zweiten Faktor, dem *Validitätsmodus*, $F(1,11) = 2.67$; $p = .13$.

Diskussion

Experiment 2 prüfte eine Reihe von Effekten, die bereits Gegenstand von Experiment 1 waren. Die Hauptfragestellung in Experiment 2 war jedoch die nach der Ursache der Kosten der globalen Validität.

Globale Effekte

Es zeigte sich, dass die *Effekte der globalen Validität* nur auf Durchgänge beschränkt waren, bei denen die Hinweisreize invalide sein konnten. In Blöcken, in denen ein Hinweisreiz zu 100% valide, der andere aber zu 75% valide war, wiesen nur letztere Durchgänge die Kosten auf. Diese waren darüberhinaus genauso hoch, wie in den Bedingungen, in denen beide Hinweisreize invalide sein konnten. Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass die Kosten der globalen Validität vollständig durch das Wissen um die Validität des Hinweisreizes bedingt sind. Nehmen wir an, dass ein Teil dieser Kosten den Entscheidungsschritt repräsentieren, der in der Diskussion von Experiment 1 postuliert wurde. Dass dessen Durchführung nur dann erfolgt, wenn die Versuchsperson weiß, dass der Hinweisreiz invalide sein könnte, ist nicht verwunderlich. Die zusätzlichen Kosten, die durch den potenziellen Wechsel zur alternativen Aufgabe entstehen, sind jedoch ebenfalls vom Wissen um die Validität abhängig. Dies kann nicht dadurch erklärt werden, dass in invaliden Hinweisreizen mehr Interferenz erzeugt wird, da hier konkurrente Aktivierung beider Aufgaben mit dem Reizmaterial erfolgt. Diese Interferenz würde sich auch auf Durchgänge im Block auswirken, in denen der Hinweisreiz nicht invalide sein kann. Es ist somit wahrscheinlicher, dass die Kosten der globalen Validität durch eine Strategische-Vorbereitungshypothese erklärt werden können.

Die *Effekte globaler Validität* und *globalen Cue-Wechsels* zeigten zwar erneut keine subadditive Interaktion, dafür waren sie aber leicht überadditiv. Die globalen Wechselkosten waren größer, wenn die Hinweisreize invalide sein konnten. Betrachtet man jedoch die lokalen Wechselkosten, dann wird ersichtlich, dass die globalen Wechselkosten in dieser Bedingung ungefähr um den Wert ansteigen, um den die lokalen Kosten abnehmen. Die Wiederholungsdurchgänge scheinen durch die Einführung invalider Hinweisreize überproportional verlangsamt zu sein, was zu höheren globalen und zu niedrigeren lokalen Kosten führt. Dieser Effekt zeigte sich nicht in Experiment 1. Es wurde aber spekuliert, dass die lokalen Kosten in der Bedingung mit invaliden Hinweisreizen überschätzt sein könnten, da in

dieser Bedingung seltener neutrale Testreize einem Wechsel vorhergehen. Experiment 2 weist diese Konfundierung hingegen nicht auf, weshalb die Ergebnisse hier verlässlicher zu bewerten sind.

Lokale Effekte

Die kleineren *lokalen Wechselkosten* bei 75% validem Hinweisreiz unterstützen zunächst die Hypothese einer Vorbereitungsstrategie als Ursache der Effekte globaler Validität: Die Versuchsperson erwartet nun auch bei wiederholtem Hinweisreiz einen Wechsel, was den Vorteil einer lokalen Wiederholung verringert. Dies widerspricht aber allen Theorien, die die Unabhängigkeit lokaler Wechselkosten von Erwartungseffekten postulieren (Sohn & Carlsson, 2000; Sohn & Anderson, 2001; Ruthruff et al., 2001). Die Diskussion dieses Problems wird zu einem späteren Zeitpunkt wiederaufgenommen. Die lokalen Wechselkosten waren außerdem etwas größer bei randomisierter Validität als bei geblockter Validität. Das könnte darauf hinweisen, dass ein zusätzlicher Wechsel der Vorbereitungsstrategie ebenfalls die Kosten lokaler Wechsel vergrößert. Dass auch Strategiewechsel zu Kosten führen können, zeigte Gopher et al. (2000). Dies erhärtet zumindest die Annahme, dass unterschiedliche Strategien bei Hinweisreizen unterschiedlicher Validität verwendet werden.

Eine weitere Reaktionszeitkomponente waren erneut *Effekte der lokalen Validität*. Hier wurden die Ergebnisse aus Experiment 1 repliziert. Die Umschaltkosten waren unabhängig von globalem Cue-Wechsel. Desweiteren waren sie gleich hoch, unabhängig davon, ob die Validität geblockt oder randomisiert variiert wurde. Dies war auch nicht anders zu erwarten.

Konsequenzen für die Untersuchung globaler Wechselkosten

Die bisherigen Ergebnisse lassen bezweifeln, dass globale Wechselkosten, d.h. der Effekt der globalen Cue-Wechsel, durch eine *Strategische-Vorbereitungs-Hypothese* erklärt werden können. Diese besagt, dass die Aufgabenbereitschaft in Blöcken mit Cue-Wechsel niedriger ist, um dadurch spätere Wechsel zu erleichtern. Experiment 2 lässt den Schluss zu, dass genau solch eine Strategie zu den Kosten der globalen Validität führt. Bei einem potenziell invaliden Hinweisreiz ist die Aufgabenbereitschaft für die angekündigte Aufgabe schlechter, um einen Wechsel innerhalb des Durchgangs zu erleichtern. Genau dies erleichtert aber auch die Vorbereitung nach einem Cue-Wechsel. Kann der Hinweisreiz also invalide sein, dann wäre keine zusätzliche Strategie in Blöcken mit Cue-Wechsel gegenüber Blöcken ohne Cue-Wechsel erforderlich, weshalb die globalen Wechselkosten kleiner sein sollten. Da dies nicht beobachtet werden kann, können die globalen Wechselkosten nicht auf eine Vorbereitungsstrategie zurückgeführt werden.

Als weitere Ursache globaler Wechselkosten wurde eine *Interferenz-Kontroll-Hypothese* diskutiert. Die Annahme besteht darin, dass die Durchführung zweier Aufgaben innerhalb eines Blocks zu exo-

gener Interferenz führt, da beide Aufgaben über mehrere Durchgänge hinweg mit dem Reizmaterial assoziiert werden. Die Reize aktivieren dann automatisch diese mehrdeutigen Assoziationen, was die Bearbeitung verlängert. Um diese Interferenz abzubauen bzw. unter diesen Bedingungen eine problemlose Bearbeitung zu gewährleisten, wird eine Kontrollstrategie eingesetzt.

Auch diese Erklärung verursacht ein Problem: Die Interferenz sollte von der Häufigkeit abhängen, mit der beide Aufgaben bearbeitet werden (Wylie & Allport, 2000). Ist der Hinweisreiz immer valide, dann beträgt das Verhältnis von Aufgabe A zu Aufgabe B in Blöcken ohne Cue-Wechsel 100% : 0% bzw. 0% : 100%. Blöcke mit Cue-Wechsel weisen hingegen ein Verhältnis von 50% : 50% auf. Wenn jedoch der Hinweisreiz nur zu 75% valide ist, dann verändert sich das Verhältnis in Blöcken ohne Cue-Wechsel auf 75% : 25% bzw. 25% : 75%. In Blöcken mit Cue-Wechsel bleibt es weiterhin bei 50% : 50%. Sinkt die globale Validität, dann werden sich die Blöcke mit und ohne Cue-Wechsel ähnlicher hinsichtlich der relativen Häufigkeit der durchgeführten Aufgaben. Die Reaktionszeitdifferenz zwischen Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel ist jedoch unabhängig von der globalen Validität. Die Einführung der zweiten Aufgabe in Blöcken ohne Cue-Wechsel führt offensichtlich nicht dazu, dass auch hier eine Interferenz-Kontrollstrategie angewendet wird.

Hält man an der Annahme solch einer Strategie fest, dann bieten sich drei Möglichkeiten, weshalb sie in Blöcken ohne Cue-Wechsel bisher nicht beobachtet werden konnte, obwohl auch hier beide Aufgaben durchgeführt wurden: a) Die 25% der alternativen Aufgabe in Blöcken ohne Cue-Wechsel reichen nicht aus, um solch eine Strategie erforderlich zu machen. Die Anwendung dieser Strategie entspricht dem Alles-oder-Nichts-Prinzip. Sie wird nur dann eingesetzt, wenn die Interferenz ein bestimmtes Niveau überschreitet. b) Aufgaben, die nur nach einem invaliden Hinweisreiz durchgeführt werden, verursachen weniger Interferenz als solche, die auch aufgrund eines validen Hinweisreizes bearbeitet werden. In Blöcken ohne Cue-Wechsel wird eine der Aufgaben nur nach invaliden Hinweisreizen durchgeführt. In invaliden Durchgängen werden beide Aufgaben gleich stark mit den Reizen assoziiert, da beide Aufgaben konkurrenz aktiviert sind (vgl. Einführung zu Experiment 2). In Blöcken ohne Cue-Wechsel wird in validen Durchgängen jedoch nur die angekündigte Aufgabe mit den Reizen assoziiert. Diese verfügt somit immer über eine stärkere Assoziation zu den Reizen. Die Interferenz der anderen Aufgabe reicht unter diesen Umständen nicht aus, um eine Interferenz-Kontroll-Strategie auszulösen. c) Die Strategie wird nicht durch die tatsächliche Interferenz verursacht. Vielmehr wird sie dann eingesetzt, wenn Interferenz erwartet wird. Die Erwartung von Interferenz orientiert sich aber nicht an der tatsächlichen Häufigkeit der Aufgaben, sondern an Heuristiken, z. B. wechselnden Hinweisreizen.

Die weiteren Experimente wurden durchgeführt, um diese Annahmen zu testen.

Experiment 3

Das Ziel des dritten Experiments bestand in der Prüfung der Annahme, dass die Häufigkeit der nicht angekündigten Aufgabe in Blöcken ohne Cue-Wechsel bisher nicht ausreichte, um eine Interferenz-Kontroll-Strategie auch in diesen Blöcken auszulösen. Aus diesem Grund wurde versucht, in diesem Experiment das Niveau der Interferenz in Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel schrittweise so ähnlich wie möglich zu gestalten. Dies wurde über eine Angleichung der Häufigkeitsverteilungen der Aufgaben in beiden Blockarten erzielt.

Hierzu wurde die globale Validität des Hinweisreizes stärker variiert als bisher, nämlich auf den Stufen 100% valide, 87.5% valide, 75% valide und 62.5% valide. In Blöcken *ohne Cue-Wechsel* variierte damit die Häufigkeit der Aufgabe, die angekündigt wurde, mit dem Validitätsniveau (vgl. Tab. II.3). Auf der niedrigsten Validitätsstufe waren 37.5% der Hinweisreize im Block invalide. Das bedeutet, die Aufgabe, die von den Hinweisreizen angekündigt wurde, war nur in 62.5% der Durchgänge durchzuführen. In Blöcken *mit Cue-Wechsel* war jede Aufgabe in 50% der Fälle durchzuführen, unabhängig von der Validität.

In der Bedingung mit 62.5% validen Hinweisreizen ist die Häufigkeitsverteilung der beiden Aufgaben und somit das Interferenzniveau für Blöcke mit und ohne Cue-Wechsel sehr ähnlich. In Blöcken mit Cue-Wechsel wird jede Aufgabe in 50% der Durchgänge durchgeführt. In Blöcken ohne Cue-Wechsel wird die angekündigte Aufgabe (und an dieser werden die globalen Wechselkosten gemessen) in 62.5% der Durchgänge durchgeführt. Eine Strategie zur Kontrolle der Interferenz sollte in beiden Blöcken angewendet werden. Wenn solch eine Strategie die Ursache der globalen Wechselkosten darstellt, dann sollten diese wenigstens unter dieser Validitätsbedingung deutlich kleiner sein.

Tab. II.3: Experiment 3: Relative Häufigkeiten der angekündigten Aufgaben, $H(\text{Aufgabe})$, und deren Hinweisreize, $H(\text{Cue})$, in Abhängigkeit von globaler Validität und globalem Cue-Wechsel.

	mit Cue-Wechsel		ohne Cue-Wechsel	
	H(Cue)	H(Aufgabe)	H(Cue)	H(Aufgabe)
globale Validität	100%	50%	50%	100%
	87.5%	50%	50%	87.5%
	75%	50%	50%	75%
	62.5%	50%	50%	62.5%

Die globale Validität wurde in mehreren Stufen gesenkt, um den Verlauf der globalen Effekte über mehrere Bedingungen beobachten zu können. Da sich hinsichtlich der globalen Wechselkosten kein Unterschied der Validitätsbedingung mit 75% validem und 100% validem Hinweisreiz zeigte, wäre es möglich, dass diese sich nicht graduell verkleinern, sondern sprunghaft ab einer bestimmten Validität abnehmen.

Zur Realisierung der Validitätsstufen wurde erneut auf die Methode aus Experiment 1 zurückgegriffen. Das bedeutet, dass valide Durchgänge mit neutralem Testreiz seltener werden, je mehr invalide Durchgänge im Block sind. Um diese Durchgänge in den Analysen globaler und lokaler Kosten gleich zu gewichten, wird erneut die Konsistenz als Faktor in den Varianzanalysen berücksichtigt. Aufgrund der diskutierten Konfundierungen mit der Häufigkeit valider Durchgänge mit neutralem Testreiz, sind die lokalen Wechselkosten jedoch mit Vorsicht zu interpretieren.

Methode

Stichprobe

Es nahmen 16 Versuchspersonen (Zehn Frauen und sechs Männer) im Alter zwischen 21 und 29 Jahren ($m = 25.1$; $s = 2.1$) teil. Alle wurden an der Universität Konstanz rekrutiert und verfügten über normale oder korrigierte Sehstärke. 15 der Versuchspersonen waren Rechtshänder. Die Teilnahme wurde mit zehn DM bzw. fünf Euro pro Stunde belohnt oder diente der teilweisen Erfüllung einer Studienanforderung im Rahmen des Psychologie-Studienganges.

Versuchsaufbau und Reizmaterial

Versuchsaufbau und Reizmaterial waren identisch zu Experiment 1.

Durchführung

Aufgaben, Hinweisreize und Durchführung entsprachen ebenfalls den bisherigen Experimenten. Neu war die Variation der Validität auf mehreren Stufen. Zu diesem Zweck wurden folgende Blockarten konstruiert:

ohne Cue-Wechsel/100% valide: Jeder Durchgang eines Blocks begann mit demselben Hinweisreiz. Dieser war immer valide, d.h. die Versuchsperson sollte immer die angekündigte Aufgabe bearbeiten.

ohne Cue-Wechsel/87.5% valide: Jeder Durchgang eines Blocks begann mit demselben Hinweisreiz. Dieser war in 12.5% der Durchgänge invalide, worauf die jeweils andere Aufgabe bearbeitet werden sollte.

ohne Cue-Wechsel/75% valide: Jeder Durchgang eines Blocks begann mit demselben Hinweisreiz. Dieser war in 25% der Durchgänge invalide, worauf die jeweils andere Aufgabe bearbeitet werden sollte.

ohne Cue-Wechsel/62.5% valide: Jeder Durchgang eines Blocks begann mit demselben Hinweisreiz. Dieser war in 37.5% der Durchgänge invalide, worauf die jeweils andere Aufgabe bearbeitet werden sollte.

Die Blockarten *mit Cue-Wechsel/100% valide*, *mit Cue-Wechsel/87.5% valide*, *mit Cue-Wechsel/75% valide* und *mit Cue-Wechsel/62.5% valide* wurden in ähnlicher Weise konstruiert. Hier wechselte jedoch die Art des Hinweisreizes in zufälliger Abfolge.

Jede Versuchsperson absolvierte zwei Blöcke jeder Blockart. Bei Blockarten ohne Cue-Wechsel bearbeiteten die Versuchspersonen je einen Block mit dem Hinweisreiz jeder Aufgabe.

Die Zusammensetzung der Blöcke erfolgte nach der gleichen Logik wie in Experiment 1. Jeder Block bestand aus 64 Durchgängen. Blöcke mit Cue-Wechsel bestanden aus 32 Durchgängen jedes Hinweisreizes. 50% der Durchgänge enthielten Zahlen-Buchstaben-Reize (je die Hälfte konsistent und inkonsistent), die anderen 50% Reize mit einem neutralen Symbol. Die globale Validität des Hinweisreizes wurde variiert, indem das Verhältnis von validen zu invaliden Testreizen innerhalb der neutralen Testreize verändert wurde (z. B. 75% valide und 25% invalide neutrale Testreize erzeugen 87.5% valide Hinweisreize).

Jeder Block begann erneut mit fünf Übungsdurchgängen, die zufällig aus dem Block gezogen wurden. Sie wurden nicht in der Auswertung berücksichtigt.

Die 16 Blöcke mit insgesamt 1024 Durchgängen wurden auf zwei Testsitzungen verteilt. Jede Sitzung enthielt alle acht Blockarten. Blöcke mit und ohne Cue-Wechsel wechselten sich ab. Die Bedingung des ersten Blocks wurde über Versuchspersonen und Sitzungen balanciert. Die Abfolge der Blöcke bzgl. der globalen Validität wurde randomisiert. Den Testsitzungen ging erneut eine Übungssitzung voraus. Ihr Aufbau entsprach dem aus Experiment 1.

Vor jedem Block erhielt die Versuchsperson eine Instruktion über die auftretenden Hinweisreize (Zahlenaufgabe, Buchstabenaufgabe oder beide) und die Validität des Hinweisreizes („immer valide“, „12.5% invalide“, „25% invalide“, „37.5% invalide“). Diese wurde verbal und schriftlich als Monitor-einblendung dargeboten.

Statistische Auswertung

Datenaufbereitung und statistische Auswertung erfolgten nach dem gleichen Muster wie in Experiment 1.

Resultate

Erneut wurden proaktive Effekte lokaler Cue-Wechsel und invalider Durchgänge analysiert, was zu den gleichen Ergebnissen führte wie in den vorherigen Experimenten (vgl. Anhang A). Somit wurden auch hier Durchgänge, die unmittelbar einem invaliden Durchgang folgten, ausgeschlossen. Globale Effekte konnten erneut anhand valider Wiederholungsdurchgänge operationalisiert werden.

Lokale Effekte von Cue-Wechsel und invaliden Hinweisreizen

Lokale Wechselkosten. Aus allen Blöcken mit Cue-Wechsel wurden lokale Wechselkosten analysiert, wobei erneut Durchgänge nach einem invaliden Durchgang ignoriert wurden. Mittlere Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge und Fehlerraten gingen in eine dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokaler Cue-Wechsel* (Wechsel, Wiederholung), *globale Validität* (100% valide, 87.5% valide, 75% valide, 62.5% valide) und *Konsistenz* (konsistent, inkonsistent, neutral) ein. Es interessierten nur Effekte, an denen der Faktor *lokaler Cue-Wechsel* beteiligt war. Keiner dieser Effekte erreichte Signifikanz, obwohl Wechseldurchgänge (645 ms) langsamer bearbeitet wurden als Wiederholungsdurchgänge (618 ms), $F(1,15) = 2.55$; $p = .13$.

Umschalten nach invalidem Hinweisreiz. In einer weiteren Analyse sollte untersucht werden, ob die Faktoren *globaler Cue-Wechsel* und *globale Validität* auch Auswirkungen auf die Umschaltzeiten nach invaliden Hinweisreizen haben. Hierzu wurden nur Durchgänge aus Blöcken herangezogen, in denen die Validität des Hinweisreizes nicht 100% betrug. Invalide Durchgänge wurden mit solchen validen Durchgängen verglichen, deren Testreize ebenfalls neutrale Zeichen enthielten. Sowohl valide, als auch invalide Durchgänge, die unmittelbar auf einen anderen invaliden Durchgang erfolgten, wurden auch hier ausgeschlossen. Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge dieser Art gingen in eine dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globale Validität* (87.5% valide, 75% valide, 62.5% valide), *globaler Cue-Wechsel* (mit Cue-Wechsel, ohne Cue-Wechsel) und *lokale Validität* (valide, invalide) ein. Es interessierten nur Effekte in Zusammenhang mit dem Faktor *lokale Validität*.

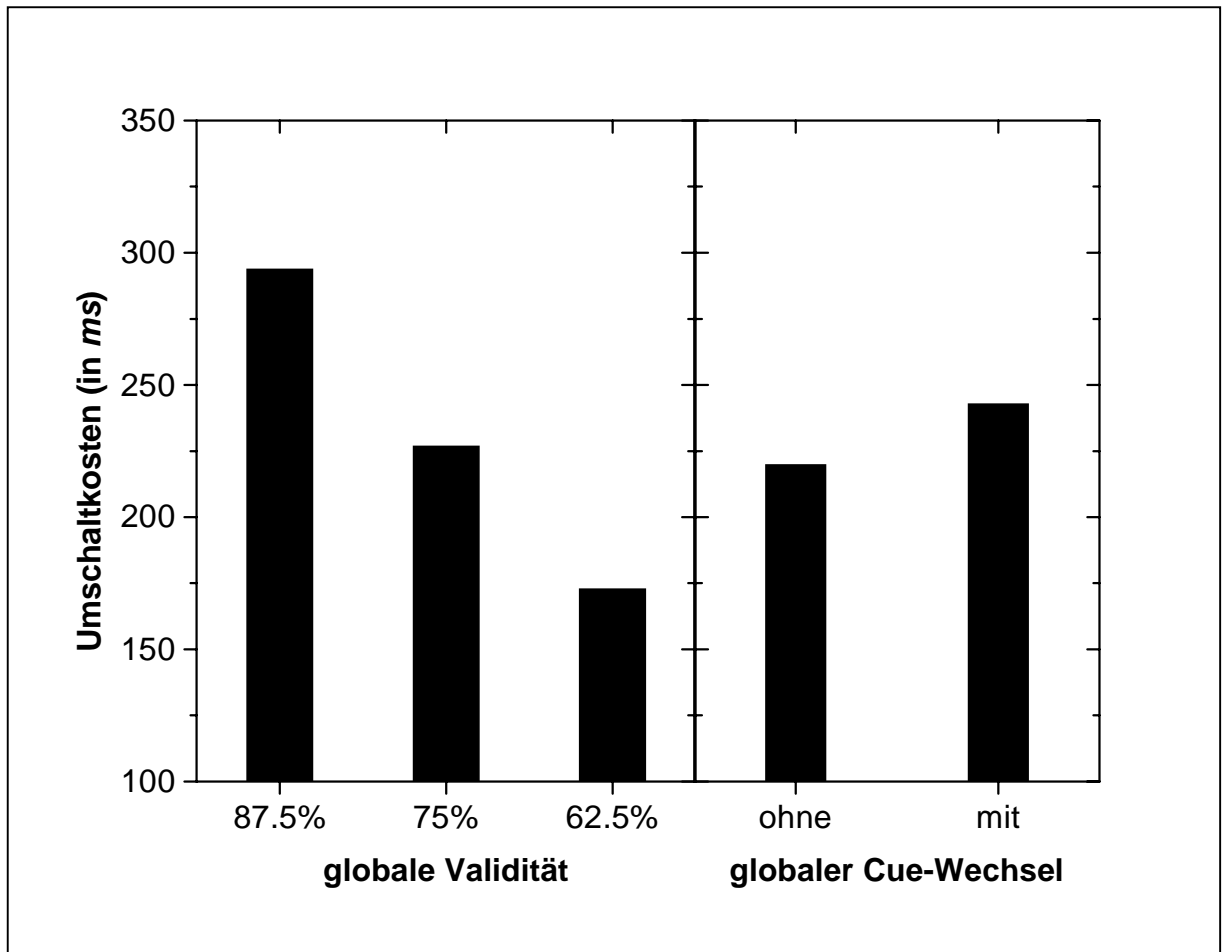


Abb. II.12: Experiment 3: Umschaltkosten in Abhängigkeit von globaler Validität (links) und globalem Cue-Wechsel (rechts).

Der Haupteffekt der *lokalen Validität* war signifikant, $F(1,15) = 57.6$; $p < .001$. Invalide Durchgänge waren 232 ms langsamer als valide Durchgänge. Die Interaktion der *lokalen Validität* und des *globalen Cue-Wechsels* erreichte marginale Signifikanz, $F(1,15) = 3.47$; $p < .10$ (vgl. Abb. II.12, rechts). Die Umschaltzeiten in Blöcken ohne Cue-Wechsel waren etwas kleiner (220 ms) als in Blöcken mit Cue-Wechsel (243 ms). Signifikant wurde die Interaktion von *globaler Validität* und *lokaler Validität*, $F(2,30) = 18.5$; $p < .001$ (vgl. Abb. II.12, links). Die Umschaltzeiten nahmen mit kleiner werdender globaler Validität des Hinweisreizes ab (87.5% valide: 294 ms; 75% valide: 227 ms; 62.5% valide: 173 ms).

Globale Effekte von Cue-Wechsel und Validität der Hinweisreize

Zur Operationalisierung der globalen Effekte wurden erneut nur valide Wiederholungsdurchgänge herangezogen, die nicht unmittelbar einem invaliden Durchgang folgten.

Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge dieser Art wurden in einer dreifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel), *globale Validität* (100% valide, 87.5% valide, 75% valide, 62.5% valide) und *Konsistenz* (konsistent, inkonsistent, neutral) analysiert. Die Reaktionszeiten in Blöcken mit Cue-Wechsel waren signifikant höher (618 ms) als in Blöcken ohne Cue-Wechsel (566 ms), $F(1,15) = 31.8$, $p < .001$. Die Durchgänge in Blöcken unterschiedlicher *globaler Validität* unterschieden sich ebenfalls signifikant (100% valide: 541 ms; 87,5% valide: 603 ms; 75% valide: 602 ms; 62,5% valide: 624 ms), $F(3,45) = 20.0$; $p < .001$. Die Interaktion dieser beiden Faktoren erreichte jedoch nicht Signifikanz, $F(3,45) = .20$; $p = .90$ (vgl. Abb. II.13). Auch der Faktor *Konsistenz* wurde erneut signifikant, $F(2,30) = 18.7$; $p < .001$. Durchgänge mit neutralen Testreizen wurden schneller beantwortet (551 ms) als solche mit konsistenten (611 ms) oder inkonsistenten (616 ms). Die *Konsistenz* erzielte jedoch keine Interaktionen mit anderen Faktoren.

Um zu prüfen, wo sich die Unterschiede im Validitätsmodus genau lokalisieren lassen, wurde ein Newman-Keul-Posthoc-Test für die vier Stufen des Faktors *globale Validität* durchgeführt. Bei einem Signifikanzniveau von 5% ergab sich lediglich ein Unterschied der Blöcke mit 100% validen Hinweisreizen zu allen anderen Blöcken. Blöcke, in denen invalide Trials auftauchen konnten, unterschieden sich nicht voneinander.

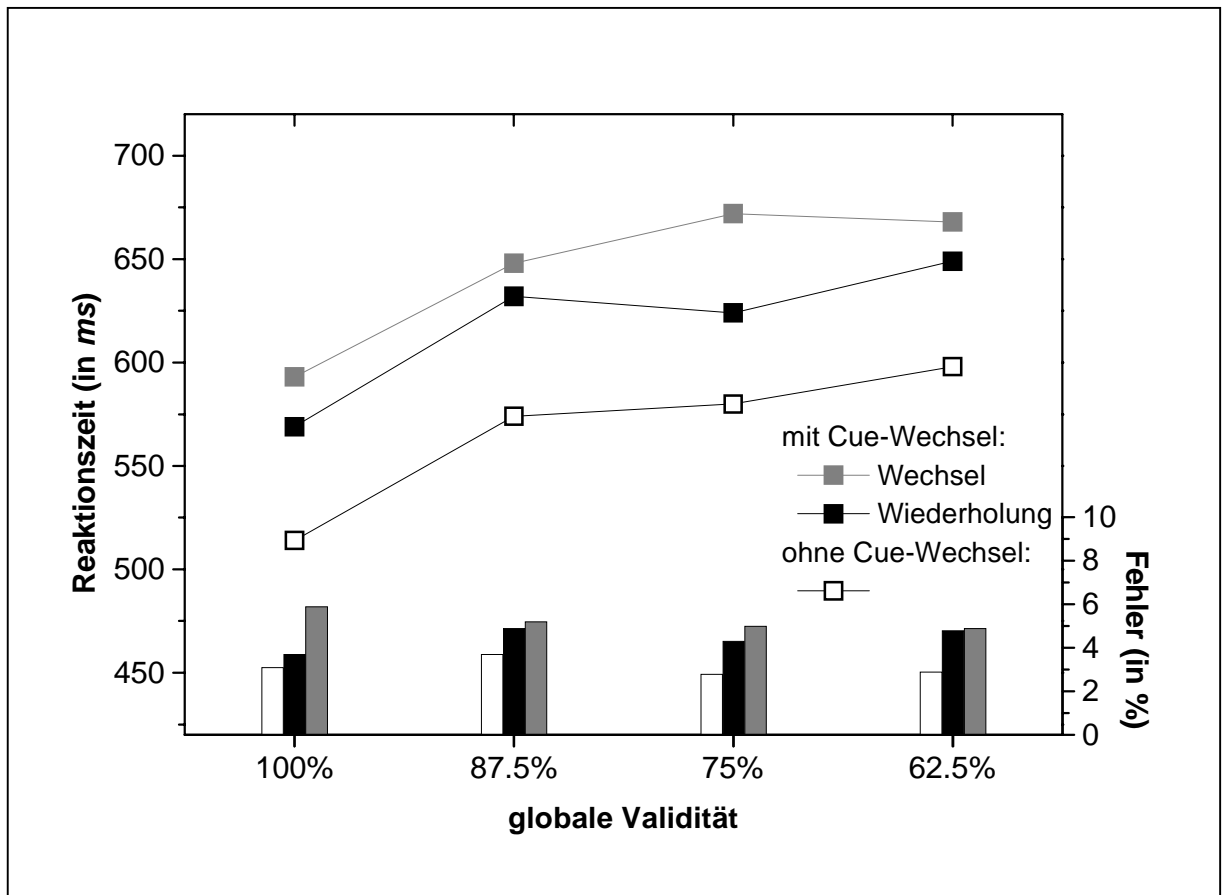


Abb. II.13: Experiment 3: Mittlere Reaktionszeiten und Fehlerraten valider Wechsel- und Wiederholungsdurchgänge aus Blöcken mit Cue-Wechsel und valider Durchgänge aus Blöcken ohne Cue-Wechsel, getrennt nach den Stufen des Faktors globale Validität (Durchgänge nach invalidem Durchgang wurden eliminiert). Ersichtlich ist die nichtsignifikante Interaktion der Effekte globaler Validität und globaler Cue-Wechsel in validen Wiederholungsdurchgängen, ergänzt durch die Wechseldurchgänge aus Blöcken mit Cue-Wechsel.

Diskussion

Das Experiment sollte in erster Linie die Frage beantworten, ob durch die Erhöhung der Häufigkeit der nicht-angekündigten Aufgabe in Blöcken ohne Cue-Wechsel ausreichend exogene Interferenz erzeugt wird, um auch in diesen Blöcken eine Kontroll-Interferenz-Strategie zu induzieren. Wenn die globalen Wechselkosten auf solch einer Strategie beruhen, dann sollten unter diesen Umständen Blöcke mit und ohne Cue-Wechsel keine Reaktionszeitunterschiede mehr aufweisen.

Globale Effekte

Die Ergebnisse zeigten, dass die globalen Wechselkosten auf allen Stufen der globalen Validität gleich hoch waren. Sie sind somit nicht von der Häufigkeitsverteilung der beiden Aufgaben im Block abhängig. Die globalen Wechselkosten waren auch dann noch in gleicher Größe vorhanden, wenn in Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel jede Aufgabe annähernd gleich oft bearbeitet wurde. Dies war in Blöcken mit 62.5% validem Hinweisreiz der Fall.

Es zeigte sich außerdem, dass der Grad der Validität keinen Einfluss auf die Höhe der Kosten der globalen Validität hatte. Vielmehr stellen sie ein Alles-oder-Nichts-Phänomen dar, das beobachtet wird, wenn der Hinweisreiz invalide sein kann und nicht beobachtet wird, wenn er nicht invalide sein kann. Wenn eine Komponente der Kosten globaler Validität einen distinkten Entscheidungsschritt repräsentiert, dann ist es nicht überraschend, dass dieser Teil nicht länger dauert, je wahrscheinlicher er eingesetzt wird. Die Entscheidung, ob die angekündigte Aufgabe durchführbar ist, benötigt immer dieselbe Zeit. Die Komponente der Kosten, die auf eine Vorbereitungsstrategie zurückgeht, sollte aber die Wahrscheinlichkeit invalider Hinweisreize widerspiegeln. Je wahrscheinlicher ein invalider Hinweisreiz ist, desto stärker sollte die nicht-angekündigte Aufgabe aktiv gehalten werden, was auch Auswirkungen auf die angekündigte Aufgabe hätte. Die Kosten der globalen Validität sollten mit der Wahrscheinlichkeit invalider Hinweisreize ansteigen. Eine Möglichkeit wäre, dass die Versuchspersonen die Information über die Validität, die durch die Instruktion vor jedem Block gegeben wird, nicht adäquat nutzen, sondern nur zwischen 100% valide und „möglicherweise invalide“ unterscheiden. Eine andere Erklärung wäre, dass trotz des Wissens um die Wahrscheinlichkeit diese gar nicht genutzt werden kann, weil keine graduelle Manipulation der Aufgabenbereitschaft möglich ist.

Lokale Effekte

Dem widerspricht jedoch die Tatsache, dass die Umschaltkosten mit der Validität variieren. Je häufiger ein Umschalten nötig, desto weniger lang dauert dieser Prozess. Hier zeigt sich, dass der Grad der Validität doch in irgendeiner Form Auswirkungen zeigt. Dieses Ergebnis könnte als weiterer Beleg dafür gesehen werden, dass die Validitätsmanipulation unterschiedliche Vorbereitungsstrategien induziert, wobei auch die Wahrscheinlichkeit invalider Durchgänge einbezogen wird. Es bleibt jedoch die Frage, weshalb dies Auswirkungen auf die Umschaltkosten, nicht jedoch auf die Kosten der globalen Validität hat. Eine mögliche Antwort auf diese Frage wird zu einem späteren Zeitpunkt diskutiert.

Die lokalen Wechselkosten waren in diesem Experiment nur als Trend vorhanden. Sie wurden weder als Haupteffekt noch als Interaktion signifikant. Betrachtet man die Werte innerhalb der einzelnen Bedingungen, dann wird ersichtlich, dass die Differenz von Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen lediglich in der Bedingung mit 75% validen Hinweisreizen deutlich vorhanden ist. In Experiment 2

wurde beobachtet, dass die lokalen Kosten bei 75% validen Hinweisreizen kleiner sind als bei 100% validen Hinweisreizen. Dies würde erwarten lassen, dass die lokalen Kosten in Experiment 3 mit sinkender Validität ebenfalls abnehmen sollten. Dem wirkt jedoch ein anderer Mechanismus entgegen: Die Realisierung der Validitätsstufen führt, genauso wie in Experiment 1, zu einer Verminderung der Häufigkeit valider Durchgänge mit neutralem Testreiz bei abnehmender Validität. Da neutrale Testreize zu kleineren lokalen Wechselkosten in nachfolgenden Durchgängen führen, nehmen diese zu, je seltener ein Durchgang einem neutralen Testreiz folgt. Während also die lokalen Kosten aufgrund der Vorbereitung mit abnehmender Validität des Hinweisreizes sinken, steigen sie aufgrund der damit einhergehenden kleineren Häufigkeit von Durchgängen mit neutralem Testreiz. Im Ergebnis bleiben die Kosten über alle Validitätsstufen gleich. Die Erhebung der globalen Effekte sollte von diesem Mechanismen nicht betroffen sein, da sie anhand von Durchgängen berechnet werden, auf denen keine lokalen Effekte lasten.

Konsequenzen für die Untersuchung globaler Wechselkosten

Die Ergebnisse dieses Experiments zeigen, dass die Häufigkeit der beiden Aufgaben im Block nicht entscheidend für das Zustandekommen der globalen Wechselkosten ist. Die kostenerzeugende Strategie war auch hier nur in Blöcken mit Cue-Wechsel messbar. Zwei Erklärungen hierfür wurden an anderer Stelle diskutiert: Entweder erzeugen Aufgaben, die nach einem invaliden Hinweisreiz bearbeitet wurden keine Interferenz oder die Interferenz-Kontroll-Strategie wird nicht aufgrund der tatsächlichen Interferenz, sondern aufgrund von Heuristiken eingesetzt. Dieser Frage geht das letzte der Experimente nach.

Experiment 4

In den bisherigen Experimenten wurde mittels Manipulation der globalen Validität versucht, Interferenz in Blöcken ohne Cue-Wechsel zu induzieren, um diese den Blöcken mit Cue-Wechsel möglichst ähnlich zu machen. Es zeigte sich, dass dies nicht zu einer Reduktion der Unterschiede in den Bearbeitungszeiten, den globalen Wechselkosten, führt.

Ein Problem dieser Vorgehensweise stellt sich dadurch, dass die jeweils nicht angekündigte Aufgabe in Blöcken ohne Cue-Wechsel immer nur nach invalidem Hinweisreiz bearbeitet wurde. Möglicherweise führt dies dazu, dass die hierdurch gebildeten Assoziationen zwischen Reizen und Aufgaben nicht ausreichen, um Interferenz zu induzieren. Dies könnte zum einen daran liegen, dass durch die Vorbereitung der angekündigten Aufgabe auch diese mit den Reizen assoziiert wird, was die Verstärkung der Assoziation mit der nicht angekündigten Aufgabe ausgleicht. Zum anderen wäre möglich, dass die Assoziation zur nicht angekündigten Aufgabe schwächer ausfällt, weil diese durch den Umschaltvorgang nicht in ausreichend zeitlicher Nähe zur Reizdarbietung steht bzw. der Umschaltvorgang selbst die Assoziationsbildung stört.

Logik des Experiments

Aufgrund dieser Überlegungen soll in diesem Experiment eine andere Strategie angewendet werden. Anstatt in Blöcken ohne Cue-Wechsel Interferenz zu induzieren, um dort eine Interferenz-Kontrollstrategie auszulösen, soll jetzt in Blöcken mit Cue-Wechsel Interferenz verringert werden. Angenommen, die Bearbeitung einer Aufgabe nach invalidem Hinweisreiz führt zu keiner Interferenz in der Bearbeitung der anderen Aufgabe. Wenn jetzt auch in Blöcken mit Cue-Wechsel eine der Aufgaben nur nach invaliden Hinweisreizen bearbeitet wird, sollte keine Interferenz erzeugt werden, die die Bearbeitung der anderen Aufgabe stört. Es sollten sich dann keine Unterschiede zu Blöcken ohne Cue-Wechsel ergeben, da in diesen ebenfalls eine der Aufgaben nur nach invalidem Hinweisreiz bearbeitet wird.

Zu diesem Zweck wurde folgende Bedingung konstruiert: Die Blöcke enthalten beide Hinweisreize, wobei einer dieser Hinweisreize in 75% der Durchgänge valide ist. Der andere hingegen kündigt die Aufgabe nie valide an. Daraus ergibt sich, dass eine der Aufgaben nach validen und nach invaliden Hinweisreizen bearbeitet wird, die andere hingegen ausschließlich nach invaliden Hinweisreizen. Pro Block können somit nur die validen Durchgänge einer Aufgabe zur Analyse der globalen Wechselkosten verwendet werden. Diese Aufgabe ist somit die *Vergleichsaufgabe*, anhand derer diese Blöcke mit anderen Bedingungen verglichen werden. Die andere Aufgabe dient lediglich als *Kontextaufgabe*, um

die Bedingung zu realisieren. Buchstabenaufgabe und Zahlenaufgabe waren hierbei innerhalb jeder Versuchsperson gleich oft Vergleichs- bzw. Kontextaufgabe. Da die Kontextaufgabe ausschließlich nach invaliden Hinweisreizen bearbeitet wurde, trägt diese Bedingung die Bezeichnung „*Kontextaufgabe nur nach Invaliden (KNNI)*“.

Um zu prüfen, ob in dieser Bedingung globale Wechselkosten auftreten, sind mindestens zwei weitere Blockarten notwendig: Zum einen Blöcke *ohne Cue-Wechsel* mit 75% validem Hinweisreiz. Auch bei diesen wird eine der Aufgaben, die Kontextaufgabe, nur nach invalidem Hinweisreiz durchgeführt. Die Aufgabe, die nach validen Hinweisreizen bearbeitet wird, dient erneut als Vergleichsaufgabe. Diese Blöcke unterscheiden sich nur in einem wesentlichen Punkt¹⁵ von der Bedingung KNNI (vgl. Tab. II.4): Es wird immer derselbe Hinweisreiz dargeboten, während in der Bedingung KNNI beide Hinweisreize auftreten. Sollten die Vergleichsdurchgänge der Bedingung KNNI Kosten gegenüber diesen Blöcken aufweisen, dann können diese nur auf die wechselnden Hinweisreize zurückgeführt werden.

Eine weitere wichtige Bedingung stellen herkömmliche Blöcke *mit Cue-Wechsel* und 75% validen Hinweisreizen dar. In diesen werden beide Aufgaben nach validen und invaliden Hinweisreizen bearbeitet. Eine Trennung in Vergleichs- und Kontextaufgabe erübrigt sich, da beide Aufgaben in jedem dieser Blöcke symmetrische Eigenschaften bzgl. ihrer Häufigkeit nach validem und invalidem Hinweisreiz aufweisen. Genau wie Blöcke der Bedingung KNNI wechseln auch hier die Hinweisreize. Der entscheidende Unterschied ist jedoch, dass in herkömmlichen Blöcken mit Cue-Wechsel beide Aufgaben auch nach validen Hinweisreizen bearbeitet werden können. Sollten sich zwischen beiden Bedingungen unterschiedliche Reaktionszeiten in validen Wiederholungsdurchgängen ergeben, dann können sie nur auf diesen Unterschied zurückgeführt werden.

Der Vergleich dieser drei Bedingungen ermöglicht somit die Klärung der Frage, welcher Unterschied die globalen Wechselkosten erzeugt. Der Vergleich der herkömmlichen Blöcke mit und ohne Cue-Wechsel dient als Maß für die globalen Wechselkosten, wenn die Vergleichsaufgabe nach validen Hinweisreizen bearbeitet werden kann. Durch den Vergleich der Bedingung KNNI mit den Blöcken ohne Cue-Wechsel können globale Wechselkosten der Bedingung KNNI berechnet werden. Wenn diese deutlich kleiner sind als die globalen Wechselkosten herkömmlicher Blöcke mit Cue-Wechsel, dann zeigt dies, dass die Interferenz aus valide angekündigten Kontextaufgaben zu einer Interferenz-Kontroll-Strategie führt, die die Kosten erzeugt. Sollten sich die globalen Wechselkosten jedoch nicht

¹⁵ Tatsächlich existiert noch ein Unterschied: In Blöcken ohne Cue-Wechsel/75% valide wird die Vergleichsaufgabe ausschließlich nach validen Hinweisreizen durchgeführt, während in der Bedingung KNNI auch diese Aufgabe nach invaliden Hinweisreizen durchgeführt werden kann. Dies sollte jedoch keinen Einfluss auf Effekte haben, die die globalen Wechselkosten betrifft. Dieser Unterschied liegt auch zwischen Blöcken mit und ohne invaliden Hinweisreizen vor, was jedoch keine Veränderung der globalen Wechselkosten mit sich bringt. Experiment 2 zeigte außerdem, dass auch die Kosten der globalen Validität einer Aufgabe nicht davon abhängen, ob der Hinweisreiz der zweiten Aufgabe ebenfalls invalide sein kann und somit die erste Aufgabe ebenfalls nach invaliden Hinweisreizen durchgeführt werden kann.

von denen herkömmlicher Blöcke mit Cue-Wechsel unterscheiden, dann hängen diese nicht von der Art der bearbeiteten Aufgaben im Block ab.

Experimentelle Umsetzung

Für das Gelingen des Experiments ist es notwendig, dass die Versuchspersonen nicht bemerken, dass einer der Hinweisreize in der Bedingung KNNI immer invalide ist. Er würde sonst zu einem 100% validen Hinweisreiz der anderen Aufgabe werden. Verschiedene Maßnahmen wurden ergriffen, um dies zu verhindern: a) Die Vergleichsaufgabe wurde in 75% der Durchgänge angekündigt, die Kontextaufgabe nur in 25% der Durchgänge. b) In der Instruktion vor jedem Block wurde lediglich informiert, ob im Block invalide Hinweisreize vorkommen oder nicht. c) Innerhalb der ersten fünf Durchgänge wurde ein Durchgang eingebaut, in dem nach einem validen Hinweisreiz die Kontextaufgabe bearbeitet werden sollte. d) Nur vier der insgesamt 28 Blöcke, die im Experiment durchgeführt wurden, waren von diesem Typ. Wenn diese Maßnahmen dazu führen, dass die Versuchsperson sich auch bei 0% validen Hinweisreizen gemäß der angekündigten Aufgabe vorbereiten, dann sollten Umschaltkosten beobachtet werden können.

Neben der Bedingung KNNI wurden eine Reihe weiterer Blockarten konstruiert. Um Blöcke mit Cue-Wechsel zu erheben, die sich in der Häufigkeit der Hinweisreize nicht von der Bedingung KNNI unterscheiden, wurden solche konstruiert, in denen einer der Hinweisreize in 75% der Durchgänge angekündigt wurde, der andere nur in 25% der Durchgänge (Bedingung „mit Cue-Wechsel (75-25)“). In die Analysen gingen auch hier nur die Durchgänge der Aufgabe ein, die in 75% der Durchgänge angekündigt wurden. Diese wurde auch hier als Vergleichsaufgabe bezeichnet.

Tab. II.4: Eigenschaften der Blockart KNNI (“Kontextaufgabe nur nach Invaliden”) verglichen mit herkömmlichen Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel: Cue-Wechsel, Bearbeitung der Vergleichsaufgabe nach validen oder invaliden Hinweisreizen, Bearbeitung der Kontextaufgabe nach validen oder invaliden Hinweisreizen (X: trifft zu, -: trifft nicht zu). Schraffierte Bereiche markieren die Hauptunterschiede.

Blockart	Cue-Wechsel	Vergleichsaufgabe nach...		Kontextaufgabe nach...	
		valide	invalide	valide	invalide
ohne Cue-Wechsel	-	X	-	-	X
mit Cue-Wechsel	X	X	X	X	X
KNNI	X	X	X	-	X

Zusätzlich wurden Blöcke mit Cue-Wechsel verwendet, in denen jede der Aufgaben gleich häufig angekündigt wurde (Bedingung „mit Cue-Wechsel (50-50)“). In diesen können beide Aufgaben als Vergleichsaufgabe in die Auswertung eingehen, da sie sich nicht unterscheiden. Diese Blockart wurde konstruiert, um den Effekt der Häufigkeit der Hinweisreize zu untersuchen.

Desweiteren wurde Blöcke ohne Cue-Wechsel konstruiert, die denen aus früheren Experimenten gleichen. Diese drei Blockarten („mit Cue-Wechsel (75-25)“, „mit Cue-Wechsel (50-50)“, „ohne Cue-Wechsel“) wurden mit 75% validem und mit 100% validem Hinweisreiz durchgeführt. In Blöcken mit Cue-Wechsel war die globale Validität beider Hinweisreiz immer gleich.

Von den insgesamt sieben verwendeten Blockarten dienten nur drei der Untersuchung der Hauptfragestellung, nämlich die Bedingungen „KNNI“, „ohne Cue-Wechsel/75% valide“ und „mit Cue-Wechsel (75-25)/75% valide“. Die restlichen Blockarten wurden ausgewertet, um nochmals die Interaktion von globalem Cue-Wechsel und globaler Validität zu prüfen und um die Auswirkungen der Häufigkeit der Hinweisreize zu testen.

Methode

Stichprobe

Es nahmen 12 Versuchspersonen (Zehn Frauen und zwei Männer) im Alter zwischen 19 und 48 Jahren ($m = 26.1$; $s = 7.5$) teil. Alle wurden an der Universität Konstanz rekrutiert und verfügten über normale oder korrigierte Sehstärke. Alle zwölf Versuchspersonen waren Rechtshänder. Die Teilnahme wurde mit zehn DM bzw. fünf Euro pro Stunde belohnt oder diente der teilweisen Erfüllung einer Studienanforderung im Rahmen des Psychologie-Studienganges.

Versuchsaufbau und Reizmaterial

Versuchsaufbau und Reizmaterial waren identisch zu den bisherigen Experimenten.

Durchführung

Aufgaben, Hinweisreize und Durchführung unterschieden sich nicht von den anderen Experimenten. Auch hier war bei invaliden Durchgängen ausschließlich ein Wechsel zur anderen Aufgabe verlangt (Umschalten). Folgende sieben Blockarten wurden konstruiert:

ohne Cue-Wechsel/100% valide: Jeder Durchgang eines Blocks begann mit demselben Hinweisreiz, nämlich dem der Vergleichsaufgabe. Dieser war immer valide, d.h. die Versuchsperson sollte immer die angekündigte Aufgabe bearbeiten.

mit Cue-Wechsel (50-50)/100% valide: Die Art des Hinweisreizes wechselte in zufälliger Abfolge, wobei gleich oft die Zahlen- als auch die Buchstabenaufgabe angekündigt wurde. Der Hinweisreiz war immer valide.

mit Cue-Wechsel (75-25)/100% valide: Die Art des Hinweisreizes wechselte in zufälliger Abfolge, wobei eine der Aufgaben (die Vergleichsaufgabe) mit 75%, die andere (die Kontextaufgabe) mit 25% relativer Häufigkeit angekündigt wurde. Der Hinweisreiz war immer valide.

Die Blockarten *ohne Cue-Wechsel/75% valide*, *mit Cue-Wechsel (50-50)/75% valide* und *mit Cue-Wechsel (75-25)/75% valide* wurden in ähnlicher Weise konstruiert. Hier war jedoch der Hinweisreiz in 25% der Durchgänge je Aufgabe invalide. Die Versuchsperson sollte in diesem Fall die andere Aufgabe bearbeiten. Außerdem wurde eine siebte Blockart konstruiert:

Kontextaufgabe nur nach invalidem Hinweisreiz (KNNI): Die Art des Hinweisreizes wechselte in zufälliger Abfolge, wobei eine der Aufgaben (die Vergleichsaufgabe) mit 75%, die andere (die Kontextaufgabe) mit 25% relativer Häufigkeit angekündigt wurde. Der Hinweisreiz für die Aufgabe, die in 25% der Durchgänge angekündigt wurde, war immer invalide. Somit wurde die dazugehörige Aufgabe ausschließlich nach invaliden Hinweisreizen der 75%-Aufgabe bearbeitet.

Jede Versuchsperson absolvierte vier Blöcke jeder Blockart. Bei Blockarten ohne Cue-Wechsel bearbeiteten die Versuchspersonen je einen Block mit dem Hinweisreiz jeder Aufgabe. Bei Blockarten mit Cue-Wechsel, in denen eine Art des Hinweisreizes häufiger auftrat, bearbeiteten die Versuchspersonen ebenfalls je zwei Blöcke je Art dieses Hinweisreizes. *Dies bedeutet, dass innerhalb jeder Blockart und Versuchsperson jede der beiden Aufgaben gleich oft die Vergleichsaufgabe bzw. die Kontextaufgabe stellen.*

Jeder Block bestand nur aus 32 Durchgängen. Die Häufigkeiten der Hinweisreize ergaben sich je nach Blockart. Innerhalb jedes Blocks setzten sich der Anteil der Durchgänge mit gleichem Hinweisreiz erneut zu 50% aus Testreizen mit Zahlen-Buchstaben-Kombinationen (zur Hälfte konsistent bzw. inkonsistent) zusammen. Die restlichen 50% der Testreize enthielten ein neutrales Symbol. Die Validität des Hinweisreizes wurde variiert, indem das Verhältnis von validen zu invaliden Testreizen innerhalb der Neutral-Reize verändert wurde.

Jeder Block begann erneut mit fünf Übungsdurchgängen, die zufällig aus dem Block gezogen wurden. Sie wurden nicht in der Auswertung berücksichtigt. Bei der Blockart *Interferenz nur nach invalidem Hinweisreiz* floss in diese Übungsdurchgänge ein Durchgang ein, in dem die Kontextaufgabe nach einem validen Hinweisreiz bearbeitet werden musste.

Die 28 Blöcke mit insgesamt 896 Durchgängen wurden auf zwei Testsitzungen verteilt. Jede Sitzung enthielt zwei Blöcke jeder Blockart, wobei in jedem der beiden Blöcke je eine der beiden Aufgaben die Vergleichsaufgabe darstellte. Die Abfolge innerhalb der Testsitzungen wurde komplett randomisiert. Erneut ging den Testsitzungen eine Übungssitzung voraus. Ihr Aufbau entsprach dem aus den Experimenten 1 und 2, wobei diesmal acht Blöcke mit je 32 Durchgängen verwendet wurden.

Vor jedem Block erhielt die Versuchsperson eine Instruktion über die auftretenden Hinweisreize (Zahlenaufgabe, Buchstabenaufgabe oder beide) und die Validität des Hinweisreizes („100% valide“, „75% valide“). Diese wurde verbal und schriftlich als Monitoreinblendung dargeboten. Andere Informationen über die Zusammensetzung der Blocks wurden nicht gegeben.

Statistische Auswertung

Datenaufbereitung und statistische Auswertung erfolgten nach dem gleichen Muster wie in den anderen Experimenten.

Resultate

Aufgrund der geringen Anzahl an Beobachtungen wurde in diesem Experiment darauf verzichtet, proaktive Effekte von invaliden Durchgängen und lokalen Cue-Wechseln zu testen. Da sich diese Effekte in den ersten drei Experimenten als stabil erwiesen haben, wird auch hier davon ausgegangen, dass die erste Wiederholung nach einem Cue-Wechsel keine lokalen Wechseleffekte aufweist und dass nur der erste Durchgang nach einem invaliden Durchgang verlangsamt ist. Aus diesem Grund wurden auch in den folgenden Analysen Reaktionszeiten von Durchgängen ausgeschlossen, die unmittelbar invaliden Durchgängen folgen.

Lokale Effekte von Wechsel und invaliden Hinweisreizen.

Lokale Wechselkosten. In einer ersten Analyse wurden zunächst lokale Wechselkosten in allen Blöcken mit Cue-Wechsel untersucht. Die Blockart KNNI wurde nicht analysiert, da hier keine Cue-Wechsel nach validen Durchgängen auftreten. Aus den Blöcken mit Cue-Wechsel und Häufigkeit 75% wurden nur Durchgänge der Vergleichsaufgabe verwendet. Mittlere Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge und Fehlerraten gingen in eine vierfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokaler Cue-Wechsel* (Wechsel, Wiederholung), *globale Validität* (100% valide, 75% valide), *Häufigkeit der Vergleichsaufgabe* (50%, 75%) und *Konsistenz* (konsistent, inkonsistent, neutral) ein. Es interessierten nur Effekte, an denen der Faktor *lokaler Cue-Wechsel* beteiligt war.

Der Haupteffekt dieses Faktors wurde signifikant, $F(1,11) = 9.42$; $p < .05$. Wechseldurchgänge wurden langsamer bearbeitet (637 ms) als Wiederholungsdurchgänge (602 ms). Gleichzeitig erreichte aber die Interaktion von *lokalem Cue-Wechsel* und *globaler Validität* Signifikanz, $F(1,11) = 7.85$; $p < .05$. Die lokalen Wechselkosten waren deutlich kleiner bei 75% validem Hinweisreiz (13 ms) als bei 100% validem Hinweisreiz (47 ms). Keine weitere Interaktion mit *lokalem Cue-Wechsel* wurde signifikant.

Umschalten nach invalidem Hinweisreiz. Ziel dieser Analyse war die Klärung der Frage, ob in der Bedingung KNNI die Durchgänge der Vergleichsaufgabe, die nach invalidem Hinweisreiz bearbeitet wurden, Umschaltkosten aufweisen. Nur dann kann davon ausgegangen werden, dass sich die Versuchspersonen tatsächlich auf die Kontextaufgabe vorbereitet haben. Die Umschaltkosten wurden berechnet durch den Vergleich invalider Durchgänge mit dem Hinweisreiz der Kontextaufgabe und valider Durchgänge mit dem Hinweisreiz der Vergleichsaufgabe (als valide Durchgänge wurden erneut nur solche mit neutralem Testreiz verwendet). Dem wurden die Umschaltkosten der Wechselblöcke mit 50%iger Häufigkeit der Vergleichsaufgabe gegenübergestellt. Die Wechselblöcke mit 75%iger Häufigkeit der Vergleichsaufgabe konnten nicht als Vergleich verwendet werden, da zu wenig invalide Durchgänge mit dem Hinweisreiz der Kontextaufgabe vorhanden waren. In der Bedingung mit 50%iger Häufigkeit des Hinweisreizes sind Vergleichs- und Kontextaufgabe identisch, weshalb hier ausreichend viele Durchgänge zur Verfügung stehen. Mittelwerte korrekt beantworteter Durchgänge wurden in einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokale Validität* (valide, invalide) und *Blockart* (mit Cue-Wechsel (50-50), KNNI) untersucht. Es interessierten nur Effekte mit Beteiligung des Faktors *lokale Validität*.

Der Haupteffekt von *lokaler Validität* wurde signifikant, d.h. es wurden signifikante Umschaltkosten gefunden, $F(1,11) = 21.2$; $p < .001$. Valide Durchgänge wurden schneller (615 ms) als invalide Durchgänge (803 ms) bearbeitet. Die Umschaltkosten waren in der Blockart KNNI nur etwas kleiner (181 ms) als in Wechselblöcken mit 50%iger Häufigkeit der Vergleichsaufgabe (196 ms). Die Interaktion von *lokaler Validität* und *Blockart* erreichte jedoch keine Signifikanz, $F(1,11) = .32$; $p = .58$.

Globale Effekte von Cue-Wechsel und Validität der Hinweisreize

Auch die Untersuchung der globalen Effekte erfolgte in mehreren Schritten. Es wurden erneut nur valide Wiederholungsdurchgänge untersucht, die nicht unmittelbar einem invaliden Durchgang folgten. In Wechselblöcken mit 75%iger Häufigkeit der Vergleichsaufgabe und in der Blockart KNNI gingen nur die Durchgänge der Vergleichsaufgabe in die Analyse ein.

Eine erste Analyse wurde für alle Blöcke mit Ausnahme der Blockart KNNI gerechnet. Mittlere Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge gingen in eine dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globale Validität* (100% valide, 75% valide), *globaler Cue-Wechsel* (ohne

Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel (50-50), mit Cue-Wechsel (75-25)) und *Konsistenz* (konsistent, inkonsistent, neutral) ein.

Der Haupteffekt der *globalen Validität* wurde signifikant, $F(1,11) = 25.4$; $p < .001$. Durchgänge in Blöcken mit 75% validem Hinweisreiz wurden langsamer beantwortet (630 ms) als solche in Blöcken mit 100% validem Hinweisreiz (550 ms). Auch der Haupteffekt des Faktors *globaler Cue-Wechsel* wurde signifikant, $F(2,22) = 9.20$; $p < .001$. Die mittleren Reaktionszeiten waren am schnellsten in Blöcken ohne Cue-Wechsel (566 ms), gefolgt von Blöcken der Bedingung „mit Cue-Wechsel (75-25)“ (593 ms) und „mit Cue-Wechsel (50-50)“ (611 ms). Die Interaktion der beiden Faktoren erreichte keine Signifikanz, $F(2,22) = .11$; $p = .90$ (vgl. Abb. II.14). Desweiteren wurde die Interaktion von *globaler Validität* und *Konsistenz* signifikant, $F(2,22) = 4.45$; $p < .05$. Der Konsistenzeffekt war bei 75% validem Hinweisreiz größer (neutral: 584 ms; konsistent: 650 ms; inkonsistent: 657 ms) als bei 100% validem Hinweisreiz (neutral: 522 ms; konsistent: 567 ms; inkonsistent: 560 ms).

In einer zweiten Analyse sollte die Hauptfragestellung des Experiments geprüft werden, nämlich ob die Blockart KNNI vergleichbare globale Wechselkosten wie herkömmliche Blöcke mit Cue-Wechsel aufweist. Als Vergleichsbedingung dienten die Blöcke „ohne Cue-Wechsel/75% valide“. Zwei t-Tests für gepaarte Stichproben wurden hierzu berechnet, wobei jeweils nur mittlere Reaktionszeiten korrekt beantworteter Wiederholungsdurchgänge mit validem Hinweisreiz der Vergleichsaufgabe verglichen wurden. Durchgänge mit neutralen, konsistenten und inkonsistenten Testreizen gingen gleichgewichtig in die Mittelwerte ein.

Ein Vergleich der Mittelwerte der Bedingungen „ohne Cue-Wechsel/75% valide“ mit der Blockart KNNI prüfte, ob signifikante globale Wechselkosten in der Blockart KNNI festgestellt werden konnten. Tatsächlich waren die Reaktionszeiten der relevanten Durchgänge in KNNI (643 ms) signifikant gegenüber der Vergleichsbedingung (605 ms) verlangsamt, $t = 2.35$, $p < .05$ (vgl. Abb. II.14). Ein zweiter Test verglich die Blockart KNNI mit der Bedingung „mit Cue-Wechsel (75-25)/75% valide“, um festzustellen, ob die globalen Wechselkosten in KNNI kleiner sind als in einer Vergleichsbedingung mit Cue-Wechsel. Die Bedingungen können direkt miteinander verglichen werden, ohne Wechselkosten zu berechnen, da bei beiden die gleiche Bedingung die Baseline darstellen würde. Es zeigte sich, dass die mittleren Reaktionszeiten der Bedingung KNNI (643 ms) sich nicht signifikant von denen der Bedingung „mit Cue-Wechsel (75-25)/75% valide“ (635 ms) unterscheiden, $t = .41$, $p = .69$ (vgl. Abb. II.14).

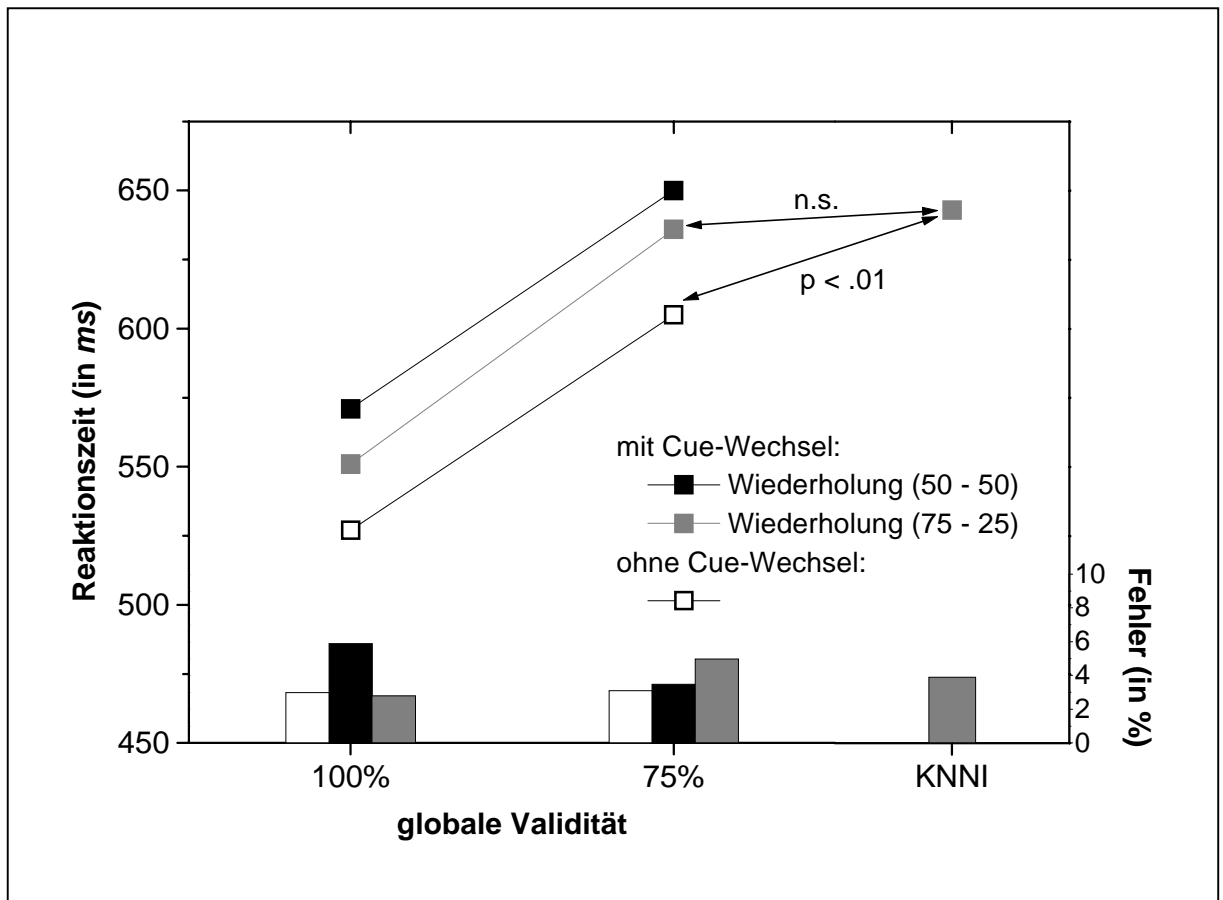


Abb. II.14: Experiment 4: Mittlere Reaktionszeiten und Fehler valider Wiederholungsdurchgänge in Abhängigkeit von globaler Validität und globalem Cue-Wechsel, sowie in der Blockart KNNI („Kontextaufgabe nur nach Invaliden“). In die Daten gingen nur Reaktionszeiten der jeweiligen Vergleichsaufgabe ein, d.h. der Aufgabe, die in 75% oder 50% der Durchgänge angekündigt wurde. Buchstabenaufgabe und Zahlenaufgabe waren innerhalb jeder Versuchsperson und Blockart gleich oft Vergleichsaufgabe und Kontextaufgabe.

Diskussion

Die Fragestellung dieses Experiments war, ob globale Wechselkosten auch dann entstehen, wenn der Hinweisreiz wechselt, eine der Aufgaben jedoch ausschließlich nach invalidem Hinweisreiz bearbeitet wird. Die Blockart KNNI stellt eine Realisierung dieser Bedingung dar. Um sicherzustellen, dass die Versuchspersonen auch die 0% validen Hinweisreize zur Vorbereitung der angekündigten Aufgabe nutzten, müssen zunächst die Umschaltkosten in diesen Blöcken betrachtet werden.

Lokale Effekte

Es ergaben sich signifikante Umschaltkosten in der Bedingung KNNI. Dies bedeutet, dass sich die Versuchspersonen tatsächlich auch dann auf die angekündigte Aufgabe vorbereiteten, wenn deren Hinweisreiz immer invalide war. Somit ist es offensichtlich geglückt, die Versuchsperson nicht erkennen zu lassen, dass einer der Hinweisreize in der Bedingung KNNI immer invalide war. Eine formlose Befragung nach dem Experiment zeigte außerdem, dass keine der Versuchspersonen diese Tatsache während des Experiments wahrnahm. Die Umschaltkosten dieser Bedingung waren außerdem genauso hoch wie die in der Bedingung „mit Cue-Wechsel (50-50)/75% valide“. Hier ist jedoch zu erwähnen, dass die Umschaltkosten beider Bedingungen nur bedingt vergleichbar sind, da sich die Blöcke in verschiedenen Punkten unterscheiden. Das Ergebnis ist jedoch ein Anhaltspunkt, dass die Vorbereitung auf die Kontextaufgabe in der Bedingung KNNI zumindest nicht offensichtlich von der in anderen Blöcken abweicht.

Die lokalen Wechselkosten zeigten nun deutlich das Ergebnis, das bisher nur in Experiment 2 auftrat und in den anderen Experimenten lediglich vermutet wurde: Sie waren kleiner bei 75% validen Hinweisreizen als bei 100% validen Hinweisreizen. Dies bestätigt die Vermutung, dass die angenommene Vorbereitungsstrategie einen Einfluss auf die lokalen Wechselkosten hat. Auf diesen Punkt wird ausführlich in den nachfolgenden Abschnitten eingegangen. Die lokalen Wechselkosten waren desweiteren unabhängig von der Häufigkeit der Hinweisreize. Da diese Häufigkeit Einfluss auf die globalen Wechselkosten hatte, was gleich näher diskutiert wird, zeigt dies wiederholt, dass globale und lokale Wechselkosten unabhängig beeinflussbar sind (Hübner et al., 2001; Kray und Lindenberger, 2000; Mayr, 2001).

Globale Effekte

Die entscheidenden Analysen bestanden in zwei Vergleichen: Der Vergleich der Bedingung KNNI mit den Vergleichsaufgaben der Blockart „ohne Cue-Wechsel/75% valide“ zeigte, dass auch in der Bedingung KNNI signifikante globale Wechselkosten vorhanden waren. Diese Differenz kann deshalb als globale Wechselkosten bezeichnet werden, weil der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Bedingungen das Vorhandensein wechselnder Hinweisreize in der Bedingung KNNI war. Ansonsten waren diese Blöcke jedoch weitgehend identisch: Eine der Aufgaben wurde in 75% der Durchgänge angekündigt, wobei der Hinweisreiz zu 75% valide war. Die andere Aufgabe wurde ausschließlich nach einem invaliden Hinweisreiz durchgeführt. Die dadurch entstehende Interferenz durch die Kontextaufgabe war in beiden Blöcken dieselbe.

Der Vergleich der Bedingung KNNI mit den Vergleichsaufgaben der Blockart „mit Cue-Wechsel (75-25)/75% valide“ zeigte außerdem, dass die globalen Wechselkosten bzw. die absoluten Reaktionszei-

ten in beiden Bedingungen annähernd identisch waren. Die Tatsache, dass in der Bedingung „mit Cue-Wechsel (75-25)/75% valide“ die Kontextaufgabe auch nach validen Hinweisreizen durchgeführt wurde, scheint keinen Einfluss auf die globalen Wechselkosten zu haben.

Diese Analysen legen nahe, dass ausschließlich die Frage, ob der Hinweisreiz wechselt, zu globalen Wechselkosten führt. Der Vergleich der Blöcke mit Cue-Wechsel und unterschiedlicher Häufigkeit der beiden Hinweisreize zeigte außerdem, dass die Häufigkeit, mit der ein Hinweisreiz auftrat, ebenfalls die Reaktionszeit beeinflusste. Valide Durchgänge der Vergleichsaufgabe, die in 75% der Fälle angekündigt wurden, waren schneller als solche, die in 50% der Fälle angekündigt wurden. Dieser Effekt war unabhängig von der globalen Validität. Die Schlussfolgerung, die sich daraus ergibt ist die, dass globale Wechselkosten tatsächlich ein Resultat der Häufigkeit der Hinweisreize sind.

Wie alle durchgeführten Experimente zeigten gilt dies auch dann, wenn die Häufigkeit der Hinweisreize nicht die Häufigkeit der bearbeiteten Aufgaben widerspiegelt. Dies kann auch in diesem Experiment bestätigt werden, wie Tab. II.5 zeigt. In der Bedingung KNNI wurde die Vergleichsaufgabe deutlich häufiger durchgeführt (81.3% = 56.3% nach validem Hinweisreiz + 25% nach invalidem Hinweisreiz) als in der Bedingung „mit Cue-Wechsel (75-25)/75% valide“ (62.6% = 56.3% nach validem Hinweisreiz + 6.3% nach invalidem Hinweisreiz). Trotzdem zeigten sich keine Unterschiede in der Reaktionszeit. Hingegen wurde in der Bedingung „ohne Cue-Wechsel/75% valide“ ähnlich oft die Vergleichsaufgabe durchgeführt (75%) wie in der Bedingung KNNI. Hier zeigten sich aber deutliche Unterschiede in der Reaktionszeit. Auch die Häufigkeit der validen Durchgänge beider Aufgaben zusammen ist nicht prädiktiv für die globalen Wechselkosten. Dies zeigt sich im Vergleich derselben Bedingungen mit 75% validem und 100% validem Hinweisreiz.

Was bedeutet dies für die Interpretation der globalen Wechselkosten? Bisher wurde angenommen, dass diese auf eine Kontrollstrategie zurückgehen, die den Auswirkungen exogener Interferenz entgegenwirken soll. Es zeigte sich aber, dass keine Manipulation der Interferenz diese Kosten beeinflussen konnte. Sie waren konstant gegenüber jeder Variation der durchgeführten Aufgaben im Block. Vielmehr konnte eindeutig die Häufigkeit der Hinweisreize als determinierende Rahmenbedingung der globalen Wechselkosten identifiziert werden. Was dies für die Annahme einer Interferenz-Kontrollstrategie bedeutet, soll in der abschließenden Diskussion erörtert werden.

Tab. II.5: Relative Häufigkeiten der Vergleichsaufgabe und der Kontextaufgabe nach validen und invaliden Hinweisreizen für alle Blockarten in Experiment 4.

Blockart		Vergleichsaufgabe nach...		Kontextaufgabe nach...	
		valide	invalide	valide	invalide
ohne Cue-Wechsel,	100% valide	100%	-	-	-
ohne Cue-Wechsel,	75% valide	75%	-	-	25%
mit Cue-Wechsel (50 – 50),	100% valide	50%	-	50%	-
mit Cue-Wechsel (50 – 50),	75% valide	37.5%	12.5%	37.5%	12.5%
mit Cue-Wechsel (75 – 25),	100% valide	75%	-	25%	-
mit Cue-Wechsel (75 – 25),	75% valide	56.3%	6.3%	18.8%	18.8%
	KNNI	56.3%	25%	-	18.8%

Gesamtdiskussion

Verschiedene eingangs berichtete Hypothesen sehen in den globalen Wechselkosten die Kosten einer Strategie (Hübner et al., 2001; Mayr, 2001; Meiran, 2000a, b). Die bisherigen Ergebnisse unterstützen diese Annahme insofern, dass die globalen Kosten nicht direkt auf die Auswirkungen lokaler Effekte zurückgeführt werden können. Alle Theorien, die sich mit der Entstehung lokaler Wechselkosten befassen, würden vorhersagen, dass diese Kosten entweder nur in Wechseldurchgängen auftreten (z. B. Rogers & Monsell, 1995) oder mit jeder Aufgabenwiederholung sukzessive abnehmen (z. B. Allport & Wylie, 2000). Wie in anderen Arbeiten (z. B. Mayr, 2001), konnte auch hier nicht festgestellt werden, dass sich die Reaktionszeiten in Wechselblöcken im Laufe mehrerer Wiederholungen auf das Niveau der Zeiten reiner Blöcke, d.h. Blöcke ohne Cue-Wechsel, reduzieren. Die verbleibende Zeitdifferenz spiegelt somit etwas anderes wider als den Effekt lokaler Aufgabenwechsel. Der Begriff Strategie soll hier lediglich bedeuten, dass die Versuchsperson einen Durchgang innerhalb eines Wechselblocks in einer anderen Art und Weise bearbeitet als einen Durchgang in einem reinen Block. Strategien könnten sich darin äußern, dass eine andere Aufgabenrepräsentation wirksam ist, andere Verarbeitungsschritte angewendet werden oder parametrische Modifikationen vorhandener Verarbeitungsschritte vorgenommen werden.

Die Unabhängigkeit der globalen Kosten von Cue-Wechsel und Validität

Das Ziel der vier Experimente war die Beantwortung der Frage, welcher Art diese Strategie ist, die den globalen Wechselkosten zugrunde liegt. Die Logik bestand darin, durch die Manipulation der Validität des Hinweisreizes bestimmte Unterschiede zwischen Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel zu eliminieren. Die so veränderten Anforderungen sollten dazu führen, dass Strategien, die in Blöcken mit Cue-Wechsel wirksam sind, nun auch in Blöcken ohne Cue-Wechsel notwendig werden. Die Idee war, dass durch die Einführung invalider Durchgänge Kosten erzeugt werden sollten, die auf derselben Ursache beruhen wie die globalen Wechselkosten. Durchgänge mit invaliden Hinweisreizen erzeugen zwei Arten an Kontrollanforderungen, wenn sie in Blöcken ohne Cue-Wechsel eingeführt werden: a) Die Versuchspersonen müssen jetzt ständig auf einen potenziellen Wechsel vorbereitet sein. b) Innerhalb des gleichen Blocks werden nun beide Aufgaben durchgeführt. Ersteres könnte zu einer Vorbereitungsstrategie führen, letzteres zu einer Strategie, die die Bearbeitung gegen Interferenz absichert. Es wurde vermutet, dass eine der beiden Strategien die globalen Wechselkosten erzeugt:

Die *Strategische-Vorbereitungs-Hypothese* besagt, dass sich Versuchspersonen in Blöcken mit Cue-Wechsel weniger gut auf die angekündigte Aufgabe vorbereiten, indem sie a) die Aufgabenbereitschaft der alternativen Aufgabe beibehalten (ähnlich wie von Meiran 2000a, 2000b vorgeschlagen)

oder b) eine Aufgabenrepräsentation wählen, in der beide Aufgaben repräsentiert sind (wie von Rogers und Monsell, 1995 angedacht). Beide Vorbereitungsstrategien ermöglichen es, in einem späteren Durchgang schneller einen Wechsel der Aufgabe herbeizuführen. Es handelt sich somit um eine adaptive Strategie zur Minimierung des Aufwands bei Cue-Wechsel. Durch die Manipulation der Validität des Hinweisreizes wird nun genau solch eine Strategie ebenfalls erforderlich: Wenn die Versuchsperson weiß, dass anstatt der angekündigten Aufgabe möglicherweise die alternative Aufgabe bearbeitet werden muss, dann sollte die Vorbereitung ebenfalls an diesen Fall angepasst werden. Die gleiche Strategie, die den Wechsel im nächsten Durchgang erleichtert, ermöglicht auch einen effizienteren Wechsel im Fall eines invaliden Hinweisreizes. Blöcke mit Cue-Wechsel erfordern deshalb keine zusätzliche Vorbereitungsstrategie, um nun auch einen Wechsel innerhalb eines Durchgangs zu ermöglichen.

Die *Interferenz-Kontroll-Hypothese* nimmt hingegen an, dass unter Wechselbedingungen reizinduzierte Interferenz entsteht, die eine Kontrollstrategie erforderlich macht. Durch die Bearbeitung mehrerer Aufgaben anhand desselben Reizmaterials werden Reize oder Reizklassen mit beiden Aufgaben assoziiert. Die Präsentation eines Reizes führt zum automatischen Abruf von ganzen Task Sets (Rogers & Monsell, 1995) oder einzelnen Reiz-Reaktions-Assoziationen (Wylie & Allport, 2000). Um die zielkonforme Aufgabenbearbeitung zu gewährleisten, muss eine Strategie gewählt werden, die diese Interferenz berücksichtigt. Diese Strategie könnte a) in der Einführung einer zusätzlichen Poststimulus-Rekonfiguration (Mayr, 2001) oder b) in einer kontrollierten Selektion (Hübner et al., 2001), z. B. durch die Verwendung konservativer Selektionskriterien, bestehen. Hierbei handelt es sich um adaptive Strategien zur Sicherung der Aufgabenbearbeitung unter Interferenzbedingungen. Die Einführung invalider Hinweisreize führt dazu, dass auch in Blöcken ohne Cue-Wechsel, jetzt beide Aufgaben bearbeitet werden. Dadurch sollte solch eine Strategie nun auch in diesen Blöcken notwendig werden. In Blöcken mit Cue-Wechsel wird jedoch keine zusätzliche Interferenz erzeugt, da die Häufigkeit, mit der die Aufgaben bearbeitet werden, gleich bleibt.

Die Ergebnisse zeigten, dass entgegen den Erwartungen dieser beiden Hypothesen die globalen Wechselkosten nicht durch die Einführung invalider Hinweisreize reduziert werden konnten. In den folgenden Abschnitten wird ein Modell entwickelt, anhand dessen dieses Resultat erklärt werden kann. Hierbei müssen eine Vielzahl von Reaktionszeitkomponenten einbezogen werden. Die Hauptresultate werden zunächst zusammengefasst:

1. *Lokale und globale Kosten* konnten erfolgreich getrennt werden. Ein lokaler Wechsel erzeugte ausschließlich Kosten in Wechseldurchgängen. Wiederholungsdurchgänge waren unbeeinflusst vom Abstand zum letzten Wechsel. Invalide Durchgänge führten jedoch auch zu erhöhten Reaktionszeiten im nachfolgenden Durchgang. Weitere Durchgänge blieben jedoch unbeeinflusst. Zur Erhebung globaler Kosten konnten demnach alle validen Wiederholungsdurchgänge, die nicht unmittelbar einem invali-

den Durchgang folgten, herangezogen werden. Diese sollten sich bezüglich proaktiver Effekte lokaler Ereignisse nicht unterscheiden.

2. Es konnten *Kosten der globalen Validität* des Hinweisreizes ausgemacht werden. Diese sind davon abhängig, welche Operation bei invaliden Durchgängen durchgeführt werden soll (Experiment 1). Soll die Versuchsperson zur alternativen Aufgabe umschalten, dann sind die Kosten höher als wenn lediglich die Beantwortung abgebrochen werden soll. Kosten der globalen Validität, die entstehen, weil potenziell zur alternativen Aufgabe umgeschaltet werden muss, enthalten somit eine wechselfpezifische Komponente. Werden innerhalb eines Blocks Hinweisreize gemischt, die 100% oder 75% valide sind, dann treten die Kosten der Validität nur in letzteren Durchgängen auf (Experiment 2). Sie stellen somit kein unspezifisches Interferenzphänomen dar, sondern hängen direkt vom Wissen der Versuchsperson um die Validität ab.

3. Durch den Vergleich von Blöcken mit und ohne Cue-Wechsel wurden *globale Wechselkosten* in allen vier Experimenten festgestellt. Diese blieben unbeeinflusst von jeder durchgeführten Manipulation der Validität, also unabhängig von a) der Operation, die bei invaliden Durchgängen angewendet werden sollte (Unterdrücken oder Umschalten, Experiment 1), b) der Höhe der globalen Validität des Hinweisreizes (Experiment 3), c) der Ähnlichkeit der Bedingungen mit und ohne Cue-Wechsel in den relativen Häufigkeiten der durchgeführten Aufgaben (Experiment 3), d) der Tatsache, ob die alternative Aufgabe im Block nur nach invaliden, oder auch nach validen Hinweisreizen durchgeführt wurde (Experiment 4). Ein einziger Faktor hatte Einfluss auf die globalen Wechselkosten: Die Häufigkeit, mit der eine der Aufgaben angekündigt wurde (Experiment 4). Jedoch war auch dieser Einfluss unabhängig von der Validität des Hinweisreizes.

4. Die *lokalen Wechselkosten* zeigten ein uneinheitliches Bild. In Experiment 1 blieben sie unbeeinflusst von der globalen Validität des Hinweisreizes. Für Experiment 3 gilt dies auch, jedoch erreichten dort die Kosten insgesamt kein signifikantes Niveau mit Ausnahme einer Bedingung. In den Experimenten 2 und 4 hingegen waren die lokalen Wechselkosten kleiner, wenn der Hinweisreiz invalide sein konnte. Die unterschiedlichen Ergebnisse sind zum Teil auf die Operationalisierung der Validität zurückzuführen. In den Experimenten 1, 3 und 4 war die Wahrscheinlichkeit, dass ein valider Durchgang mit neutralem Testreiz einem Durchgang vorausgeht kleiner, je kleiner die globale Validität des Hinweisreizes. Wylie und Allport (2000) zeigten aber, dass die lokalen Wechselkosten nach Durchgängen mit neutralen Testreizen kleiner sind. Damit wurden in diesen Experimenten die lokalen Wechselkosten mit abnehmender Validität überschätzt. In Experiment 2, in dem diese Konfundierung nicht auftritt, waren die Kosten tatsächlich kleiner bei 75% validem Hinweisreiz als bei 100% validem Hinweisreiz. Dies gilt allerdings auch für Experiment 4, das diese Konfundierung wiederum aufwies. Eine Erklärung für dieses unterschiedliche Verhalten konnte nicht gefunden werden. Insgesamt kann jedoch gesagt werden, dass lokale Wechselkosten bei eingeschränkter globaler Validität kleiner sein können. Desweiteren ist festzustellen, dass die Häufigkeit, mit der eine Aufgabe angekündigt wird,

keinen Einfluss auf diese Kosten hat (Experiment 4). Lokale und globale Wechselkosten verhalten sich in dieser Hinsicht unterschiedlich.

5. Eine weitere Reaktionszeitkomponente waren die lokalen Kosten der Validität, die *Umschaltkosten*. Diese stellen die zusätzliche Zeit dar, die die Bearbeitung eines Durchgangs erfordert, wenn die Aufgabe falsch angekündigt war. Auch hier waren die Resultate nicht ganz einheitlich. Einzelne Experimente zeigten Trends auf: So waren diese Kosten in Blöcken mit Cue-Wechsel etwas höher als in Blöcken ohne Cue-Wechsel (Experiment 3). Desweiteren waren sie niedriger, wenn nur einer der Hinweisreize invalide sein konnte (Experiment 2). Hochsignifikant war jedoch der Zusammenhang von Umschaltkosten und globaler Validität. Je geringer die Validität des Hinweisreizes war, desto kürzer war die Zeitdauer des Umschaltens (Experiment 3).

6. Als *Konsistenz* der Testreize wurde die Wertigkeit des irrelevanten Symbols in den Testreizen bezeichnet. Das irrelevante Symbol konnte entweder zur gleichen Antwort wie das relevante Symbol (konsistent), zur alternativen (inkonsistent) oder zu gar keiner Antwort (neutral) führen. Der Faktor wurde in allen Analysen signifikant. Während die Reaktionszeiten zwischen konsistenten und inkonsistenten Testreizen nur kleine Unterschiede aufwies, war sie bei beiden deutlich langsamer als bei neutralen Testreizen. Die Konsistenz interagierte desweiteren mit verschiedenen anderen Faktoren, wobei diese Interaktionen nicht über alle Experimente stabil waren. Ihr Einfluss war in den Experimenten 1 und 2 größer in Blöcken mit Cue-Wechsel als in Blöcken ohne Cue-Wechsel. Er war außerdem in den Experimenten 1, 2 und 4 bei 75% validen Hinweisreizen größer als bei 100% validen Hinweisreizen. Höhere Interaktionen waren nicht signifikant. Die Auswirkungen dieser Bedingungen auf die Konsistenz addierten sich somit. In keinem der Experimente interagierte die Konsistenz mit lokalen Wechseln.

Um diese Ergebnisse in eine Modellvorstellung zu integrieren, wird schrittweise vorgegangen. Zunächst werden die Befunde im Zusammenhang mit den Auswirkungen invalider Hinweisreize erklärt. Danach werden Erkenntnisse zu den globalen Wechselkosten in die Theorie einbezogen.

Strategien unter Bedingungen invalider Hinweisreize

Eine Reihe von Ergebnissen sprechen dafür, dass das potenzielle Auftreten invalider Hinweisreize zu einer Vorbereitungsstrategie führt, wenn diese mit einem Umschalten zur Alternativaufgabe verbunden sind. Eine Voraussetzung für das Vorliegen einer Strategie ist, dass der Prozess, der zu den Kosten der Validität führt, unter endogener Kontrolle der Versuchsperson steht. Experiment 2 zeigt, dass nur solche Durchgänge Kosten der globalen Validität verursachen, in denen der Hinweisreiz tatsächlich invalide sein kann. Wenn nur einer der Hinweisreize invalide sein kann, dann weisen auch nur valide Durchgänge mit diesem Hinweisreiz die Kosten der globalen Validität auf. Erklärungen, die diese

Kosten auf exogene Interferenz zurückführen, würden hingegen vorhersagen, dass alle Durchgänge eines Blocks betroffen wären, auch wenn nur einer der Hinweisreize invalide sein kann. Grundlage dieser Vermutung war die Überlegung, dass invalide Durchgänge dazu führen, dass das Reizmaterial mit beiden Aufgaben assoziiert wird, da zunächst die angekündigte Aufgabe, dann jedoch die Alternativaufgabe in Zusammenhang mit einem bestimmten Reiz aktiviert wird. Die dadurch erhöhte reizinduzierte Interferenz würde alle Durchgänge eines Blocks verlangsamen. Gefunden wurde jedoch, dass nur solche Durchgänge verlangsamt sind, in denen der Hinweisreiz tatsächlich invalide sein kann. Dies legt nahe, dass das Wissen der Versuchsperson um die Validität des Hinweisreizes und somit ein endogener Prozess die Kosten verursacht. Im Folgenden wird die Annahme gemacht, dass dieser Prozess einer Prästimulus-Rekonfiguration entspricht. Diese wird an die Erfordernisse eines potenziellen Wechsels aufgrund eines invaliden Hinweisreizes angepasst.

Kosten der Validität

Eine weitere Voraussetzung für diese Annahme ist die, dass die Kosten der Validität in Zusammenhang mit solch einem potenziellen Wechsel stehen. Experiment 1 konnte zeigen, dass die potenzielle Notwendigkeit eines Umschaltvorgangs zumindest einen Teil der Kosten der globalen Validität erzeugt. Die Bedingung, in der ein Umschalten gefordert wird führt auch zu Kosten gegenüber einer Bedingung, in der nach einem invaliden Hinweisreiz die Antwort unterdrückt werden muss. Diese zusätzlichen Kosten der Umschaltbedingung gegenüber der Unterdrückungsbedingung sind wechselspezifisch, weil sie aufgrund eines potenziellen Wechsels zustandekommen. Es wird angenommen, dass diese Komponente der Kosten durch eine Vorbereitungsstrategie erklärt werden können. Die Aufgabenbereitschaft der alternativen Aufgabe ist erhöht, um im Falle eines invaliden Hinweisreizes effizienter die alternative Aufgabe durchführen zu können. Die dadurch eingeschränkte Aufgabenbereitschaft der angekündigten Aufgabe verursacht Kosten in validen Durchgängen, die vermutlich in der Antwortselektion entstehen (vgl. Abb. II.1).

Da auch die Unterdrückungsbedingung in Experiment 1 Kosten verursacht, kann nur ein Teil der Kosten der Umschaltbedingung auf diese wechselspezifische Komponente zurückgehen. An einer früheren Stelle wurde spekuliert, dass die Kosten der Unterdrückungsbedingung und damit ein Teil der Kosten der Umschaltbedingung durch einen Entscheidungsschritt entstehen. In diesem wird festgestellt, ob das für die angekündigte Aufgabe erforderliche Symbol im Testreiz vorhanden ist. Das Resultat dieser Entscheidung ist das Einleiten des Umschaltprozesses oder der Antwortunterdrückung.

Lokale Wechselkosten

Die Annahme einer Vorbereitungsstrategie wird vor allem durch die Analyse lokaler Effekte in den verschiedenen Validitätsbedingungen erhärtet. Zwei der vier Experimente zeigen, dass lokale Wech-

selkosten kleiner sind, wenn die Versuchsperson mit einem invaliden Hinweisreiz rechnet. Verschiedene Theorien führen lokale Wechselkosten darauf zurück, dass die Aufgabenbereitschaft in Durchgang n stärker der Konfiguration der Aufgabe aus Durchgang n-1 entspricht als der der angekündigten Aufgabe in Durchgang n. Mögliche Ursachen dafür sind einerseits die Persistenz der Konfiguration (Allport et al., 1994; Schuch & Koch, eingereicht; Meiran, 2000a, b), die durch die Antwortselektion in Durchgang n-1 hergestellt wird und andererseits der Abruf der zuletzt durchgeführten Aufgabenkonfiguration durch den Reiz aufgrund der Verstärkung von Assoziationen in Durchgang n-1 (Wylie & Allport, 2000). Der Befund, dass lokale Wechselkosten in vorliegendem Paradigma nur in Wechseldurchgängen gemessen werden können, nicht aber erst in mehreren Wiederholungsdurchgängen abgebaut werden, lässt vermuten, dass in vorliegendem Paradigma vor allem erstere Alternative zutrifft. Dies wird dadurch gestützt, dass das Ergebnis von Schuch und Koch (eingereicht) repliziert werden konnte. Diese stellten fest, dass keine lokalen Kosten entstehen, wenn die Durchführung der Aufgabe in Durchgang n-1 abgebrochen wird. Daraus kann geschlossen werden, dass erst die Antwortselektion in Durchgang n-1 die Konfiguration herstellt, die in Durchgang n zu Interferenz führt (Schuch & Koch, eingereicht). Die lokalen Wechselkosten in den berichteten Experimenten könnten nun die Tatsache widerspiegeln, dass die Versuchsperson nicht in der Lage ist, diese Konfiguration aus Durchgang n-1 im Wechselfall zu überwinden, während diese im Wiederholungsfall beibehalten werden kann. Im Hinblick auf einen potenziell invaliden Hinweisreiz muss die Aufgabenbereitschaft der alternativen Aufgabe auch dann angehoben werden, wenn eine Wiederholung angekündigt wird. Der daraus resultierende kleinere Unterschied in der Aufgabenbereitschaft zwischen Wiederholungs- und Wechseldurchgängen führt zu kleineren lokalen Wechselkosten. Dieses Ergebnis widerspricht allen Befunden, nach denen lokale Wechselkosten nicht durch die Erwartung eines Wechsels manipuliert werden können (Ruthruff et al., 2001; Sohn & Anderson, 2001; Sohn & Carlsson, 2000). Erklärungen hierfür werden in einem späteren Abschnitt diskutiert.

Umschaltkosten

Ein zweiter Aspekt der Daten unterstützt vermeintlich ebenfalls die Annahme eines Vorbereitungseffekts. Die Umschaltkosten wurden als die Zeit definiert, die für das Wechseln der Aufgabe innerhalb eines Durchgangs benötigt wird. Experiment 3 zeigte, dass diese Kosten mit der Wahrscheinlichkeit eines invaliden Durchgangs variieren. Je wahrscheinlicher es ist, dass die alternative Aufgabe durchgeführt werden muss, desto schneller wird dieser Wechsel vollzogen. Dies könnte darauf zurückgeführt werden, dass die Aufgabenbereitschaft der alternativen Aufgabe höher ist, je stärker die Durchführung dieser Aufgabe erwartet wird. Je höher aber die Aufgabenbereitschaft, desto besser kann zur alternativen Aufgabe gewechselt werden. Ein mögliches Problem für diese Vorstellung ist der Befund, dass zwar die Umschaltkosten, nicht aber die Kosten der globalen Validität mit der Wahrscheinlichkeit invalider Hinweisreize variieren. Das Wissen um eine höhere Wahrscheinlichkeit eines invaliden

Hinweisreizes kann offenbar in einen Vorteil umgewandelt werden, indem die alternative Aufgabe besser vorbereitet wird. Umgekehrt scheint dieser Vorteil für die Durchführung der Alternativaufgabe nicht mit einem Nachteil einherzugehen, wenn kein Umschalten nötig ist. Wenn die Aufgabenbereitschaft für die alternative Aufgabe höher ist, dann sollte gleichzeitig die Durchführung der angekündigten Aufgabe leiden. Dies ist jedoch nicht der Fall. Vielmehr scheinen die Kosten der globalen Validität auf einem Alles-oder-Nichts-Prinzip zu beruhen.

Ein Erklärungsansatz muss deshalb annehmen, dass der Prozess, der durch die Wahrscheinlichkeit eines invaliden Durchgangs beeinflusst wird nur in tatsächlich invaliden Durchgängen vorhanden ist. Es kann somit nicht der gleiche Prozess sein, der die Kosten der globalen Validität selbst erzeugt. Andernfalls sollte dieser Prozess in validen Durchgängen mit zunehmender Wahrscheinlichkeit eines invaliden Hinweisreizes langsamer werden, da im gleichen Zug die Wahrscheinlichkeit eines validen Hinweisreizes abnimmt. Aus dieser Sichtweise ist es unwahrscheinlich, dass die Variation der Umschaltkosten durch unterschiedliche Vorbereitung der Aufgabenbereitschaft entsteht.

Solch ein Prozess könnte hingegen ein Zielwechsel darstellen. Verschiedene Befunde zur Prästimulus-Rekonfiguration sprechen dafür, dass endogene Vorbereitung durch die Rekonfiguration eines Zieles charakterisiert ist (vgl. Abschnitt I.3.1). Ruthruff et al. (2001) sehen solch einen Prozess auch als verantwortlich für das Umschalten nach invaliden Hinweisreizen an. Die Dauer dieses Zielwechsels könnte mit der Wahrscheinlichkeit invalider Hinweisreize variieren. Je wahrscheinlicher das Ziel gewechselt werden muss, desto stärker könnten die alternativen Zielrepräsentationen voraktiviert sein. Dieser Prozess könnte somit erklären, weshalb die Umschaltkosten mit dieser Wahrscheinlichkeit variieren, nicht jedoch die Kosten der globalen Validität. Letztere wird an validen Durchgängen gemessen, die keinen Zielwechsel erfordern.

Hierbei muss allerdings berücksichtigt werden, dass zumindest ein Teil der Umschaltkosten auch die schlechtere Aufgabenbereitschaft der nicht-angekündigten Aufgabe widerspiegeln könnte. Dieser Anteil der Kosten ist jedoch über alle Stufen der Validität gleich. Es ist wahrscheinlich, dass die nicht-angekündigte Aufgabe immer noch schlechter vorbereitet ist als die angekündigte. Dem würde hingegen Ruthruff et al. (2001) widersprechen, der aus seinen Ergebnissen schloss, dass die Aufgabenbereitschaft nach einem Umschaltvorgang nicht schlechter ist, als bei einer valide angekündigten Aufgabe. Anhand der vorliegenden Daten kann diese Frage nicht geklärt werden.

Ein Modell

Somit können alle Reaktionszeitkomponenten, die im Zusammenhang mit der Validität des Hinweisreizes variieren, in einem vorläufigen Modell der dabei beteiligten Prozesse integriert werden (vgl. Abb. II.15). Das Modell nimmt an, dass die Aufgabenbearbeitung in verschiedenen sequentiell angeordneten Verarbeitungsschritten erfolgt. Es ähnelt somit sogenannten Stufenmodellen der Informati-

onsverarbeitung (vgl. z. B. Sanders, 1983, 1990). Eine Eigenschaft solcher Modelle ist die Anwendbarkeit der Methode additiver Faktoren von Sternberg (1969). Diese besagt in strenger Auslegung, dass experimentelle Faktoren, die additiven, unabhängigen Einfluss auf die Reaktionszeit ausüben, in zeitlich trennbaren Verarbeitungsstufen wirken. Diese Annahme wurde implizit in der bisherigen Diskussion der Ergebnisse bereits verwendet, sie soll jedoch noch einmal an allen Komponenten des Modells geprüft werden.

Ein erster Schritt in der Verarbeitung ist die *Vorbereitung* eines Durchgangs anhand eines Hinweisreizes. Gemäß der in Abschnitt I.3.1 diskutierten Literatur (z. B. Allport & Wylie, 2000; Rubinstein et al., 2001) wird in dieser Phase zunächst ein Ziel gebildet, das die Aufgabe spezifiziert, welche anhand des Hinweisreizes bearbeitet werden soll. Diese Zielrepräsentation enthält zusätzlich Informationen über die weiteren beabsichtigten Verarbeitungsschritte und somit über die Verarbeitungsstrategie. Bereits in diesem Punkt unterscheidet sich die Vorbereitung, wenn der Hinweisreiz invalide sein könnte. In diesem Fall sind die weiteren Verarbeitungsschritte andere als bei 100% validem Hinweisreiz, was auch eine andere Vorbereitung erfordert (vgl. deJong, 1995, der zeigte, dass auch die Reihenfolge zweier Aufgaben im PRP-Paradigma vorbereitet wird). Zusätzlich ist aber bereits in der Vorbereitung eine Optimierung der Aufgabenbereitschaft hinsichtlich der erwarteten Aufgabe möglich. Dies bedeutet, dass die Reiz-Reaktions-Assoziationen der nicht angekündigten Aufgabe stärker aktiviert bleiben bzw. werden, wenn der Hinweisreiz invalide sein könnte. Dies soll eine möglichst effiziente Bearbeitung des Durchgangs gewährleisten, falls zu dieser Aufgabe gewechselt werden sollte. Die Ergebnisse von Experiment 3 legen nahe, dass für die Adjustierung der Aufgabenbereitschaft nicht die Wahrscheinlichkeit eines invaliden Durchgangs genutzt werden kann. Die Kosten der globalen Validität waren unabhängig von der Wahrscheinlichkeit eines invaliden Hinweisreizes. Vielmehr muss angenommen werden, dass die Versuchsperson lediglich in der Lage ist, die Reiz-Reaktions-Assoziationen der nicht angekündigten Aufgabe in einer Art „fast“ aktiviertem Zustand zu belassen, während die der angekündigten Aufgabe vollständig aktiviert sind. Wie bereits erwähnt, würde Ruthruff et al. (2001) sogar annehmen, dass beide Aufgaben gleich stark aktiviert sind. Graduelle Unterschiede sind hierbei zumindest nicht möglich, da die Kosten der globalen Validität über alle Stufen gleich hoch waren, wenn invalide Hinweisreize auftreten konnten.

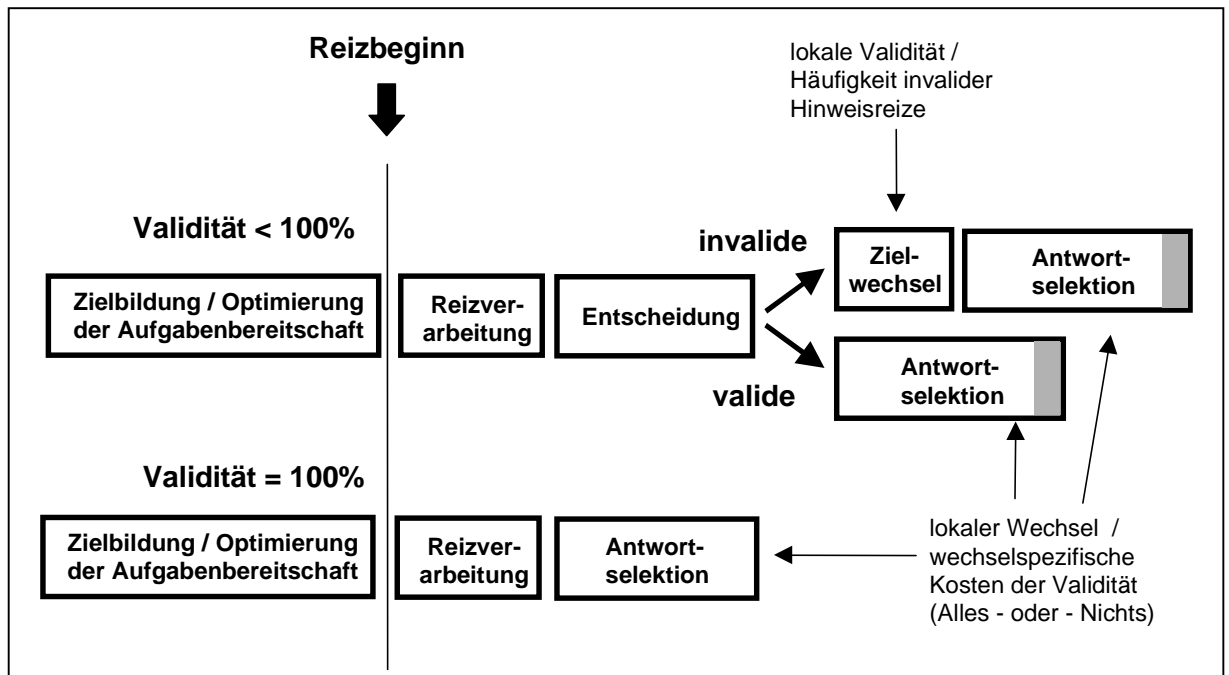


Abb. II.15: Vorläufiges Modell der Informationsverarbeitung in den berichteten vier Experimenten ohne Berücksichtigung der globalen Wechselkosten. Stufen der Reizverarbeitung wurden zu einer Stufe zusammengefasst, spätere Stufen als die Antwortselektion wurden nicht dargestellt. Grau: Verlängerung der Antwortselektion durch Kosten der globalen Validität.

Bei Reizbeginn werden zunächst Verarbeitungsschritte durchgeführt, die üblicherweise in Stufenmodellen bei visueller Reizpräsentation angenommen werden, z. B. sensorische Vorverarbeitung und Reizidentifikation (vgl. Stufenmodelle der Informationsverarbeitung, z. B. Sanders, 1983, 1990). In Abb. II.15 sind diese Schritte als Stufe der *Reizverarbeitung* zusammengefasst. Sie spielen in der weiteren Argumentation keine Rolle. Eine Reihe von Prozessen sieht das Modell vor, die ausschließlich im Falle eines potenziell invaliden Hinweisreizes zum Tragen kommen. Eine erste Stufe ist der zuvor postulierte *Entscheidungsschritt*. In diesem wird der Reiz danach ausgewertet, ob ein im Ziel spezifiziertes Symbol identifiziert werden konnte. War die angekündigte Aufgabe die Buchstabenaufgabe, dann wird nach einem Buchstaben gesucht. Die Dauer dieses Schrittes entspricht dem Teil der Kosten der globalen Validität, den die Unterdrückungsbedingung in Experiment 1 repräsentiert. Der Zeitbedarf wird von keiner experimentellen Manipulation in den berichteten Experimenten variiert, außer dass dieser Schritt nicht vorhanden ist, wenn der Hinweisreiz zu 100% valide ist. Das Ergebnis dieses Entscheidungsschrittes in der Umschaltbedingung ist die Information, ob die angekündigte Aufgabe beibehalten wird, oder ob zur alternativen Aufgabe gewechselt wird.

Wird in diesem Entscheidungsschritt festgestellt, dass ein Wechsel zur alternativen Aufgabe notwendig wird, dann folgt ein Prozess, in dem das Ziel gewechselt wird. Die Dauer dieses *Zielwechsels* variiert mit der Wahrscheinlichkeit, mit der der Hinweisreiz invalide sein kann. Je wahrscheinlicher ein

invaliden Hinweisreiz, desto schneller ist ein Zielwechsel möglich. Mögliche Ursachen hierfür wurden oben diskutiert. Diese Verarbeitungsstufe repräsentiert die Umschaltkosten, welche aus der Differenz valider und invalider Durchgänge berechnet wurde. Gemäß dem Modell unterscheiden sich diese beiden Durchgänge nur in diesem Prozess.

Ein letzter Verarbeitungsschritt ist der der *Antwortselektion*. In diesem wird die für die Aufgabe relevante Eigenschaft des Reizes in eine motorische Antwort übersetzt. Die Dauer der Antwortselektion hängt von verschiedenen Faktoren ab. Der wichtigste im Zusammenhang mit den diskutierten Ergebnissen ist die Aufgabenbereitschaft. Sie bezeichnet u.a. den Grad, mit dem die Reiz-Reaktions-Assoziationen der relevanten Aufgabe gegenüber denen irrelevanter Aufgaben aktiviert sind (Allport & Wylie, 2000; Fagot, 1994). Je stärker diese Aufgabenbereitschaft, desto weniger wird die Antwortselektion durch Interferenz verlängert, z. B. die Aktivierung der Antwort aufgrund des irrelevanten Symbols im Testreiz. Letzterer Faktor, die Konsistenz des Testreizes, ist ebenfalls maßgeblich für die Dauer dieses Schrittes verantwortlich. Ihre Bedeutung wird später separat erörtert. Die Aufgabenbereitschaft wird durch zwei Faktoren beeinflusst. Zum einen durch die Vorbereitungsstrategie aufgrund der globalen Validität des Hinweisreizes. Kann der Hinweisreiz invalide sein, dann ist die angekündigte Aufgabe schwächer aktiviert als bei 100% validem Hinweisreiz. Dadurch ist die Antwortselektion der Ort, an dem die wechselspezifischen Kosten der globalen Validität entstehen. Diese Komponente der Kosten macht den Unterschied zwischen Unterdrückungsbedingung und Umschaltbedingung in Experiment 1 aus. Zum anderen wird die Aufgabenbereitschaft durch die Aufgabe des letzten Durchgangs beeinflusst. Gemäß verschiedener Theorien spiegelt die Aufgabenbereitschaft in Durchgang n teilweise die Aufgabe in Durchgang n-1 wider (z. B. Meiran 2000a, b; Schuch & Koch, eingereicht; Wylie & Allport, 2000). Folglich ist die Antwortselektion auch der Entstehungsort der lokalen Wechselkosten.

Abb. II.15 zeigt, welche Verarbeitungsstufen in den unterschiedlichen Durchgängen angesiedelt sind. Alle Durchgänge werden durch eine Vorbereitungsphase eingeleitet. Durchgänge mit 100% validem Hinweisreiz werden neben nicht näher erläuterten Verarbeitungsstufen (Reizidentifikation, Antwortproduktion usw.) nur über eine Antwortselektion bearbeitet. In validen Durchgängen mit potenziell invalidem Hinweisreiz geht der Antwortselektion der Entscheidungsschritt voraus. Bei invaliden Durchgängen wird zwischen Entscheidungsschritt und Antwortselektion ein Zielwechsel durchgeführt. Das dargestellte Modell erklärt die Effekte der bisher beschriebenen Faktoren globale Validität, lokale Validität und lokaler Wechsel. Es genügt auch den Anforderungen, die die beschriebene Methode Additiver Faktoren (Sternberg, 1969) an die Interpretation der Effekte anlegt. Faktoren, die unterschiedliche Verarbeitungsstufen beeinflussen, interagierten auch nicht in den dargestellten Experimenten. Faktoren hingegen, die auf dieselbe Verarbeitungsstufe einwirken, führten zu Interaktionen: In Experiment 3 interagierte die Wahrscheinlichkeit invalider Hinweisreize mit der lokalen Validität. Beide Faktoren wirken sich auf den Prozess des Zielwechsels aus. Die Wahrscheinlichkeit wirkt sich

auf die Dauer, die lokale Validität wirkt sich auf die Existenz dieses Verarbeitungsschrittes aus. In zwei der vier Experimente interagierten die Faktoren lokaler Wechsel und Validität des Hinweisreizes. Beide beeinflussen die Aufgabenbereitschaft, die sich auf die Antwortselektion auswirkt. Bis zu diesem Punkt scheint das Modell die Ergebnisse also ausreichend zu erklären. Im Folgenden soll eine Theorie der globalen Wechselkosten entwickelt werden, die in dieses Modell integriert werden kann.

Strategische Ursachen globaler Wechselkosten

Die Unabhängigkeit der Kosten der globalen Validität und der globalen Wechselkosten führt zu einer Reihe von Implikationen, die in einer Theorie der globalen Wechselkosten berücksichtigt werden müssen: a) Die Strategie, die zu den globalen Wechselkosten führt kann nicht die gleiche sein wie die Strategie, welche die Kosten der globalen Validität erzeugt. b) Die Additivität der Kosten lässt schließen, dass beide Effekte in verschiedenen Verarbeitungsschritten wirken. c) Die Eigenschaften der Blöcke, die die Strategien auslösen, müssen ebenfalls unterschiedlicher Natur sein. Im Gegensatz zur ursprünglichen Annahme, die zu Beginn der Arbeit gemacht wurde, kann nicht die Häufigkeit der Aufgabendurchführung und die damit verbundenen Wechselanforderungen diejenige Eigenschaft sein, welche beide Strategien auslöst.

Das bisherige Modell macht spezifische Annahmen über die Natur, den Ort und die auslösenden Bedingungen der Kosten der globalen Validität. Demnach handelt es sich um eine Vorbereitungsstrategie, die zu einer Modulation der Aufgabenbereitschaft führt und dadurch die Antwortselektion verlängert. Auslösende Bedingung ist das Wissen der Versuchsperson um die Validität des Hinweisreizes. Um eine Theorie der globalen Wechselkosten zu entwerfen werden zunächst auslösende Bedingungen untersucht, um dann Schlüsse auf die Natur der zugrundeliegenden Kontrollstrategie zu ziehen.

Auslösende Bedingungen globaler Wechselkosten

Die Experimente zeigten, dass globale Wechselkosten nicht durch die unterschiedlichen relativen Häufigkeiten der beiden Aufgaben erklärt werden können. Die Überlegung, dass das Niveau exogener Interferenz die auslösende Eigenschaft der zugrundeliegenden Strategie ist, kann somit nicht zutreffen. In welchem weiteren Punkt unterscheiden sich Blöcke mit und ohne Cue-Wechsel? Einen Hinweis erbrachte Experiment 4. Hier waren die globalen Wechselkosten einer Aufgabe niedriger, wenn ihr Hinweisreiz in 75% der Durchgänge auftrat als wenn er nur in 50% der Durchgänge auftrat. Dies lässt jedoch nicht schließen, dass die relative Häufigkeit der Durchführung der Aufgaben nach *validem* Hinweisreiz ausschlaggebend ist. In der Bedingung KNNI aus Experiment 4 waren 100% der Durchgänge nach *validem* Hinweisreiz vom selben Aufgabentyp. Vielmehr deuten die niedrigeren globalen

Wechselkosten darauf hin, dass die *relative Häufigkeit der Ankündigung einer Aufgabe* eine Eigenschaft ist, die in Zusammenhang mit den globalen Wechselkosten steht.

Eine naheliegende Erklärung wäre die Annahme effizienterer Vorbereitung bei häufigerer Wiederholung desselben Hinweisreizes. Mit der Häufigkeit der Ankündigung variiert auch die Häufigkeit der Vorbereitung einer bestimmten Aufgabe. Auch wenn invalide Durchgänge dazu führen, dass in Blöcken ohne Cue-Wechsel beide Aufgaben bearbeitet werden, so ist doch die Vorbereitung in jedem Durchgang dieselbe. Häufigere Wiederholung derselben Vorbereitung könnte zu Effizienzgewinnen führen. Dieser Interpretation steht jedoch entgegen, dass mehrere Wiederholungsdurchgänge zu keiner Verbesserung der Reaktionszeiten führen. Genau dies deutet darauf hin, dass eine globale Strategie die Kosten erzeugt und nicht lokale Effekte wie eine Wiederholung der Vorbereitung.

Wie könnte der Zusammenhang zwischen relativer Häufigkeit und einer Strategie aussehen? Möglicherweise dient die Häufigkeit der angekündigten Aufgabe als Hinweis, ob eine bestimmte Kontrollstrategie notwendig ist oder nicht. So könnte anhand der Häufigkeiten der Hinweisreize abgeschätzt werden, ob negative Einflüsse durch Interferenz möglich sind oder nicht. Der Mechanismus, der den globalen Wechselkosten zugrundeliegt, wird somit nicht aufgrund der tatsächlichen Interferenz eingesetzt, sondern aufgrund der *erwarteten Interferenz*. Diese wird durch eine Heuristik geschätzt, nämlich der Häufigkeit der Hinweisreize. Damit wäre erklärt, warum in Blöcken ohne Cue-Wechsel keine Manipulation globale Wechselkosten induziert, die auch in diesen Blöcken zu mehr exogener Interferenz führt. Die Einführung invalider Hinweisreize könnte nicht zu einer höheren Interferenzerwartung führen, weil sie nicht zu einer veränderten Häufigkeit der Hinweisreize führt. Angenommen diese Hypothese trifft zu, weshalb orientiert sich eine Kontrollstrategie an einer so unzuverlässigen Information wie der Häufigkeit der Hinweisreize?

Die Lösung liegt möglicherweise im Aufbau der Experimente. Die Versuchspersonen wurden jeweils in einer Übungssitzung anhand von Blöcken trainiert, in denen die Hinweisreize immer valide waren. Sie unterschieden sich nur darin, ob die Hinweisreize wechselten oder nicht. Dies bedeutet, dass die Instruktion, die vor jedem Block gegeben wurde, ein eindeutiger Prädiktor für die Häufigkeit der Aufgaben darstellte. Während dieser Phase wird die Aufgabenbearbeitung stärker durch Interferenz gestört, da die Aufgabendurchführung noch nicht optimiert und die Aufgaben selbst noch nicht automatisiert sind. Hier könnten sich zwei Strategien herausbilden, die an die jeweilige globale Wechselinstruktion vor jedem Block gebunden sind: Eine konservative Selektionsstrategie für Blöcke mit Cue-Wechsel und eine weniger konservative Strategie für Blöcke ohne Cue-Wechsel. In den Testsitzungen ändern sich nun die Anforderungen. Zusätzlich kommt jetzt eine neue Eigenschaft hinzu, nämlich die der invaliden Hinweisreize. Anstatt eine neue Strategie zu entwickeln, die sich an die neuen Anforderungen anpasst, werden nun lediglich die Zielstrukturen der bisherigen Wechsel- und Nichtwechselbedingungen so ergänzt, dass auch den Anforderungen der globalen Validität entsprochen werden kann. Die Strategie „mit Cue-Wechsel“ wird in zwei Versionen (100% valide, 75% valide) ausdifferenziert.

Gleiches erfolgt mit der Strategie „ohne Cue-Wechsel“. Die hierdurch entwickelten Strategien spiegeln somit nicht die tatsächliche Interferenz, sondern die 2x2-Struktur der möglichen Instruktionen wider. Diese Art der Entwicklung von Strategien könnte selbst eine Strategie darstellen. Sie könnte den Aufwand minimieren, der für die Anpassung an die schrittweise in die Aufgabenbearbeitung eingeführten Anforderungen notwendig ist. Aus dieser Hypothese ergeben sich starke Vorhersagen für zukünftige Experimente, die später diskutiert werden.

Die aufgestellte Hypothese nimmt somit an, dass die Kontrollstrategien sich an der globalen Instruktion eines Blocks orientieren. Experiment 4 zeigte jedoch, dass in der Bedingung mit 75%iger Häufigkeit eines Hinweisreizes die globalen Wechselkosten sinken, obwohl diese Häufigkeitsinformation nicht in der Instruktion vorkommt. Diese Blöcke werden auch nicht in der Übungssitzung durchgeführt, weshalb sich keine separate Strategie für diese Bedingung bilden kann. Wenn die bisherigen Annahmen zutreffen, dann scheinen somit auch Informationen die Strategie zu beeinflussen, die nur lokal gegeben sind. Diese lokale Information könnte die Häufigkeit bestimmter Hinweisreize in einer kleinen Zahl unmittelbar zurückliegender Durchgänge sein. Daraus kann auf die Häufigkeit der Hinweisreize jeder Aufgabe und somit auf die momentan geltende Instruktion geschlossen werden. Die Kontrollstrategie könnte sich zunächst durch die globale Instruktion zu Beginn jedes Blocks implementieren, dann jedoch anhand lokaler Informationen immer wieder adaptieren (eine vergleichbare Vorstellung entwickelten Treisman & Williams, 1984). Die Häufigkeiten der Hinweisreize waren zumindest in der Übungssitzung genauso ein Prädiktor für die globale Instruktion wie auch die Instruktion ein Prädiktor für die Häufigkeiten der Hinweisreize war. In dieser Phase konnte sich also solch ein Mechanismus der strategischen Anpassung bilden. Basiert die Schätzung der Häufigkeit auf einer hinreichenden Anzahl zurückliegender Durchgänge, hat dies keinen Abfall der Reaktionszeiten mit der Anzahl der Wiederholungen zur Folge. Das rührt daher, dass innerhalb des Blocks zu jedem Zeitpunkt die gleiche Häufigkeitsstruktur in den vergangenen Durchgängen widergespiegelt wird. Dies könnte dazu führen, dass sich bereits nach wenigen Durchgängen eines Blocks die Kontrollstrategie an die Häufigkeiten der Hinweisreize anpasst und für den Rest des Blocks stabil bleibt.

Der zurückliegende Abschnitt skizzierte eine Theorie der Strategienbildung, welche die Unabhängigkeit globaler Kosten des Cue-Wechsels und der Validität erklären könnte. Sie beinhaltet folgende Annahmen: Versuchspersonen bilden Strategien in der Anfangsphase der Bearbeitung eines Experiments. In vorliegenden Experimenten geschieht dies in der Übungsphase. Diese Strategien werden an externe Hinweise gebunden, die später die Implementierung der Strategien erleichtern. Die Rolle dieser externen Hinweise spielt hier die globale Instruktion, die besagt, ob Cue-Wechsel in einem Block stattfinden oder nicht. Gleichzeitig dienen externe Hinweise auch der Modulation der Strategie während eines Blocks, z. B. durch den Abruf der Hinweisreize, die in einem bestimmten zurückliegenden Zeitraum dargeboten wurden. Später hinzukommende Anforderungen werden dadurch erwidert, dass bisherige Strategien ergänzt werden, ohne diese jedoch vollständig neu zu konstruieren. Die Einführung invali-

der Hinweisreize führt zur Bildung einer weiteren Strategiekomponente. Die ursprüngliche Strategie zur Erwidern exogener Interferenz wird jedoch beibehalten, obwohl diese keine optimale Anpassung an die neuen Anforderungen darstellt, da jetzt auch exogene Interferenz in Blöcken ohne Cue-Wechsel auftritt.

Die Lokalisation globaler Wechselkosten im Verarbeitungsfluss

Die bisherigen Ausführungen diskutierten die Frage, welche Bedingungen die Kontrolle auslösen, die zu den globalen Wechselkosten führt. Die ursprüngliche Fragestellung war jedoch, welcher Art diese Kontrolle ist. Das bisherige Modell, das zur Erklärung eines Teils der Ergebnisse entwickelt wurde, kann hierzu bestimmte Aussagen machen. Als Ort der Kosten kann innerhalb des bisherigen Modells nur ein Verarbeitungsschritt in Frage kommen, der unter jeder Validitätsbedingung durchlaufen wird. Nur die Antwortselektion erfüllt dieses Kriterium. Diese wurde bisher von der Validität des Hinweisreizes und den lokalen Wechseln beeinflusst. Beide Faktoren verhalten sich jedoch unabhängig zu den globalen Wechselkosten. Für die Validität konnte dies in allen Experimenten gezeigt werden. In Experiment 4 waren die lokalen Wechselkosten gleich für jeden der Blöcke mit Cue-Wechsel, unabhängig von den globalen Wechselkosten. Der Ort der globalen Wechselkosten kann somit nicht derselbe sein, wie der für die lokalen Wechselkosten einerseits und die Kosten der globalen Validität andererseits. Das bisherige Modell ist also offensichtlich unvollständig.

Mayr (2001) nimmt an, dass die globalen Wechselkosten durch einen zusätzlichen Rekonfigurationsschritt entstehen. Dieser soll Interferenz entgegenwirken, die durch den Reiz induziert wird. Hübner et al. (2001) waren hingegen der Ansicht, dass globale Wechselkosten durch die Verlängerung vorhandener Selektionsschritte zustandekommen. Aufgrund derselben Interferenz werden bestimmte Komponenten der Verarbeitung unter stärkerer Kontrolle durchgeführt. Ein Unterschied zwischen diesen Annahmen besteht darin, dass Mayr (2001) einen zusätzlichen Verarbeitungsschritt annimmt, Hübner et al. (2001) hingegen die Modifikation eines bestehenden. Prüfen wir zunächst die zweite Annahme.

Hübner et al. (2001) unterteilen die Antwortselektion in mehrere Teilschritte: Die Selektion der relevanten Reizebene und die Selektion aufgrund der relevanten Klassifikationsregel. In vorliegendem Paradigma bestimmt sich die Reizebene durch die Identität des Reizes (Buchstabe oder Zahl). Die Klassifikationsregel ist fest an die Identität gebunden (Buchstabenaufgabe oder Zahlenaufgabe). Bei Hübner et al. (2001) wechseln beide Komponenten unabhängig, was zu unabhängigen globalen Wechselkosten führt. Eine Bedingung, bei der diese ebenfalls verbunden wechseln, führt nur zu Kosten einer Komponente. Daraus wurde geschlossen, dass hier derselbe Selektionsschritt beide Informationen selektiert. Es wäre somit wahrscheinlich, dass auch in vorliegendem Paradigma nur ein Selektionsschritt hierzu benötigt wird. Meiran (2000a, b) nehmen desweiteren an, dass der Ort der lokalen

Wechselkosten die Übersetzung einer aufgabenspezifischen Kategorie in eine motorische Antwort ist (z. B. „Vokal“ – „rechte Taste“).

Kombiniert man diese Überlegungen, dann ergibt sich ein Modell, in dem die Antwortselektion in zwei Schritten erfolgt (vgl. Abb. II.16): Zunächst wird aus dem Reiz die relevante Aufgabenkategorie selektiert. Ist das Ziel die Bearbeitung der Zahlenaufgabe, dann wird der Reiz „3M“ in die Kategorie „ungerade“ übersetzt. Dieser Schritt könnte als *Kategorieselektion* bezeichnet werden. Danach wird die Kategorie in eine motorische Antwort transformiert. Aus „ungerade“ wird „rechte Taste“. Dieser Schritt kann als *motorische Antwortselektion* bezeichnet werden. Während der erste Schritt den Ort der globalen Kosten darstellt, erzeugt letzterer die lokalen Wechselkosten und die Kosten der Validität. Nehmen wir zunächst an, diese Vorstellung träfe zu. Argumente hierfür werden im übernächsten Abschnitt diskutiert.

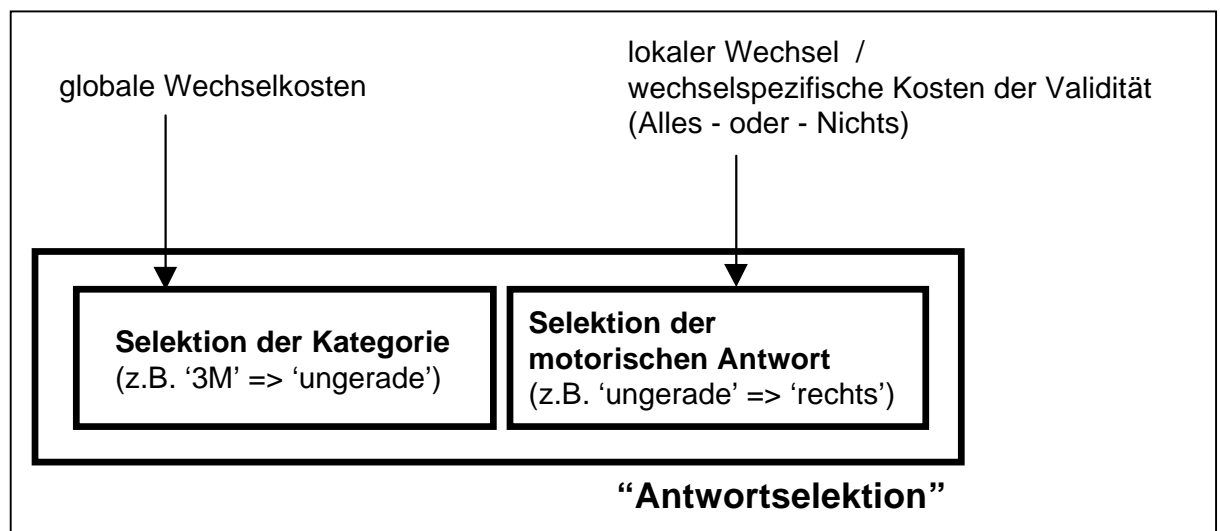


Abb. II.16: Differenzierte Darstellung der Antwortselektion zur Integration der globalen Wechselkosten in das Modell aus Abb. II.15. Erläuterungen finden sich im Text.

Die Natur der Kontrollstrategie

Das Ergebnis dieser Überlegungen war also, dass globale Wechselkosten und Kosten der globalen Validität ihren Ursprung in verschiedenen Komponenten der Antwortselektion haben. Mit dieser Feststellung kommt man jedoch zurück zur Ausgangsfrage: Sind die beiden Kosten das Ergebnis derselben Strategie? Als Ursache der Kosten der globalen Validität wurde für eine Vorbereitungsstrategie argumentiert. Könnten somit die globalen Wechselkosten ebenfalls auf eine Vorbereitungsstrategie zurückgehen, in diesem Fall jedoch auf die Vorbereitung einer anderen Selektionskomponente? Man muss annehmen, dass auch die Kategorieselektion über separate Assoziationen zwischen Reizen und Kategorien verfügt. Diese Assoziationen sollten unabhängig von denen zwischen Kategorien und motorischen Antworten sein. Bei beiden Arten von Assoziationen müssen zur optimalen Bearbeitung die relevanten aktiviert, die irrelevanten jedoch gehemmt sein. Beide verfügen somit über eine separate Aufgabenbereitschaft. Die Kosten der Validität können nur durch die Modulation der Aufgabenbereitschaft der motorischen Antwortselektion zustandekommen. Unterliegt die Aufgabenbereitschaft der Kategorieselektion ebenfalls einer Vorbereitungsstrategie?

In einem früheren Abschnitt wurde argumentiert, dass die Versuchspersonen zwar in der Lage sind, die Aufgabenbereitschaft aufgrund der Validitätsinformation zu optimieren. Sie können aber offensichtlich keine graduelle Modulation bezüglich der Wahrscheinlichkeit invalider Hinweisreize vornehmen. Die Kosten der Validität entsprechen einem Alles-oder-Nichts-Muster. Die globalen Wechselkosten variieren hingegen kontinuierlich mit der Häufigkeit der Hinweisreize. Es gibt keinen Grund, weshalb eine graduelle Variation der Aufgabenbereitschaft in der einen Komponente möglich sein soll, in der anderen jedoch nicht. Vielmehr scheinen diese Ergebnisse dafür zu sprechen, dass unterschiedliche Strategien zu den beiden Kostenarten führen.

Eine andere Strategie, die in Frage käme, wäre eine Variation der Selektionskriterien. Selektion kann durch einen Prozess beschrieben werden, in dem Evidenz für eine bestimmte Alternative in der Zeit akkumuliert wird (z. B. Townsend & Ashby, 1983). Ein Kriterium legt fest, wieviel Evidenz vorhanden sein muss, um eine Entscheidung zu treffen. Je höher dieses Kriterium, desto weniger Fehler werden hierbei gemacht. Das erhöht im Gegenzug jedoch die Zeit des Prozesses. Solch ein Mechanismus dient somit vor allem der Kontrolle der Genauigkeit unter Interferenzbedingungen. Einiges spricht dafür, dass die Manipulation eines Evidenzkriteriums die Eigenschaften erfüllt, die in den vergangenen Abschnitten für die globalen Wechselkosten diskutiert wurden: Konservative Kriterien führen auch dann zu Kosten, wenn keine Interferenz vorhanden ist, da auch in Abwesenheit ambivalenter Evidenz das Kriterium erreicht werden muss. Evidenzkriterien sind graduell durch die Versuchsperson manipulierbar, wie Studien zum Speed-Accuracy-Tradeoff zeigen konnten (ein Überblick findet sich u. a. bei Luce, 1986; Pachella, 1974; Sanders, 1998; Wickelgren, 1977). Diese Kriterien werden aufgrund globaler Erwartungen festgelegt, können aber durch lokale Informationen adaptiert werden

(Treisman & Williams, 1984). Zumindest die Daten der vier Experimente können somit durch solch einen Mechanismus erklärt werden.

Auch Ergebnisse aus der Literatur könnten durch Selektionskriterien erklärt werden. Kray und Lindenberger (2001) und Mayr (2001) fanden heraus, dass globale, nicht aber lokale Wechselkosten mit dem Alter einer Stichprobe zunehmen. Dies unterstützt die Annahme, dass beide Kosten auf verschiedenen Prozessen beruhen. Mayr (2001) konnte ausschließen, dass Defizite der inhibitorischen Kontrolle für die größeren globalen Wechselkosten verantwortlich sind. Es gibt jedoch Hinweise, dass mit zunehmendem Alter die Optimierung von Selektionskriterien ebenfalls Einbußen unterliegt (Ratcliff, 2001). Es wäre interessant zu prüfen, ob ähnliche Defizite auch bei Patienten mit Frontalhirnschädigung auftreten, bei denen Keele und Rafal (2000) ebenfalls eine selektive Erhöhung globaler Wechselkosten feststellten.

Somit sind die Grundzüge eines Modells zur Erklärung der globalen Wechselkosten umrissen. Die nächsten Abschnitte sollen weitere Argumente darstellen, die diese Sichtweise erhärten. Vor allem das Konzept exogener Kontrolle wurde bisher noch nicht ausreichend berücksichtigt.

Multiple Selektionsschritte als Anpassung an die Wechselsituation

Der bisherigen Argumentation liegt die Annahme zugrunde, dass die Übersetzung der Reizinformation in die Antwortinformation in zwei Schritten erfolgt. In einem ersten Schritt wird die antwortsspezifische Kategorie (z. B. „gerade“) selektiert. Der zweite Schritt beinhaltet die Selektion der motorischen Antwort (z. B. „links“). Beide Schritte erfolgen seriell und addieren sich somit zur Gesamtzeit der Antwortselektion. Während die globalen Wechselkosten den ersten Schritt widerspiegeln, liegt die Ursache der Kosten der Validität und der lokalen Wechselkosten in einer Verlängerung des zweiten Schritts. Weitere Verarbeitungsstufen gehen diesen Schritten voraus, die im vorherigen Abschnitt beschrieben wurden (z. B. der Entscheidungsschritt). Abbildung II.17 zeigt, wie die Assoziationen innerhalb dieser beiden Selektionsschritte aussehen könnten. Die Konfiguration einer bestimmten Aufgabe (z. B. Buchstabenaufgabe) führt dazu, dass sich bestimmte Assoziationen in höherer, andere in niedrigerer Aufgabenbereitschaft befinden. Nehmen wir an, dass die Struktur dieser Selektion nun selbst einer Strategie entspricht, die der Anpassung an bestimmte Aufgabenanforderungen dient. Welches sind diese Anforderungen? Eine Antwort auf diese Frage könnten uns frühere Arbeiten bieten.

Meiran (2000a, b) nimmt an, dass in Durchgang n die Assoziation der motorischen Antworten mit den aufgabenspezifischen Kategorien der Aufgabe aus Durchgang $n-1$ entsprechen. Anstatt von Assoziationen zu sprechen, bevorzugt er jedoch eine andere Begrifflichkeit. Gemäß der Action Coding Theory (Hommel, 1997; Prinz, 1997) werden Handlungen durch das beabsichtigte Ergebnis kodiert. Das Drücken der linken Taste wird somit automatisch als „gerade“ kodiert, nachdem die Zahlenaufgabe durchgeführt wurde. Diese Interpretation persistiert bis zum nächsten Durchgang. Soll dort die Buch-

stabenaufgabe durchgeführt werden, sind die Tasten immer noch in den Kategorien der Zahlaufgabe kodiert, was zu den lokalen Wechselkosten führt. Diese Vorstellung kann ein weiteres Phänomen erklären. Verschiedene Autoren fanden heraus, dass die Wiederholung derselben Antwort in aufeinanderfolgenden Durchgängen nur dann zu Vorteilen führt, wenn auch die Aufgabe wiederholt wird. Bei Aufgabenwechsel kann eine Wiederholung sogar zu Kosten führen (z. B. Meiran, 1996; Rogers und Monsell, 1995). Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass Vorteile durch Antwortwiederholungen nur dann entstehen, wenn sie auf derselben Interpretation der Antwort beruhen (z. B. „linke Taste“ als „gerade“; Meiran, 2000a, b). Diese Ergebnisse können also elegant erklärt werden, wenn die Wirkung antwortspezifischer Kategorien postuliert wird. Die gleiche Logik kann angewendet werden, wenn von Assoziationen zwischen Antworten und Kategorien gesprochen wird.

Entscheidend ist, dass diese Effekte dadurch zustandekommen, dass die Antworten nicht eindeutig mit den Kategorien assoziiert sind. Jede Antwort ist mit zwei Kategorien verbunden, je einer aus jeder Aufgabe. Tatsächlich konnte Meiran (2000b) zeigen, dass lokale Wechselkosten nicht entstehen, wenn diese zweideutige Zuordnung aufgehoben wird (z. B. durch die Verwendung von vier Tasten). Mayr (2001) stellte im Gegenzug fest, dass solche überlappenden Antworten auch eine Voraussetzung für die Entstehung globaler Wechselkosten sind. Außerdem entstanden diese auch nur dann, wenn das Reizmaterial ambivalent war und dadurch gleichzeitig mehrere Antwortkategorien auslösen konnte. Mayr (2001) formulierte daraus seine Hypothese, dass unter diesen Bedingungen wechselnde Aufgaben dazu führen, dass der Reiz beide Antwortalternativen aktivieren kann. Um dies zu kontrollieren, muss ein zusätzlicher Rekonfigurationsschritt diese Interferenz bereinigen.

Eine alternative Erklärung wäre, dass das Problem überlappender Reiz-Reaktions-Assoziationen dazu führt, dass die Antwortselektion in mehreren Schritten erfolgt. Die Einführung der aufgabenspezifischen Kategorien als Zwischenrepräsentation hat den Effekt, dass der Reiz nur diese, nicht aber direkt die motorische Reaktion aktiviert. Um diese Interferenz abzufangen, muss lediglich ein Selektionskriterium erhöht werden, um sicher zu gehen, dass nicht die falsche Kategorie aktiviert wird. Dieses Kriterium variiert damit, wieviel Interferenz erwartet wird bzw. aufgrund der Lerngeschichte der Versuchsperson. Wenn nur eine dieser Voraussetzungen nicht erfüllt ist, Reizambivalenz oder Antwortüberlappung, kann der Reiz nicht direkt die Antworten aktivieren. Die Kategorien als Zwischenrepräsentation sind nicht notwendig, und es kann kein separates Kriterium variiert werden. In diesem Fall können sich Blöcke mit und ohne Cue-Wechsel nicht unterscheiden, weshalb keine globalen Wechselkosten messbar sind. Die lokalen Wechselkosten können trotzdem messbar sein, wenn die Antworten überlappen. Diese sind dann direkt mit Reizeigenschaften und nicht mit Kategorien assoziiert, was die gleichen Effekte bezüglich der lokalen Kosten mit sich bringt. Meiran (2000a, b) spricht in seinem Modell auch nicht von separaten Kategorierepräsentationen, sondern nur von Reizinterpretationen, welche Reizeigenschaften gleichzusetzen sind.

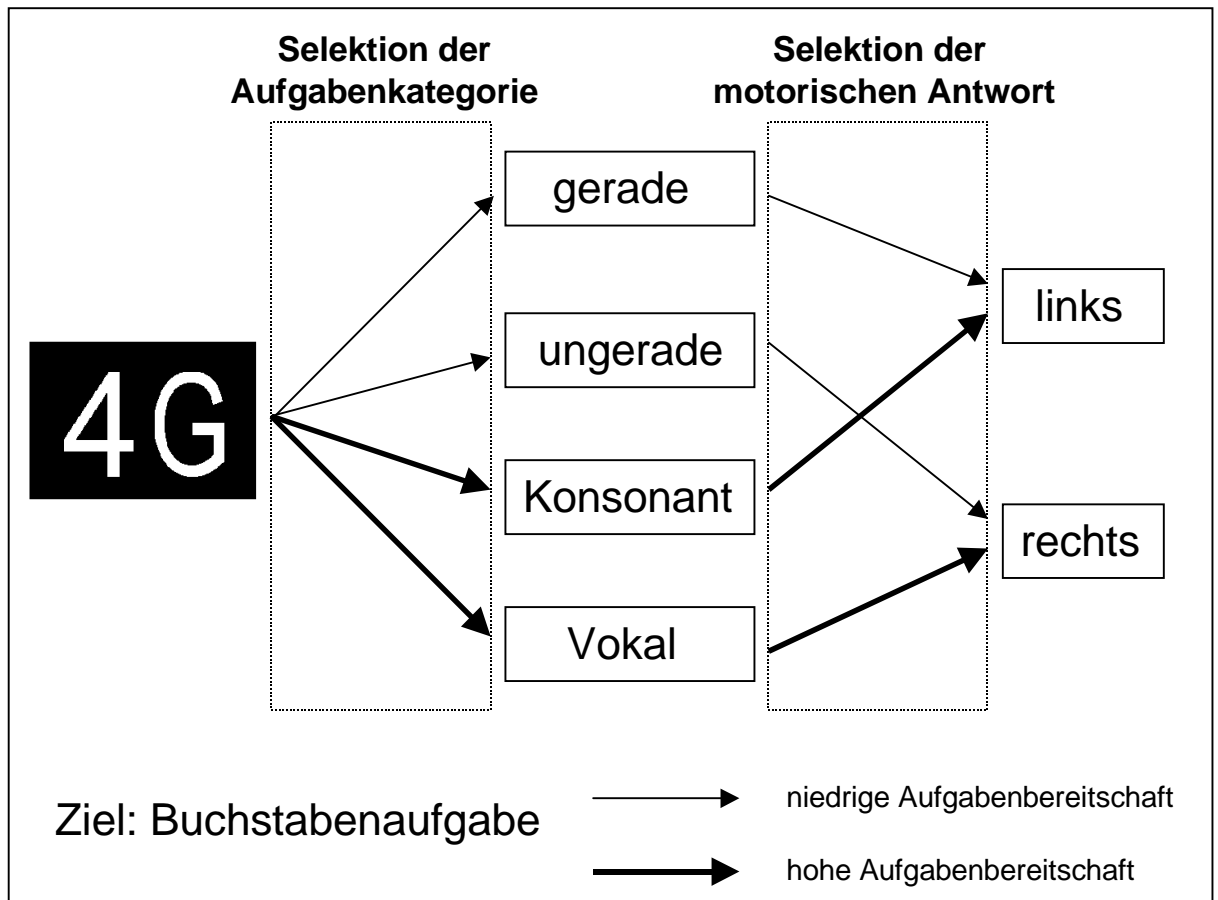


Abb. II.17: Struktur der Assoziationen innerhalb der beiden Selektionsschritte. Die Stärke der Pfeile deutet die relative Aufgabenbereitschaft an, die durch die Vorbereitung hergestellt wird. Nicht berücksichtigt sind die Auswirkungen lokaler Wechsel. Bei diesen entspricht die Aufgabenbereitschaft der Selektion der motorischen Antwort etwas mehr der Konfiguration aus Durchgang n-1.

Dieses Konzept unterscheidet sich von dem von Mayr (2001) darin, dass eine zusätzliche Verarbeitungsstufe in allen Blöcken des Experiments eingeführt wird, wenn exogene Kontrolle zu Interferenz führt. Die Dauer dieser Stufe variiert aber in Abhängigkeit von der Wechselbedingung. Mayr (2001) vertritt hingegen die Auffassung, dass nur die Wechselbedingung eine zusätzliche Verarbeitungsstufe aufweist. Diese führt zu den globalen Wechselkosten. Auch die Natur dieses Verarbeitungsschrittes wird von Mayr (2001) anders interpretiert: Ihm zufolge handelt es sich um einen zusätzlichen Rekonfigurationsschritt. Das Modell nimmt jedoch einen zusätzlichen Selektionsschritt an. Dennoch ist der Unterschied nicht so groß, wie es zunächst scheint. Auch Rekonfiguration stellt im Kern eine Selektion dar, wobei es sich um eine Selektion der Aufgabenrepräsentation handelt. Das Modell beinhaltet hingegen die Selektion einer aufgabenspezifischen Kategorie. Weitere Untersuchungen sind nötig, um diese unterschiedlichen Auffassungen empirisch zu trennen.

Exogene Kontrolle und Effekte der Konsistenz des Testreizes

Die durchgeführten Experimente dienten teilweise dem Ziel, den Einfluss exogener Kontrolle zu variieren, um deren Zusammenhang mit einer Strategie zu prüfen, die die globalen Wechselkosten erzeugt. Hierzu wurde über die Einführung invalider Hinweisreize die Häufigkeit der alternativen Aufgabe in Blöcken ohne Cue-Wechsel verändert. Es zeigte sich kein Effekt auf die globalen Wechselkosten. Auch lokale Wechselkosten wurden in den letzten Abschnitten nicht direkt durch exogene Einflüsse erklärt. Sie traten nur im ersten Durchgang nach einem Wechsel auf und nahmen nicht über mehrere Wiederholungen ab. Daraus wurde geschlossen, dass die hier beobachteten lokalen Wechselkosten auf der Persistenz der Aufgabenbereitschaft des letzten Durchgangs beruhen. Es wurde somit kein beobachtbarer Effekt exogener Kontrolle festgestellt. Trotzdem ist exogene Kontrolle ein Schlüsselkonstrukt zur Erklärung der strategischen Phänomene, die in diesem Paradigma auftreten. Die Strukturierung der Antwortselektion in mehrere Schritte dient letztendlich der Entkopplung der motorischen Antwort von reizinduzierter Interferenz aus ambivalenten Reizen.

Ein Indiz für exogene Interferenz findet sich in dem Effekt der Konsistenz der Testreize. An diesem Effekt sollte sich ablesen lassen, welchen Einfluss die irrelevante Reizebene auf die Antwortzeiten hat (z. B. bei Allport & Wylie, 2000). Gleichzeitig ist dieser aber auch ein Hinweis auf die Aufgabenbereitschaft selbst (z. B. bei Goschke, 2000). Je stärker die Reiz-Reaktions-Assoziationen voraktiviert sind, desto stärker können diese vom Reiz zusätzlich aktiviert werden. Modelle, wie Bundesens (1990) Theory of Visual Attention oder Meirans (2000a, b) Modell nehmen hier einen multiplikativen Zusammenhang an.

Verschiedene Arbeiten fanden, dass Konsistenzeffekte in Wechseldurchgängen höher sind als in Wiederholungsdurchgängen (z. B. Gopher et al., 2000; Goschke, 2000; Meiran, 2000a). Häufig treten diese Effekte auch nur als Trend auf (Meiran, 1996; Rogers et al., 1998). Neben dem Befund, dass antwortkonsistente Testreize schneller beantwortet werden als antwortinkonsistente Testreize fanden Rogers und Monsell (1995) heraus, dass Testreize, deren irrelevante Reizebene zu keiner Antwort führt, sogar schneller beantwortet wurden als solche mit konsistenter Antwort. Sie nannten diesen Effekt Task Cuing, weil sie ihn darauf zurückführten, dass auch ein antwortkonsistenter Testreiz Interferenz durch die Aktivierung des ganzen Task Sets der irrelevanten Aufgabe erzeugt. Auch dieser Effekt ist in Wechseldurchgängen stärker ausgeprägt als in Wiederholungsdurchgängen.

In den zurückliegenden Experimenten konnte zwar mit demselben Reizmaterial wie Rogers und Monsell (1995) repliziert werden, dass neutrale Testreize schneller beantwortet werden als konsistente. Es zeigte sich jedoch keine Interaktion mit lokalen Wechseleffekten. Die Unterschiede in der Antwortzeit zwischen konsistenten und inkonsistenten Reizen waren außerdem nur sehr klein, was auch Sohn und Carlsson (2000) mit demselben Material fanden. Stattdessen interagierten die Konsistenzeffekte in zwei der vier Experimente mit dem globalen Cue-Wechsel, sowie in drei der vier Experimente mit der

globalen Validität des Hinweisreizes. Sie waren größer, wenn der Hinweisreiz wechselte bzw. invalide Hinweisreize auftreten konnten. Ersterer Effekt wurde ebenfalls von Keele und Rafal (2000) und Hübner et al. (2001) beobachtet.

Das Modell kann diese Ergebnisse in folgender Weise erklären: Nehmen wir an, der Konsistenzeffekt spiegelt in erster Linie die Auswirkung reizinduzierter Interferenz wider. Die Struktur der Selektion führt dazu, dass diese Interferenz nicht bis zu den Antwortrepräsentationen weitergeleitet wird. Sie aktiviert hingegen vor allem die antwortspezifischen Kategorien (z. B. „ungerade“). Eben dies würde vorhersagen, dass ein großer Unterschied zwischen neutralen und konsistenten, jedoch kaum Unterschiede zwischen konsistenten und inkonsistenten Durchgängen beobachtet werden. Auf der Ebene dieser Kategorien ist es nämlich unerheblich, ob das irrelevante Symbol die Kategorie derselben Antwort oder der anderen Antwort aktiviert. Allein die Tatsache, dass eine irrelevante Kategorie aktiviert wird, erzeugt Interferenz. Besteht das Selektionskriterium darin, dass die Aktivierung der stärksten Kategorie (z. B. „gerade“) die Aktivierung der anderen um einen bestimmten kritischen Betrag überschreiten muss, dann erzeugt die Aktivierung jeder Kategorie dieselbe Interferenz, egal ob diese „Konsonant“ oder „Vokal“ entspricht. Auf dieser Ebene sind die Kategorien unabhängig von ihrer motorischen Antwort kodiert.

Dieses Beispiel zeigt auch, warum unter Wechselbedingungen dieser Effekt zunimmt. Wenn das Selektionskriterium angehoben wird, um stärkerer reizinduzierter Interferenz zu begegnen, dann akzentuieren sich auch die Unterschiede bei höherer und niedrigerer Interferenz. Bei niedriger Interferenz (neutraler Testreiz) muss trotzdem ein höheres Kriterium erreicht werden. Bei hoher Interferenz (konsistenter oder inkonsistenter Testreiz) muss mehr Aktivierung der relevanten Kategorie erfolgen, um diese auszugleichen. Diese Kosten an Antwortzeit werden durch die geringere Fehlerwahrscheinlichkeit ausgeglichen.

Eine Erklärung, weshalb die Konsistenzeffekte auch unter Bedingungen potenziell invalider Hinweisreize zunehmen ist schwieriger. Aus obiger Argumentation ergibt sich nämlich, dass die Selektion der motorischen Antwort nicht durch reizinduzierte Interferenz, vor allem nicht durch die Aktivierung der antwortspezifischen Kategorien, verlängert werden sollte. Eine Möglichkeit wäre, dass der Entscheidungsschritt dazu führt, dass beide Symbole im Testreiz elaborierter verarbeitet werden. Dadurch können beide Symbole den Selektionsprozess stärker beeinflussen. Unter validen Bedingungen wird früher das relevante Symbol gewählt und das irrelevante gehemmt, weshalb dort der Einfluss der irrelevanten Reizebene kleiner ist.

Abgesehen von diesem Punkt können die Konsistenzeffekte zufriedenstellend durch die bisherigen Modellannahmen erklärt werden. Weshalb diese Ergebnisse jedoch nicht in allen Experimenten auftreten bleibt jedoch unklar. Angesichts der Fragilität solcher Effekte in anderen Untersuchungen muss dies jedoch hingenommen werden. Es wurde zumindest nie eine Interaktion in umgekehrter Richtung

festgestellt. Möglicherweise bietet der hier verwendete Erklärungsansatz auch eine Möglichkeit Ergebnisse zu erklären, bei denen diese Konsistenzeffekte in der vorhergesagten Form nicht auftreten. Nehmen wir an, unter den hier untersuchten Bedingungen wird reizinduzierte Interferenz nicht bis zu der Selektionsstufe weitergegeben, auf der lokale Wechselkosten entstehen. Genau dies könnte der Grund sein, warum lokale Kosten hier nicht über mehrere Durchgänge abgebaut werden. Der Anteil an den Wechselkosten der über mehrere Wiederholungsdurchgänge persistiert, könnte auf dieser Interferenz beruhen, z. B. durch Verstärkung von Assoziationen zwischen Reizen und Antworten (Wylie und Allport, 2000). Hübner et al. (2001) fanden in Experimenten, in denen solch ein Abbau beobachtet wird, auch eine Interaktion zwischen globalen und lokalen Wechselkosten. Je höher die globalen Wechselkosten, desto niedriger die lokalen. Wenn globale Wechselkosten eine Strategie widerspiegeln, die diese reizinduzierte Interferenz verhindert und bei Hübner et al. (2001) lokale Wechselkosten solche Interferenz beinhalten, dann ist dieses Ergebnis nicht überraschend. Genauere Untersuchungen könnten näheren Aufschluss über solche Zusammenhänge erbringen.

Schlussfolgerungen: Strategische Kontrolle im Aufgabenwechselfparadigma

Zu Beginn dieser Arbeit wurde die Frage nach der Natur kognitiver Kontrolle gestellt. Ausgehend vom Modell der Verhaltenssteuerung nach Norman und Shallice (1986) wurde aufgezeigt, wie die Interaktion endogener und exogener Einflüsse letztlich Kontrolle über Verhalten erzeugt. Reize aktivieren Verhaltenstendenzen, mit denen sie in der Vergangenheit assoziiert wurden. Unter bestimmten Bedingungen ist exogene Kontrolle jedoch nicht ausreichend, um zielgerichtete Handlungen zu gewährleisten. In diesen Fällen muss endogene Kontrolle relevantes Verhalten aktivieren, auch wenn die externale Situation dem entgegenwirkt.

Solch eine Situation stellt sich Versuchspersonen im Aufgabenwechselfparadigma. Unterschiedliche Aufgaben müssen hier anhand demselben Reizmaterial bearbeitet werden. Hierbei erzeugt exogene Kontrolle Interferenz, da Reize nicht nur relevante, sondern auch irrelevante Verhaltenstendenzen aktivieren. Die dadurch entstehenden Anforderungen machen dieses Paradigma hervorragend geeignet zur Untersuchung der Interaktion von endogener und exogener Kontrolle. Es wurde gezeigt, dass in jüngster Zeit erhebliche Anstrengungen unternommen wurden, um sogenannte lokale Wechselkosten zu erforschen. Ein Teil dieser Kosten ist auf die Vorbereitung zur Durchführung einer neuen Aufgabe zurückzuführen. Die sogenannten residualen Wechselkosten hingegen ließen sich meist auf Ursachen zurückführen, die weniger endogener Kontrolle selbst, sondern eher Beschränkungen dieser Kontrolle entsprachen, z. B. die Persistenz früherer Konfigurationen oder direkte Einwirkungen exogener Interferenz.

Ein vielversprechendes Maß zur Untersuchung endogener Kontrolle stellen hingegen globale (residuale) Wechselkosten dar. Eine Übersicht der wenigen hierzu vorhandenen Arbeiten legte den Schluss nahe, dass diese Kosten eine direkte Konsequenz endogener Kontrollstrategien sein könnten. Es wurde versucht, systematisch Hypothesen zu prüfen, die die Natur dieser Strategien betraf. Im Zentrum stand hierbei die Frage, welche Eigenschaft der Wechselbedingung die Strategie und damit die globalen Wechselkosten auslöst. Überraschenderweise führten die hierzu durchgeführten Experimente zu dem Ergebnis, dass nicht Anforderungen der wechselnden Aufgabenbearbeitung (wechselnde Vorbereitung und exogene Interferenz), sondern das Wissen der Versuchsperson in Form der ihr gegebenen Instruktion die globalen Wechselkosten bedingt. Dies weist Parallelen zu einem anderen populären Paradigma auf, mit dem Kontrollstrategien untersucht wurden: Auch auf dem Gebiet der Forschung zu Doppelaufgaben wird von manchen Autoren angenommen, dass Strategien durch die Instruktion induziert werden, was z. B. den Effekt der Psychologischen Refraktärperiode (PRP) erklärt (z. B. Meyer und Kieras 1997a, b).

Die Vielzahl von Reaktionszeitkomponenten, die anhand der vier Experimente untersucht werden konnten, führten außerdem zur Entwicklung eines Modells, das trotz vieler spekulativer Elemente einen Rahmen für die Erklärung endogener und exogener Kontrolle im Aufgabenwechselfparadigma bietet. Es steht außerdem im Einklang mit einer Reihe empirischer Ergebnisse aus früheren Arbeiten. Die folgenden Abschnitte sollen Implikationen dieses Modells im Hinblick auf Möglichkeiten und Beschränkungen strategischer Kontrolle diskutieren.

Der Einfluss von Strategien auf lokale Wechseleffekte

Verschiedene Arbeiten, die sowohl globale als auch lokale Wechselkosten untersuchten, unterstützen die Annahme, dass beide Effekte unabhängige Ursachen haben (Hübner et al., 2001; Keele & Rafal, 2000; Kray & Lindenberger, 2000; Mayr, 2001). In den bisherigen Abschnitten wurde argumentiert, dass beide Phänomene in verschiedenen Verarbeitungsstufen lokalisiert sind und unterschiedlichen Prozessen zugrundeliegen. Während globale Wechselkosten auf einer strategischen Optimierung der Selektionskriterien einer früheren Selektionsstufe beruhen, spiegeln lokale Wechselkosten die suboptimale Aufgabenbereitschaft einer späteren Selektionsstufe nach einem Wechsel wider. Desweiteren wurde vorgeschlagen, dass die Selektion der Antwort nur unter bestimmten Bedingungen in mehreren Schritten erfolgt. Nach Mayr (2001) könnten Reizambivalenz und überlappende Antworten diesen Bedingungen entsprechen. Unter diesen Bedingungen können globale und lokale Kosten unabhängig voneinander festgestellt werden. Nur dann erfolgt die Strategie, die globale Kosten erzeugt, in einer anderen Stufe als die Kosten lokaler Wechsel. Trotz dieser Unabhängigkeit stellen globale Kosten und Selektion in mehreren Schritten auch eine Strategie dar, die die lokalen Kosten minimieren sollte. Der erste Selektionsschritt schirmt einen Teil der reizinduzierten Interferenz von dem zweiten Selektions-

schritt ab, der durch die persistierende Konfiguration des letzten Durchgangs die lokalen Kosten erzeugt.

Eine Strategie, die direkten Einfluss auf die lokalen Wechselkosten hat, war die Vorbereitung im Hinblick auf mögliche invalide Hinweisreize. Es wurde argumentiert, dass die Aufgabenbereitschaft der Selektion der motorischen Antwort dementsprechend moduliert wird, was zu einer Interaktion mit den lokalen Wechselkosten führt. Dies widerspricht verschiedenen Arbeiten, die die Unabhängigkeit von Rekonfigurationsprozessen und lokalen Wechselkosten feststellten. Sohn und Carlsson (2000) und Sohn und Anderson (2001) fanden, dass lokale Wechselkosten mit und ohne Hinweisreiz dieselben waren. Die Versuchspersonen konnten einen Hinweisreiz nutzen oder mussten anhand des Testreizes feststellen, welche Aufgaben durchzuführen war. Der Vorteil durch den Hinweisreiz war bei Wechsel- und Wiederholungsdurchgängen derselbe. Dies schließt allerdings nicht aus, dass während der Rekonfiguration, die aufgrund des Testreizes erfolgt, nicht ebenfalls eine Modulation der Aufgabenbereitschaft vorgenommen wird. Das Ergebnis widerspricht stärker der Annahme, dass die lokalen Wechselkosten selbst auf einer zusätzlichen Poststimulus-Rekonfiguration beruhen. Diese würde nach Sohn und Carlsson (2000) nämlich wegfallen, wenn die Aufgabe bei fehlendem Hinweisreiz ohnehin erst mit Erscheinen des Testreizes konfiguriert werden kann.

Ruthruff et al. (2001) stellten fest, dass die lokalen Wechselkosten nach einem invaliden Hinweisreiz dieselben sind wie nach einem validen Hinweisreiz. Dies legt lediglich nahe, dass die Rekonfiguration nach einem invaliden Hinweisreiz, die bisher als Zielwechsel beschrieben wurde, derselben Operation entspricht wie die Prästimulus-Rekonfiguration. Auch dies widerspricht prinzipiell nicht der hier vertretenen Auffassung. Die Modulation der Aufgabenbereitschaft durch die Rekonfiguration erfolgte in den hier berichteten Experimenten als blockweite Strategie in Anpassung an die unterschiedliche Validität. Bei Ruthruff et al. (2001) war die Validität des Hinweisreizes¹⁶ hingegen immer dieselbe.

Dies weist erneut darauf hin, dass explizites Wissen der Versuchsperson notwendig ist, um eine Strategie zu generieren. Die Versuchspersonen nehmen eine Aufgabendurchführung nach invalidem Hinweisreiz möglicherweise nicht als prinzipiell anders wahr als nach einem validen Hinweisreiz. Bei beiden wird dieselbe Rekonfiguration erbracht, bei letzterem vor Reizbeginn, bei ersterem nach Reizbeginn. Der Zielwechsel entspricht lediglich einem Neustart der Rekonfiguration. Unterscheiden sich Blöcke oder Hinweisreize, dann können hierfür unterschiedliche Rekonfigurationsprozesse generiert werden.

¹⁶ Ruthruff et al. (2001) verwendeten endogene Hinweise, d.h. die Versuchsperson erwartete eine Aufgabe aufgrund der vorgegebenen Reihenfolge.

Möglichkeiten und Beschränkungen endogener Kontrollstrategien

Die empirischen Ergebnisse dieser Arbeit lieferten Hinweise auf verschiedene Strategien, die zur Kontrolle des Verarbeitungsflusses unter erschwerten Bedingungen dienen. Ein Teil der globalen Kosten der Validität wurden auf eine *Vorbereitungsstrategie* zurückgeführt. Versuchspersonen sind demnach in der Lage, die Aufgabenbereitschaft im Hinblick auf die angekündigte Aufgabe so anzupassen, dass auch die nicht-angekündigte Aufgabe nach einem schnellen Zielwechsel durchgeführt werden kann. Diese Strategie scheint aber einerseits nicht so flexibel genutzt werden zu können, dass die Wahrscheinlichkeit solch eines Wechsels berücksichtigt werden kann. Die Kosten der globalen Validität variieren nicht mit der Häufigkeit invalider Durchgänge. Andererseits kann diese Vorbereitungsstrategie unabhängig für jede der beiden Aufgaben eingesetzt werden, wie Experiment 2 zeigte.

Das gleiche gilt für eine weitere Komponente der globalen Kosten der Validität: dem Entscheidungsschritt. Es zeigt, dass Strategien auch die Vorbereitung bestimmter notwendiger Verarbeitungsschritte beinhalten (vgl. deJong, 1995). Sie entsprechen somit einer Art *Verarbeitungsplan*, nach dem bei Reizbeginn vorgegangen wird. Dies beinhaltet noch nicht zwangsläufig die Annahme endogener Kontrolle während der Bearbeitung. Nimmt man ein Prepared Reflex Modell (Hommel, 2000; Woodworth, 1938; vgl. Abschnitt I.1) an, in dem endogene Kontrolle nur in der Vorbereitung geschieht, dann könnte die vom Reiz ausgelöste automatische Bearbeitung durch diesen Plan kanalisiert werden, ohne dass ein Eingriff notwendig wird. Erst bei Erreichen bestimmter kritischer Verarbeitungspunkte könnte der Plan einen weiteren Eingriff endogener Kontrolle auslösen z. B. wenn der Entscheidungsschritt feststellt, dass zur anderen Aufgabe gewechselt werden muss.

Eine andere Strategie geht in eine ähnliche Richtung: Unter bestimmten Bedingungen kann eine *mehrstufige Selektionsstrategie* einen Vorteil darstellen. Auch diese sollte in einem Verarbeitungsplan festgelegt sein. Im Aufgabenwechselfparadigma dient diese mehrstufige Selektion dazu, bestimmte Komponenten der Selektion getrennt von anderen kontrollierbar zu machen. Der Schritt der Kategoriewahl dient der gezielten Kontrolle von exogener Interferenz zu einem frühen Zeitpunkt in der Verarbeitung. Die Interferenz wird somit von der fehleranfälligen Komponente der motorischen Antwortwahl abgekoppelt. Der Vorteil ist, dass exogene Interferenz nicht auf die persistierende Konfiguration des letzten Durchgangs trifft, in der sich die motorische Antwortwahl befindet. Die exogene Interferenz würde die persistierende Aktivierung verstärken, was die Fehlerwahrscheinlichkeit erhöhen würde.

Die tatsächliche Kontrolle der Kategoriewahl erfolgt hypothetisch durch die endogene Manipulation von *Selektionskriterien*. Diese stellt eine parametrische Anpassung der Verarbeitung dar, die auch in der Vorbereitungsphase vorgenommen werden kann. Die globalen Wechselkosten, die hierdurch verursacht werden, hängen nicht von der tatsächlichen Interferenz ab, sondern von der erwarteten Interferenz. Dies weist darauf hin, dass Informationen, die in der Vorbereitungsphase vorliegen, genutzt

werden müssen, um Parameter vor Beginn des Reizes anzupassen. Theorien, die annehmen, dass die Detektion von Interferenz während der Verarbeitung zu Kontrolleingriffen führen (Botvinick, Braver, Barch, Carter & Cohen, 2001), würden vorhersagen, dass globale Wechselkosten auch nur dann auftreten, wenn tatsächlich Interferenz vorhanden ist. Diese Flexibilität scheint jedoch zumindest in vorliegendem Paradigma nicht möglich zu sein. Möglicherweise ist die Entdeckung von Interferenz nicht ohne weiteres für bestimmte Strategien nutzbar. Vielmehr scheint eine Interferenz-Kontroll-Strategie von globalem Wissen über wechselnde Aufgaben (Instruktion des Cue-Wechsels) und lokaler Information über die Häufigkeiten der Hinweisreize abhängig zu sein.

Ausblick: Kritik und offene Fragen

Die berichteten Experimente stellten den Versuch dar, notwendige Voraussetzungen globaler Wechselkosten aufzuklären. Die ursprünglichen Hypothesen, die einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Aufgabenbearbeitung und den globalen Wechselkosten sahen, ließen sich nicht bestätigen. Stattdessen wurde ein Erklärungsansatz entwickelt, bei dem das Konzept erwarteter Interferenz im Mittelpunkt steht. Dies macht starke Vorhersagen für weitere Experimente, bei denen verschiedene Fragen im Mittelpunkt stehen könnten.

Die erste betrifft die *Etablierung der Strategien*. Eine Annahme war, dass Versuchspersonen durch die Übungsphase eine Assoziation zwischen Hinweisreizen und Interferenzerwartung erlernen. Dies sollte nicht erfolgen, wenn bereits zu Beginn des Experiments kein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Aufgaben und dem Wechsel der Hinweisreize besteht. Werden zu Beginn nur Blöcke mit Cue-Wechsel durchgeführt, dann sollten später durchgeführte Blöcke ohne Cue-Wechsel mit gleicher Aufgabenhäufigkeit keinen Vorteil mehr aufweisen. Wenn dort immer derselbe Hinweisreiz auftritt, zeigt dieser nicht verminderte Interferenz an, da kein Zusammenhang zwischen Häufigkeit der Hinweisreize und Interferenz erlernt wurde.

Eine zweite Frage stellt sich im Hinblick auf die Verwertung lokaler Informationen bei der *Modifizierung einer Strategie*. Es wurde vermutet, dass die Selektionskriterien, die die globalen Wechselkosten erzeugen, aufgrund der Häufigkeit der zuletzt dargebotenen Hinweisreize angepasst werden. Es wäre nun möglich, diese Anpassung in Abhängigkeit sich verändernder Häufigkeiten in einem bestimmten Zeitfenster (z.B. die letzten fünf Durchgänge) zu erheben. Durch die Verwendung invalider Hinweisreize besteht die Möglichkeit, die Häufigkeit der Aufgaben selbst konstant zu halten. Damit steht eine Methode zur Verfügung, die strategische Modifikationen direkt untersucht.

Die interessanteste Perspektive besteht aber in der weiteren Untersuchung der mehrstufigen Selektion. Die vorliegenden Experimente zeigten, dass globale und lokale Effekte stark von der Struktur dieser Selektionsschritte abhängen. Es stellt sich die Frage, unter welchen Bedingungen die Versuchspersonen überhaupt in der Lage sind, die Selektion zu sequenzieren. Es wurde vermutet, dass dies durch die

Einführung antwortspezifischer Zwischenrepräsentationen („gerade“, „kleiner“) erfolgt. Eine Möglichkeit wäre, dass sie verbal repräsentiert sind. Wenn dies zuträfe, könnten sie ein wichtiges Element sprachlicher Steuerung der Aufgabenbearbeitung darstellen. Ein möglicher Test wäre ein Experiment, in dem keine Kategorien den Aufgaben zugeordnet werden können, diese also nur aus willkürlichen Assoziationen zwischen Reizen und motorischen Antworten beständen. Ohne die Möglichkeit von Zwischenrepräsentationen würde exogene Interferenz direkt die Stufe der motorischen Antwortselektion beeinflussen. Dadurch sollten die globalen und lokalen Wechselkosten nicht mehr unabhängig sein, weil sie dann in der gleichen Verarbeitungsstufe erzeugt werden würden. Erst mit dem Erwerb von Kategorien in einer zweiten Phase würden sich dann Selektionsschritte bilden, wodurch auch die Interaktion globaler und lokaler Wechselkosten verschwände.

Leider wiesen die hier berichteten Experimente eine methodische Unzulänglichkeit auf, die die Erhebung lokaler Wechselkosten möglicherweise beeinträchtigt hat. Da invalide Hinweisreize immer mit einem neutralen Testreiz verbunden waren, mussten immer Kompromisse in der Zusammensetzung der Blöcke eingegangen werden. In den Experimenten 1, 3 und 4 variierte die Zusammensetzung valider Durchgänge hinsichtlich neutraler und ambivalenter Testreize mit der Validität des Hinweisreizes. In Blöcken mit 75% validem Hinweisreiz waren weniger valide Durchgänge mit neutralem Hinweisreiz vorhanden als in Blöcken mit 100% validem Hinweisreiz. Dadurch war die Wahrscheinlichkeit in Blöcken mit 75% validem Hinweisreiz kleiner, dass ein valider Durchgang mit neutralem Hinweisreiz einem Durchgang vorausging. Die lokalen Wechselkosten sind jedoch niedriger, wenn zuvor ein neutraler Testreiz verwendet wurde (z.B. Allport & Wylie, 2000). Damit wurden lokale Wechselkosten in Blöcken mit 75% validem Hinweisreiz gegenüber Blöcken mit 100% validem Hinweisreiz unterschätzt. Doch auch die Operationalisierung in Experiment 2 ist problematisch. Hier wurden die Häufigkeiten neutraler und ambivalenter Testreize in validen Durchgängen konstant gehalten. Dies führte jedoch dazu, dass in Blöcken mit 75% validem Hinweisreiz Durchgänge mit neutralem Testreiz insgesamt häufiger waren. Logan (1980) und Logan und Zbrodoff (1979) fanden, dass die Häufigkeit inkonsistenter Testreize die Höhe der Konsistenzeffekte beeinflusst, da die Wahrscheinlichkeit interferierender Informationen den Grad bestimmt, mit dem die irrelevante Ebene mitverarbeitet wird. Dies könnte ebenfalls zu einer Verfälschung einzelner Ergebnisse geführt haben. Eine bessere Lösung wäre somit, invalide Hinweisreize überhaupt nicht durch neutrale Testreize zu realisieren. Vielmehr könnte ein No-Go-Signal wie bei Schuch und Koch (eingereicht) einen invaliden Durchgang anzeigen. Damit könnten valide und invalide Durchgänge mit derselben Zusammensetzung aus Testreizen verschiedener Konsistenz konstruiert werden. Dieser Aspekt sollte in allen weiteren Untersuchungen berücksichtigt werden.

Literaturverzeichnis

- Allport, A., Tipper, S. P., & Chmiel, N. R. J. (1985). Perceptual integration and post-categorical filtering. In M. I. Posner & O. S. M. Marin (Hrsg.), *Attention and Performance XI*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Allport, A., & Wylie, G. (1999). Task-switching: Positive and negative priming of task-set. In G. W. Humphreys & J. Duncan & A. M. Treisman (Hrsg.), *Attention, space, and action: Studies in cognitive neuroscience*. New York, NY: Oxford University Press.
- Allport, A., & Wylie, G. (2000). Task switching, stimulus-response bindings, and negative priming. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Allport, A., Antonis, B., & Reynolds, P. (1972). On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24(2), 225-235.
- Allport, A., Styles, E. A., & Hsieh, S. (1994). Shifting intentional set: Exploring the dynamic control of tasks. In Umiltà, C. & Moscovitch, M. (Hrsg.), *Attention and performance XV: Conscious and nonconscious information processing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Anderson, J. R. (1976). *Language, memory, and thought*. Potomac, MD: Lawrence Erlbaum Associates.
- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Anderson, J. R. (1993). *Rules of the mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. New York, NY: Clarendon Press/Oxford University Press.
- Baddeley, A., Chincotta, D., & Adlam, A. (2001). Working memory and the control of action: Evidence from task switching. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 641-657.
- Baluch, B., & Besner, D. (1991). Visual word recognition: Evidence for strategic control of lexical and nonlexical routines in oral reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 17(4), 644-652.
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624-652.

-
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77(3), 305-327.
- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, 97(4), 523-547.
- Cohen, J. D., Dunbar, K., & McClelland, J. L. (1990). On the control of automatic processes: A parallel distributed processing account of the Stroop effect. *Psychological Review*, 97(3), 332-361.
- Coltheart, M. (1978). Lexical access in simple reading tasks. In G. Underwood (Hrsg.), *Strategies of information processing*. New York, NY: Academic Press.
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches. *Psychological Review*, 100(4), 589-608.
- Craik, K. J. W. (1948). Theory of the human operator in control systems. II. Man as an element in a control system. *British Journal of Psychology*, 38, 142-147.
- De Jong, R. (1993). Multiple bottlenecks in overlapping task performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19(5), 965-980.
- De Jong, R. (1995). The role of preparation in overlapping-task performance. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 48a(1), 2-25.
- De Jong, R. (2000). An intention-activation account of residual switch costs. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Cambridge, MA: MIT Press.
- De Jong, R., Berendsen, E., & Cools, R. (1999). Goal neglect and inhibitory limitations: Dissociable causes of interference effects in conflict situations. *Acta Psychologica*, 101(2-3), 379-394.
- De Jong, R., & Sweet, J. B. (1994). Preparatory strategies in overlapping-task performance. *Perception and Psychophysics*, 55(2), 142-151.
- Donders, F. C. (1868). Over de snelheid van psychische processen. *Onderzoekingen, gedaan in het fysiologisch laboratorium der Utrechtsche hoogeschool*, 2. reeks, 2, 92-120.
- Duncan, J. (1986). Disorganisation of behaviour after frontal lobe damage. *Cognitive Neuropsychology*, 3(3), 271-290.
- Duncan, J. (1993). Selection of input and goal in the control of behaviour. In A. D. Baddeley & L. Weiskrantz (Hrsg.), *Attention: Selection, awareness, and control: A tribute to Donald Broadbent*. New York, NY: Clarendon Press/Oxford University Press.

-
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, *16*(1), 143-149.
- Eriksen, C. W., & Schultz, D. W. (1979). Information processing in visual search: A continuous flow conception and experimental results. *Perception and Psychophysics*, *25*, 249-263.
- Fagot, C. (1994). Chronometric investigations of task switching, *unveröffentlichte Dissertation.*, University of California, San Diego.
- Gollwitzer, P. M. (1999). Implementation intentions: Strong effects of simple plans. *American Psychologist*, *54*(7), 493-503.
- Gopher, D., Armony, L., & Greenshpan, Y. (2000). Switching tasks and attention policies. *Journal of Experimental Psychology: General*, *129*(3), 308-339.
- Goschke, T. (2000). Intentional reconfiguration and involuntary persistence in task set switching. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gottsdanker, R. (1984). Effort of preparation and age. *Perceptual & Motor Skills*, *59*(2), 527-538.
- Grossberg, S. (Hrsg.). (1988). *Neural networks and natural intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Heckhausen, H. (1991). *Motivation and Action*. Heidelberg: Springer.
- Hick, W. E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *4*, 11-26.
- Hommel, B. (2000). The prepared reflex: Automaticity and control in stimulus-response translation. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Houghton, G., & Tipper, S. P. (1994). A model of inhibitory mechanisms in selective attention. In D. Dagenbach & T. H. Carr (Hrsg.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language*. San Diego, CA: Academic Press.
- Hübner, R., Futterer, T., & Steinhauser, M. (2001). On attentional control as a source of residual shift costs: Evidence from two-component task shifts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, *27*(3), 640-653.
- James, W. (1890). *The principles of psychology*. New York, NY: Holt.

-
- Jersild, A. T. (1927). Mental set and shift. *Archives of Psychology*, 81.
- Karlin, L., & Kestenbaum, R. (1968). Effects of number of alternatives on the psychological refractory period. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 67-178.
- Keele, S. W., & Rafal, R. (2000). Deficits of task set in patients with left prefrontal cortex lesions. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kluwe, R. H. (1997). Intentionale Steuerung kognitiver Prozesse. *Kognitionswissenschaft*, 6, 53-69.
- Koch, I. (2001). Automatic and intentional activation of task sets. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(6), 1474-1486.
- Kray, J., & Lindenberger, U. (2000). Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging*, 15(1), 126-147.
- Laird, J. E., Newell, A., & Rosenbloom, P. S. (1987). Soar: An architecture for general intelligence. *Artificial Intelligence*, 33, 1-64.
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment (3rd ed)*. New York, NY: Oxford University Press.
- Lhermitte, F. (1983). Utilisation behaviour and its relation to lesions in the frontal lobes. *Brain*, 106, 237-255.
- Logan, G. D. (1980). Attention and automaticity in Stroop and priming tasks: Theory and data. *Cognitive Psychology*, 12(4), 523-553.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95(4), 492-527.
- Logan, G. D., & Gordon, R. D. (2001). Executive control of visual attention in dual-task situations. *Psychological Review*, 108(2), 393-434.
- Logan, G. D., & Zbrodoff, N. J. (1979). When it helps to be misled: Facilitative effects of increasing the frequency of conflicting stimuli in a Stroop-like task. *Memory & Cognition*, 7(3), 166-174.
- Luce, R. D. (1986). *Response times*. New York, NY: Oxford University Press.
- MacKay, D. G. (1987). *The organization of perception and action*. New York, NY: Springer.

-
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, *109*(2), 163-203.
- MacLeod, C. M., & Dunbar, K. (1988). Training and Stroop-like interference: Evidence for a continuum of automaticity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, *14*(1), 126-135.
- Mayr, U. (2001). Age differences in the selection of mental sets: The role of inhibition, stimulus ambiguity, and response-set overlap. *Psychology and Aging*, *16*(1), 96-109.
- Mayr, U., & Keele, S. W. (2000). Changing internal constraints on action: The role of backward inhibition. *Journal of Experimental Psychology: General*, *129*(1), 4-26.
- Mayr, U., & Kliegl, R. (2000). Task-set switching and long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *26*(5), 1124-1140.
- Mecklinger, A., von Cramon, D. Y., Springer, A., & Matthes-von Cramon, G. (1999). Executive control functions in task switching: Evidence from brain injured patients. *Journal of Clinical & Experimental Neuropsychology*, *21*(5), 606-619.
- Meiran, N. (1996). Reconfiguration of processing mode prior to task performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *22*(6), 1423-1442.
- Meiran, N. (2000a). Modeling cognitive control in task-switching. *Psychological Research*, *63*(3-4), 234-249.
- Meiran, N. (2000b). Reconfiguration of stimulus task sets and response task sets during task switching. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Meiran, N., & Gotler, A. (2001). Modelling cognitive control in task switching and ageing. *European Journal of Cognitive Psychology*, *13*(1-2), 165-186.
- Meyer, D. E., & Kieras, D. E. (1997a). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: I. Basic mechanisms. *Psychological Review*, *104*(1), 3-65.
- Meyer, D. E., & Kieras, D. E. (1997b). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: II. Accounts of psychological refractory-period phenomena. *Psychological Review*, *104*(4), 749-791.
- Milner, B. (1963). Effects of different brain lesions on card sorting. *Archives of Neurology*, *9*, 90-100.

-
- Monsell, S. (1996). Control of mental processes. In V. Bruce (Hrsg.), *Unsolved mysteries of the mind: Tutorial essays in cognition*. Hove, UK: Psychology Press.
- Monsell, S., Taylor, T. J., & Murphy, K. (2001). Naming the color of a word: Is it responses or task sets that compete? *Memory & Cognition*, 29(1), 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(3-4), 250-264.
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9(3), 353-383.
- Neely, J. H. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory: Roles of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 106(3), 226-254.
- Neumann, O. (1984). Automatic processing: A review of recent findings and a plea for an old theory. In W. Prinz & A. F. Sanders (Hrsg.), *Cognition and motor processes*. Berlin: Springer.
- Newell, A. (1973). Production systems: Models of control structures. In W. G. Chase (Hrsg.), *Visual information processing*. San Diego, CA: Academic Press.
- Norman, D. A. (1981). Categorization of action slips. *Psychological Review*, 88(1), 1-15.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. In R. Davison & G. Shwartz & D. Shapiro (Hrsg.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory*. New York, NY: Plenum.
- Nosofsky, R. M., & Palmeri, T. J. (1997). An exemplar-based random walk model of speeded classification. *Psychological Review*, 104(2), 266-300.
- Pachella, R. G. (1974). The interpretation of reaction time in information processing research. In B. Kantowitz (Hrsg.), *Human information: Tutorials in performance and cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pashler, H. (1984). Processing stages in overlapping tasks: Evidence for a central bottleneck. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 10(3), 358-377.
- Pashler, H. (1990). Do response modality effects support multiprocessor models of divided attention? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 16(4), 826-842.

-
- Pashler, H. (1993). Dual-task interference and elementary mental mechanisms. In D. E. Meyer & S. Kornblum (Hrsg.), *Attention and performance 14: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence, and cognitive neuroscience*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, *116*(2), 220-244.
- Pashler, H. (2000). Task switching and multitask performance. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Patterson, K. E., & Morton, J. (1985). From orthography to phonology: An attempt at an old interpretation. In K. E. Patterson & J. C. Marshall & M. Coltheart (Hrsg.), *Surface dyslexia: Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Perret, E. (1974). The left frontal lobe of man and the suppression of habitual responses in verbal categorical behaviour. *Neuropsychologia*, *12*(3), 323-330.
- Phillips, L. H., & Della Sala, S. (1998). Aging, intelligence, and anatomical segregation in the frontal lobes. *Learning & Individual Differences*, *10*(3), 217-243.
- Posner, M. I. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*(1), 3-25.
- Posner, M. I., Snyder, C. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, *109*(2), 160-174.
- Posner, M. I., & Snyder, C. R. R. (1975). Attention and cognitive control. In R. L. Solso (Hrsg.), *Information processing and cognition: The Loyola symposium*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Prinz, W. (1997). Perception and action planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, *9*(2), 129-154.
- Proctor, R. W., & Lu, C.-H. (1999). Processing irrelevant location information: Practice and transfer effects in choice-reaction tasks. *Memory & Cognition*, *27*(1), 63-77.

-
- Ratcliff, R., Thapar, A., & McKoon, G. (2001). The effects of aging on reaction time in a signal detection task. *Psychology & Aging, 16*(2), 323-341.
- Reason, J. (1979). Actions not as planned: The prize of automatization. In G. Underwood & R. Stephens (Hrsg.), *Aspects of Consciousness* (Vol. 1). London, UK: Academic Press.
- Reason, J. (1990). *Human error*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General, 124*(2), 207-231.
- Rogers, R. D., Sahakian, B. J., Hodges, J. R., Polkey, C. E., Kennard, C., & Robbins, T. W. (1998). Dissociating executive mechanisms of task control following frontal lobe damage and Parkinson's disease. *Brain, 121*(5), 815-842.
- 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*(4), 763-797.
- Rumelhart, D. E., & McClelland, J. L. (1986). *Parallel distributed processing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 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*(6), 1404-1419.
- Sanders, A. F. (1983). Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica, 53*(1), 61-97.
- Sanders, A. F. (1990). Issues and trends in the debate on discrete vs continuous processing of information. *Acta Psychologica, 74*(2-3), 123-167.
- Sanders, A. F. (1998). *Elements of human performance: Reaction processes and attention in human skill*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I Detection, search, and attention. *Psychological Review, 84*(1), 1-66.
- Schuch, S., & Koch, I. (eingereicht). The role of response selection for inhibition of task sets in task shifting, *Zur Publikation eingereichtes Manuskript*.

-
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. New York, NY: Cambridge University 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(2), 127-190.
- Simon, J. R., & Small Jr, A. M. (1969). Processing auditory information: Interference from an irrelevant cue. *Journal of Applied Psychology*, 53(5), 433-435.
- Smith, M. C. (1967). Theories of the psychological refractory period. *Psychological Bulletin*, 67, 202-213.
- 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(6), 1445-1460.
- Sohn, M.-H., & Anderson, J. R. (2001). Task preparation and task repetition: Two-component model of task switching. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 764-778.
- Spector, A., & Biederman, I. (1976). Mental set and mental shift revisited. *American Journal of Psychology*, 89(4), 669-679.
- Sperling, G., & Doshier, B. A. (1986). Strategy and optimization in human information processing. In K. R. Boff & L. Kaufman & J. P. Thomas (Hrsg.), *Handbook of perception and human performance: I. Sensory processes and perception*. New York, NY: Wiley.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method. *Acta Psychologica*, 30, 276-315.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Sudevan, P., & Taylor, D. A. (1987). The cuing and priming of cognitive operations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13(1), 89-103.
- Tabossi, P., & Laghi, L. (1992). Semantic priming in the pronunciation of words in two writing systems: Italian and English. *Memory & Cognition*, 20(3), 303-313.
- Taylor, T. E., & Lupker, S. J. (2001). Sequential effects in naming: A time-criterion account. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(1), 117-138.

-
- Telford, C. W. (1931). The refractory phase of voluntary and associative responses. *Journal of Experimental Psychology*, *14*, 1-36.
- Tipper, S. P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, *37*(4), 571-590.
- Tornay, F. J., & Milan, E. G. (2001). A more complete task-set reconfiguration in random than in predictable task switch. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, *54A*(3), 785-803.
- Townsend, J. T., & Ashby, F. G. (1983). *Stochastic modeling of elementary psychological processes*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, *12*(1), 97-136.
- Treisman, M., & Williams, T. C. (1984). A theory of criterion setting with an application to sequential dependencies. *Psychological Review*, *91*(1), 68-111.
- Ward, L. M. (1982). Determinants of attention to local and global features of visual forms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, *8*(4), 562-581.
- Welford, A. T. (1952). The 'psychological refractory period' and the timing of high-speed performance--a review and a theory. *British Journal of Psychology*, *43*, 2-19.
- Welford, A. T. (1967). Single-Channel Operation in the Brain. *Acta Psychologica*, *27*, 5-22.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, *120*(2), 272-292.
- Wickelgren, W. A. (1977). Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics. *Acta Psychologica*, *41*(1), 67-85.
- Woodworth, R. S. (1938). *Experimental psychology*. New York, NY: Holt.
- Wylie, G., & Allport, A. (2000). Task switching and the measurement of "switch costs." *Psychological Research*, *63*(3-4), 212-233.

Anhang A:

Proaktivität lokaler Effekte in den Experimenten 2 und 3

Die folgenden Analysen wurden durchgeführt, um festzustellen, ob lokale Ereignisse (invaliden Hinweisreiz, lokaler Wechsel) auch Einfluss auf Durchgänge haben, die nicht unmittelbar von diesen Ereignissen betroffen sind. Solche Effekte äußern sich in monoton fallenden Reaktionszeitverläufen. Erst mit Erreichen einer Asymptote, kann davon ausgegangen werden, dass keine lokalen Effekte mehr in diesen Reaktionszeiten vorhanden sind. Als Kriterium wurde festgelegt, dass diese Asymptote erreicht ist, wenn zwei aufeinanderfolgende Durchgänge keinen signifikanten Unterschied aufweisen. Diese Durchgänge wurden dann als Vergleichsdurchgänge zur Messung der globalen Effekte verwendet.

Die Tabellen mit den genauen Ergebnissen der Varianzanalysen finden sich ebenfalls in Anhang B, jeweils am Anfang der jeweiligen Experimente.

Experiment 2

Proaktive Effekte invalider Hinweisreize. Um festzustellen, ob invalide Hinweisreize auch hier die nachfolgenden Durchgänge beeinflussen, wurden alle Durchgänge auf den ersten drei Position nach einem invaliden Hinweisreiz analysiert. Eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *Position* (Position 1, Position 2, Position 3) und *Blockart* (B_I/Z_I , B_V/Z_I , B_I/Z_V , B_I/Z_I) wurde für Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge berechnet, wobei nur Effekte unter Beteiligung des Faktors *Position* interessierten.

Der Haupteffekt dieses Faktors wurde signifikant, $F(2,22) = 11.6$; $p < .001$. Durchgänge auf Position 1 wurden am langsamsten beantwortet (682 ms), gefolgt von Position 2 (611 ms) und Position 3 (620 ms). Die Interaktion mit dem Faktor *Blockart* wurde nicht signifikant, $F(6,66) = 1.32$; $p = .26$. Da die Reaktionszeit von Position 2 auf Position 3 leicht zunahm wurde kein weiterer Test gerechnet, um diese zu vergleichen. Erneut wurde angenommen, dass nur der erste Durchgang nach einem invaliden Durchgang von proaktiven Effekten invalider Hinweisreize beeinflusst ist.

Proaktive Effekte lokaler Wechsel. Zur Untersuchung der Frage, ob Effekte eines lokalen Wechsels auch in nachfolgenden Wiederholungsdurchgängen gemessen werden konnten, wurden Reaktionszeiten aller Durchgänge der ersten und zweiten Aufgabenwiederholung nach einem Aufgabenwechsel analysiert. Die zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *Position der Wiederholung* (1. Wiederholung, 2. Wiederholung) und *Blockart* (B_V/Z_V , B_V/Z_I , B_I/Z_V , B_I/Z_I) erbrachte weder einen signifikanten Haupteffekt der *Position der Wiederholung*, $F(1,11) = 1.68$; $p = .22$, noch eine

signifikante Interaktion, $F(3,33) = .82$; $p = .49$. Durchgänge, in denen sich die Aufgabe zum ersten Mal wiederholt sind sogar etwas schneller (629 ms) als Durchgänge der zweiten Wiederholung (642 ms). Wiederholungsdurchgänge sind somit nicht von Effekten lokaler Wechsel beeinträchtigt.

Experiment 3

Proaktive Effekte invalider Hinweisreize. Erneut wurden alle Durchgänge auf den ersten drei Positionen nach invaliden Durchgängen untersucht. Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge gingen in eine dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholungen auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (mit Cue-Wechsel, ohne Cue-Wechsel), *globale Validität* (87.5%, 75%, 62.5%) und *Position* (Position 1, Position 2, Position 3) ein. Es interessierten nur Effekte des Faktors *Position*.

Es wurde nur der Haupteffekt dieses Faktors signifikant, $F(2,30) = 19.4$; $p < .001$. Durchgänge auf Position 1 waren deutlich langsamer (676 ms) als Durchgänge auf Position 2 (610 ms) und Position 3 (599 ms). Die Differenz der letzten beiden Positionen war nicht signifikant, $t(1,15) = 1.42$; $p = .18$. Es wurde erneut geschlossen, dass proaktive Effekte invalider Hinweisreize nur den ersten Durchgang nach einem solchen beeinflussen.

Proaktive Effekte lokaler Wechsel. Eine weitere Analyse verglich wieder die erste und zweite Wiederholung nach einem Wechsel. Hierbei wurden diesmal nicht alle Blöcke mit Cue-Wechsel untersucht. Für Blöcke mit 75% validen Hinweisreizen standen bereits nur noch im Mittel vier Durchgänge pro Versuchsperson für die zweite Wiederholung zur Verfügung. Aus diesem Grund wurden nur 100% und 87.5% valide Durchgänge untersucht. Bei diesen waren immerhin noch 13 bzw. 8 Durchgänge auswertbar. Trotzdem müssen die Analysen mit großer Vorsicht bewertet werden. Reaktionszeiten korrekt beantworteter Durchgänge gingen in eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globale Validität* (100%, 87.5%) und *Position der Wiederholung* (1. Wiederholung, 2. Wiederholung) ein. Es interessierten nur Effekte des letzten Faktors. Weder der Haupteffekt von *Position der Wiederholung*, $F(1,15) = 1.35$; $p = .26$, noch die Interaktion beider Faktoren wurde signifikant. Durchgänge, in denen sich die Aufgaben zum ersten Mal wiederholt sind nur geringfügig langsamer (593 ms) als Durchgänge der zweiten Wiederholung (580 ms). Auch hier zeigten sich somit keine proaktiven Effekte lokaler Wechsel in den Wiederholungsdurchgängen.

Anhang B:

Tabellarische Darstellung der Varianzanalysen

Tab. B.1: **Experiment 1 - Proaktive Effekte invalider Hinweisreize:** Dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel), *Antwort nach invalidem Hinweisreiz* (Unterdrücken, Umschalten) und *Position* (Position 1, Position 2, Position 3). *Antwort nach invalidem Hinweisreiz* wurde als „Antwort“ abgekürzt.

Effekt	F / p	Bedingung		RT (ms)
Gesamtmittel				598
globaler Cue-Wechsel	F(1,11) = 35.6 p < .001	ohne Cue-Wechsel		573
		mit Cue-Wechsel		623
Antwort	F(1,11) = 10.6 p < .01	Unterdrücken		580
		Umschalten		616
Position	F(2,22) = 13.5 p < .001	Position 1		627
		Position 2		586
		Position 3		581
globaler Cue-Wechsel X Antwort	F(1,11) = 2.90 p = .12	ohne Cue-Wechsel, Unterdrücken		546
		ohne Cue-Wechsel, Umschalten		599
		mit Cue-Wechsel, Unterdrücken		614
		mit Cue-Wechsel, Umschalten		633
globaler Cue-Wechsel X Position	F(2,22) = .70 p = .51	ohne Cue-Wechsel, Position 1		604
		ohne Cue-Wechsel, Position 2		563
		ohne Cue-Wechsel, Position 3		552
		mit Cue-Wechsel, Position 1		650
		mit Cue-Wechsel, Position 2		609
		mit Cue-Wechsel, Position 3		611
Antwort X Position	F(2,22) = 2.83 p = .08	Unterdrücken, Position 1		601
		Unterdrücken, Position 2		573
		Unterdrücken, Position 3		566
		Umschalten, Position 1		653
		Umschalten, Position 2		599
		Umschalten, Position 3		597
globaler Cue-Wechsel X Antwort X Position	F(2,22) = 2.25 p = .13	ohne Cue-Wechsel, Unterdrücken, Position 1		564
		ohne Cue-Wechsel, Unterdrücken, Position 2		541
		ohne Cue-Wechsel, Unterdrücken, Position 3		534
		ohne Cue-Wechsel, Umschalten, Position 1		644
		ohne Cue-Wechsel, Umschalten, Position 2		584
		ohne Cue-Wechsel, Umschalten, Position 3		570
		mit Cue-Wechsel, Unterdrücken, Position 1		638
		mit Cue-Wechsel, Unterdrücken, Position 2		605
		mit Cue-Wechsel, Unterdrücken, Position 3		598
		mit Cue-Wechsel, Umschalten, Position 1		662
		mit Cue-Wechsel, Umschalten, Position 2		613
		mit Cue-Wechsel, Umschalten, Position 3		624

Tab. B.2: **Experiment 1 - Proaktive Effekte lokaler Wechsel:** Zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globale Validität* (100% valide, 75% valide/Unterdrücken, 75% valide/Umschalten) und *Position der Wiederholung* (1. Wiederholung, 2. Wiederholung). *Position der Wiederholung* wurde als „Position“ abgekürzt.

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			570
globale Validität	F(2,22) = 10.9 p < .001	100% valide	530
		75% valide / Unterdrücken	581
		75% valide / Umschalten	599
Position	F(1,11) = .54 p = .48	1. Wiederholung	566
		2. Wiederholung	574
globale Validität X Position	F(2,22) = 1.16 p = .33	100% valide, 1. Wiederholung	536
		100% valide, 2. Wiederholung	524
		75% valide / Unterdrücken, 1. Wiederholung	578
		75% valide / Unterdrücken, 2. Wiederholung	584
		75% valide / Umschalten, 1. Wiederholung	584
		75% valide / Umschalten, 2. Wiederholung	614

Tab. B.3: **Experiment 1 - Lokale Wechselkosten:** Dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokaler Cue-Wechsel* (Wiederholung, Wechsel), *globale Validität* (100% valide, 75% valide/Unterdrücken, 75% valide/Umschalten) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			596
lokaler Cue-Wechsel	F(1,11) = 15.2 p < .01	Wiederholung	573
		Wechsel	619
globale Validität	F(2,22) = 14.6 p < .001	100% valide	560
		75% valide / Unterdrücken	604
		75% valide / Umschalten	625
Konsistenz	F(2,22) = 21.8 p < .001	neutral	557
		konsistent	614
		inkonsistent	617
lokaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(2,22) = 0.39 p = .68	Wiederholung, 100% valide	539
		Wiederholung, 75% valide / Unterdrücken	578
		Wiederholung, 75% valide / Umschalten	603
		Wechsel, 100% valide	581
		Wechsel, 75% valide / Unterdrücken	630
		Wechsel, 75% valide / Umschalten	646
lokaler Wechsel X Konsistenz	F(2,22) = 2.46 p = .11	Wiederholung, neutral	538
		Wiederholung, konsistent	584
		Wiederholung, inkonsistent	598
		Wechsel, neutral	575
		Wechsel, konsistent	645
		Wechsel, inkonsistent	636

(Fortsetzung)

(Tab. B.3: Fortsetzung)

globale Validität X Konsistenz	F(4,44) = 1.30 p = .29	100% valide,	neutral	522
		100% valide,	konsistent	584
		100% valide,	inkonsistent	573
		75% valide / Unterdrücken,	neutral	569
		75% valide / Unterdrücken,	konsistent	615
		75% valide / Unterdrücken,	inkonsistent	627
		75% valide / Umschalten,	neutral	579
		75% valide / Umschalten,	konsistent	643
		75% valide / Umschalten,	inkonsistent	651
lokaler Wechsel X globale Validität X Konsistenz	F(4,44) = 2.12 p = .10	Wdh., 100% valide,	neutral	511
		Wdh., 100% valide,	konsistent	553
		Wdh., 100% valide,	inkonsistent	553
		Wdh., 75% valide / Unterdrücken,	neutral	548
		Wdh., 75% valide / Unterdrücken,	konsistent	588
		Wdh., 75% valide / Unterdrücken,	inkonsistent	598
		Wdh., 75% valide / Umschalten,	neutral	556
		Wdh., 75% valide / Umschalten,	konsistent	610
		Wdh., 75% valide / Umschalten,	inkonsistent	643
		Wechsel, 100% valide,	neutral	533
		Wechsel, 100% valide,	konsistent	616
		Wechsel, 100% valide,	inkonsistent	593
		Wechsel, 75% valide / Unterdrücken,	neutral	591
		Wechsel, 75% valide / Unterdrücken,	konsistent	643
		Wechsel, 75% valide / Unterdrücken,	inkonsistent	656
		Wechsel, 75% valide / Umschalten,	neutral	603
		Wechsel, 75% valide / Umschalten,	konsistent	676
		Wechsel, 75% valide / Umschalten,	inkonsistent	660

Tab. B.4: **Experiment 1 - Lokale Wechselkosten nach invaliden Hinweisreizen in der Bedingung „Unterdrücken“**: Zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokaler Cue-Wechsel* (Wiederholung, Wechsel) und *lokale Validität in Durchgang n-1* (nach valide, nach invalide).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			619
lokaler Cue-Wechsel	F(1,11) = 6.06 p < .05	Wiederholung	605
		Wechsel	632
lokale Validität in Durchgang n-1	F(1,11) = 11.1 p < .01	nach valide	600
		nach invalide	637
lokaler Cue-Wechsel X lokale Validität in Durchgang n-1	F(1,11) = 14.3 p < .01	Wiederholung, nach valide	573
		Wiederholung, nach invalide	638
		Wechsel, nach valide	627
		Wechsel, nach invalide	637

Tab. B.5: **Experiment 1 - Lokale Wechselkosten nach invaliden Hinweisreizen in der Bedingung „Umschalten“**: Zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokaler Wechsel* (Wiederholung, Wechsel) und *lokale Validität in Durchgang n-1* (nach valide, nach invalide).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			642
lokaler Wechsel	F(1,11) = 14.4 p < .01	Wiederholung	622
		Wechsel	661
lokale Validität in Durchgang n-1	F(1,11) = 8.79 p < .05	nach valide	619
		nach invalide	664
lokaler Wechsel X lokale Validität in Durchgang n-1	F(1,11) = .02 p = .88	Wiederholung, nach valide	599
		Wiederholung, nach invalide	646
		Wechsel, nach valide	639
		Wechsel, nach invalide	682

Tab. B.6: **Experiment 1 - Umschalten nach invalidem Hinweisreiz**: Zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel) und *lokale Validität* (valide, invalide).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			686
globaler Cue-Wechsel	F(1,11) = 6.37 p < .05	ohne Cue-Wechsel	664
		mit Cue-Wechsel	707
lokale Validität	F(1,11) = 82.5 p < .001	valide	560
		invalide	811
globaler Cue-Wechsel X lokale Validität	F(1,11) = .58 p = .46	ohne Cue-Wechsel, valide	544
		ohne Cue-Wechsel, invalide	785
		mit Cue-Wechsel, valide	577
		mit Cue-Wechsel, invalide	837

Tab. B.7: **Experiment 1 - Globale Effekte von Cue-Wechsel und Validität der Hinweisreize**: Dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (mit Cue-Wechsel, ohne Cue-Wechsel), *globale Validität* (100% valide, 75% valide/Unterdrücken, 75% valide/Umschalten) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			555
globaler Cue-Wechsel	F(1,11) = 17.9 p < .01	ohne Cue-Wechsel	537
		mit Cue-Wechsel	573
globale Validität	F(2,22) = 22.8 p < .001	100% valide	521
		75% valide / Unterdrücken	555
		75% valide / Umschalten	589
Konsistenz	F(2,22) = 24.0 p < .001	neutral	527
		konsistent	565
		inkonsistent	573

(Fortsetzung)

(Tab. B.7: Fortsetzung)

globaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(2,22) = .75 p = .49	ohne Cue-Wechsel, 100% valide	503
		ohne Cue-Wechsel, 75% valide / Unterdrücken	533
		ohne Cue-Wechsel, 75% valide / Umschalten	574
		mit Cue-Wechsel, 100% valide	539
		mit Cue-Wechsel, 75% valide / Unterdrücken	578
		mit Cue-Wechsel, 75% valide / Umschalten	603
globaler Cue-Wechsel X Konsistenz	F(2,22) = 6.22 p < .01	ohne Cue-Wechsel, neutral	516
		ohne Cue-Wechsel, konsistent	546
		ohne Cue-Wechsel, inkonsistent	548
		mit Cue-Wechsel, neutral	538
		mit Cue-Wechsel, konsistent	584
		mit Cue-Wechsel, inkonsistent	598
globale Validität X Konsistenz	F(4,44) = 3.53 p < .05	100% valide, neutral	500
		100% valide, konsistent	531
		100% valide, inkonsistent	531
		75% valide / Unterdrücken, neutral	531
		75% valide / Unterdrücken, konsistent	564
		75% valide / Unterdrücken, inkonsistent	571
		75% valide / Umschalten, neutral	550
		75% valide / Umschalten, konsistent	599
		75% valide / Umschalten, inkonsistent	617
globaler Cue-Wechsel X globale Validität X Konsistenz	F(4,44) = .67 p = .62	ohne Cue-W., 100% valide, neutral	490
		ohne Cue-W., 100% valide, konsistent	510
		ohne Cue-W., 100% valide, inkonsistent	509
		ohne Cue-W., 75% val./Unterdrücken, neutral	515
		ohne Cue-W., 75% val./Unterdrücken, konsistent	539
		ohne Cue-W., 75% val./Unterdrücken, inkonsistent	544
		ohne Cue-W., 75% val./Umschalten, neutral	544
		ohne Cue-W., 75% val./Umschalten, konsistent	588
		ohne Cue-W., 75% val./Umschalten, inkonsistent	591
		mit Cue-W., 100% valide, neutral	511
		mit Cue-W., 100% valide, konsistent	553
		mit Cue-W., 100% valide, inkonsistent	553
		mit Cue-W., 75% val./Unterdrücken, neutral	548
		mit Cue-W., 75% val./Unterdrücken, konsistent	588
		mit Cue-W., 75% val./Unterdrücken, inkonsistent	598
		mit Cue-W., 75% val./Umschalten, neutral	556
		mit Cue-W., 75% val./Umschalten, konsistent	610
		mit Cue-W., 75% val./Umschalten, inkonsistent	643

Tab. B.8: **Experiment 2 – Proaktive Effekte invalider Hinweisreize:** Zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *Blockart* (B_I/Z_I , B_V/Z_I , B_I/Z_V , B_I/Z_I) und *Position* (Position 1, Position 2, Position 3).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			638
Blockart	F(3,33) = 6.65 p < .01	B_I/Z_I	604
		B_V/Z_I	658
		B_I/Z_V	629
		B_I/Z_I	660
Position	F(2,22) = 11.6 p < .001	Position 1	682
		Position 2	611
		Position 3	620
Blockart X Position	F(6,66) = 1.32 p = 0.26	B_I/Z_I , Position 1	649
		B_I/Z_I , Position 2	583
		B_I/Z_I , Position 3	580
		B_V/Z_I , Position 1	719
		B_V/Z_I , Position 2	631
		B_V/Z_I , Position 3	625
		B_I/Z_V , Position 1	668
		B_I/Z_V , Position 2	605
		B_I/Z_V , Position 3	613
		B_I/Z_I , Position 1	693
		B_I/Z_I , Position 2	624
		B_I/Z_I , Position 3	663

Tab. B.9: **Experiment 2 – Proaktive Effekte lokaler Wechsel:** Zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *Blockart* (B_V/Z_V , B_V/Z_I , B_I/Z_V , B_I/Z_I) und *Position der Wiederholung* (1. Wiederholung, 2. Wiederholung). *Position der Wiederholung* wurde als „Position“ abgekürzt.

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			636
Blockart	F(3,33) = 15.0 p < .001	B_V/Z_V	576
		B_V/Z_I	647
		B_I/Z_V	628
		B_I/Z_I	691
Position	F(1,11) = 1.68 p = .22	1. Wiederholung	629
		2. Wiederholung	642
Blockart X Position	F(3,33) = 0.82 p = .49	B_V/Z_V , 1. Wiederholung	583
		B_V/Z_V , 2. Wiederholung	569
		B_V/Z_I , 1. Wiederholung	627
		B_V/Z_I , 2. Wiederholung	666
		B_I/Z_V , 1. Wiederholung	623
		B_I/Z_V , 2. Wiederholung	634
		B_I/Z_I , 1. Wiederholung	681
		B_I/Z_I , 2. Wiederholung	700

Tab. B.10: **Experiment 2 – Globale Effekte bei unabhängiger Variation der Validität für Hinweisreize einzelner Aufgaben:** Dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *Validitätsmodus* (geblockt, randomisiert), *globale Validität* (100% valide, 75% valide) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent).

Effekt	<i>F</i> / <i>p</i>	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			606
Validitätsmodus	F(1,11) = .08 p = .78	geblockt	605
		randomisiert	607
globale Validität	F(1,11) = 94.0 p < .001	100% valide	566
		75% valide	647
Konsistenz	F(2,22) = 44.3 p < .001	neutral	548
		konsistent	630
		inkonsistent	641
Validitätsmodus X globale Validität	F(1,11) = 2.61 p = .13	geblockt, 100% valide	559
		geblockt, 75% valide	651
		randomisiert, 100% valide	572
		randomisiert, 75% valide	642
Validitätsmodus X Konsistenz	F(2,22) = .14 p = .87	geblockt, neutral	547
		geblockt, konsistent	630
		geblockt, inkonsistent	638
		randomisiert, neutral	548
		randomisiert, konsistent	630
		randomisiert, inkonsistent	644
globale Validität X Konsistenz	F(2,22) = 7.78 p < .01	100% valide, neutral	525
		100% valide, konsistent	586
		100% valide, Inkonsistent	587
		75% valide, neutral	571
		75% valide, konsistent	675
		75% valide, inkonsistent	694
Validitätsmodus X globale Validität X Konsistenz	F(2,22) = .13 p = .88	geblockt, 100% valide, neutral	518
		geblockt, 100% valide, konsistent	583
		geblockt, 100% valide, inkonsistent	578
		geblockt, 75% valide, neutral	577
		geblockt, 75% valide, konsistent	678
		geblockt, 75% valide, inkonsistent	698
		randomisiert, 100% valide, neutral	532
		randomisiert, 100% valide, konsistent	588
		randomisiert, 100% valide, inkonsistent	597
		randomisiert, 75% valide, neutral	565
		randomisiert, 75% valide, konsistent	671
		randomisiert, 75% valide, inkonsistent	690

Tab. B.11: **Experiment 2 – Lokale Effekte bei unabhängiger Variation der Validität für Hinweisreize einzelner Aufgaben:** Vierfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokaler Cue-Wechsel* (Wiederholung, Wechsel), *Validitätsmodus* (geblockt, randomisiert), *globale Validität* (100% valide, 75% valide) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent).

Effekt	<i>F</i> / <i>p</i>	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			623
lokaler Cue-Wechsel	F(1,11) = 11.3 p < .01	Wiederholung	606
		Wechsel	639
Validitätsmodus	F(1,11) = 0.85 p = .38	geblockt	619
		randomisiert	626
globale Validität	F(1,11) = 85.1 p < .001	100% valide	586
		75% valide	659
Konsistenz	F(2,22) = 70.0 p < .001	neutral	564
		konsistent	644
		inkonsistent	660
lokaler Cue-Wechsel X Validitätsmodus	F(1,11) = 3.65 p = .08	Wiederholung, geblockt	605
		Wiederholung, randomisiert	607
		Wechsel, geblockt	633
		Wechsel, randomisiert	646
lokaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(1,11) = 4.49 p = .06	Wiederholung, 100% valide	566
		Wiederholung, 75% valide	647
		Wechsel, 100% valide	606
		Wechsel, 75% valide	672
lokaler Cue-Wechsel X Konsistenz	F(2,22) = 0.39 p = .68	Wiederholung, neutral	548
		Wiederholung, konsistent	630
		Wiederholung, inkonsistent	641
		Wechsel, neutral	581
		Wechsel, konsistent	657
		Wechsel, inkonsistent	679
Validitätsmodus X globale Validität	F(1,11) = 2.56 p = .14	geblockt, 100% valide	577
		geblockt, 75% valide	661
		randomisiert, 100% valide	595
		randomisiert, 75% valide	658
Validitätsmodus X Konsistenz	F(2,22) = 3.56 P < .05	geblockt, neutral	563
		geblockt, konsistent	643
		geblockt, inkonsistent	651
		randomisiert, neutral	565
		randomisiert, konsistent	644
		randomisiert, inkonsistent	670
globale Validität X Konsistenz	F(2,22) = 9.82 p < .001	100% valide, neutral	541
		100% valide, konsistent	604
		100% valide, inkonsistent	613
		75% valide, neutral	588
		75% valide, konsistent	683
		75% valide, inkonsistent	707

(Fortsetzung)

(Tab. B.11: Fortsetzung)

lokaler Cue-Wechsel X Validitätsmodus X globale Validität	$F(1,11) = .06$ $p = .81$	Wiederholung, geblockt, 100% valide	559
		Wiederholung, geblockt, 75% valide	651
		Wiederholung, randomisiert, 100% valide	572
		Wiederholung, randomisiert, 75% valide	642
		Wechsel, geblockt, 100% valide	595
		Wechsel, geblockt, 75% valide	670
		Wechsel, randomisiert, 100% valide	618
		Wechsel, randomisiert, 75% valide	674
lokaler Cue-Wechsel X Validitätsmodus X Konsistenz	$F(2,22) = 1.02$ $p = .38$	Wiederholung, geblockt, neutral	547
		Wiederholung, geblockt, konsistent	630
		Wiederholung, geblockt, inkonsistent	638
		Wiederholung, randomisiert, neutral	548
		Wiederholung, randomisiert, konsistent	630
		Wiederholung, randomisiert, inkonsistent	644
		Wechsel, geblockt, neutral	579
		Wechsel, geblockt, konsistent	656
		Wechsel, geblockt, inkonsistent	663
		Wechsel, randomisiert, neutral	582
		Wechsel, randomisiert, konsistent	659
		Wechsel, randomisiert, inkonsistent	696
lokaler Cue-Wechsel X globale Validität X Konsistenz	$F(2,22) = .74$ $p = .49$	Wiederholung, 100% valide, neutral	525
		Wiederholung, 100% valide, konsistent	586
		Wiederholung, 100% valide, inkonsistent	587
		Wiederholung, 75% valide, neutral	571
		Wiederholung, 75% valide, konsistent	675
		Wiederholung, 75% valide, inkonsistent	694
		Wechsel, 100% valide, neutral	557
		Wechsel, 100% valide, konsistent	623
		Wechsel, 100% valide, inkonsistent	639
		Wechsel, 75% valide, neutral	605
		Wechsel, 75% valide, konsistent	692
		Wechsel, 75% valide, inkonsistent	720

(Fortsetzung)

(Tab. B.11: Fortsetzung)

Validitätsmodus X globale Validität X Konsistenz	$F(2,22) = .31$ $p = .74$	geblockt, 100% valide, neutral	533
		geblockt, 100% valide, konsistent	598
		geblockt, 100% valide, inkonsistent	601
		geblockt, 75% valide, neutral	593
		geblockt, 75% valide, konsistent	688
		geblockt, 75% valide, inkonsistent	700
		randomisiert, 100% valide, neutral	549
		randomisiert, 100% valide, konsistent	611
		randomisiert, 100% valide, inkonsistent	625
		randomisiert, 75% valide, neutral	582
		randomisiert, 75% valide, konsistent	678
		randomisiert, 75% valide, inkonsistent	714
		lokaler Cue-Wechsel X Validitätsmodus X globale Validität X Konsistenz	$F(2,22) = .79$ $p = .47$
Wiederholung, gebl., 100% valide, konsistent	583		
Wiederholung, gebl., 100% valide, inkonsistent	578		
Wiederholung, gebl., 75% valide, neutral	577		
Wiederholung, gebl., 75% valide, konsistent	678		
Wiederholung, gebl., 75% valide, inkonsistent	698		
Wiederholung, rand., 100% valide, neutral	532		
Wiederholung, rand., 100% valide, konsistent	588		
Wiederholung, rand., 100% valide, inkonsistent	597		
Wiederholung, rand., 75% valide, neutral	565		
Wiederholung, rand., 75% valide, konsistent	671		
Wiederholung, rand., 75% valide, inkonsistent	690		
Wechsel, gebl., 100% valide, neutral	549		
Wechsel, gebl., 100% valide, konsistent	613		
Wechsel, gebl., 100% valide, inkonsistent	624		
Wechsel, gebl., 75% valide, neutral	610		
Wechsel, gebl., 75% valide, konsistent	698		
Wechsel, gebl., 75% valide, inkonsistent	703		
Wechsel, rand., 100% valide, neutral	565		
Wechsel, rand., 100% valide, konsistent	634		
Wechsel, rand., 100% valide, inkonsistent	654		
Wechsel, rand., 75% valide, neutral	599		
Wechsel, rand., 75% valide, konsistent	685		
Wechsel, rand., 75% valide, inkonsistent	737		

Tab. B.12: **Experiment 2 - Globale Effekte von Cue-Wechsel und Validität der Hinweisreize:** Dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel), *globale Validität* (100% valide, 75% valide) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			576
globaler Cue-Wechsel	F(1,11) = 71.0 p < .001	ohne Cue-Wechsel	547
		mit Cue-Wechsel	605
globale Validität	F(1,11) = 122.0 p < .001	100% valide	537
		75% valide	615
Konsistenz	F(2,22) = 38.4 p < .05	neutral	530
		konsistent	596
		inkonsistent	602
globaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(1,11) = 4.97 p < .05	ohne Cue-Wechsel, 100% valide	515
		ohne Cue-Wechsel, 75% valide	578
		mit Cue-Wechsel, 100% valide	559
		mit Cue-Wechsel, 75% valide	651
globaler Cue-Wechsel X Konsistenz	F(2,22) = 6.75 p < .01	ohne Cue-Wechsel, neutral	514
		ohne Cue-Wechsel, konsistent	561
		ohne Cue-Wechsel, inkonsistent	565
		mit Cue-Wechsel, neutral	547
		mit Cue-Wechsel, konsistent	630
		mit Cue-Wechsel, inkonsistent	638
globale Validität X Konsistenz	F(2,22) = 8.32 p < .01	100% valide, neutral	505
		100% valide, konsistent	555
		100% valide, inkonsistent	552
		75% valide, neutral	556
		75% valide, konsistent	637
		75% valide, inkonsistent	651
globaler Cue-Wechsel X globale Validität X Konsistenz	F(2,22) = .46 p = .64	ohne Cue-W., 100% valide, neutral	492
		ohne Cue-W., 100% valide, konsistent	527
		ohne Cue-W., 100% valide, inkonsistent	526
		ohne Cue-W., 75% valide, neutral	535
		ohne Cue-W., 75% valide, konsistent	596
		ohne Cue-W., 75% valide, inkonsistent	604
		mit Cue-W., 100% valide, neutral	518
		mit Cue-W., 100% valide, konsistent	583
		mit Cue-W., 100% valide, inkonsistent	578
		mit Cue-W., 75% valide, neutral	577
		mit Cue-W., 75% valide, konsistent	678
		mit Cue-W., 75% valide, inkonsistent	698

Tab. B.13: **Experiment 2 - Auswirkungen von globalem Cue-Wechsel und globaler Validität auf Umschaltung nach invaliden Hinweisreizen:** Zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel) und *lokale Validität* (valide, invalide).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			675
globaler Cue-Wechsel	F(1,11) = 45.6 p < .001	ohne Cue-Wechsel	640
		mit Cue-Wechsel	711
lokale Validität	F(1,11) = 57.0 p < .001	valide	563
		invalide	787
globaler Cue-Wechsel X lokale Validität	F(1,11) = 1.78 p = .21	ohne Cue-Wechsel, valide	536
		ohne Cue-Wechsel, invalide	743
		mit Cue-Wechsel, valide	590
		mit Cue-Wechsel, invalide	831

Tab. B.14: **Experiment 3 - Proaktive Effekte invalider Hinweisreize:** Dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *Position* (Position 1, Position 2, Position 3), *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel) und *globale Validität* (87.5% valide, 75% valide, 62.5% valide).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			628
Position	F(2,30) = 19.4 p < .001	Position 1	676
		Position 2	610
		Position 3	599
globaler Cue-Wechsel	F(1,15) = 24.8 p < .001	ohne Cue-Wechsel	603
		mit Cue-Wechsel	653
globale Validität	F(2,30) = 3.0 p = .07	87.5% valide	617
		75% valide	625
		62.5% valide	643
Position X globaler Cue-Wechsel	F(2,30) = 0.86 p = .44	Position 1, ohne Cue-Wechsel	647
		Position 1, mit Cue-Wechsel	706
		Position 2, ohne Cue-Wechsel	586
		Position 2, mit Cue-Wechsel	634
		Position 3, ohne Cue-Wechsel	578
		Position 3, mit Cue-Wechsel	620
Position X globale Validität	F(4,60) = .50 p = .74	Position 1, 87.5% valide	659
		Position 1, 75% valide	674
		Position 1, 62.5% valide	696
		Position 2, 87.5% valide	599
		Position 2, 75% valide	610
		Position 2, 62.5% valide	620
		Position 3, 87.5% valide	592
		Position 3, 75% valide	592
		Position 3, 62.5% valide	612

(Fortsetzung)

(Tab. B.14: Fortsetzung)

globaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(2,30) = .21 p = .81	ohne Cue-Wechsel,	87.5% valide	595
		ohne Cue-Wechsel,	75% valide	597
		ohne Cue-Wechsel,	62.5% valide	618
		mit Cue-Wechsel,	87.5% valide	638
		mit Cue-Wechsel,	75% valide	654
		mit Cue-Wechsel,	62.5% valide	667
Position X globaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(4,60) = .73 p = .58	Position 1, ohne Cue-Wechsel,	87.5% valide	625
		Position 1, ohne Cue-Wechsel,	75% valide	648
		Position 1, ohne Cue-Wechsel,	62.5% valide	667
		Position 1, mit Cue-Wechsel,	87.5% valide	693
		Position 1, mit Cue-Wechsel,	75% valide	700
		Position 1, mit Cue-Wechsel,	62.5% valide	724
		Position 2, ohne Cue-Wechsel,	87.5% valide	588
		Position 2, ohne Cue-Wechsel,	75% valide	579
		Position 2, ohne Cue-Wechsel,	62.5% valide	591
		Position 2, mit Cue-Wechsel,	87.5% valide	610
		Position 2, mit Cue-Wechsel,	75% valide	642
		Position 2, mit Cue-Wechsel,	62.5% valide	650
		Position 3, ohne Cue-Wechsel,	87.5% valide	573
		Position 3, ohne Cue-Wechsel,	75% valide	564
		Position 3, ohne Cue-Wechsel,	62.5% valide	596
		Position 3, mit Cue-Wechsel,	87.5% valide	612
		Position 3, mit Cue-Wechsel,	75% valide	620
		Position 3, mit Cue-Wechsel,	62.5% valide	628

Tab. B.15: **Experiment 3 – Proaktive Effekte lokaler Wechsel:** Zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globale Validität* (100% valide, 87.5% valide) und *Position der Wiederholung* (1. Wiederholung, 2. Wiederholung). *Position der Wiederholung* wurde abgekürzt durch „Position“.

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			587
globale Validität	F(1,15) = 11.2 p < .01	100% valide	552
		87.5% valide	621
Position	F(1,15) = 1.35 p = .26	1. Wiederholung	593
		2. Wiederholung	580
globale Validität X Position	F(1,15) = 0.84 p = .37	100% valide 1. Wiederholung	554
		100% valide 2. Wiederholung	551
		87.5% valide 1. Wiederholung	633
		87.5% valide 2. Wiederholung	609

Tab. B.16: **Experiment 3 – Lokale Wechselkosten:** Dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokaler Cue-Wechsel* (Wiederholung, Wechsel), *globale Validität* (100% valide, 87.5% valide, 75% valide, 62.5% valide) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			632
lokaler Cue-Wechsel	F(1,15) = 2.55 p = .13	Wiederholung	618
		Wechsel	645
globale Validität	F(3,45) = 6.59 p < .001	100% valide	581
		87.5% valide	640
		75% valide	648
		62.5% valide	659
Konsistenz	F(2,30) = 17.2 p < .001	neutral	582
		konsistent	651
		inkonsistent	662
lokaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(3,45) = 0.73 p = .54	Wiederholung, 100% valide	569
		Wiederholung, 87.5% valide	632
		Wiederholung, 75% valide	624
		Wiederholung, 62.5% valide	649
		Wechsel, 100% valide	593
		Wechsel, 87.5% valide	648
		Wechsel, 75% valide	672
		Wechsel, 62.5% valide	668
lokaler Cue-Wechsel X Konsistenz	F(2,30) = .57 p = .57	Wiederholung, neutral	574
		Wiederholung, konsistent	635
		Wiederholung, inkonsistent	646
		Wechsel, neutral	591
		Wechsel, konsistent	667
		Wechsel, inkonsistent	679
globale Validität X Konsistenz	F(6,90) = 1.46 p = .20	100% valide, neutral	532
		100% valide, konsistent	603
		100% valide, inkonsistent	607
		87.5% valide, neutral	577
		87.5% valide, konsistent	674
		87.5% valide, inkonsistent	669
		75% valide, neutral	593
		75% valide, konsistent	659
		75% valide, inkonsistent	692
		62.5% valide, neutral	628
		62.5% valide, konsistent	667
		62.5% valide, inkonsistent	681

(Fortsetzung)

(Tab. B.16: Fortsetzung)

lokaler Cue-Wechsel X globale Validität X Konsistenz	$F(6,90) = 1.31$ $p = .26$	Wiederholung,	100% valide,	neutral	519
		Wiederholung,	100% valide,	konsistent	582
		Wiederholung,	100% valide,	inkonsistent	605
		Wiederholung,	87.5% valide,	neutral	562
		Wiederholung,	87.5% valide,	konsistent	663
		Wiederholung,	87.5% valide,	inkonsistent	672
		Wiederholung,	75% valide,	neutral	581
		Wiederholung,	75% valide,	konsistent	645
		Wiederholung,	75% valide,	inkonsistent	645
		Wiederholung,	62.5% valide,	neutral	636
		Wiederholung,	62.5% valide,	konsistent	650
		Wiederholung,	62.5% valide,	inkonsistent	662
		Wechsel,	100% valide,	neutral	546
		Wechsel,	100% valide,	konsistent	625
		Wechsel,	100% valide,	inkonsistent	610
		Wechsel,	87.5% valide,	neutral	593
		Wechsel,	87.5% valide,	konsistent	685
		Wechsel,	87.5% valide,	inkonsistent	667
		Wechsel,	75% valide,	neutral	604
		Wechsel,	75% valide,	konsistent	673
		Wechsel,	75% valide,	inkonsistent	739
		Wechsel,	62.5% valide,	neutral	620
		Wechsel,	62.5% valide,	konsistent	684
Wechsel,	62.5% valide,	inkonsistent	700		

Tab. B.17: **Experiment 3 – Umschaltung nach invaliden Hinweisreizen:** Dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokale Validität* (valide, invalide), *globale Validität* (87.5% valide, 75% valide, 62.5% valide) und *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			681
lokale Validität	F(1,15) = 57.6 p < .001	valide	565
		invalide	797
globale Validität	F(2,30) = 3.11 p = .06	87.5% valide	698
		75% valide	678
		62.5% valide	667
globaler Cue-Wechsel	F(1,15) = 25.0 p < .001	ohne Cue-Wechsel	649
		mit Cue-Wechsel	712
lokale Validität X globale Validität	F(2,30) = 18.5 p < .001	valide, 87.5% valide	551
		valide, 75% valide	564
		valide, 62.5% valide	580
		invalide, 87.5% valide	845
		invalide, 75% valide	792
		invalide, 62.5% valide	753
lokale Validität X globaler Cue-Wechsel	F(1,15) = 3.47 p = .08	valide, ohne Cue-Wechsel	539
		valide, mit Cue-Wechsel	591
		invalide, ohne Cue-Wechsel	759
		invalide, mit Cue-Wechsel	834
globale Validität X globaler Cue-Wechsel	F(2,30) = .65 p = .53	87.5% valide, ohne Cue-Wechsel	672
		87.5% valide, mit Cue-Wechsel	724
		75% valide, ohne Cue-Wechsel	648
		75% valide, mit Cue-Wechsel	708
		62.5% valide, ohne Cue-Wechsel	627
		62.5% valide, mit Cue-Wechsel	705
lokale Validität X globale Validität X globaler Cue-Wechsel	F(2,30) = .80 p = .46	valide, 87.5% valide, ohne Cue-Wechsel	527
		valide, 87.5% valide, mit Cue-Wechsel	574
		valide, 75% valide, ohne Cue-Wechsel	538
		valide, 75% valide, mit Cue-Wechsel	591
		valide, 62.5% valide, ohne Cue-Wechsel	553
		valide, 62.5% valide, mit Cue-Wechsel	607
		invalide, 87.5% valide, ohne Cue-Wechsel	817
		invalide, 87.5% valide, mit Cue-Wechsel	873
		invalide, 75% valide, ohne Cue-Wechsel	759
		invalide, 75% valide, mit Cue-Wechsel	825
		invalide, 62.5% valide, ohne Cue-Wechsel	702
		invalide, 62.5% valide, mit Cue-Wechsel	804

Tab. B.18: **Experiment 3 – Globale Effekte von Cue-Wechsel und Validität der Hinweisreize:** Dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel), *globale Validität* (100% valide, 87.5% valide, 75% valide, 62.5% valide) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			592
globaler Cue-Wechsel	F(1,15) = 31.8 p < .001	ohne Cue-Wechsel	566
		mit Cue-Wechsel	618
globale Validität	F(3,45) = 20.0 p < .001	100% valide	541
		87.5% valide	603
		75% valide	602
		62.5% valide	624
Konsistenz	F(2,30) = 18.7 p < .001	neutral	551
		konsistent	611
		inkonsistent	616
globaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(3,45) = .20 p = .90	ohne Cue-Wechsel, 100% valide	514
		ohne Cue-Wechsel, 87.5% valide	574
		ohne Cue-Wechsel, 75% valide	580
		ohne Cue-Wechsel, 62.5% valide	598
		mit Cue-Wechsel, 100% valide	569
		mit Cue-Wechsel, 87.5% valide	632
		mit Cue-Wechsel, 75% valide	624
		mit Cue-Wechsel, 62.5% valide	649
globaler Cue-Wechsel X Konsistenz	F(2,30) = .59 p = .56	ohne Cue-Wechsel, neutral	527
		ohne Cue-Wechsel, konsistent	587
		ohne Cue-Wechsel, inkonsistent	585
		mit Cue-Wechsel, neutral	574
		mit Cue-Wechsel, konsistent	635
		mit Cue-Wechsel, inkonsistent	646
globale Validität X Konsistenz	F(6,90) = 1.55 p = .17	100% valide, neutral	504
		100% valide, konsistent	555
		100% valide, Inkonsistent	564
		87.5% valide, neutral	544
		87.5% valide, konsistent	631
		87.5% valide, Inkonsistent	634
		75% valide, neutral	559
		75% valide, konsistent	627
		75% valide, Inkonsistent	620
		62.5% valide, neutral	595
		62.5% valide, konsistent	631
		62.5% valide, Inkonsistent	645

(Fortsetzung)

(Tab. B.18: Fortsetzung)

globaler Cue-Wechsel X globale Validität X Konsistenz	$F(6,90) = 1.99$ $p = .08$	ohne Cue-Wechsel,	100% valide,	neutral	490
		ohne Cue-Wechsel,	100% valide,	konsistent	527
		ohne Cue-Wechsel,	100% valide,	inkonsistent	523
		ohne Cue-Wechsel,	87.5% valide,	neutral	527
		ohne Cue-Wechsel,	87.5% valide,	konsistent	598
		ohne Cue-Wechsel,	87.5% valide,	inkonsistent	596
		ohne Cue-Wechsel,	75% valide,	neutral	537
		ohne Cue-Wechsel,	75% valide,	konsistent	609
		ohne Cue-Wechsel,	75% valide,	inkonsistent	595
		ohne Cue-Wechsel,	62.5% valide,	neutral	553
		ohne Cue-Wechsel,	62.5% valide,	konsistent	612
		ohne Cue-Wechsel,	62.5% valide,	inkonsistent	628
		mit Cue-Wechsel,	100% valide,	neutral	518
		mit Cue-Wechsel,	100% valide,	konsistent	582
		mit Cue-Wechsel,	100% valide,	inkonsistent	605
		mit Cue-Wechsel,	87.5% valide,	neutral	562
		mit Cue-Wechsel,	87.5% valide,	konsistent	663
		mit Cue-Wechsel,	87.5% valide,	inkonsistent	672
		mit Cue-Wechsel,	75% valide,	neutral	581
		mit Cue-Wechsel,	75% valide,	konsistent	645
		mit Cue-Wechsel,	75% valide,	inkonsistent	645
		mit Cue-Wechsel,	62.5% valide,	neutral	636
mit Cue-Wechsel,	62.5% valide,	konsistent	650		
mit Cue-Wechsel,	62.5% valide,	inkonsistent	662		

Tab. B.19: **Experiment 4 – Lokale Wechselkosten:** Vierfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokaler Cue-Wechsel* (Wiederholung, Wechsel), *globaler Cue-Wechsel* (mit Cue-Wechsel (50-50), mit Cue-Wechsel (75-25)), *globale Validität* (100% valide, 75% valide) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			620
lokaler Cue-Wechsel	$F(1,11) = 9.4$ $p < .05$	Wiederholung	602
		Wechsel	637
globaler Cue-Wechsel	$F(1,11) = 1.75$ $p = .21$	mit Cue-Wechsel (50-50)	627
		mit Cue-Wechsel (75-25)	612
globale Validität	$F(1,11) = 15.6$ $p < .01$	100% valide	584
		75% valide	654
Konsistenz	$F(2,22) = 17.5$ $p < .001$	neutral	584
		konsistent	634
		inkonsistent	640

(Fortsetzung)

(Tab. B.19: Fortsetzung)

lokaler Cue-Wechsel X globaler Cue-Wechsel	F(1,11) = 0.26 p = .62	Wiederholung, mit Cue-Wechsel (50-50)	611
		Wiederholung, mit Cue-Wechsel (75-25)	593
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (50-50)	643
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (75-25)	631
lokaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(1,11) = 7.85 p < .05	Wiederholung, 100% valide	561
		Wiederholung, 75% valide	643
		Wechsel, 100% valide	608
		Wechsel, 75% valide	666
lokaler Cue-Wechsel X Konsistenz	F(2,22) = 2.31 p = .12	Wiederholung, neutral	561
		Wiederholung, konsistent	625
		Wiederholung, inkonsistent	619
		Wechsel, neutral	607
		Wechsel, konsistent	642
		Wechsel, inkonsistent	662
globaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(1,11) = 1.75 p = .21	mit Cue-Wechsel (50-50), 100% valide	588
		mit Cue-Wechsel (50-50), 75% valide	666
		mit Cue-Wechsel (75-25), 100% valide	581
		mit Cue-Wechsel (75-25), 75% valide	643
globaler Cue-Wechsel X Konsistenz	F(2,22) = 1.68 p = .21	mit Cue-Wechsel (50-50), neutral	585
		mit Cue-Wechsel (50-50), konsistent	650
		mit Cue-Wechsel (50-50), inkonsistent	646
		mit Cue-Wechsel (75-25), neutral	583
		mit Cue-Wechsel (75-25), konsistent	618
		mit Cue-Wechsel (75-25), inkonsistent	635
globale Validität X Konsistenz	F(2,22) = .44 p = .65	100% valide, neutral	551
		100% valide, konsistent	602
		100% valide, Inkonsistent	600
		75% valide, neutral	617
		75% valide, konsistent	665
		75% valide, inkonsistent	680
lokaler Cue-Wechsel X globaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(1,11) = 1.48 p = .25	Wdh., mit Cue-Wechsel (50-50), 100% valide	571
		Wdh., mit Cue-Wechsel (50-50), 75% valide	650
		Wdh., mit Cue-Wechsel (75-25), 100% valide	551
		Wdh., mit Cue-Wechsel (75-25), 75% valide	636
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (50-50), 100% valide	605
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (50-50), 75% valide	681
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (75-25), 100% valide	611
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (75-25), 75% valide	650

(Fortsetzung)

(Tab. B.19: Fortsetzung)

lokaler Cue-Wechsel X globaler Cue-Wechsel X Konsistenz	$F(2,22) = 1.89$ $p = .18$	Wdh., mit Cue-Wechsel (50-50),	neutral	572
		Wdh., mit Cue-Wechsel (50-50),	konsistent	642
		Wdh., mit Cue-Wechsel (50-50),	inkonsistent	618
		Wdh., mit Cue-Wechsel (75-25),	neutral	550
		Wdh., mit Cue-Wechsel (75-25),	konsistent	609
		Wdh., mit Cue-Wechsel (75-25),	inkonsistent	620
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (50-50),	neutral	597
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (50-50),	konsistent	658
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (50-50),	inkonsistent	673
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (75-25),	neutral	616
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (75-25),	konsistent	626
		Wechsel, mit Cue-Wechsel (75-25),	inkonsistent	650
lokaler Cue-Wechsel X globale Validität X Konsistenz	$F(2,22) = 1.62$ $p = .22$	Wiederholung, 100% valide,	neutral	530
		Wiederholung, 100% valide,	konsistent	582
		Wiederholung, 100% valide,	inkonsistent	570
		Wiederholung, 75% valide,	neutral	592
		Wiederholung, 75% valide,	konsistent	668
		Wiederholung, 75% valide,	inkonsistent	668
		Wechsel, 100% valide,	neutral	572
		Wechsel, 100% valide,	konsistent	622
		Wechsel, 100% valide,	inkonsistent	631
		Wechsel, 75% valide,	neutral	642
		Wechsel, 75% valide,	konsistent	663
		Wechsel, 75% valide,	inkonsistent	692
globaler Cue-Wechsel X globale Validität X Konsistenz	$F(2,22) = 2.87$ $p = .08$	mit Cue-Wechsel (50-50), 100% valide,	neutral	550
		mit Cue-Wechsel (50-50), 100% valide,	konsistent	603
		mit Cue-Wechsel (50-50), 100% valide,	inkonsistent	610
		mit Cue-Wechsel (50-50), 75% valide,	neutral	619
		mit Cue-Wechsel (50-50), 75% valide,	konsistent	696
		mit Cue-Wechsel (50-50), 75% valide,	inkonsistent	681
		mit Cue-Wechsel (75-25), 100% valide,	neutral	552
		mit Cue-Wechsel (75-25), 100% valide,	konsistent	601
		mit Cue-Wechsel (75-25), 100% valide,	inkonsistent	591
		mit Cue-Wechsel (75-25), 75% valide,	neutral	615
		mit Cue-Wechsel (75-25), 75% valide,	konsistent	635
		mit Cue-Wechsel (75-25), 75% valide,	inkonsistent	680

(Fortsetzung)

(Tab. B.19: Fortsetzung)

lokaler Cue-Wechsel X globaler Cue-Wechsel X globale Validität X Konsistenz	$F(2,22) = .44$ $p = .65$	Wdh., mit Cue-W.(50-50), 100% v., neutral	540
		Wdh., mit Cue-W.(50-50), 100% v., kons.	591
		Wdh., mit Cue-W.(50-50), 100% v., inkons.	582
		Wdh., mit Cue-W.(50-50), 75% v., neutral	604
		Wdh., mit Cue-W.(50-50), 75% v., kons.	692
		Wdh., mit Cue-W.(50-50), 75% v., inkons.	654
		Wdh., mit Cue-W.(75-25), 100% v., neutral	520
		Wdh., mit Cue-W.(75-25), 100% v., kons.	574
		Wdh., mit Cue-W.(75-25), 100% v., inkons.	558
		Wdh., mit Cue-W.(75-25), 75% v., neutral	581
		Wdh., mit Cue-W.(75-25), 75% v., kons.	644
		Wdh., mit Cue-W.(75-25), 75% v., inkons.	682
		Wechsel, mit Cue-W.(50-50), 100% v., neutral	560
		Wechsel, mit Cue-W.(50-50), 100% v., kons.	615
		Wechsel, mit Cue-W.(50-50), 100% v., inkons.	639
		Wechsel, mit Cue-W.(50-50), 75% v., neutral	634
		Wechsel, mit Cue-W.(50-50), 75% v., kons.	701
		Wechsel, mit Cue-W.(50-50), 75% v., inkons.	708
		Wechsel, mit Cue-W.(75-25), 100% v., neutral	583
		Wechsel, mit Cue-W.(75-25), 100% v., kons.	628
Wechsel, mit Cue-W.(75-25), 100% v., inkons.	623		
Wechsel, mit Cue-W.(75-25), 75% v., neutral	650		
Wechsel, mit Cue-W.(75-25), 75% v., kons.	625		
Wechsel, mit Cue-W.(75-25), 75% v., inkons.	677		

Tab. B.20: **Experiment 4 – Umschalten nach invaliden Hinweisreizen:** Zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *lokale Validität* (valide, invalide) und *Blockart* (mit Cue-Wechsel (50-50), KNNI).

Effekt	F / p	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			709
lokale Validität	$F(1,11) = 21.2$ $p < .001$	valide	615
		invalide	803
Blockart	$F(1,11) = .30$ $p = .60$	mit Cue-Wechsel (50-50)	713
		KNNI	705
lokale Validität X Blockart	$F(1,11) = .32$ $p = .58$	mit Cue-Wechsel (50-50), valide	615
		mit Cue-Wechsel (50-50), invalide	811
		KNNI, valide	615
		KNNI, invalide	796

Tab. B.21: **Experiment 4 – Globale Effekte von Cue-Wechsel und Validität der Hinweisreize:** Dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf den Faktoren *globaler Cue-Wechsel* (ohne Cue-Wechsel, mit Cue-Wechsel (50-50), mit Cue-Wechsel (75-25)), *globale Validität* (100% valide, 75% valide) und *Konsistenz* (neutral, konsistent, inkonsistent).

Effekt	<i>F / p</i>	Bedingung	RT (ms)
Gesamtmittel			590
globaler Cue-Wechsel	F(2,22) = 9.20 p < .01	ohne Cue-Wechsel	566
		mit Cue-Wechsel (50-50)	611
		mit Cue-Wechsel (75-25),	593
globale Validität	F(1,11) = 25.4 p < .001	100% valide	550
		75% valide	630
Konsistenz	F(2,22) = 27.8 p < .001	neutral	553
		konsistent	608
		inkonsistent	608
globaler Cue-Wechsel X globale Validität	F(2,22) = .11 p = .90	ohne Cue-Wechsel, 100% valide	527
		ohne Cue-Wechsel, 75% valide	605
		mit Cue-Wechsel (50-50), 100% valide	571
		mit Cue-Wechsel (50-50), 75% valide	650
		mit Cue-Wechsel (75-25), 100% valide	551
		mit Cue-Wechsel (75-25), 75% valide	636
globaler Cue-Wechsel X Konsistenz	F(4,44) = 1.79 p = .15	ohne Cue-Wechsel, neutral	537
		ohne Cue-Wechsel, konsistent	575
		ohne Cue-Wechsel, inkonsistent	587
		mit Cue-Wechsel (50-50), neutral	572
		mit Cue-Wechsel (50-50), konsistent	642
		mit Cue-Wechsel (50-50), inkonsistent	618
		mit Cue-Wechsel (75-25), neutral	550
		mit Cue-Wechsel (75-25), konsistent	609
		mit Cue-Wechsel (75-25), inkonsistent	620
globale Validität X Konsistenz	F(2,22) = 4.55 p < .05	100% valide, neutral	522
		100% valide, konsistent	567
		100% valide, inkonsistent	560
		75% valide, neutral	584
		75% valide, konsistent	650
		75% valide, inkonsistent	657

(Fortsetzung)

(Tab. B.21: Fortsetzung)

globaler Cue-Wechsel X globale Validität X Konsistenz	$F(4,44) = 1.68$ $p = .17$	ohne Cue-Wechsel,	100% valide,	neutral	507
		ohne Cue-Wechsel,	100% valide,	konsistent	536
		ohne Cue-Wechsel,	100% valide,	inkonsistent	539
		ohne Cue-Wechsel,	75% valide,	neutral	567
		ohne Cue-Wechsel,	75% valide,	konsistent	614
		ohne Cue-Wechsel,	75% valide,	inkonsistent	635
		mit Cue-Wechsel (50-50),	100% valide,	neutral	540
		mit Cue-Wechsel (50-50),	100% valide,	konsistent	591
		mit Cue-Wechsel (50-50),	100% valide,	inkonsistent	582
		mit Cue-Wechsel (50-50),	75% valide,	neutral	604
		mit Cue-Wechsel (50-50),	75% valide,	konsistent	692
		mit Cue-Wechsel (50-50),	75% valide,	inkonsistent	654
		mit Cue-Wechsel (75-25),	100% valide,	neutral	520
		mit Cue-Wechsel (75-25),	100% valide,	konsistent	574
		mit Cue-Wechsel (75-25),	100% valide,	inkonsistent	558
		mit Cue-Wechsel (75-25),	75% valide,	neutral	581
		mit Cue-Wechsel (75-25),	75% valide,	konsistent	644
		mit Cue-Wechsel (75-25),	75% valide,	inkonsistent	682