

# **Selektive Aufmerksamkeit und kognitive Ressourcen**

## Untersuchungen zum *Flanker*-Effekt

Peter M. Bak

Dissertation zur Erlangung der naturwissenschaftlichen Doktorwürde  
des Fachbereichs I (Psychologie) der Universität Trier

Gutachter:

Prof. Dr. Jochen Brandtstädter

Prof. Dr. Karl Friedrich Wender

Juli 1999



# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| INHALTSVERZEICHNIS .....   | I         |
| VORBEMERKUNG .....   | IV        |
| <b>1 EINFÜHRUNG .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2 DIE FLANKER-INTERFERENZ.....</b>  | <b>6</b>  |
| 2.1 DIE KLASSISCHE UNTERSUCHUNG VON ERIKSEN UND ERIKSEN.....   | 7         |
| 2.2 WIE ENTSTEHT FLANKER-INTERFERENZ? .....  | 8         |
| 2.3 FAZIT.....   | 11        |
| <b>3 SELEKTIVE INFORMATIONSVERARBEITUNG.....</b>   | <b>12</b> |
| 3.1 BROADBENTS FILTER-MODELL.....  | 13        |
| 3.2 DAS RESSOURCEN- UND KAPAZITÄTSKONZEPT .....  | 14        |
| 3.2.1 <i>Motivationale Faktoren beim Einsatz von Verarbeitungsressourcen.....</i>                                    | <i>16</i> |
| 3.2.2 <i>Das Ressourcen- und Kapazitätskonzept in der Gedächtnispsychologie.....</i>                                 | <i>17</i> |
| 3.2.3 <i>Exkurs: Kognitives Altern .....</i>   | <i>18</i> |
| 3.2.4 <i>Spezifische Interferenz .....</i>   | <i>20</i> |
| 3.2.5 <i>Automatische versus nicht automatische Prozesse.....</i>  | <i>21</i> |
| 3.2.5.1 Automatische Prozesse .....  | 21        |
| 3.2.5.2 Nicht-automatische Prozesse.....   | 22        |
| 3.2.5.3 Konzeptuelle Schwierigkeiten bei der Unterscheidung von automatischen und nicht-automatischen Prozessen..... | 23        |
| 3.3 ZUSAMMENFASSUNG.....   | 24        |
| <b>4 FRÜHE SELEKTION VERSUS SPÄTE SELEKTION.....</b>   | <b>26</b> |
| 4.1 EXKURS: DAS BINDUNGSPROBLEM UND DIE FRAGE NACH DER REIZIDENTIFIKATION VOR DER REIZVERARBEITUNG .....             | 27        |
| 4.2 ZUR RESSOURCENABHÄNGIGKEIT DES SELEKTIONSZEITPUNKTES.....  | 30        |
| 4.3 EXPERIMENT I.....  | 32        |
| 4.3.1 <i>Methode.....</i>  | <i>32</i> |
| 4.3.1.1 <i>Material .....</i>  | <i>32</i> |
| 4.3.1.2 <i>Versuchsplan .....</i>  | <i>34</i> |
| 4.3.1.3 <i>Durchführung .....</i>  | <i>34</i> |
| 4.3.1.4 <i>Stichprobe.....</i>   | <i>35</i> |
| 4.3.2 <i>Auswertung .....</i>  | <i>35</i> |
| 4.3.2.1 <i>Datenbereinigung.....</i>   | <i>35</i> |
| 4.3.2.2 <i>Analyse der Reaktionszeiten .....</i>   | <i>35</i> |
| 4.3.2.3 <i>Analyse der Fehler.....</i>   | <i>36</i> |
| 4.3.3 <i>Diskussion.....</i>   | <i>37</i> |
| 4.4 EXPERIMENT II.....   | 38        |
| 4.4.1 <i>Methode.....</i>  | <i>38</i> |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 4.4.1.1  | Versuchsplan und Material.....  | 38        |
| 4.4.1.2  | Durchführung .....  | 39        |
| 4.4.1.3  | Stichprobe.....   | 40        |
| 4.4.2    | <i>Auswertung</i> .....   | 40        |
| 4.4.2.1  | Datenbereinigung.....   | 40        |
| 4.4.2.2  | Analyse der Reaktionszeiten .....                                     | 40        |
| 4.4.2.3  | Analyse der Fehler .....  | 41        |
| 4.4.3    | <i>Diskussion</i> .....   | 42        |
| <b>5</b> | <b>RÄUMLICHE AUFMERKSAMKEIT .....</b>                                 | <b>44</b> |
| 5.1      | DIE <i>SPOTLIGHT</i> -METAPHER.....                                   | 44        |
| 5.2      | AUFMERKSAMKEITSVERENGUNG <i>VERSUS</i> AUFMERKSAMKEITSKONVERGENZ..... | 48        |
| 5.2.1    | <i>Aufmerksamkeitsverengung (Modell A)</i> .....                      | 48        |
| 5.2.2    | <i>Aufmerksamkeitskonvergenz (Modell B)</i> .....                     | 50        |
| 5.3      | EXPERIMENT III .....  | 51        |
| 5.3.1    | <i>Methode</i> .....  | 52        |
| 5.3.1.1  | Versuchsplan und Material.....  | 52        |
| 5.3.1.2  | Durchführung .....  | 52        |
| 5.3.1.3  | Stichprobe.....   | 53        |
| 5.3.2    | <i>Auswertung</i> .....   | 53        |
| 5.3.2.1  | Datenbereinigung.....   | 53        |
| 5.3.2.2  | Analyse der Reaktionszeiten .....                                     | 53        |
| 5.3.2.3  | Analyse der Fehler .....  | 55        |
| 5.3.3    | <i>Diskussion</i> .....   | 56        |
| 5.4      | EXPERIMENT IV .....   | 57        |
| 5.4.1    | <i>Methode</i> .....  | 57        |
| 5.4.1.1  | Versuchsplan und Material.....  | 57        |
| 5.4.1.2  | Durchführung .....  | 58        |
| 5.4.1.3  | Stichprobe.....   | 59        |
| 5.4.2    | <i>Auswertung</i> .....   | 59        |
| 5.4.2.1  | Datenbereinigung.....   | 59        |
| 5.4.2.2  | Analyse der Reaktionszeiten .....                                     | 59        |
| 5.4.2.3  | Analyse der Fehler.....   | 61        |
| 5.4.3    | <i>Diskussion</i> .....   | 61        |
| 5.5      | ZUSAMMENFASSENDE BETRACHTUNG DER <i>EXPERIMENTE I BIS IV</i> .....    | 62        |
| <b>6</b> | <b>SELEKTIVE AUFMERKSAMKEIT UND HANDELN.....</b>                      | <b>66</b> |
| 6.1      | ZWEI PROZESSE DER AUFMERKSAMKEITSTEUERUNG .....                       | 67        |
| 6.2      | SELEKTION-ZUR-HANDLUNGSSTEUERUNG .....                                | 69        |
| 6.3      | WAHRNEHMUNGS-HANDLUNGS-KOPPLUNG.....                                  | 72        |
| 6.3.1    | <i>Das ACT*-Modell von Anderson</i> .....                             | 72        |
| 6.3.2    | <i>Die Zuordnung von Reiz und Reaktion</i> .....                      | 74        |
| 6.3.2.1  | <i>S-R-mapping</i> .....  | 74        |

---

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 6.3.2.2  | <i>S-R-matching</i> .....   | 76        |
| 6.3.3    | <i>Die Bedeutung von top-down-Prozessen</i> .....                             | 77        |
| 6.3.4    | <i>Der flanker-Effekt als Resonanzmaß für aufgabenrelevante Inhalte</i> ..... | 79        |
| 6.3.5    | <i>Fazit</i> .....  | 80        |
| 6.4      | EXPERIMENT V .....  | 82        |
| 6.4.1    | <i>Methode</i> .....  | 83        |
| 6.4.1.1  | Material .....  | 83        |
| 6.4.1.2  | Versuchsplan .....  | 83        |
| 6.4.1.3  | Durchführung .....  | 84        |
| 6.4.1.4  | Stichprobe.....   | 86        |
| 6.4.2    | <i>Auswertung der flanker-Aufgabe</i> .....                                   | 86        |
| 6.4.2.1  | Datenbereinigung.....   | 86        |
| 6.4.2.2  | Analyse der Reaktionszeiten .....   | 86        |
| 6.4.2.3  | Analyse der Fehler.....   | 87        |
| 6.4.3    | <i>Auswertung der Rekognitionsaufgabe</i> .....                               | 88        |
| 6.4.3.1  | Analyse der Rekognitionszeiten .....  | 88        |
| 6.4.3.2  | Analyse der Rekognitionsfehler .....  | 88        |
| 6.4.4    | <i>Fazit</i> .....  | 89        |
| 6.5      | EXPERIMENT VI .....   | 90        |
| 6.5.1.1  | Stichprobe.....   | 90        |
| 6.5.2    | <i>Auswertung</i> .....   | 90        |
| 6.5.2.1  | Datenbereinigung.....   | 90        |
| 6.5.2.2  | Analyse der Reaktionszeiten .....   | 91        |
| 6.5.2.3  | Analyse der Fehler.....   | 91        |
| 6.5.3    | <i>Fazit</i> .....  | 92        |
| <b>7</b> | <b>RESÜMEE</b> .....  | <b>93</b> |
|          | <b>LITERATUR</b> .....  | <b>99</b> |

## Vorbemerkung

Obwohl die vorliegende Arbeit durch meine Tätigkeit in der entwicklungspsychologischen Abteilung von Prof. Dr. Jochen Brandtstädter angeregt wurde, hat sie eine allgemeinspsychologische Fragestellung zum Thema. Persönlich war die Arbeit dennoch eine entwicklungspsychologische Herausforderung, die ich ohne die Hilfe und Unterstützung Dritter wohl kaum so bewältigt hätte. Zuerst möchte ich deswegen Prof. Dr. Jochen Brandtstädter dafür danken, daß er mir den (auch thematischen) Freiraum bei der Entwicklung und Ausführung des Dissertationsprojektes gegeben hat. Prof. Dr. Jochen Brandtstädter und allen Kollegen aus dieser Abteilung danke ich darüber hinaus sehr dafür, daß sie mir stets als kompetente Gesprächspartner zur Verfügung standen und mich durch ihre Hilfsbereitschaft in vielfältiger Weise unterstützt haben. Besonders freut es mich, daß sich Prof. Dr. Karl Friedrich Wender bereit erklärt hat, diese Arbeit zusammen mit Prof. Dr. Jochen Brandtstädter zu begutachten. Mein Dank geht weiter auch an die wissenschaftlichen Hilfskräfte unserer Abteilung, deren engagierte Arbeit eine wertvolle Hilfe war. Auch möchte ich mich bei meinen Kollegen und Freunden Rainer Rothkegel und Dr. Ullrich Schmitz bedanken, die v.a. in „schwierigen Zeiten“ Geduld mit mir hatten und sich immer Zeit für mich nahmen. Eva und meiner Schwester Annette danke ich sehr, weil sie die mühevollen Arbeit auf sich nahmen, die Arbeit des Korrekturlesens zu übernehmen. Eva danke ich besonders dafür, daß sie meine Launen ohne erkennbare Zeichen des Unmuts ertragen und mich durch ihren Optimismus stets dazu angetrieben hat, die Arbeit fertigzustellen.

Trier, im Juni 1999

*Peter M. Bak*

# 1 Einführung

In natürlichen wie experimentellen Kontexten müssen oft bestimmte, visuell dargebotene Informationen beachtet und andere Informationen ignoriert werden. In Experimenten zur fokussierten visuellen Aufmerksamkeit, z.B. mit der *flanker*-Aufgabe (Eriksen & Eriksen, 1974), wird den Teilnehmern ein aus mehreren Zeichen bestehendes visuelles Arrangement dargeboten. Es gilt, für den als entscheidungsrelevant gekennzeichneten Reiz eine einfache Klassifikationsentscheidung zu treffen (z.B. ob es sich um den Buchstaben *H* oder *T* handelt). Andere, simultan vorliegende Reize sollen nicht beachtet werden. Diese an und für sich einfache Aufgabe kann jedoch Schwierigkeiten bereiten. Je nach der Beziehung zwischen dem relevanten Reiz und den irrelevanten Reizen erfolgt die Klassifikationsentscheidung schneller oder langsamer. Dieses Ergebnismuster wird als *flanker*-Interferenz bzw. *flanker*-Effekt bezeichnet und dadurch erklärt, daß die irrelevanten Reize trotz anderslautender Instruktion automatisch verarbeitet werden.

Interferenz- und Störeffekte lassen sich auch im Alltag beobachten. Zwar können die unterschiedlichsten Tätigkeiten miteinander kombiniert werden, Schwierigkeiten tauchen aber dann auf, wenn die kognitiven Verarbeitungsressourcen für die Erledigung anstehender Aufgaben nicht ausreichen. Selbst eine so gut geübte Tätigkeit wie das Gehen wird unter Umständen unterbrochen, wenn man gerade damit beschäftigt ist, über einen komplizierten Sachverhalt nachzudenken<sup>1</sup>, oder wenn „interessantere“ Reize die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Düker (1983) liefert hierfür eine treffende Beschreibung:

Ähnlich verhält es sich mit Radfahrern, die, regelmäßig die Pedale tretend, gelöst und ohne Hast die Landstraße entlang radeln und sich gemütlich unterhalten. Weist nun aber einer von ihnen plötzlich auf ein in der Nähe auftauchendes Ereignis hin, z.B. auf einen aufgeschreckten, davoneilenden Hasen, dem sich die übrigen rasch zuwenden und das Ereignis verfolgen, setzt die Pedaltätigkeit aus, so daß die Räder aufgrund ihrer Bewegungsträgheit im Freilauf weiterfahren. Das Tretten der Pedale setzt erst wieder ein, wenn das Fahren unsicher wird oder das Ereignis nicht mehr interessiert (Düker, 1983, S. 86).

---

<sup>1</sup> Interessanterweise scheint dieses Phänomen bei älteren Menschen, denen es an kognitiven Verarbeitungsressourcen mangelt, noch ausgeprägter zu sein (siehe hierzu z.B. Lindenberger & Baltes, 1997).

Solche Interferenzen weisen darauf hin, daß die Menge dessen, was in einem bestimmten Zeitraum beachtet und verarbeitet werden kann, begrenzt ist. An einer Stelle der Informationsverarbeitung gibt es einen Engpaß, durch den nur bestimmte Informationen gelangen. Der Prozeß der selektiven Bevorzugung von Informationen wird traditionell unter dem Begriff „Selektive Aufmerksamkeit“ gefaßt.

Im allgemeinen gelingt es relativ mühelos, die Aufmerksamkeit willkürlich und gezielt auf aktuell relevante Ereignisse zu richten. Wie der *flanker*-Effekt verdeutlicht, treten aber Selektionsprobleme auf, wenn ein Teil der Aufmerksamkeit unwillkürlich auf irrelevante Reize verlegt wird. Dies muß nicht notwendigerweise auf Schwachstellen im informationsverarbeitenden System hinweisen, sondern kann auch als adaptive Funktionsweise des kognitiven Apparats interpretiert werden. Es ist für den Organismus durchaus funktional, sich auf Eventualitäten vorzubereiten und „über den Tellerrand“ der aktuell bedeutsamen Informationen hinweg zu schauen. Das Erkennen von Gefahrensignalen kann hier beispielhaft genannt werden. Durch das Voraktivieren aktuell irrelevanter Informationen wird ein schnelleres Reagieren für den Fall gewährleistet, daß diese Informationen bedeutsam für das Handeln sind.

Auch für höhere kognitive Leistungen ist die Fähigkeit adaptiv, sich ursprünglich irrelevanten Inhalten zuzuwenden. Auf die Blockade von Handlungszielen muß die Auflösung zielbezogener Kognitionen folgen. Das kognitive System muß sich für bisher unberücksichtigte Inhalte öffnen, um Neuorientierungsprozesse einzuleiten. Ein erfolgreiches Ablösen von blockierten Handlungszielen wird so möglich (siehe auch Rothermund, 1998). Die Verarbeitung irrelevanter Reize wird aber dysfunktional, wenn der Organismus daran gehindert wird, die zentralen und bedeutsamen Informationen zu beachten und gewünschte Verhaltensweisen auszuführen. Wäre ein Fluglotse nicht fähig, auf die relevanten Informationen seines Kontrollschirms zu reagieren, weil er durch irrelevante Signale abgelenkt wird, könnte dies fatale Folgen haben. Mechanismen der Informationsverarbeitung müssen daher eine Balance zwischen signalgesteuerter und intentionsgeleiteter Verarbeitung halten. Die Informationsselektion muß flexibel sein, damit Reize und Signale Handlungen initiieren können. Gleichzeitig muß ausgeschlossen werden, daß Ereignisse ablaufendes Verhalten ständig unterbrechen (vgl. hierzu Flowers, 1993; Gollwitzer, 1991).

In diesen Formulierungen wird vorausgesetzt, daß die zur Verfügung stehende Aufmerksamkeitskapazität endlich ist. Diese Vorstellung findet sich in vielen Modellen der Informationsverarbeitung (zum Überblick vgl. etwa Neumann, 1996). Sie ergibt sich fast zwangsläufig aus der Erkenntnis, daß die Fähigkeit, Informationen aufzunehmen und weiterzuverarbeiten, begrenzt ist (z.B. Simon, 1957). Wie eng Kapazität und Selektion zusammenhängen, wird z.B. bei Broadbent (1971) deutlich:

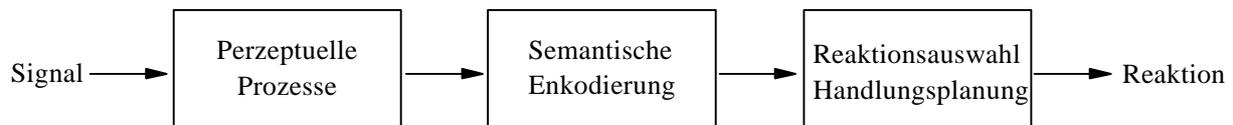
If there were really sufficient machinery available in the brain to perform such an [tiefe] analysis for every stimulus, and to use the results to decide which should be selected, it is difficult to see why any selection at all should occur. The obvious utility of a selection system is to produce an economy in mechanism. If a complete analysis were performed even of the neglected message, there seems no reason for selection at all (Broadbent, 1971, S. 147).

Diese Aussage legt nahe, daß Selektionsprobleme dann auftreten, wenn für die Verarbeitung irrelevanter Reize ausreichende Ressourcen vorhanden sind. Sind dagegen durch die Verarbeitung relevanter Informationen die gesamten Aufmerksamkeitsressourcen gebunden, werden irrelevante Reize kaum oder gar nicht verarbeitet. Alltägliche Beobachtungen stützen diese Vermutung, die gleichzeitig den Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit markiert. Die Beschäftigung mit einem komplexen Sachverhalt oder das Ausführen einer komplizierten Tätigkeit kann zu einer Art „Tunnelblick“ führen. Eine Konsequenz davon ist, daß irrelevante Reize von der Verarbeitung ausgeschlossen werden. Von Tiefseetauchern ist z.B. bekannt, daß sie sich so stark darauf konzentrieren, sich an die Wasseroberfläche hochzukämpfen, daß sie es oft versäumen, die Bleigewichte loszulassen, die sich an einem leicht zu lösenden Gürtel befinden und die sie unter Wasser halten (Norman, 1989).

Um Prozesse der selektiven Informationsverarbeitung zu untersuchen, muß eine Aufgabe gewählt werden, bei der eine Selektionssituation vorliegt. Hier bietet sich die *flanker*-Aufgabe an, die insbesondere zur Analyse der visuellen Aufmerksamkeit eingesetzt wird. Obwohl mehrere Reize simultan präsentiert werden, darf nur ein Reiz zur Weiterverarbeitung ausgewählt werden. Aussagen über die Verarbeitung irrelevanter Stimuli sind dann durch die Erfassung von Interferenzeffekten möglich. In KAPITEL 2 wird ausführlicher auf diese Untersuchungsmethode eingegangen werden.

Theorien der Informationsverarbeitung nehmen mehrere, seriell geschaltete Phasen oder Ebenen der Verarbeitung an (siehe auch Massaro & Cowan, 1993). Zu Beginn stehen

perzeptuelle Prozesse (Form- und Merkmalsentdeckung), am Ende kognitiv anspruchsvollere Prozesse (semantische Kodierung, Handlungsplanung; vgl. *Abbildung 1*). Zahlreiche empirische Befunde zeigen, daß die Selektion auf verschiedenen Ebenen stattfinden kann (vgl. z.B. Lambert, 1985). Sie kann sehr früh (*early selection*) nach ersten perzeptuellen Analysen erfolgen, oder erst später, wenn die vorliegenden Informationen semantisch enkodiert wurden (*late selection*). Kapazitäts- oder Ressourcenmodelle der Informationsverarbeitung (siehe KAPITEL 3) gehen davon aus, daß perzeptuelle Prozesse wenige Ressourcen benötigen, während spätere Prozesse ressourcenintensiv sind. Daraus läßt sich die Erwartung ableiten, daß der Selektionszeitpunkt durch die Menge der verfügbaren Aufmerksamkeitsressourcen beeinflusst wird. Es kann angenommen werden, daß die Selektion bei ausreichenden Verarbeitungsressourcen spät erfolgt, während bei reduzierten Ressourcen früh selektiert wird (vgl. Lavie, 1995). Zwei *flanker*-Experimente (*Experiment I* und *Experiment II*), die in KAPITEL 4 vorgestellt werden, können diese Annahme stützen: Bei hohem Verarbeitungsaufwand findet sich keine *flanker*-Interferenz.



*Abbildung 1:* Illustration eines einfachen Phasenmodells der Informationsverarbeitung

Die in der *flanker*-Aufgabe realisierte Reizanordnung legt nahe, daß die Selektion des relevanten Reizes durch die räumliche Verteilung der Aufmerksamkeitsressourcen beeinflusst wird. In verschiedenen Modellen der räumlichen Aufmerksamkeit wird ein Zusammenhang zwischen der Enge des Aufmerksamkeitsfokus und der Menge der verfügbaren kognitiven Ressourcen angenommen (siehe z.B. Eriksen & St. James, 1986). Ressourcen können auf einen engen räumlichen Bereich konzentriert werden, so daß Reize außerhalb dieser Region unbeachtet bleiben. Alternativ können Ressourcen im visuellen Raum breiter verteilt werden. Dies geht unter Umständen zu Lasten der Detailgenauigkeit in der Reizverarbeitung. In KAPITEL 5 wird untersucht, wie sich die Menge verfügbarer Aufmerksamkeitsressourcen auf die Breite der Aufmerksamkeitsverteilung auswirkt. Geht ein Ressourcenmangel mit einer Verengung des Aufmerksamkeitsfokus einher? Das Ergebnis eines weiteren Experiments

---

(*Experiment III*) kann in diesem Sinne interpretiert werden. Der Versuch, diesen Befund mit einer veränderten Ressourcenmanipulation zu replizieren (*Experiment IV*), scheitert jedoch. Damit ist fraglich, ob das Kapazitäts- bzw. Ressourcenkonstrukt zur Erklärung der bisherigen Ergebnisse ausreicht.

In neueren Ansätzen der Aufmerksamkeitsforschung (siehe KAPITEL 6) wird vor allem die Funktion der Aufmerksamkeit für die Handlungssteuerung betont (vgl. auch Neumann, 1987b). Interferenzeffekte werden hier nicht auf Schwierigkeiten bei der Verteilung von Verarbeitungsressourcen zurückgeführt, sondern auf Probleme, die sich aus funktionalen Inkompatibilitäten aktivierter Handlungstendenzen ergeben. Es wird angenommen, daß in den Experimenten *I* bis *IV* weniger der Mangel an Aufmerksamkeitsressourcen zu einer Reduktion der *flanker*-Interferenz geführt hat, als vielmehr die Schwierigkeiten, vorliegende Reize den entsprechenden Antwortreaktionen zuzuordnen. Die Befunde zweier weiterer Experimente (*Experiment V* und *Experiment VI*) stützen diese Annahme. Die *flanker*-Interferenz kann also nicht nur im Sinne eines Selektionsproblems interpretiert werden, sondern auch Folge einer erhöhten Sensitivität für aktuell handlungsrelevante Informationen sein.

## 2 Die flanker-Interferenz

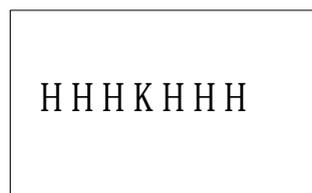
*Ich sollte einem Besucher einen Raum zuteilen. Ich wollte die Abteilungssekretärin anrufen, um ihr die Zimmernummer mitzuteilen. Ich benutzte das Telefon in der Nische draußen vor dem Zimmer und hatte die Zimmernummer vor Augen. Anstatt die – mir wohlbekannt und von mir häufig benutzte – Nummer der Sekretärin zu wählen, wählte ich die Zimmernummer.*  
(Norman, 1989, S. 131)

Schwierigkeiten bei der selektiven Verarbeitung aufgabenrelevanter Informationen lassen sich vor allem in Experimenten zur visuellen Aufmerksamkeit demonstrieren. In der *Stroop*-Aufgabe (Stroop, 1935; Übersichten dazu finden sich etwa bei Dyer, 1973; MacLeod, 1991) wird den Versuchspersonen ein Farbwort präsentiert. Ihre Aufgabe ist es, die Farbe zu benennen, in der das Wort dargeboten wird. In der kompatiblen Bedingung bezeichnet das Farbwort die zu benennende Farbe, in der inkompatiblen Bedingung wird das Farbwort dagegen in einer diskrepanten Farbe präsentiert. Es zeigt sich, daß die Benennreaktion im kompatiblen Fall schneller erfolgt als im inkompatiblen Fall. Gleichartige Effekte finden sich auch in der *Simon*-Aufgabe (Simon, 1969; Simon & Rudell, 1967; Überblicke geben Lu & Proctor, 1995; Proctor & Reeve, 1990; Proctor & Dutta, 1995; ein Vergleich von *Stroop*- und *Simon*-Aufgabe findet sich bei O’Leary & Barber, 1993). Hier sehen die Versuchspersonen einen Stimulus entweder auf der rechten oder linken Seite des Computerbildschirms. Je nach Stimulus müssen sie mit einer linken oder rechten Tastenreaktion antworten. Es zeigt sich, daß die Reaktion auf den Reiz schneller ausgeführt wird, wenn der Ort der Stimulusdarbietung dem Ort der Antwortreaktion entspricht (der Stimulus wird z.B. links dargeboten, die Antwort wird auf der linken Hälfte der Tastatur abgegeben). Dagegen reagieren die Versuchspersonen verzögert, wenn sich Stimulusort und Antwortort unterscheiden (der Reiz erscheint links, die Reaktion erfolgt jedoch rechts).

Sowohl in der *Stroop*- als auch in der *Simon*-Aufgabe ist die Trennung von relevanter und irrelevanter Information schwierig. Dies liegt daran, daß der zu beachtende Reiz gleichzeitig relevante und irrelevante Informationsaspekte enthält. Dies gilt jedoch nicht für die *flanker*-Aufgabe (Eriksen & Eriksen, 1974; zum Überblick siehe Cohen & Shoup, 1997; Eriksen & Schulz, 1979; Eriksen, 1995; Pashler, 1998; Styles, 1997), die ebenfalls zur Untersuchung der visuellen Aufmerksamkeit eingesetzt wird.

## 2.1 Die klassische Untersuchung von Eriksen und Eriksen

In der typischen *flanker*-Aufgabe besteht eine vollständige Reizkonfiguration aus mehreren visuell dargebotenen Einzelreizen, die meistens nebeneinander angeordnet sind. Die Versuchsperson muß für den zentralen Reiz (*target*) eine einfache Klassifikationsentscheidung treffen und gleichzeitig dargebotene Distraktorstimuli (*flanker*) ignorieren. In der klassischen Untersuchung von Eriksen und Eriksen (1974) war bei den Buchstaben *H* und *K* die linke Taste, bei den Buchstaben *S* und *C* die rechte Taste zu drücken. Daneben wurden weitere Buchstabenreize, die horizontal auf beiden Seiten des Zielreizes angeordnet waren, als *flanker* präsentiert (vgl. *Abbildung 2*). In *kompatiblen* Durchgängen stammten *target* und *flanker* aus derselben Buchstabenmenge (z.B. HHHKHHH). In den *inkompatiblen* Durchgängen wurden Buchstaben aus unterschiedlichen Buchstabenmengen gewählt (z.B. SSSHSSS). In einer weiteren Bedingung wurde das *target* durch Buchstaben, die keiner der beiden Materialmengen angehörten und damit auch mit keiner spezifischen Antwort assoziiert waren, flankiert (*entscheidungsneutrale* Bedingung). Obwohl die Flankierreize für die Klassifikationsentscheidung irrelevant sind, beeinflussen sie dennoch die Entscheidung. Die Klassifikationsentscheidung wird in den kompatiblen Durchgängen schneller getroffen als in den neutralen Durchgängen; am langsamsten wird in den inkompatiblen Durchgängen reagiert. Dieses als *flanker-Interferenz* (oder *flanker-Effekt*)



*Abbildung 2:* Illustration des Bildschirmaufbaus in dem Experiment von Eriksen und Eriksen (1974)

bezeichnete Ergebnismuster verdeutlicht, daß die Auswahl aufgabenrelevanter Informationen nicht ideal selektiv ist. Auch die für die Aufgabenbearbeitung irrelevanten Reize werden verarbeitet und stören die Reaktion auf das *target*. Obwohl die Aufgabe scheinbar einfach ist, kann die Versuchsperson sich nicht ungestört und absichtsgemäß verhalten, weil sie die irrelevanten Reize nicht vollständig ignorieren kann.

## 2.2 Wie entsteht *flanker-Interferenz*?

Die *flanker-Interferenz* entsteht nach Eriksen und Eriksen (1974; vgl. auch Eriksen & Schulz, 1979) bei der Handlungsauswahl, also zu einem relativ späten Zeitpunkt der Informationsverarbeitung. Für diese Interpretation sprechen Befunde, wonach selbst bei korrekter Antwort elektromyographische Aktivität in der „falschen“ Hand nachgewiesen werden kann (z.B. Coles, Gratton, Bashore, Eriksen & Donchin, 1985; Eriksen, Coles, Morris & O'Hara, 1985; Smid, Mulder & Mulder, 1990).

In traditionellen Modellen der Informationsverarbeitung, etwa dem Modell der additiven Faktoren von Sternberg (Sternberg, 1969; 1975), werden mehrere, separate Stufen der Verarbeitung angenommen, die zwischen Signal und Reaktion liegen. Der Informationsfluß von einer Stufe zur nächsten verläuft diskret. Eine Verarbeitungsstufe gibt ihren *output* erst nach einer vollständigen Analyse an die nachgeordnete Verarbeitungsstufe weiter. Im Gegensatz dazu nehmen Eriksen und Schultz (1979; vgl. auch Smid, Mulder & Mulder, 1990) an, daß der Informationsfluß von einer Stufe zur nächsten kontinuierlich verläuft (*continuous flow conception*; zum Vergleich diskreter und kontinuierlicher Modelle der Informationsverarbeitung siehe auch Massaro, 1993; Miller, 1988; Sanders, 1990). Der Entwicklung eines Films vergleichbar, akkumuliert die Stimulusinformation graduell im visuellen System. Mit der Präsentation der Stimuli beginnen *input*-Kanäle kontinuierlich Merkmalsdetektoren zu versorgen, von denen selbst wiederum eine kontinuierliche Versorgung nachgeschalteter Formdetektoren ausgeht. Der von diesen Formeinheiten ausgehende *output* aktiviert ein nachgeschaltetes Antwortsystem. Das Ergebnis dieser Teilprozesse wird mit zunehmender Dauer des gesamten Verarbeitungsvorgangs immer exakter und detaillierter. Auf der Antwortebene werden zunächst viele mögliche Antworten voraktiviert. Mit zunehmender Genauigkeit sinkt jedoch die Anzahl an Antwortalternativen, die noch mit den allmählich entstehenden Kriterien verträglich sind. Ein Inhibitionsprozeß sorgt dafür, daß die voraktivierten Handlungstendenzen nicht sofort ausgelöst werden. Die Ausführung aktivierter Handlungstendenzen wird unterbunden, bis eine kritische Grenze erreicht wird. Interferenz ist nach dieser Vorstellung nur möglich, solange die Reize noch nicht vollständig enkodiert sind (vgl. hierzu auch Mordkoff, 1996). Sind die voraktivierten Antworten inkompatibel, entsteht ein Antwortkonflikt. Die Stärke dieses Konflikts hängt erstens von der Anzahl voraktivierter Antworten ab und zweitens von der Stärke der

Voraktivierung. Besitzen *target* und *flanker* viele Gemeinsamkeiten, dann wird die Voraktivierung alternativer Antworten länger anhalten und daher mehr Interferenz entstehen, als wenn weniger Gemeinsamkeiten vorliegen (vgl. auch Santee & Egeth, 1982). Je unterschiedlicher *target* und *flanker* sind, desto kürzer werden die Reaktionszeiten sein (Eriksen & Schulz, 1979; siehe auch Flowers & Wilcox, 1982).

Eine Alternativerklärung deutet Miller (1988) an: Es ist denkbar, daß die Flankierreize nur in manchen Fällen starke Interferenz erzeugen, in anderen Fällen dagegen nur schwache oder sogar keine Interferenz. Interferenz entsteht, wenn der *flanker* „aus Versehen“ selektiert wurde. *Target* und *flanker* werden nicht gleichzeitig, sondern seriell verarbeitet (vgl. hierzu auch Eriksen, Goettl, St. James & Fournier, 1989). Eine mögliche Ursache dafür könnte in einer ungenauen Ausrichtung, einem „Flackern“ der Aufmerksamkeit liegen (vgl. LaBerge, 1983). Die Chance für die falsche Selektion des Flankierreizes ist um so größer, je näher *flanker* und *target* beieinanderliegen. Dafür sprechen Befunde, wonach die Interferenzstärke mit zunehmendem Distraktorabstand geringer wird (z.B. Eriksen & Eriksen, 1974; Eriksen, Pan & Botella, 1993; Gatti & Egeth, 1978; Miller, 1991). Dieser Distanzeffekt ist nicht allein darauf zurückzuführen, daß die Flankierreize sich bei größerer Entfernung nicht mehr im Bereich des scharfen Sehens befinden, wie etwa van der Heijden (1992) vermutet. Untersuchungen, in denen dieser Faktor explizit kontrolliert wurde, können dies zeigen (z.B. Eriksen & Hoffman, 1973; Eriksen & St. James, 1986).

Die Frage, ob der *flanker* stets oder nur in manchen Fällen für Interferenz sorgt, ist empirisch schwer zu entscheiden. Für die Ermittlung von Interferenzeffekten wird auf die mittleren Reaktionszeiten pro Bedingung zurückgegriffen. Mittelwertsdifferenzen geben jedoch keine Auskunft über die Verarbeitung der *flanker* in einzelnen Durchgängen. Unter der Annahme, daß die für die Interferenz verantwortlichen Aufmerksamkeitsfehler relativ selten auftreten, kann aber die Betrachtung der Reaktionszeitverteilungen bei kompatibelem und inkompatiblen Distraktor aufschlußreich sein. Trifft dies zu, dann sollten sich vor allem bei längeren Reaktionszeiten Interferenz zeigen. Entsteht dagegen in jedem Durchgang Interferenz, kann angenommen werden, daß sich der *flanker*-Effekt unabhängig von der Reaktionsgeschwindigkeit in allen Bereichen der Reaktionszeitverteilung gleichermaßen zeigt (vgl. auch Eriksen, Pan & Botella, 1993; Miller, 1988; Pashler, 1998). Eriksen, Eriksen und Hoffman (1986) verglichen die kumulativen Reaktionszeitverteilungen für kompatible und inkompatible Durchgänge und ermittelten eine über den gesamten Reaktionszeitbereich

konstante Interferenzstärke. Sanders (1995) berichtet dagegen, daß unvollständig enkodierte Reize die Verarbeitung nachfolgender Stimuli nicht beeinflussen. Das spricht eher für eine diskrete Informationsverarbeitung. Auch der Umstand, daß es bei der Verwendung von Wortstimuli zu Interferenz kommt (z.B. Allport, 1977; Lambert, Beard & Thompson, 1988; Shaffer & LaBerge, 1979), kann nicht mit einer kontinuierlichen Informationsverarbeitung erklärt werden. Interferenz kann hier erst nach einer vollständigen Enkodierung aller Reize entstehen. Vermutlich hängt es von der jeweiligen Aufgabe ab, ob die Verarbeitung eher kontinuierlich oder diskret verläuft. Bei niedrigen perzeptuellen Prozessen ist von einem kontinuierlichen Informationsfluß auszugehen, kognitiv höhere Prozesse können dagegen auch diskret ablaufen (siehe auch Mulder & van Galen, 1995).

Die Interpretation des *flanker*-Effekts als Antwortkonflikt setzt voraus, daß die Distraktorreize so weit verarbeitet werden, daß die damit assoziierte Reaktionstendenz aktiviert wird (vgl. Eriksen & Eriksen, 1974). Es stellt sich daher die Frage, ob Interferenz auch unabhängig von einem Antwortkonflikt entstehen kann. Einen Hinweis dafür liefert die Untersuchung von Botella (1991). Hier zeigte sich, daß die Flankierreize selbst dann Interferenz produzieren, wenn sie mit dem Zurückhalten einer Reaktion assoziiert waren. Aufschlußreich in dieser Hinsicht ist auch die Untersuchung von Shaffer und LaBerge (1979; siehe auch Eriksen & Eriksen, 1979). Hier wurden einer spezifischen Antwortreaktion Reize aus unterschiedlichen semantischen Kategorien zugeordnet. Bei verschiedenen Exemplaren der Kategorien *Metalle* und *Möbelstücke* mußte mit der einen Hand, bei Exemplaren der Kategorien *Kleidungsstücke* und *Bäume* mit der anderen Hand reagiert werden. Mit dieser Anordnung können Effekte, die auf einer Aktivierung konkurrierender Handlungstendenzen beruhen, von solchen unterschieden werden, die unabhängig von der Antwort sind. Sind *target* und *flanker* an unterschiedliche Reaktionen gekoppelt (z.B. ein *Metall* als *target* und ein *Kleidungsstück* als *flanker*), ergeben sich längere Klassifikationszeiten, wenn die Ursache für die *flanker*-Interferenz in einem Antwortkonflikt besteht. Sind *target* und *flanker* trotz unterschiedlicher Kategoriezugehörigkeit mit der gleichen Antwortreaktion verbunden (z.B. ein *Metall* als *target* und als Flankierreiz ein *Möbelstück*), lassen sich verzögerte Entscheidungszeiten nicht auf einen Antwortkonflikt zurückführen. In diesem Fall wird durch das *target* und den *flanker* die gleiche Reaktionstendenz aktiviert. Tatsächlich konnten Shaffer und LaBerge (1979) in beiden Bedingungen Interferenzeffekte finden, also den typischen Antwortkonflikt und einen von der Antwort unabhängigen Effekt. Dies legt nahe,

daß Interferenz auch auf der Ebene der Stimulusklassifikation und vor der Phase der Handlungsauswahl entstehen kann.

## 2.3 Fazit

Die Befundlage zum *flanker*-Effekt zeigt, daß selbst einfache Tätigkeiten durch die Verarbeitung irrelevanter Reize bzw. Reizaspekte gestört werden. Obwohl die Identifizierung von *target* und Flankierreizen unproblematisch ist, gelingt es in der *flanker*-Aufgabe nicht, nur die aufgabenrelevanten Reize selektiv zu beachten. Auch wenn das Beachten der Distraktoren nicht zur Aufgabe gehört, beeinflussen diese dennoch die Klassifikationsentscheidung. Der Einfluß der Distraktoren wird daher oft als unwillkürlich bezeichnet (z.B. Cowan, 1988; Miller, 1987). Die *flanker*-Aufgabe eignet sich daher auch zur Überprüfung automatisch ablaufender, kognitiver Prozesse, wie etwa der semantischen Aktivierung (z.B. Mitchell & Perlmutter, 1986; Shaffer & LaBerge, 1979). Der Einfluß der Distraktoren kann aber auch verringert oder sogar vermieden werden, wenn sie in großer Entfernung vom *target* dargeboten werden. Außerdem zeigt sich kein *flanker*-Effekt, wenn die Aufmerksamkeit bereits vor der Präsentation des *targets* auf der Darbietungsposition ruht. In dem Experiment von Yantis und Johnston (1990) wurde dies dadurch ermöglicht, daß das *target* durch einen Markierreiz 100 ms vor der Präsentation angekündigt wurde.

### 3 Selektive Informationsverarbeitung

*Nicht alle gleichzeitigen Reizwirkungen setzen sich im Bewußtsein durch, denn dessen Leistungsfähigkeit ist begrenzt.*  
(Henning, 1925, S. 607)

Die Menge verfügbarer Aufmerksamkeitsressourcen ist begrenzt. Bereits bei Wundt (1911) findet sich die Aussage, daß „der Umfang der im physiologischen Sinne deutlich gesehenen Objekte [bei tachistoskopisch präsentierten Reizen] größer gewesen ist als der Umfang der Aufmerksamkeit“ (Wundt, 1911, S. 255). In neuerer Zeit ist dies spätestens seit Sperlings (1960) Untersuchungen zum visuellen Gedächtnis bekannt (siehe auch Averbach & Coriell, 1961; Estes & Taylor, 1966). Sperling (1960) hatte seinen Versuchspersonen eine Anordnung aus drei Zeilen mit jeweils vier Buchstaben für sehr kurze Zeit (15 – 500 ms) vorgegeben. In einem sich unmittelbar an die Darbietung anschließenden Reproduktionstest konnten diese von insgesamt 16 Buchstaben durchschnittlich kaum mehr als vier Buchstaben korrekt wiedergeben. Dies entsprach jedoch nicht dem, was die Versuchspersonen tatsächlich wahrgenommen hatten. Wurde nämlich kurz nach der Darbietung der Buchstabenmatrix ein Ton eingespielt, der angab, welche Zeile der Vorlage anschließend wiederzugeben war, konnten durchschnittlich mehr als drei Buchstaben reproduziert werden. Folglich muß die Gesamtzahl der kurzzeitig verfügbaren Stimuli größer gewesen sein, als dies die Erinnerungsleistung der Versuchspersonen vermuten läßt. Obwohl Sperling (1960) an Eigenschaften des ikonischen Speichers interessiert war, ist der Selektionsaspekt in dem Experiment offensichtlich. Entscheidend für die Behaltensleistung müssen somit dem Wahrnehmungsvorgang nachgeschaltete Prozesse sein, durch die nur bestimmte Reize aus dem Reizangebot zur Weiterverarbeitung ausgewählt werden. Nach Broadbent (1958) übernimmt diese Aufgabe ein Aufmerksamkeitsfilter.

### 3.1 Broadbents Filter-Modell

Broadbent (1958) entwickelte ein Modell der Informationsverarbeitung mit mehreren Verarbeitungsstufen. Damit Reizinformationen handlungswirksam werden können, müssen sie durch einen zentralen Verarbeitungskanal gelangen, an den sich ein Effektorsystem anschließt. Dieser Verarbeitungskanal ist kapazitätsbegrenzt. Ein vorgeschalteter Aufmerksamkeitsfilter schützt den Kanal vor Überlastung und gewährleistet, daß nur relevante Informationen weiterverarbeitet werden. Die eigentliche Reizauswahl erfolgt in einer sehr frühen Phase der Verarbeitung aufgrund einfacher Merkmale (z.B. Lokation oder Tonhöhe). Eine detaillierte semantische Verarbeitung findet erst später, im kapazitätsbegrenzten Verarbeitungskanal statt.

Aufschlußreich im Hinblick auf die Art und Menge der verarbeiteten Informationen sind Untersuchungen zum dichotischen Hören (ein Überblick dazu findet sich z.B. bei Hussy, 1986). Hier müssen die Versuchspersonen Botschaften, die auf einem Ohr eingespielt werden, nachsprechen („beschatten“) und Botschaften auf dem anderen Ohr ignorieren. In der Regel können Personen nur sehr wenig von der Botschaft aufnehmen, die sie ignorieren sollen. Zwar werden oberflächliche, physikalische Eigenschaften der Botschaft, z.B. ob sie von einer weiblichen oder männlichen Stimme gesprochen wurde, erinnert. Bereits ein Sprachwechsel vom Englischen ins Deutsche aber bleibt unbemerkt (Cherry, 1953). Aussagen über den Inhalt der Botschaft können darüber hinaus kaum gemacht werden.

Es gibt aber Situationen, bei denen die Konzentration auf relevante Inhalte schwieriger ist. Straßenlärm kann so stark ablenken, daß es nicht mehr, oder nur durch erhebliche Anstrengungen möglich ist, eine intendierte Aktivität, etwa das Lesen eines Buches, erfolgreich durchzuführen. Das Zählen gewonnener Punkte nach einem Skatspiel kann zu einer schwierigen Aufgabe werden, wenn ein Mitspieler damit beschäftigt ist, laut seine Punkte zu zählen<sup>2</sup>. Ein anderes Beispiel ist unter dem Namen „Cocktail-Party“-Effekt bekannt: Obwohl man gerade mit großer Aufmerksamkeit einem Gespräch folgt, werden Umgebungsreize, wie das Nennen des eigenen Namens, nicht vollständig von der Verarbeitung ausgeschlossen. Neben solchen Alltagsbeispielen waren es wieder

---

<sup>2</sup> Untersuchungen zum *unattended speech*-Effekt legen nahe, daß es dabei keine Rolle spielt, ob der Mitspieler wirklich zählt oder nur sinnlose Silben produziert (vgl. Baddeley, 1997; Salamé & Baddeley, 1982).

Untersuchungen zum dichotischen Hören, die die Konzeption eines „Alles-oder-nichts“-Filters in Frage stellen. Mackay (1973; vgl. auch Lackner & Garrett, 1972) zeigte, daß die Interpretation mehrdeutiger Sätze („sie warfen gestern Steine auf die Bank“) auf dem zu beachtenden Kanal durch die Präsentation geeigneter Wörter („Fluß“, „Geld“) auf dem ignorierten Kanal beeinflußt wird. Lewis (1970; vgl. auch Holender, 1986; Marcel, 1983) stellte fest, daß Personen sich zwar nicht an Wörter erinnern konnten, die auf dem irrelevanten Kanal dargeboten wurden, daß diese Wörter jedoch, je nach semantischer Verbundenheit mit der relevanten Botschaft interferierten. Im Gegensatz zu Broadbents (1958) Vorstellung einer frühen Selektion sprechen solche Ergebnisse eher für eine späte Selektion.

Treisman (1960) versuchte mit ihrer *filter-attenuation-theory* die Unzulänglichkeit von Broadbents (1958) Modell zu beseitigen. Anstelle eines Filters wird hier ein Aufmerksamkeitsregler (*attenuator*) angenommen, dessen Aufgabe darin besteht, dem relevanten Kanal mehr und dem irrelevanten Kanal weniger Kapazität zuzuteilen. Die Idee einer teilbaren Kapazität führte in der Folgezeit zur Entwicklung sogenannter „Kapazitäts-“ oder „Ressourcentheorien“. Selektivität bedeutet nach diesen Modellen, daß verschiedenen Prozessen unterschiedlich viel Verarbeitungsressourcen bzw. -kapazität zugeteilt wird.

### **3.2 Das Ressourcen- und Kapazitätskonzept**

Die Begriffe *Ressourcen* und *Kapazität* werden gebraucht, um zu erklären, warum es nicht möglich ist, mehrere Aktivitäten gleichzeitig auszuführen oder mehreren Reizen zugleich und in gleichem Ausmaß Aufmerksamkeit zu schenken. Ressourcen- oder Kapazitätsmodelle gehen von der Aufteilung einer Gesamtkapazität oder mehrerer spezifischer Kapazitäten auf gleichzeitig laufende kognitive Prozesse aus (z.B. Kerr, 1973; Navon & Gopher, 1979; Norman & Bobrow, 1975; Wickens, 1984; einen kritischen Überblick geben Hirst & Kalmar, 1987; Neumann, 1987; Neumann, 1996; Sanders, 1997; einen Überblick über formale, kapazitätsbegrenzte Modelle der Informationsverarbeitung gibt Bundesen, 1996). Die Verwendung der Begriffe *Ressourcen* und *Kapazität* ist jedoch uneinheitlich. LaBerge und Samuels (1974) setzen z.B. Aufmerksamkeit und Kapazität gleich, Norman und Bobrow (1975) präferieren den Ressourcenbegriff. Auch finden sich unterschiedliche Umschreibungen des Ressourcenkonzepts. Johnston und Heinz (1978, S. 422) beschreiben

Verarbeitungskapazität als „the limited pool of energy, resources, or fuel by which some cognitive operations or processes are mobilized and maintained“ (vgl. auch Craik & Byrd, 1982). Navon (1984, S. 217) kennzeichnet Ressourcen als „any internal input essential for processing [...] that is available in quantities that are limited at any point in time“, und Wickens (1984) umschreibt Verarbeitungsressourcen wie folgt:

The concept of processing resources is proposed as a hypothetical intervening variable to account for variations in the efficiency with which time-sharing can be carried out; that is, the degree to which two tasks can be performed concurrently as well as each can be performed in isolation (Wickens, 1984, S. 63).

So unterschiedlich die einzelnen Umschreibungen auch sind, Ressourcen- und Kapazitätsmodelle sind zur Verdeutlichung eines grundlegenden Prinzips der Informationsverarbeitung deshalb so attraktiv, weil bereits die alltägliche Verwendung der Begriffe *Ressourcen* und *Kapazität* ein intuitives Verständnis ihrer Bedeutung erlaubt. Wenn wir im Alltag eine Aufgabe ablehnen, weil wir „im Moment nicht über genügend Ressourcen verfügen“, oder weil „im Moment nicht ausreichend Kapazität vorhanden ist“, so meinen wir damit, daß es uns in einem gegebenen Zeitrahmen nicht möglich ist, neben einer zu erledigenden Aufgabe noch weitere Aufgaben zu übernehmen. Dieses alltagssprachliche Verständnis wird auch in Kahnemans (1973) Arbeit *Attention and Effort* deutlich, in der die Begriffe Anstrengung (*effort*), Aufmerksamkeit und Kapazität synonym verwendet werden. Ob sich zwei Aufgaben bei der simultanen Bearbeitung stören, hängt davon ab, wie viel Anstrengung oder Aufmerksamkeit jede Aktivität für sich beansprucht. Zwei Tätigkeiten behindern sich, wenn beide Aufgaben auf die gleichen (endlichen) Ressourcen zurückgreifen. Dies macht plausibel, warum sich selbst zwei sehr unterschiedliche Aktivitäten, wie etwa das Sortieren von Karten und das Generieren zufälliger Zahlen (Baddeley, 1966) oder das kurzfristige Behalten verbaler Informationen und eine simultan zu bearbeitenden visuellen *tracking*-Aufgabe (Watkins, Watkins, Craik & Mazuryk, 1973), gegenseitig stören. Je mehr Ressourcen durch die Bearbeitung einer Aufgabe gebunden sind, desto weniger stehen für andere Aufgaben zur Verfügung. Typischerweise wird der Einfluß geteilter Aufmerksamkeitsressourcen daher durch Anordnungen untersucht, bei denen die Versuchspersonen zwei Aufgaben gleichzeitig bearbeiten müssen (z.B. eine einfache arithmetische Aufgaben und eine Gedächtnisaufgabe). Vergleicht man die Leistungen in Doppelaufgaben mit der Aufgabenleistung bei Einzelbearbeitung, dann lassen sich Kosten abschätzen, die sich durch die Verteilung von Aufmerksamkeitsressourcen ergeben.

Zu beachten ist ferner, daß auch das Management der Ressourcenverteilung selbst Ressourcen benötigt (*cost of concurrence*, Navon & Gopher, 1979). Die Menge eingesetzter Verarbeitungsressourcen reicht zur Leistungsvorhersage jedoch nicht aus. Norman und Bobrow (1975) unterscheiden ressourcenbegrenzte (*resource-limited*) von datenbegrenzten (*data-limited*) Aufgaben. Ressourcenbegrenzt ist eine Aufgabe, wenn ein positiver Zusammenhang zwischen den eingesetzten Ressourcen und der Leistung besteht. In datenbegrenzten Aufgabe wirkt sich dagegen ein verstärkter Ressourceneinsatz nur begrenzt leistungssteigernd aus. Ist etwa die Vorlage visuell „verrauscht“, kann die schlechte Qualität der Daten durch einen verstärkten Einsatz von Ressourcen nur bedingt kompensiert werden.

### **3.2.1 Motivationale Faktoren beim Einsatz von Verarbeitungsressourcen**

Kahnemans (1973) Konzeption von Aufmerksamkeit weist darauf hin, daß es entscheidend von motivationalen Parametern abhängt, ob und in welchem Maß Ressourcen zur Aufgabenbearbeitung eingesetzt werden (vgl. auch Humphreys & Revelle, 1984; Sanders, 1983). Nach Humphreys und Revelle (1984) geht ein erhöhtes *arousal* mit einer Erhöhung von Aufmerksamkeitsressourcen einher, während die Kurzzeitgedächtnisressourcen unter den selben Bedingungen sinken. Hasher und Zacks (1979) nehmen dagegen einen umgekehrt U-förmigen Zusammenhang zwischen Erregung und Kapazität an: „At low levels of arousal, capacity seems to increase with increasing levels of arousal. At high levels, a reduction in functional capacity occurs“ (Hasher & Zacks, 1979, S. 364). Wie die Unterscheidung zwischen *heuristischer* und *systematischer* Informationsverarbeitung verdeutlicht (vgl. etwa Bohner, Moskowitz & Chaiken, 1995; Chaiken, Liberman & Eagly, 1989), wird auch die Verarbeitungsstrategie durch die aktuelle Motivation beeinflusst. Bei geringer Motivation wird ein heuristischer, ressourcenschonender Informationsverarbeitungsmodus gewählt, bei dem Schemata und der Gebrauch einfacher Regeln dominieren. Bei hoher Motivation wird dagegen ein kognitiv anstrengenderer, systematischer Verarbeitungsmodus gewählt. Zusätzlich kann die momentane Stimmung moderierend wirken. Bless, Bohner, Schwarz und Strack (1990) untersuchten z.B., wie sich eine Ablenkungsaufgabe auf den Zusammenhang von Stimmungen und der Überzeugungskraft schwacher und starker Argumente auswirkt. Während sich negativ gestimmte Personen vor allem durch starke Argumente überzeugen lassen, besitzen positiv gestimmte Personen in dieser Hinsicht keine eindeutige Präferenz. Werden nun kognitive Verarbeitungsressourcen durch eine Zusatzaufgabe gebunden, so

verliert sich der Vorteil starker Argumente bei Personen mit negativer Stimmung. Bei Personen mit positiver Stimmung wirkt sich die Ressourcenmanipulation dagegen nicht aus. Bei positiver Stimmung überwiegt demnach die heuristische Verarbeitungsweise, während negativ gestimmte Personen eher zu einer systematischen Verarbeitung neigen. Andere Untersuchungen legen demgegenüber einen generellen Zusammenhang von Depression und reduzierten Ressourcen nahe (siehe z.B. Ellis, 1991; Hartlage, Alloy, Vazquez & Dykman 1993; Hasher & Zacks, 1979; vgl. aber Hertel & Rude, 1991). Außerdem gibt es Belege dafür, daß Stress und Angst zu einer Verengung des Aufmerksamkeitsfokus führen (z.B. Easterbrook, 1959; Wessel & Merckelbach, 1997; Williams, Tonymon & Andersen, 1991).

### 3.2.2 Das Ressourcen- und Kapazitätskonzept in der Gedächtnispsychologie

Neben der Aufmerksamkeitsforschung findet sich der Kapazitätsbegriff mit einer etwas anderen, meistens präziseren Bedeutung auch in der Gedächtnispsychologie. Hier wird von begrenzter Kapazität in erster Linie gesprochen, wenn damit die begrenzte Fähigkeit gemeint ist, sich Informationen kurzfristig zu merken. Im allgemeinen können etwa sieben („The magical number seven“ Miller, 1956) unterschiedliche Informationen (Ziffern, Buchstaben oder Wörter) kurzzeitig behalten werden. Miller (1956) weist darauf hin, daß die Spanne des Kurzzeitgedächtnisses unabhängig von dem Informationsgehalt (angegeben in *bit*) der Einzelelemente ist (vgl. auch Pollack, 1953). Die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses läßt sich z.B. steigern, wenn man einzelne Elemente zu Einheiten (*chunks*, Miller, 1956) zusammenfaßt. Dieser Punkt, der gerade für die Bestimmung der verfügbaren Kapazität von Bedeutung ist, wird in traditionellen Modellen der Aufmerksamkeit vernachlässigt. Die Vorstellung, daß das informationsverarbeitende System die Aufgabe hat, aus einem Informationsangebot bestimmte Informationen auszuwählen (Broadbent, 1958), ist daher insofern ungenau, als damit eine Gleichsetzung von Information und Signal vorgenommen wird. Mit der Präsentation eines Stimulus ist zunächst nicht entschieden, welche Informationen damit für die Person verbunden sind. Das Zeichen „O“ kann z.B. je nach Kontext entweder als Zahl Null oder als Buchstabe angesehen werden. Welche Informationen durch ein Signal vermittelt werden hängt also nicht nur von den vorliegenden Daten ab (*bottom-up*), sondern wird auch durch situative und personale Faktoren beeinflusst (*top-down*).

Das Ressourcenkonzept ist für die Unterscheidung verschiedener Gedächtnisaufgaben von Bedeutung. Roediger (1990; 1993) unterscheidet *perzeptuelle* von *konzeptuellen* Aufgaben. Bei konzeptuellen Aufgaben (z.B. freies Erinnern) stehen Integrationsprozesse im Vordergrund, die zwischen eingehenden Informationen bedeutungshaltige Verbindungen stiften oder die Informationen mit bereits vorhandenem Wissen verknüpfen (Elaboration, Organisation). Diese Aufgaben sind ressourcenintensiv. Bei perzeptuellen oder datengesteuerten Aufgaben (z.B. Wortstammergänzung) steht dagegen die Nutzung wahrnehmungsnaher Attribute im Vordergrund. Solche Aufgaben benötigen weniger Ressourcen. Der unterschiedliche Ressourcenbedarf beider Aufgabentypen zeigt sich daran, daß sich eine Ablenkungsaufgabe stärker auf die Leistung in konzeptuellen Aufgaben auswirkt (z.B. Wippich, Markert, Hannig & Mecklenbräuker, 1990).

### **3.2.3 Exkurs: Kognitives Altern**

Zentrale Bedeutung kommt dem Ressourcenkonzept auch in der kognitiven Altersforschung zu. Allgemein wird von einer alterskorrelierten Abnahme von Verarbeitungsressourcen ausgegangen (vgl. Craik & Byrd, 1982; Craik, 1977; Hasher & Zacks, 1979; Kausler, 1991; Light, 1991). So weisen ältere Menschen nicht nur eine geringere Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses auf (z.B. Salthouse, 1991; Salthouse & Babcock, 1992), sie haben auch dann Defizite, wenn die Aufgabenbearbeitung ressourcenintensiv ist (Salthouse, 1992). Bei Aufgaben, denen ein geringerer Ressourcenbedarf unterstellt wird, finden sich dagegen keine oder nur geringfügige Alterseffekte. Insbesondere scheinen Prozesse der semantischen Aktivationsausbreitung altersinvariant zu sein (z.B. Balota & Duchek, 1988; Burke, Diaz & White, 1987; Cerella & Fozard, 1984; Hashtroudi, Chrosniak & Schwartz, 1991; Light & Singh, 1987). In Doppelaufgaben zeigen ältere Menschen dagegen größere Leistungseinbußen als jüngere Personen (z.B. Crossley & Hiscock, 1992). In anderen Untersuchungen konnten Alterseffekte mit jüngeren Personen modelliert werden, wenn diese bei der Bearbeitung einer Aufgabe durch eine Zusatzaufgabe abgelenkt wurden (z.B. Isingrini, Vazou & Leroy, 1995; Russo & Parkin, 1993).

Bei Gedächtnisaufgaben hängt die Leistung älterer Menschen davon ab, ob die Erinnerungsleistung mit Erinnerungsinstruktion (explizite Aufgaben) oder ohne Erinnerungsinstruktion (implizite Aufgaben) abgefragt wird. Bei impliziten Gedächtnis-

aufgaben ist im Gegensatz zu expliziten Verfahren kein bewußtes Erinnern an Informationen einer vorangehenden Lernepisode erforderlich (vgl. dazu Graf & Schacter, 1985). Implizite Aufgaben sind also ressourcenschonender als explizite Aufgaben. Leistungseinbußen älterer Menschen finden sich daher vor allem bei expliziten Tests, kaum aber bei impliziten Verfahren (z.B. Isingrini, Vazou & Leroy, 1995; Light & Singh, 1987)<sup>3</sup>.

Bei der Betrachtung kognitiver Alterungsprozesse müssen auch sich verändernde biologische und physiologische Parameter berücksichtigt werden, wie z.B. Veränderungen des zentralen Nervensystems (vgl. hierzu z.B. West, 1996), neuronaler Verlust, eine geringere Durchblutung des Gehirns oder eine veränderte Produktion von Neurotransmittern (zum Überblick siehe z.B. Schneider & Rowe, 1990). Der Verlust von Dopaminrezeptoren bei älteren Menschen (siehe hierzu z.B. Roth & Joseph, 1994; Volkow et al., 1998a; Volkow et al., 1998b) könnte eine Ursache für das sich mit zunehmendem Alter verschlechternde Signal-Rausch-Verhältnis sein (z.B. Allen, Madden, Weber & Crozier, 1992; Salthouse, 1985). Wie die Untersuchung von Kischka, Kammer, Maier und Weisbrod (1996) zeigt, kann durch die Verabreichung von Dopamin das Signal-Rausch-Verhältnis verbessert werden. In diesem Zusammenhang aufschlußreich sind auch Befunde, wonach sich mit zunehmendem Alter ein Verlust in der Fähigkeit zur Inhibierung aufgabenirrelevanter, nicht zielführender Informationen einstellt, wodurch sich die Prägnanz eingehender Reize verringern kann (vgl. dazu das Konzept des *loss of inhibition* z.B. bei Hasher & Zacks, 1988). Ältere Menschen haben z.B. beim Lesen eines Textes Schwierigkeiten, eine ursprünglich nahegelegte Textinterpretation wieder aufzugeben (z.B. Hamm & Hasher, 1992). Auch sind ältere Menschen weniger in der Lage, irrelevante Textinformationen zu ignorieren (z.B. Connelly, Hahser & Zacks, 1991). Ebenfalls im Sinne eines Inhibitionsverlusts lassen sich die Befunde interpretieren, wonach sich bei älteren Menschen kein negativer *priming*-Effekt<sup>4</sup> einstellt (siehe z.B. Hasher, Stoltzfus, Zacks & Rypma, 1991; Kane, Hasher, Stoltzfus, Zacks & Connelly, 1994; McDowd & Oseas-Kreger, 1991). Wie andere Studien zeigen (z.B. Kramer, Humphrey, Larish, Logan & Strayer, 1994; Sullivan & Faust, 1993), ist die Befundlage hierzu jedoch keineswegs eindeutig.

---

<sup>3</sup> Entwicklungspsychologisch interessant ist, daß sich alterskorrelierte Effekte auch bei Kindern nachweisen lassen. So zeigen Kindern im Vorschulalter im Gegensatz zu Kindern im Schulalter vor allem bei expliziten Erinnerungstests Leistungsdefizite (z.B. Mecklenbräuker & Wippich, 1995; Wippich, Mecklenbräuker & Brausch, 1989).

<sup>4</sup> Als negativer *priming*-Effekt wird in Reaktionszeitexperimenten die verzögerte Reaktion auf einen Reiz bezeichnet, der im vorangehenden Durchgang zu ignorieren war (z.B. Tipper, 1985).

Alternativ zu der Annahme eines alterskorrelierten Ressourcendefizits wird davon ausgegangen, daß sich Leistungseinbußen auf eine generelle Verlangsamung aller kognitiven Basisprozesse im Alter zurückführen lassen (z.B. Cerella, 1985; Myerson, Ferraro, Hale & Lima, 1992; Salthouse, 1985). Auch dies kann u.a. mit der nachlassenden Funktion des dopaminergen Systems zusammenhängen (z.B. Servan-Schreiber, Carter, Bruno & Cohen, 1998; Volkow et al., 1998a).

### **3.2.4 Spezifische Interferenz**

Gegen die Annahme eines für alle Prozesse gemeinsam genutzten Ressourcenpools sprechen Befunde zur „spezifischen Interferenz“. Hierzu zählt die Beobachtung, daß die gleichzeitige Bearbeitung ähnlicher Aufgaben schwieriger ist als die Bearbeitung unterschiedlicher Aufgaben (vgl. Allport, Antonis & Reynolds 1972; Henning, 1925; Mowbray, 1964; Segal & Fusella, 1970; zum Überblick siehe Neumann, 1996; Sanders, 1980; Wickens, 1980; Wickens, 1984). Solche Befunde führten zur Annahme mehrerer, aufgaben- oder modalitätsspezifischer Verarbeitungsressourcen und -kapazitäten (Navon & Gopher, 1979; Navon & Gopher, 1980; Wickens, 1984; kritisch dazu z.B. Navon, 1984; Neumann, 1987; Neumann, 1996). Problematisch hierbei ist, daß sich mit zunehmender Zahl postulierter Ressourcen oder Kapazitäten auch der Erklärungswert der Konzepte verringert (Wickens, 1984)<sup>5</sup>. Zudem bleibt offen, warum es selbst bei sehr unterschiedlichen Aufgaben zu Interferenz- und Störeffekten kommen kann. Unabhängig davon ergeben sich für das Ressourcenkonzept weitere Schwierigkeiten aus der Beobachtung, daß sich zwei simultan ausgeführte Tätigkeiten nicht notwendigerweise stören (z.B. Posner & Boies, 1971). Neben Prozessen, die Aufmerksamkeitskapazität für sich beanspruchen, gibt es auch Prozesse, die keine Kapazität benötigen (Kerr, 1973; LaBerge & Samuels, 1974).

---

<sup>5</sup> Diese Schwierigkeiten wurden bereits zu Anfang des Jahrhunderts von Wundt (1914) angesprochen: „Aber, sehen wir selbst von den wachsenden Schwierigkeiten ab, in die sich diese Hypothese verwickelte, wenn die spezifischen Energien mit der ungeheuren Mannigfaltigkeit der Sinnesempfindungen gleichen Schritt halten sollten, offenbar wird bei ihr überhaupt nur durch einen an sich bedeutungslosen Namen eine Lösung des Problems vorgetäuscht. In der Tat ist die Behauptung, der Sehnerv empfinde Licht, weil er die spezifische Energie besitze, Licht zu empfinden, um nichts besser als der von dem Arzt in Molières ‚Malade imaginaire‘ verkündete Satz: ‚Das Opium macht Schlaf, weil es eine Virtus dormitiva hat‘“ (Wundt, 1914, S. 124).

### 3.2.5 Automatische *versus* nicht automatische Prozesse

Den Unterschied zwischen Prozessen, die Aufmerksamkeit benötigen und solchen, die auch ohne Aufmerksamkeit auskommen, wird am Beispiel des Autofahrens deutlich. Die Unterhaltung mit einem Begleiter ist für einen geübten Fahrer problemlos. Für viele Fahranfänger ist dies jedoch eine Herausforderung. Die ganze Konzentration und Aufmerksamkeit liegt bei der Bedienung des Fahrzeugs und der Beobachtung des Straßenverkehrs. Besonders Untersuchungen zur visuellen Suche (vgl. zusammenfassend Kinchla, 1992; Shiffrin, 1988) untermauern diese Alltagsbeobachtung. In diesen Untersuchungen besteht die Aufgabe darin, aus einer Menge vorgegebener Stimuli einen Zielreiz zu lokalisieren bzw. zu identifizieren. Die Zeit, mit der diese Aufgabe erledigt wird, hängt von der Anzahl der Umgebungsreize oder der Ähnlichkeit zwischen Zielreiz und umgebenden Distraktoren ab. Je ähnlicher sich die Reize sind, desto länger dauert die Suche (vgl. hierzu Prinz, 1980). Die Aufgabe kann jedoch so gut geübt werden, daß sich die Anzahl der Distraktoren immer weniger auf die Identifikationsleistung auswirkt (z.B. Schneider & Shiffrin, 1977; Shiffrin & Schneider, 1977). Als Erklärung für solche und ähnliche Befunde wird zwischen „automatischen“ und „nicht automatischen“ bzw. „kontrollierten“ Prozessen unterschieden (Hasher & Zacks, 1979; Posner & Snyder, 1975a; Posner & Snyder, 1975b; Shiffrin, 1977; Shiffrin & Schneider, 1977; Schneider, Dumais & Shiffrin 1984; einen Überblick liefert z.B. Kahneman & Treisman, 1984; Logan, 1988; Shiffrin, 1988)<sup>6</sup>.

#### 3.2.5.1 Automatische Prozesse

Automatische Prozesse werden als unbewußte, unwillkürliche, schnell ablaufende und/oder kapazitätsfreie Prozesse beschrieben. Sie sind äußerst resistent gegenüber Modifikationsversuchen. Automatisch sind z.B. Prozesse der semantischen Aktivationsausbreitung (Collins & Loftus, 1975) oder der Objektlokalisierung (siehe dazu z.B. Andrade & Meudell, 1993; Hasher & Zacks, 1979). Gegen die Annahme, daß automatische Prozesse kapazitätsfrei ablaufen, kann eingewandt werden, daß auch eine unwillkürliche Reizverarbeitung Kapazität binden kann. Die *Stroopinterferenz*, die auf die automatische

---

<sup>6</sup> Auch hier kann auf Wundt (z.B. Wundt, 1911) verwiesen werden. Die Unterscheidung von automatischen und nicht-automatischen Prozessen ähnelt seiner Unterscheidung von *passiver* und *aktiver Apperzeption*.

Enkodierung des Farbwortes zurückgeführt wird, verringert sich z.B., wenn die Anforderung durch die Präsentation eines zusätzlichen Reizes erhöht wird (Kahneman & Chajcyk, 1983).

An anderer Stelle werden solche Prozesse als automatisch bezeichnet, die nicht miteinander interferieren (Shiffrin, 1988). Automatische Prozesse sind nach Schneider (1984) für die Ausführung trainierten und habituierten Verhaltens zuständig. Übung ist jedoch keine notwendige Voraussetzung. Die Aktivationsausbreitung im semantischen Netzwerk läuft z.B. auch ohne Übung automatisch ab.

Durch automatische Prozesse können auch gerade laufende Aktionen unterbrochen werden, indem sie im Sinne einer *Orientierungsreaktion* (Rohrbaugh, 1984) Aufmerksamkeit auf bestimmte Reize lenken (Shiffrin, 1977, spricht von *automatic attention response*). Solch eine reizbedingte Aufmerksamkeitszuwendung kann dazu führen, daß fälschlicherweise eine Handlung ausgelöst wird, die fokal nicht intendiert war. Ob dies geschieht, hängt davon ab, wie gut der Reiz erkannt werden kann, und zusätzlich von der Stärke, mit der Reiz und Reaktion miteinander assoziiert sind. Alternativ kann hier auch von *exogener* Aufmerksamkeitssteuerung in Abgrenzung zu *endogener* Aufmerksamkeitssteuerung gesprochen werden (Folk & Remington, 1996; Lauwereyns, 1998; Posner, 1980; Rogers & Monsell, 1995; Theeuwes, 1993): Unter exogener Aufmerksamkeitssteuerung wird die unwillkürliche, durch Reize ausgelöste Aufmerksamkeitszuwendung verstanden. Die endogene Aufmerksamkeitssteuerung bezeichnet demgegenüber die willentliche und kontrollierte Aufmerksamkeitszuwendung.

#### 3.2.5.2 Nicht-automatische Prozesse

Nicht-automatische, kontrollierte Prozesse werden als bewußte, willkürliche, langsame und kapazitätsbindende Prozesse beschrieben. Strategische Effekte oder Erwartungseffekte, wie sie sich etwa in *priming*-Untersuchungen demonstrieren lassen, werden als kontrolliert angesehen (z.B. Neely, 1977). Kontrollierte Verarbeitungsprozesse sind zeitintensiv, weil sie seriell ablaufen. Automatische Prozesse verlaufen dagegen parallel (vgl. auch Theeuwes, 1993). Nach Schneider (1984) haben kontrollierte Prozesse die Funktion, die Aufmerksamkeit bei der Bearbeitung einer Aufgabe zu halten (*sustained attention*, vgl. Davies, Jones & Taylor, 1984; Parasuraman, 1984). Zudem können sie automatische Prozesse initialisieren, notfalls aber auch blockieren. Kontrollierte Aufmerksamkeitsprozesse sind außerdem

notwendig, wenn für eine Aktivität noch keine *automatisierten* Verarbeitungsabläufe existieren, z.B. in neuartigen Situationen.

### 3.2.5.3 Konzeptuelle Schwierigkeiten bei der Unterscheidung von automatischen und nicht-automatischen Prozessen

Schwierigkeiten bei der Unterscheidung von automatischen und nicht-automatischen Prozessen hängen oft mit dem Auflösungsgrad zusammen, mit dem ein Verarbeitungsprozeß betrachtet wird. Erklärt man z.B. die *flanker*-Interferenz mit der Annahme, daß die Distraktoren automatisch verarbeitet werden, so stellen sich mehrere Fragen: Ist unter automatischer Verarbeitung gemeint, daß die Distraktoren automatisch im Sinne einer exogenen Orientierungsreaktion Aufmerksamkeit auf sich ziehen, oder ist eher gemeint, daß die *flanker* automatisch enkodiert werden? Oder bedeutet automatische Verarbeitung die unwillkürliche Zuordnung von Reiz und Reaktion?

Bei der Entstehung von *flanker*-Interferenz spielen mehrere Prozesse eine Rolle, von denen einige möglicherweise automatisch ablaufen, andere dagegen eher kontrollierten Charakter besitzen. Prozesse der Informationsverarbeitung sind komplexer als es die Kennzeichnung „automatisch“ bzw. „nicht-automatisch“ impliziert. Ähnliche Überlegungen haben Kahneman und Treisman (1984) veranlaßt, zwischen „stark automatischen“ und „schwach automatischen“ Prozessen zu unterscheiden. Die Kennzeichnung eines Prozesses als automatisch bzw. nicht-automatisch ist ohne Rekurs auf die spezifische Aufgabenstellung kaum möglich. So kann der dem *Stroopecffekt* unterstellte Automatismus dadurch unterbrochen und die Interferenz reduziert werden, wenn die Versuchspersonen dazu gebracht werden, die präsentierten Stimuli nicht als Wörter, sondern als Folge von Buchstaben anzusehen (Henik, Friedrich & Kellogg, 1983). Auch zeigt sich keine Interferenz, wenn nur ein einziger Buchstabe des Wortes farbig markiert ist (siehe Besner, Stolz & Boutilier, 1997). Ob ein Prozess automatisch abläuft, hängt also ganz wesentlich vom Aufgabenziel und den damit verbundenen kognitiven Operationen ab (vgl. Bargh, 1989; Bargh, 1992). Automatische Prozesse sind also nicht reflexartig, sondern werden dann auf einen Reiz hin realisiert, wenn sie intendiert oder zumindest in Kauf genommen werden (vgl. auch Düker, 1983; Hoffmann, 1993).

### 3.3 Zusammenfassung

Die Verarbeitung von Informationen ist selektiv, d.h. nicht alle vorliegenden Reizinformationen werden gleichermaßen verarbeitet. Dafür gibt es viele empirische Belege. Es lassen sich jedoch ebenso viele Belege dafür finden, daß die Selektion oft fehlerhaft ist. Die Annahme eines Aufmerksamkeitsfilters, der nur den aktuell relevanten Informationen Zugang zu höheren Verarbeitungsstufen erlaubt, beschreibt den Selektionsprozeß nur unvollständig. In Ressourcen- und Kapazitätsmodellen wird selektive Informationsverarbeitung als die präferierte Zuweisung von Ressourcen verstanden. Es wird angenommen, daß die Verarbeitungsmenge zu einem Zeitpunkt begrenzt ist. Prozesse, denen viel „mentale Energie“ zugewiesen wird, können schnell und effizient ablaufen. Interferenz und damit Selektionsprobleme tauchen auf, wenn vorhandene Ressourcen (unwillkürlich) auf mehrere Verarbeitungsprozesse verteilt werden. Allerdings sind nicht alle Prozesse gleichermaßen auf Ressourcen angewiesen. Manche Prozesse sind ressourcenschonend. Bei solchen, automatisch ablaufenden Prozessen ergibt sich keine Interferenz.

Das Ressourcenkonzept ist jedoch nicht unproblematisch. Zum einen reicht die Annahme einer einzigen Ressource, die allen mentalen Prozessen zugrunde liegt, nicht in allen Fällen zur Beschreibung empirischer Phänomene aus. Darüber hinaus verringert die Annahme prozeß- und aufgabenspezifischer Ressourcen den Erklärungswert des Konzepts. Andere Ansätze versuchen diese Schwierigkeiten dadurch zu beseitigen, indem sie Aufmerksamkeit als multiples System konzipieren, das sowohl auf spezialisierte Verarbeitungsroutinen zurückgreift als auch ein zentrales Kontrollsystem beinhaltet (z.B. Posner & Petersen, 1990).

Ein weiteres Problem des Ressourcenkonzepts besteht darin, daß für die Operationalisierung nur Leistungen in Doppelaufgaben zur Verfügung stehen. Verschlechtert sich die Aufgabenleistung durch die gleichzeitige Bearbeitung einer zweiten Aufgabe, so wird dies als Beleg dafür angesehen, daß die Ressourcen nicht zur Bearbeitung beider Aufgaben ausreichen. Finden sich keine Einbußen, läuft die Aufgabe kapazitätsfrei ab. Es ist aber gerade die Leistung in Doppelaufgaben, die durch das Ressourcenkonzept erklärt werden soll. Es besteht somit die Gefahr eines Zirkelschlusses (darauf verweisen etwa Heuer, 1985; Navon, 1984; Neumann, 1992).

Außerdem ist die uneinheitliche Verwendung der Ressourcen- und Kapazitätskonstrukte problematisch. Im folgenden wird von *Kapazität* die Rede sein, wenn strukturelle Grenzen, wie z.B. die Speichergrenzen des Kurzzeitgedächtnisses, gemeint sind. Von *Ressourcen* wird gesprochen, wenn kognitive Operationen im Vordergrund stehen (vgl. auch Humphreys & Revelle, 1984). Eine ähnliche Unterscheidung gibt es in der Informationstheorie. Hier wird zwischen Speicher- und Flußkapazität unterschieden. Mit Speicherkapazität ist die Informationsmenge gemeint, die maximal behalten wird; unter Flußkapazität wird dagegen der Informationsgehalt verstanden, der in einer Zeiteinheit aufgenommen werden kann (Langer, 1962).

Was können die Ressourcentheorien zur Erklärung der *flanker*-Interferenz beitragen? Eriksen und Eriksen (1974) haben in der bereits vorgestellten Untersuchung eine bisher unerwähnte Bedingung realisiert, in der das *target* ohne Distraktoren dargeboten wurde. Unter dieser Bedingung zeigten sich die kürzesten Entscheidungszeiten. Dieser Befund läßt sich ressourcentheoretisch damit erklären, daß die Distraktoren unabhängig von der Beziehung zum *target* automatisch Verarbeitungsressourcen gebunden haben. Unter der Voraussetzung, daß relevante Reize bevorzugt Ressourcen erhalten, folgt, daß Distraktoren nur dann verarbeitet werden, wenn die relevanten Stimuli nicht die gesamten Aufmerksamkeitsressourcen für sich beanspruchen. Wie elaboriert irrelevante Reize verarbeitet werden, hängt demnach von den vorhandenen Residualressourcen ab. Je weniger Ressourcen durch die Verarbeitung des *targets* gebunden werden, desto intensiver werden die *flanker* verarbeitet.

## 4 Frühe Selektion *versus* späte Selektion

Die Konkurrenz zwischen der Vorstellung einer frühen Selektion und der Vorstellung einer späten Selektion hat eine Vielzahl von Forschungsprogrammen angeregt (Überblicke geben z.B. Johnston & Heinz, 1979; Lambert, 1985; Lavie & Tsal, 1994; Styles, 1997). Typische Untersuchungsverfahren sind der bereits angesprochenen Ansatz des dichotischen Hörens oder Verfahren zur Untersuchung von Interferenzeffekten (*Stroop*-, *Simon*- und insbesondere die *flanker*-Aufgabe). Im Konzept einer frühen Selektion werden die relevanten Reize nach ersten, rudimentären und oberflächlich-physikalischen Analysen ausgewählt (Broadbent, 1958). Unbeachtete Reize werden daher nur unvollständig verarbeitet. Vertreter des *late selection*-Ansatzes gehen demgegenüber davon aus, daß alle vorliegenden Reize semantisch enkodiert werden. Erst dann findet eine Selektion statt (Deutsch, 1963; vgl. *Abbildung 3*). Für beide Vorstellungen lassen sich empirische Belege finden. Für eine frühe Selektion sprechen die genannten Befunde zum dichotischen Hören. Personen können sich zwar daran erinnern, ob die Botschaft des ignorierten Kanals von einer Frau oder einem Mann gesprochen wurde,

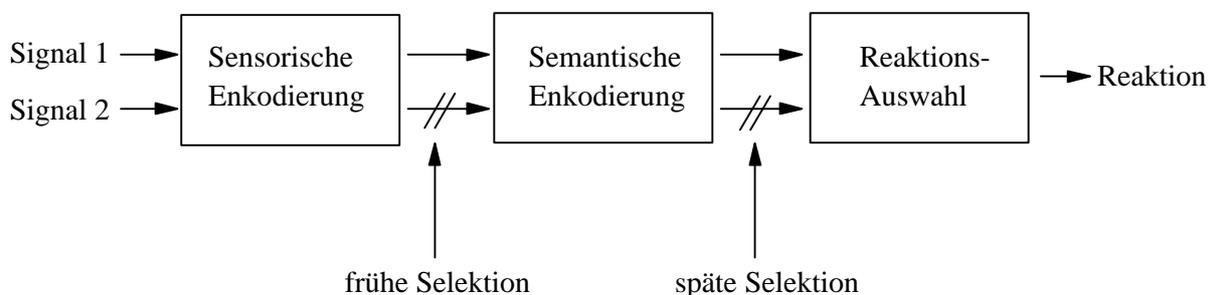


Abbildung 3: Illustration der Vorstellungen einer frühen und einer späten Selektion im Verarbeitungsprozeß

inhaltliche Angaben können sie jedoch nicht machen (Cherry, 1953). Experimente zum *flanker*-Effekt zeigen, daß sich das Ausmaß an Interferenz mit der Diskriminationsgüte von relevanten und irrelevanten Reizen reduzieren, teilweise sogar vollständig eliminieren läßt (vgl. auch Eriksen & Schultz, 1979; Yantis & Johnston, 1990). Für eine spät erfolgende Selektion sprechen dagegen Untersuchungsbefunde, wonach die Interpretation von Informationen aus dem überwachten Kanal durch die zu ignorierenden Botschaften beeinflusst wird (Mackay, 1973). Zudem lassen sich *flanker*-Effekte, wie oben bereits erwähnt, auch mit

semantischem Stimulusmaterial nachweisen (z.B. Shaffer & LaBerge, 1979). Interferenz kann in diesem Fall nur entstehen, wenn sowohl das *target* als auch der *flanker* semantisch enkodiert wurde. Dies ist aber mit der Vorstellung einer frühen Selektion nicht vereinbar. Weitere Evidenz für eine späte Selektion ergibt sich aus Studien zum negativen *priming* (z.B. Tipper, 1985; Tipper & Cranston, 1985; zum Überblick vgl. Houghton & Tipper, 1994). Wie in der *flanker*-Aufgabe soll die Versuchsperson einen bestimmten Reiz beachten, andere Reize soll sie dagegen ignorieren. Hier interessiert allerdings nicht die Interferenz, die sich aus der Beziehung zwischen *target* und Distraktorreizen ergibt, sondern wie sich das Ignorieren eines Reizes in Durchgang  $n$  auf dessen Klassifikation in Durchgang  $n+1$  auswirkt. Es zeigt sich, daß die Entscheidung auf einen Reiz mehr Zeit benötigt, wenn dieser im vorangegangenen Durchgang zu ignorieren war. Solche negativen *priming*-Effekte lassen sich sowohl mit Bildern und Tönen als auch Wörtern oder Buchstaben nachweisen. Sie zeigen sich selbst dann, wenn semantisch identische Buchstaben verwendet werden, die sich aber im Aussehen unterscheiden (Tipper & Cranston, 1985), oder wenn Bilder und Wörter eingesetzt werden (Tipper & Driver, 1988). Diese Befunde sprechen eindeutig gegen eine frühe Selektion, da auch hier eine semantische Enkodierung aller Stimuli Voraussetzung für das Entstehen des negativen *priming*-Effekts ist.

#### **4.1 Exkurs: Das Bindungsproblem und die Frage nach der Reizidentifikation vor der Reizverarbeitung**

Die Frage, wie Reize zu welchem Zeitpunkt verarbeitet werden, berührt ein Problem, mit dem sich bereits die Gestalttheorie befaßt hat (z.B. Köhler, 1929; Wertheimer, 1925). Bei der Betrachtung von Aufmerksamkeitsprozessen wird es jedoch oft vernachlässigt. Es handelt sich um das sogenannte Bindungsproblem (Goebel, 1996; Hummel, 1997; Singer, 1994; von der Malsberg, 1996). Wie gelingt es dem kognitiven System überhaupt, relevante Reize als solche zu identifizieren? Wie werden etwa die Bewegung, Farbe und Form eines Balles so miteinander verbunden, daß wir einen rollenden roten Ball wahrnehmen statt getrennte, unabhängige Merkmale? Wie entstehen unterschiedliche Objektrepräsentationen, auf die dann selektiv zugegriffen werden kann?

Auf physiologischer Ebene wird angenommen, daß Neuronenverbände bei der Objektwahrnehmung involviert sind. Baylis, Rolls und Leonard (1985) identifizierten Neuronengruppen, die für die Gesichtswahrnehmung verantwortlich zu sein scheinen; es ist jedoch kaum vorstellbar, daß für jedes Objekt angeborene mentale Repräsentationen vorliegen. Andernfalls müssten auch noch unbekannte Objekte (versteckt) repräsentiert sein. Wahrscheinlicher ist es, daß einzelne Neuronen flexibel organisiert werden, d.h. zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedlichen Neuronenverbänden angehören (Singer, 1994). Je nach Kontext erfüllen diese Verbände dann unterschiedliche Aufgaben. Auf kognitiver Ebene nennt Goebel (1996) u.a. Gestaltprinzipien und gespeichertes Objektwissen als wichtige Teilkomponenten bei der aktiven Bildung ganzheitlicher Repräsentationen. Eine wesentliche Rolle kommt auch der räumlichen Aufmerksamkeit zu. Sie entscheidet darüber, in welcher Region des visuellen Feldes (auch *top-down*-gesteuerte) Segmentierungsprozesse wirken können. Auch in der *feature-integration theory* von Treisman und Gelade (1980; siehe auch Treisman & Sato, 1990; Treisman, 1993) ist Aufmerksamkeit für die Objektidentifikation kritisch. Einfache Merkmale (Farbe, Helligkeit, Bewegungsrichtung) einer visuellen Szene werden sehr früh, automatisch und parallel registriert. Um die einzelnen Merkmale zu Objekten zu kombinieren, ist fokussierte Aufmerksamkeit nötig. In einer visuellen Suchaufgabe wird daher für die Identifikation eines Objektes um so mehr Zeit benötigt, je mehr Merkmale das gesuchte Objekt definieren. Die relevanten Merkmale müssen seriell, d.h. kontrolliert und zeitintensiv untersucht werden. Wie wichtig hierbei Aufmerksamkeitsprozesse sind, läßt sich auch daran erkennen, daß es unter Bedingungen geteilter Aufmerksamkeit oft zu illusorischen Merkmalsverknüpfungen kommt (Ashby, Prinzmetal, Ivry & Maddox, 1996; Cohen & Ivry, 1989).

Betrifft das Bindungsproblem die generelle Frage, wie Einzelinformationen zu einer Gesamtrepräsentation kombiniert werden, ergibt sich in Aufgaben zur visuellen Suche und insbesondere in Aufgaben zur selektiven Aufmerksamkeit ein weiteres Problem: Wie können relevante Reize als solche erkannt werden, noch bevor sie verarbeitet wurden und deren Relevanz festgestellt wurde? Eine intentionale Selektion (endogene Aufmerksamkeitssteuerung) setzt voraus, daß bereits vor der Auswahl Selektionskriterien repräsentiert sind (Neumann, 1980). Reizmerkmale, die diesen Kriterien entsprechen, können stärkere Resonanz erzeugen als Merkmale, die den Kriterien nicht entsprechen. Die Selektion eines Objekts kann nicht anhand eines Merkmals erfolgen, das erst verfügbar ist, nachdem das Objekt beachtet

wurde. Semantische Reizmerkmale eignen sich daher weniger für eine intentionale Selektion, weil sie erst als deren Ergebnis bewußt repräsentiert werden (Neumann, 1980). Die Selektion relevanter Reize aufgrund semantischer Kriterien setzt also voraus, daß relevante wie irrelevante Reize semantisch verarbeitet wurden. Selektion bedeutet in diesem Fall, daß relevante Informationen im Gegensatz zu irrelevanten Informationen verfügbar gehalten werden. Um die Frage nach dem Selektionszeitpunkt empirisch zu überprüfen, muß daher sichergestellt werden, daß die Selektion nicht aufgrund semantischer Merkmale erfolgt. Im Gegensatz zur intentionalen Selektion muß bei der unbeabsichtigten Selektion (exogene Aufmerksamkeitssteuerung) kein Selektionskriterium existieren. Eine unbeabsichtigte Aufmerksamkeitsverlagerung durch semantische Reizmerkmale ist, wie das „Cocktail-Party“-Phänomen verdeutlicht, keineswegs schlechter auslösbar als die aufgrund perzeptueller Reizmerkmale (Neumann, 1980). Wenn für die unbeabsichtigte Selektion das Vorliegen eines Selektionskriteriums nicht notwendig ist, wie kommt es dann zur selektiven Verarbeitung? Prinz (1990b) nimmt an, daß die unwillkürliche Selektion (*Signifikanzselektion*) im Unterschied zur willkürlich gesteuerten Selektion (*Relevanzselektion*) nicht auf kurzzeitigen Intentionen beruht, sondern auf „dauerhaft installierten Dispositionen zur selektiven Beachtung bestimmter Klassen von Objekten und Ereignissen“ (Prinz, 1990b, S. 59). Die Signifikanz von Reizen wird durch Markierung der ihnen entsprechenden Gedächtnisrepräsentationen hergestellt. Folge ist, daß vormarkierte Repräsentationen, die signifikanten Reizen entsprechen, schneller aktiviert werden können als andere. Es fallen solche Informationen auf, die einen hohen Selektionswert besitzen. Das unwillkürliche Beachten bedrohlicher Signale, als Folge eines biologischen Grundbedürfnisses nach Integrität, kann in diesem Sinne als Signifikanzselektion bezeichnet werden. Davon sind solche Situationen abzugrenzen, in denen Reize nicht nach Relevanz oder Signifikanz bewertet werden, sondern danach, ob sie in einen gegebenen Kontext passen oder nicht. Unwillkürliche Aufmerksamkeitszuwendung basiert in diesen Fällen auf *situativer Impertinenz* (Prinz, 1990b), d.h. die Ereignisse fallen auf, die im aktuellen Kontext unerwartet sind. Die *Pertinenzselektion* (Prinz, 1990b) unterscheidet sich von der Relevanz- und Signifikanzselektion dadurch, daß sie gerade solche Informationen hervorhebt, „die (jedenfalls unter dem Gesichtspunkt der situativen Pertinenz) selektiv belanglos sind“ (Prinz, 1990b, S. 61).

## 4.2 Zur Ressourcenabhängigkeit des Selektionszeitpunktes

Die Menge an Evidenz für oder gegen die Vorstellung früher bzw. später Selektion weist darauf hin, daß der Selektionszeitpunkt von den jeweiligen Aufgabenanforderungen selbst abhängt (Johnston & Heinz, 1978). Eine eindeutige Entscheidung zugunsten eines bestimmten Ortes oder Zeitpunkts kann daher nicht getroffen werden. Einen neuen Ansatz zur Lösung des Problems stellt Lavie vor (Lavie, 1995; vgl. auch Lavie & Tsal, 1994; Maylor & Lavie, 1998; Rees, Frith & Lavie, 1997). Nach einer ausführlichen Analyse der Befunde kommt sie zu dem Schluß, daß das Ausmaß der durch die Aufgabenbearbeitung induzierten Ressourcenbelastung (*perceptual load*) entscheidend für den Selektionszeitpunkt ist. Die Selektion erfolgt früh, d.h. die Verarbeitung peripherer Informationen wird unterlassen, wenn die aktuell zur Verfügung stehenden Ressourcen restlos durch die Verarbeitung des relevanten Reizes gebunden sind. Werden dagegen durch die Verarbeitung des relevanten *targets* nicht alle Ressourcen aufgebraucht, werden Residualressourcen automatisch auf andere Reize der Umgebung verteilt. Die Selektion erfolgt später. Grundlegend für die Argumentation Lavies (1995) ist, daß stets alle Ressourcen eingesetzt werden. Diese Vorstellung findet sich bereits bei Eriksen und Eriksen (1974):

Rather, there is a minimal channel size in terms of capacity for simultaneous processing with capacity exceeding that required for identifying a single letter. Further, the unutilized capacity cannot be shut off and, if there are other letters or stimuli present, they will be processed simultaneously along with the target (Eriksen & Eriksen, 1974, S. 144).

Zudem kann die Richtung des Aufmerksamkeitsfokus zwar bestimmt werden, die Verarbeitung irrelevanter Reize kann jedoch willkürlich nicht ausgeschlossen werden. In Lavies (1995) Konzeption von Ressourcen als *perceptual load* geht sowohl die Anzahl der Stimuluseinheiten (*units*) in einer gegebenen Reizkonfiguration ein, als auch die Verarbeitungsprozesse, die für jede dieser Einheiten verbraucht werden. Mit *unit* ist nicht eine distinkte, perzeptuelle Reizfigur gemeint, sondern eine Konfiguration, die bei der Bearbeitung einer Aufgabe mit einer von mehreren Antwortalternativen verbunden ist. Eine Buchstabenkombination kann etwa dann, wenn auf ein Wort zu reagieren ist, als Einheit betrachtet werden. Soll auf einzelne Buchstaben reagiert werden, dann liegen dagegen mehrere Einheiten vor.

Zur Überprüfung ihrer Annahmen realisierte Lavie (1995) eine *flanker*-Aufgabe, bei der einfache Buchstabenreize klassifiziert werden mußten. In jedem Durchgang wurde zusätzlich eine geometrische Figur eingeblendet, die jeweils angab, ob überhaupt eine Reaktion abzugeben war oder nicht („Go/No-Go“-Aufgabe). Über die mit der Verarbeitung dieses Zusatzstimulus verbundenen Anforderungen können die verfügbaren Ressourcen manipuliert werden. In einer Bedingung (Experiment 2a und 2b bei Lavie, 1995) war die Farbe der Figur zu beachten (geringe Ressourcenbindung), in einer anderen Bedingung gab erst die Kombination von Farbe und Form an, ob eine Entscheidung zu treffen war (starke Ressourcenbindung). Es zeigte sich, daß die Flankierreize nur bei geringer Ressourcenbindung Interferenz erzeugten. Bei höherer Ressourcenbeanspruchung sank dagegen der Einfluß der Distraktoren. Wie erwartet geht eine starke Ressourcenbindung also mit früher Selektion, geringe Ressourcenbindung dagegen mit später Selektion einher<sup>7</sup>.

In diesem Zusammenhang sind auch altersvergleichende Untersuchungen zum *flanker*-Effekt interessant. Wie bereits oben erwähnt, geht das kognitive Altern mit einer Abnahme an Verarbeitungsressourcen einher. Die Befundlage ist jedoch uneindeutig. Wright und Elias (1979) berichten von einem geringeren *flanker*-Effekt bei älteren Menschen. Mitchell und Perlmutter (1986) finden keine Altersunterschiede; Shaw (1991) weist dagegen größere Interferenz bei älteren Personen nach. In anderen Untersuchungen finden sich altersmoderierte *flanker*-Effekte in Abhängigkeit vom Abstand zwischen *target* und *flanker*. So zeigen ältere Personen bei geringer Distanz ( $0.47^\circ$ ) größere Interferenz als eine Vergleichsgruppe jüngerer Personen. Bei größerem Abstand der Distraktoren ( $1.40^\circ$  bzw.  $3.26^\circ$ ) finden sich dagegen kaum oder keine Unterschiede mehr zwischen den Altersgruppen (Zeef, Sonke, Kok, Buiten & Kenemans, 1996). Maylor und Lavie (1998) weisen für ältere Personen bei geringer Ressourcenbindung durch aufgabenrelevante Reize einen größeren *flanker*-Effekt nach, während sich bei hoher Ressourcenbindung die größere Interferenz bei den jüngeren Probanden zeigt.

Lavie (1995) verwendete ausschließlich einfache Buchstabenreize. Der grundlegende Unterschied zwischen früher und später Selektion ist jedoch, daß bei später Selektion eine semantische Enkodierung vorliegender Informationen stattfindet. Bei einer frühen Selektion ist dies nicht der Fall, da hier die Auswahl aufgrund von Oberflächenmerkmalen getroffen

---

<sup>7</sup> Miller (1991) berichtet ähnliche Ergebnisse. Im Gegensatz zu Lavie (1995) führt er den Einfluß des *perceptual loads* aber auf die sich mit zunehmender Schwierigkeit ergebende Reaktionszeitverzögerung zurück.

wird. Läßt sich also der Einfluß der Ressourcenbindung auch dann zeigen, wenn die Aufgabe eine semantische Verarbeitung des Stimulusmaterials verlangt? Diese Frage sollte ein erstes Experiment beantworten. Das Experiment orientiert sich an Lavies (1995) Experimenten 2a und 2b. Mit einer *flanker*-Aufgabe wurde untersucht, wie sich eine Manipulation verfügbarer Ressourcen auf die Verarbeitung der Distraktoren auswirkt. Durch unterschiedliche Anforderungen bei der Verarbeitung eines Zusatzstimulus wurden die verfügbaren Ressourcen manipuliert. Als Stimulusmaterial wurden Wörter eingesetzt.

## 4.3 Experiment I

In einer „Go/No-Go“-Aufgabe sollten die Versuchspersonen auf einem Computerbildschirm präsentierte Wörter danach klassifizieren, ob sie Exemplare einer bestimmten Kategorie bezeichnen. Ihnen wurden jeweils zwei Wortstimuli (*target* und *flanker*) präsentiert. In Abhängigkeit von der Kategorienzugehörigkeit lassen sich *kompatible* (*target* und *flanker* bezeichnen Exemplare der selben Kategorie), *inkompatible* (*target* und *flanker* bezeichnen Exemplare unterschiedlicher Kategorien) sowie *neutrale* Durchgänge (der Flankierreiz gehört keiner antwortrelevanten Kategorie an und ist daher nicht mit einer spezifischen Reaktion assoziiert) unterscheiden. Die Ressourcen wurden dadurch manipuliert, daß neben den Wortreizen eine geometrische Figur (Kreis oder Quadrat) eingeblendet wurde. Die Figur gab an, ob eine Klassifikationsentscheidung getroffen werden sollte oder nicht. Variiert wurde, ob die Figur nach einer Dimension (Farbe) oder nach zwei Dimensionen (Farbe und Form) zu beurteilen war. Nach der Merkmalsintegrationstheorie von Treisman und Gelade (1980; vgl. auch Lavie, 1997) ist die Verknüpfung mehrerer Merkmale (Beurteilung der Figur nach Farbe und Form) kognitiv anspruchsvoller und ressourcenintensiver als die Beurteilung aufgrund eines Merkmals (z.B. Farbe). In der Verknüpfungsbedingung wird also geringere Interferenz erwartet.

### 4.3.1 Methode

#### 4.3.1.1 Material

Insgesamt wurden 144 Reizkonfigurationen konstruiert. Eine vollständige Stimuluskonfiguration bestand aus zwei Wörtern und einer geometrischen Figur. Zur

Konstruktion der einzelnen Stimuli wurden aus den Kategorien *Fisch* und *Vogel* jeweils 10 Exemplare ausgewählt. 10 weitere Exemplare aus anderen Kategorien komplettierten als entscheidungsneutrale Reize das eingesetzte Stimulusmaterial. Daneben wurden zwei geometrische Figuren, ein Kreis (Radius  $0.4^\circ$ ) und ein Quadrat (Seitenlänge  $0.8^\circ$ ), eingesetzt. Die Aufgabe hatte folgendes Aussehen: das zu beachtende Wort wurde gleichhäufig links oder rechts von der zentriert präsentierten farbigen Figur dargeboten; die *flanker* wurden in 50% der Durchgänge unter- bzw. oberhalb der Figur eingeblendet (vgl. *Abbildung 4*). Mit dieser Anordnung sollte gewährleistet werden, daß die Selektion des relevanten Reizes allein aufgrund der räumlichen Position erfolgen kann, d.h. noch vor jeder semantischen Enkodierung. Die Position von *target*- und Distraktor-Wort wurde orthogonal variiert, so daß alle Kombinationen gleichhäufig vorkamen. *Flanker* und *target* konnten Exemplare der gleichen Kategorie bezeichnen und somit mit der identischen Antwortreaktion assoziiert sein (*kompatible* Durchgänge). In den *inkompatiblen* Durchgängen bezeichnen *target* und *flanker* Exemplare unterschiedlicher Kategorien. Darüber hinaus wurden *entscheidungsneutrale flanker* präsentiert. Die Anzahl kompatibler, inkompatibler und neutraler Durchgänge war gleich. Die Wörter wurden in weißer 12-Punktschrift auf schwarzem Bildschirmhintergrund dargeboten. In der Bedingung mit geringer Ressourcenbindung wurde in 48 von 72 Fällen durch die blaue Farbe des Symbols ein Reagieren signalisiert. In den restlichen Fällen wurde ein grünes Symbol dargeboten. Hier hatte eine Reaktion zu unterbleiben. Kreis und Quadrat

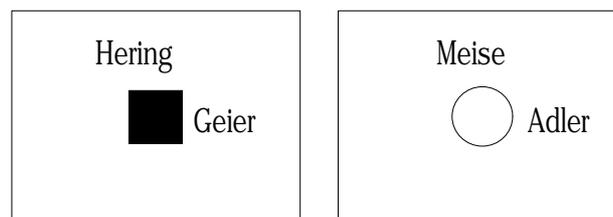


Abbildung 4: Illustration des Bildschirmaufbaus in *Experiment I*

wurden gleichoft eingesetzt. In der Bedingung mit starker Ressourcenbindung wurde entweder durch einen blauen Kreis oder ein grünes Quadrat in ebenfalls 48 von 72 Durchgängen ein Reagieren nahegelegt. In den verbleibenden 24 Durchgängen signalisierte ein grüner Kreis bzw. ein blaues Quadrat, daß keine Antwort abzugeben war. Die Reihenfolge der einzelnen Stimuli wurde ebenso wie der Einsatz der Kategorieexemplare als *flanker* bzw. *target* zufällig hergestellt. Eine Einschränkung war, daß kein Exemplar in zwei

aufeinanderfolgenden Durchgängen auftreten durfte. Die Bedingungen mit geringer und hoher Ressourcenbindung wurden als getrennte Aufgabenblöcke realisiert; die Reihenfolge wurde zwischen den Versuchspersonen variiert.

#### 4.3.1.2 Versuchsplan

Im vorliegenden Fall handelt es sich um einen 3 (*Distraktortyp*: kompatibel, inkompatibel oder neutral) x 2 (*Ressourcenbindung*: gering vs. hoch) x 2 (*Aufgabenreihenfolge*) – Versuchsplan. *Distraktortyp* und *Ressourcenbindung* sind meßwiederholte Faktoren.

#### 4.3.1.3 Durchführung

Die Untersuchung fand, wie alle weiteren Experimente, in einem Laborraum des Psychologischen Instituts der Universität Trier statt. Die Präsentation der einzelnen Stimuli und die Erfassung der Daten erfolgte mit Hilfe eines IBM-kompatiblen Computers mit VGA-Bildschirm (640 x 480 Bildpunkte). Die Versuchspersonen erhielten eine ausführliche, schriftliche Instruktion. Sie wurden angehalten, möglichst schnell, aber auch möglichst korrekt zu entscheiden, ob das präsentierte *target* einen Fisch oder einen Vogel bezeichnet. Der *Flankierreiz* sollte ignoriert werden. Die Teilnehmer wurden instruiert, ihre Reaktion von dem gleichzeitig präsentierten Symbol (Kreis oder Quadrat) abhängig zu machen. Die Antwortreaktionen wurden mit Hilfe der Computertastatur abgegeben. Die zwei Aufgabenblöcke (geringe vs. starke Ressourcenbelastung) wurden jeweils durch acht Beispieldurchgänge eingeleitet, die so lange wiederholt wurden, bis die Bearbeitung fehlerlos war. Vor jedem Durchgang wurde in der Mitte des Bildschirms ein Hinweisreiz (\*) für 1000 ms dargeboten. Nach einer Pause von ebenfalls 1000 ms erfolgte für 500 ms die Präsentation der Stimuluskonfiguration. Die Reaktion wurde millisekundengenau erfaßt<sup>8</sup>, bevor der Bildschirm für 2000 ms schwarz blieb. Danach wurde durch die Präsentation des Hinweisreizes der nächste Durchgang eingeleitet. Fehler wurden schriftlich über den Bildschirm und mit einem Signalton zurückgemeldet. Nach der Bearbeitung des ersten Aufgabenblocks und einer kurzen Pause schloß sich der zweite Aufgabenblock an. Die gesamte Untersuchung dauerte etwa 20 Minuten und wurde in Einzelsitzungen durchgeführt.

---

<sup>8</sup> Für die millisekundengenaue Erfassung der Reaktionszeiten wurde in allen Experimenten die *timer*-Routine von Haussmann (1992) verwendet.

#### 4.3.1.4 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 21 Studierende (14 Frauen und 7 Männer) des Faches Psychologie der Universität Trier im Alter von 18 bis 29 Jahren ( $M = 22.71$ ,  $SD = 2.63$ ) teil. Die Teilnahme an der Untersuchung wurde mit 5,- DM vergütet.

### 4.3.2 Auswertung

Bei den statistischen Tests für das folgende Experiment gilt, wie auch bei allen weiteren Untersuchungen, ein kritisches  $\alpha$ -Fehlerniveau von fünf Prozent.

#### 4.3.2.1 Datenbereinigung

Vor der Analyse der Reaktionszeiten wurden fehlerhafte Entscheidungen (6.94% der Fälle) eliminiert. Reaktionszeiten, die außerhalb der individuell bestimmten Kriterien für *outside values* (Tukey, 1977) lagen und Zeiten außerhalb der für alle Personen geltenden Ober- und Untergrenzen von 200 *ms* bzw. 2000 *ms* (insgesamt 5.44% aller gültigen Reaktionszeiten) blieben unberücksichtigt. Die verbleibenden Reaktionszeiten wurden pro Versuchsperson für die verschiedenen Bedingungen des Versuchsplans zusammengefaßt.

#### 4.3.2.2 Analyse der Reaktionszeiten

Die varianzanalytische Auswertung der Reaktionszeitdaten zeigt, daß die Aufgabenreihenfolge keinen Einfluß auf die Entscheidungszeiten hatte (alle  $F$ -Werte bei Beteiligung dieses Faktors  $\leq 1$ , *n.s.*); die Reaktionszeiten wurden daher für die nachfolgende Analyse über diesen Faktor aggregiert. Die Varianzanalyse mit den Faktoren *Ressourcenbindung* und *Distraktortyp* zeigt einen deutlichen Effekt für *Ressourcenbindung* ( $F(1,20) = 67.47$ ,  $p < .001$ ). Die Entscheidungszeiten bei starker Ressourcenbindung waren im Mittel um 289 *ms* verzögert, was für eine effektive Manipulation spricht (vgl. Norman & Bobrow, 1975). Zusätzlich zeigt sich eine statistisch bedeutsame Interaktion zwischen *Ressourcenbindung* und *Distraktortyp* ( $F(2,19) = 3.29$ ,  $p < .05$ ; vgl. *Abbildung 5*). Signifikant unterschiedliche Reaktionszeiten in Abhängigkeit vom *Distraktortyp* lassen sich für die Bedingung mit geringerer Ressourcenbindung nachweisen ( $F(2,19) = 4.05$ ,  $p < .05$ ). Die Reaktionszeiten innerhalb der Bedingung mit starker Ressourcenbindung unterscheiden sich

dagegen nicht ( $F(2,19) = 1.00, n.s.$ ). Kontrastiert man für die Bedingung mit geringer Ressourcenbindung die Reaktionszeiten bei inkompatiblen Distraktor mit den Entscheidungszeiten bei kompatibelem und neutralem Distraktor, so ergeben sich längere Entscheidungszeiten in den inkompatiblen Durchgängen ( $F(1,20) = 8.12, p < .01$ ). Die Zeiten bei kompatibelem und neutralem Distraktor unterscheiden sich demgegenüber nicht ( $F(1,20) = 1.34, n.s.$ ).

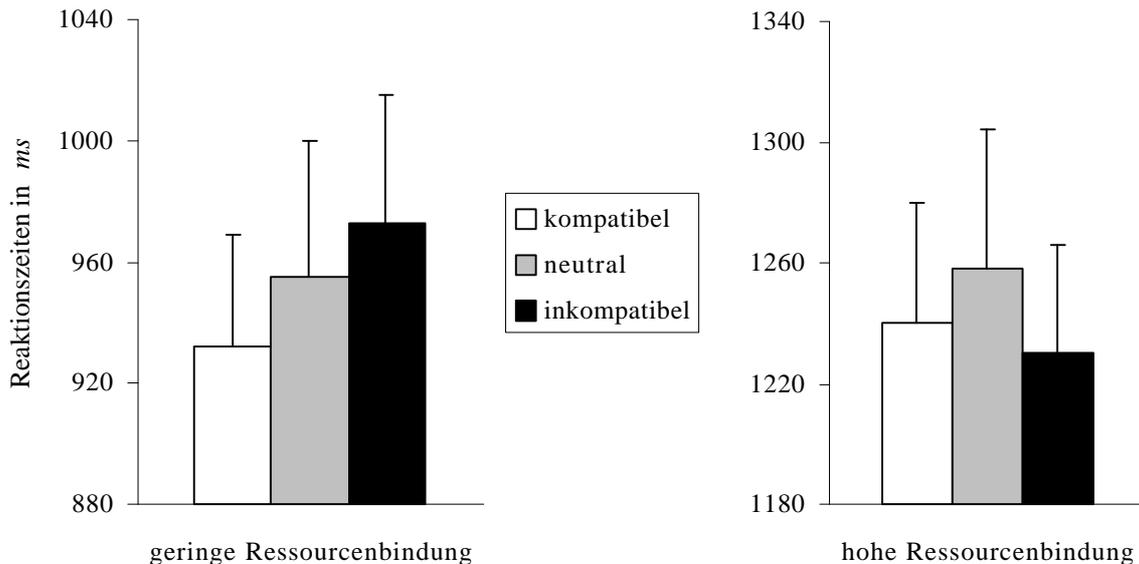


Abbildung 5: Reaktionszeiten in Abhängigkeit vom Distraktortyp und dem Ausmaß der Ressourcenbindung. Die Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwertes an.

#### 4.3.2.3 Analyse der Fehler

In der Bedingung mit hoher Ressourcenbindung wurden nur geringfügig mehr Fehler (in 7.14% der Fälle) gemacht als in der Bedingung mit geringerer Ressourcenbindung (6.75% der Fälle;  $t(20) < 1, n.s.$ ). Zusammenhangsanalysen zwischen der Anzahl gemachter Fehler und den für die Bedingungen mit geringer und stärkerer Ressourcenbindung getrennt ermittelten *flanker*-Effekten (Differenz zwischen der Reaktionszeit bei inkompatiblen Distraktor minus der Reaktionszeit bei kompatibelem Distraktor) zeigen einen generell negativen Zusammenhang, der bei starker Ressourcenbindung signifikant ausfällt ( $r = -.56, p < .01$ ; bei geringer Ressourcenbindung  $r = -.26, n.s.$ ). Eine geringe Fehlerzahl fällt hier mit starker Interferenz zusammen.

### 4.3.3 Diskussion

Die Untersuchung liefert hypothesenkonforme Ergebnisse. Auch bei der Verwendung semantischen Stimulusmaterials ist Interferenz nur dann vorzufinden, wenn die Verarbeitung der entscheidungsrelevanten Reize wenige Ressourcen beansprucht. Die Ergebnisse Lavies (1995) wurden also repliziert. Bei starker Ressourcenbindung erfolgt die Selektion des *targets* offensichtlich zu einem früheren Zeitpunkt als bei geringerer Ressourcenbindung. Die bereits erwähnte Untersuchung von Kahneman und Chajcyk (1983; vgl. auch Kahneman & Treisman, 1984), in der die *Stroopinterferenz* durch die Darbietung zusätzlicher Distraktoren reduziert werden konnte, fügt sich hier ebenso ins Bild wie die Tatsache, daß der *Simoneffekt* bei der Verwendung komplexerer Stimuli ausbleibt (z.B. Bak, 1998; Hommel, 1994). Die Feststellung, daß *flanker*-Interferenz durch die Erhöhung des Verarbeitungsaufwands eliminiert werden kann, widerspricht darüber hinaus der Vorstellung, daß Distraktorreize automatisch verarbeitet werden (z.B. Shaffer & LaBerge, 1979). Es muß im Sinne von Barghs (1989; 1992) Konzeption einer bedingter Automtizität davon ausgegangen werden, daß nur im Fall ausreichender Ressourcen Flankierreize automatischen Zugang zum Antwortsystem erhalten. Dies gilt nicht, wenn Aufmerksamkeitsressourcen knapp sind. Die Ergebnisse lassen allerdings auch Raum für Spekulationen. Aus den vorliegenden Daten wird nicht ersichtlich, wie elaboriert oder tief die Distraktorreize verarbeitet wurden. Die Verarbeitungstiefe wird jedoch wesentlich durch den Einsatz von Verarbeitungsressourcen beeinflusst (vgl. hierzu Eysenck & Eysenck, 1979; Naveh Benjamin & Jonides, 1986; Nissen & Bullemer, 1987; Tyler, Hertel, McCallum & Ellis, 1979). Es bleibt somit unklar, ob die irrelevanten *flanker* gar nicht oder nur nicht semantisch verarbeitet wurden, oder ob ihnen lediglich der Zugang zu motorischen Kontrollstrukturen verwehrt blieb.

Ein zweites Experiment wurde daher mit dem Ziel durchgeführt, zu erfahren, wie „tief“ die Distraktoren bei reduzierten Ressourcen verarbeitet werden. Erneut wurde eine *flanker*-Aufgabe realisiert. In Anlehnung an die Experimente von Shaffer und LaBerge (1979) sowie Eriksen und Eriksen (1979) wurde eine Experimentalanordnung gewählt, in der zwei Stimuli mit der gleichen Reaktion assoziiert waren. Durch verschiedene Kombinationen von *target* und *flankern* lassen sich Interferenzeffekte, die durch konfligierende Handlungstendenzen zustande kommen, von solchen trennen, die unabhängig von der Reaktionsaktivierung sind. Um eine möglichst eindeutige Zuordnung von Reiz und Reaktion zu gewährleisten, wurden

nun einfache Symbole (Landoltringe) als Stimulusmaterial eingesetzt. Ein weiteres Anliegen des Experiments war es, zu untersuchen, ob sich die eben berichteten Befunde auch durch die Vorgabe einer Ablenkungsaufgabe bestätigen lassen. Wenn die Bearbeitung einer zweiten Aufgabe Ressourcen bindet, so stehen diese nicht mehr für die *flanker*-Aufgabe zur Verfügung. Geht man davon aus, daß die verbleibenden Ressourcen primär für die Verarbeitung des *targets* eingesetzt werden, bleiben in einer Ablenkungsbedingung weniger Residualressourcen für die Verarbeitung der Flankierreize übrig. Folglich sollte sich hier geringere Interferenz zeigen.

## 4.4 Experiment II

In *Experiment II* wurden zwei Reizmengen mit je zwei Stimuli verwendet. Die Stimuli einer Reizmenge waren stets mit der gleichen Antwortreaktion assoziiert. Werden *target* und *flanker* aus Stimuli unterschiedlicher Reizmengen gebildet, so können Interferenzeffekte auf die Aktivierung unterschiedlicher Antworttendenzen zurückgeführt werden. Stammen *target* und *flanker* dagegen aus der gleichen Reizmenge, können konfligierende Handlungstendenzen nicht als Ursache für mögliche Interferenzeffekte angesehen werden, da in diesem Fall identische Reaktionsbereitschaften aktiviert werden (vgl. Eriksen & Eriksen, 1979; Shaffer & LaBerge, 1979). Ressourcen wurden in einer Bedingung durch die Vorgabe einer Zusatzaufgabe gebunden. Die Teilnehmer mußten während der *flanker*-Aufgabe, von einer vorgegebenen Zahl aus, laut weiterzählen (vgl. Brown, 1958).

### 4.4.1 Methode

#### 4.4.1.1 Versuchsplan und Material

Als Material wurden vier Kreise (sogenannte Landoltringe) eingesetzt, die entweder rechts, links, oben oder unten eine Lücke aufwiesen. Ein geschlossener Kreis wurde als entscheidungsneutraler Stimulus eingesetzt (vgl. *Abbildung 6*). Ein Landoltring entsprach einem Kreis mit einem Radius von  $0.5^\circ$ . In einer Versuchspersonengruppe sollte bei einem Landoltring mit der Öffnung links oder unten mit der linken Hand, andernfalls mit der rechten Hand reagiert werden. In einer anderen Gruppe sollte dann mit links reagiert werden, wenn es sich um einen Landoltring mit der Öffnung nach rechts bzw. oben handelt. Zwei

Aufgabenblöcke wurden realisiert. In einem Aufgabenblock mußte eine weitere Aufgabe bearbeitet werden. Die Zusatzaufgabe bestand aus einer einfachen Zählaufgabe, bei der die Versuchspersonen ausgehend von der Zahl 3 in Dreierschritten laut und ohne Unterbrechung weiterzählen sollten. Pro Aufgabenblock waren 72 Durchgänge zu bearbeiten. Für jeden Aufgabenblock wurden 16 Reizkonfigurationen erstellt, bei denen *target* und *flanker* identisch waren (im folgenden kurz *ID*). Bei weiteren 16 Konfigurationen unterschieden sich *flanker* und *target* im Aussehen, die jeweils assoziierte Reaktion war jedoch die gleiche (unterschiedliche Öffnung, gleiche Antwort; *UG*). In 32 Fällen unterschieden sich *target* und *flanker* sowohl im Aussehen als auch in der durch sie nahegelegten Antwortreaktion (unterschiedliche Öffnung, unterschiedliche Antwort; *UU*). In weiteren 8 Durchgängen wurde das *target* durch entscheidungsneutrale Flankierreize begleitet (*NE*). Die einzelnen Stimuli wurden auf einem schwarzen Bildschirm präsentiert.



Abbildung 6: Illustration des verwendeten Stimulusmaterials in *Experiment II*

Im Kern wurde ein 2 (*Zusatzaufgabe*: ja vs. nein) x 4 (*Distraktortyp*: *ID*, *UU*, *UG*, *NE*) x 2 (*Aufgabenreihenfolge*) – Versuchsplan realisiert. Bei *Zusatzaufgabe* und *Distraktortyp* handelt es sich um meßwiederholte Faktoren. Die Bedingung mit und ohne *Zusatzaufgabe* wurde geblockt vorgegeben. Die *Aufgabenreihenfolge* variierte zwischen den Versuchspersonen. Ebenfalls wurde zwischen Versuchspersonen variiert, welche Stimulusmenge mit einer spezifischen Antwort verknüpft wurde.

#### 4.4.1.2 Durchführung

Nach einer ausführlichen schriftlichen Instruktion über den Computerbildschirm bearbeiteten die Teilnehmer zunächst 80 Übungsdurchgänge ohne Flankierreize (je 20 Durchgänge pro entscheidungsrelevantem Landoltring). Die Assoziation zwischen Stimulus und Reaktion wurde dadurch gefestigt. Anschließend folgte, ebenfalls nach Instruktion via Bildschirm, die erste Aufgabe, die je nach Versuchsplanbedingung mit oder ohne Zählaufgabe zu bearbeiten war. Abschließend war der zweite Aufgabenblock zu bearbeiten. Die Durchgänge der

Übungsaufgaben wie auch der nachfolgenden *flanker*-Aufgabe verliefen nach folgender Sequenz: nach einer Pause von 1500 *ms*, in der ein schwarzer Bildschirm präsentiert wurde, wurden die Stimuli für 100 *ms* dargeboten. Die Reaktionen der Versuchsperson wurden millisekundengenau erfaßt. Fehlerhafte Reaktionen wurden durch einen Ton zurückgemeldet. Die gesamte Untersuchung dauerte etwa 20 Minuten und wurde in Einzelsitzungen durchgeführt.

#### 4.4.1.3 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 61 Studierende (44 Frauen und 17 Männer) des Faches Psychologie der Universität Trier im Alter von 19 bis 35 Jahren ( $M = 23.38$ ,  $SD = 3.50$ ) teil. Vier Personen waren Linkshänder.

### 4.4.2 Auswertung

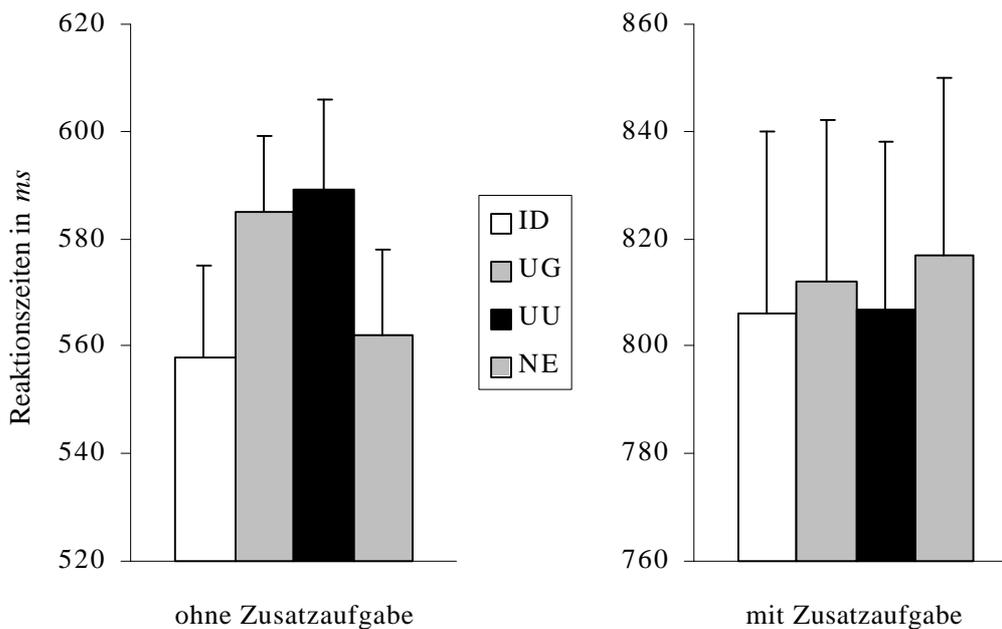
#### 4.4.2.1 Datenbereinigung

Fehlerhafte Entscheidungen (in 7.15% der Durchgänge) wurden von der Analyse ausgeschlossen. Darüber hinaus wurden nur Reaktionszeiten bei der Analyse berücksichtigt, die außerhalb der individuell bestimmten Kriterien für *outside values* (Tukey, 1977) lagen und die generelle Obergrenze von 2000 *ms* nicht überschritten bzw. die generell geltende Untergrenze von 100 *ms* nicht unterschritten (insgesamt 6.13% aller gültigen Reaktionszeiten).

#### 4.4.2.2 Analyse der Reaktionszeiten

Pro Person wurden die Reaktionszeiten für die Bedingungen des Versuchsplans zusammengefaßt und einer Varianzanalyse für Meßwiederholungen mit den Faktoren (2) *Zusatzaufgabe* x (4) *Distraktortyp* x (2) *Aufgabenreihenfolge* unterzogen. Es ergaben sich fünf signifikante Effekte. Zunächst zeigt sich, daß im Mittel um 165 *ms* schneller reagiert wurde, wenn zunächst die Bedingung ohne Zusatzaufgabe zu bearbeiten war ( $F(1,59) = 23.97$ ,  $p < .001$ ). Auch zeigt sich, daß die Reaktionszeiten in der Bedingung mit Zusatzaufgabe um durchschnittlich 227 *ms* langsamer waren ( $F(1,59) = 70.49$ ,  $p < .001$ ), was für eine erfolgreiche Einschränkung vorhandener Verarbeitungsressourcen spricht (Norman &

Bobrow, 1975). Weiter ergibt sich ein Haupteffekt *Distraktortyp* ( $F(3,57) = 3.21, p < .05$ ). Wichtiger ist, daß dieser Effekt durch den Faktor *Ressourcenbindung* weiter qualifiziert wird ( $F(3,57) = 5.94, p = .001$ ; vgl. *Abbildung 7*). Danach ergibt sich lediglich in der Bedingung ohne Zusatzbelastung ein Effekt des *Distraktortyps* ( $F(3,57) = 20.66, p < .001$ ), während sich dieser in der Bedingung mit Zusatzbelastung nicht nachweisen läßt ( $F(3,57) < 1, n.s.$ ). Anschließende Tests zeigen, daß sich bei geringer Ressourcenbindung für die Durchgänge mit identischem *flanker* (*ID*) im Vergleich zur neutralen *baseline* (*NE*) kein signifikanter Unterschied ergibt (Differenz *ID-NE* = -4 ms,  $t(60) < 1, n.s.$ ). Ein Vergleich der Bedingungen *UG* und *NE* zeigt demgegenüber einen Interferenzeffekt von 22 ms ( $t(60) = 3.96, p < .001$ ), der noch deutlicher bei einem Vergleich der Bedingungen *UU* und *NE* ausfällt ( $UU-NE = 27$  ms,  $t(60) = 4.46, p < .001$ ). Darüber hinaus wird die inhaltlich unbedeutsame Interaktion zwischen *Aufgabenreihenfolge* und *Zusatzaufgabe* signifikant ( $F(1,59) = 4.16, p < .05$ ). Alle anderen Effekte und Interaktionen sind nicht signifikant (alle  $F < 1, n.s.$ ).



*Abbildung 7:* Reaktionszeiten in Abhängigkeit von Distraktortyp und Zusatzaufgabe. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwertes an.

#### 4.4.2.3 Analyse der Fehler

In der Bedingung mit Zusatzaufgabe wurden insgesamt mehr Fehler gemacht (9.02% der Fälle) als in der Bedingung ohne Zusatzaufgabe (5.29% der Fälle;  $t(60) = 7.12, p < .001$ ). Für

Zusammenhangsanalysen zwischen Fehleranzahl und Reaktionszeiten wurden - getrennt für die Bedingung mit und ohne Zusatzaufgabe - Effektvariablen als Differenzen (*UU-NE*, *UG-NE*, *ID-NE*) gebildet. Es zeigen sich keine bedeutsamen Zusammenhänge.

#### 4.4.3 Diskussion

Das Experiment liefert klare Ergebnisse. Erstens zeigt sich in Übereinstimmung mit anderen Studien (Eriksen & Eriksen, 1979; Shaffer & LaBerge, 1979), daß sich der *flanker*-Effekt nicht allein auf einen Antwortkonflikt beschränken läßt. Es ergibt sich selbst dann Interferenz, wenn *target* und *flanker* mit der identischen Antwortreaktion assoziiert sind. Demnach müssen auch Prozesse, die sich noch vor der Handlungsauswahl abspielen, bei der Entstehung von Interferenz beteiligt sein. Zweitens läßt sich Interferenz dadurch eliminieren, daß man die Teilnehmer eine einfache Zähltaufgabe simultan bearbeiten läßt. Daraus lassen sich verschiedene Rückschlüsse ziehen. Zum einen kann dieses Ergebnismuster als Bestätigung für Lavies (1995) Hypothese interpretiert werden, wonach der Selektionszeitpunkt von den vorhandenen Verarbeitungsressourcen abhängt. Frühe Selektion bei knappen Ressourcen, späte Selektion bei vollen Ressourcen. Die Ergebnisse widersprechen damit gleichzeitig Erwartungen, wie sie von Yantis und Johnston (1990) formuliert wurden: „One straightforward hypothesis is that in focused attention tasks, early selection is possible whereas in divided attention tasks, selection occurs at a later locus“ (S. 147). Drittens deuten die Ergebnisse im Sinne Kahnemans (1973) auf eine generelle, allen Aufgaben gleichermaßen zur Verfügung stehende Ressource hin.

Für beide bisherige Experimente läßt sich jedoch der Einwand führen, daß die realisierte Ressourcenbeanspruchung zu einer generellen und signifikanten Verlangsamung der Reaktionsgeschwindigkeit führte (vgl. Miller, 1991). Da das Ausmaß der *flanker*-Interferenz zeitsensitiv ist (Eriksen & Schultz, 1979), könnten die Ergebnisse auch durch diese Zeitverzögerung erklärt werden. Um diese Alternativerklärung zu überprüfen, wurden für jede Person per Mediansplit schnelle und langsame Reaktionszeiten bestimmt. Es zeigt sich jedoch keine Interaktion zwischen *Reaktionsgeschwindigkeit*, *Distraktortyp* und *Ressourcenbindung* ( $F(3,56) < 1$ , *n.s.*).

Zusammengenommen erlauben die bisherigen Ergebnisse folgenden Schluß: Der *flanker*-Effekt kann unter Bedingungen, die kognitive Verarbeitungsressourcen beanspruchen,

reduziert bzw. verhindert werden. Die Allokation von Ressourcen auf relevante Aufgabenteile führt dazu, daß die irrelevanten Reize nicht handlungswirksam verarbeitet werden. Der Umkehrschluß, daß bei vollen Ressourcen stets spät selektiert wird, ist allerdings nicht möglich (vgl. etwa Paquet & Craig, 1997; Paquet & Lortie, 1990). Darüber hinaus sprechen die Ergebnisse erneut gegen die Annahme einer automatischen Verarbeitung von Flankierreizen. Automatisch ablaufende Prozesse können durch kontrollierte Prozesse zwar blockiert, nicht aber unterbunden werden.

Wenn Aufmerksamkeitsressourcen verteilt werden können, heißt das, daß der aufmerksam beachtete visuelle Bereich unterschiedlich weit bzw. eng sein kann. Eine weitergehende Erklärung der vorliegenden Ergebnisse besteht daher in der Annahme, daß bei reduzierten Verarbeitungsressourcen der Einfluß irrelevanter Distraktoren geringer wird, weil der Aufmerksamkeitsfokus stärker auf den relevanten Reiz konzentriert wird. Aus Sicht der Kapazitäts- und Ressourcenmodelle kann Aufmerksamkeit auf verschiedene Aufgaben verteilt (Kahneman, 1973) oder wie ein Scheinwerfer auf verschiedene Orte im visuellen Feld positioniert werden (vgl. etwa Eriksen & Hoffman, 1972; Jonides, 1980; Jonides, 1983). Sind ausreichende Ressourcen vorhanden, dann werden vorliegende Reize parallel verarbeitet. Reichen die Ressourcen nicht aus, so müssen sie stärker auf bestimmte Orte der Reizkonfiguration fokussiert werden. Die Verarbeitung vorgegebener Reize läuft dann seriell ab. Die bisherigen Befunde zur Ressourcenabhängigkeit des *flanker*-Effekts können durch eine veränderte Aufmerksamkeitsverteilung erklärt werden. Ressourcentheoretisch ist es wahrscheinlich, daß sich die Flankierreize in den Bedingungen mit reduzierten Ressourcen nicht mehr im „Scheinwerferlicht“ der Aufmerksamkeit befanden. Die *flanker* wurden nicht verarbeitet<sup>9</sup>. Für eine solche Interpretation sprechen Befunde, nach denen die Verarbeitung der peripheren Reize von der Beanspruchung (Ressourcen) durch zentral dargebotene Stimuli abhängt (siehe z.B. Chan & Courtney, 1993; van de Weijert, 1993; Williams, 1985).

---

<sup>9</sup> Dazu Lavie (1995, S. 465): „... distractors are simply not processed when relevant processing consumes full perceptual capacity“.

## 5 Räumliche Aufmerksamkeit

Die räumliche Selektion gilt als eine besondere Selektionsform, die grundlegender und direkter operiert als etwa die Selektion über Farbe und Form (siehe hierzu Tsal & Lavie, 1988; van der Heijden, 1992). Soll z.B. in einer Aufgabe ein visueller Reiz aufgrund seiner Farbe oder seiner Form selektiert werden, dann sind die am häufigsten auftretenden Fehlentscheidungen solche, bei denen versehentlich ein räumlich benachbarter Reiz genannt wird und nicht etwa ein visuell ähnlicher Reiz (Tsal & Lavie, 1988). Zur Beschreibung selektiver Aufmerksamkeit bei visuell dargebotenen Reizen wird häufig die Metapher des Scheinwerfers (*attentional spotlight*) benutzt (vgl. Broadbent, 1982; Eriksen & Hoffman, 1973; Eriksen, 1990; LaBerge, 1983; Posner, 1980; vgl. zusammenfassend auch Hoffmann, 1993; Johnston & Dark, 1986).

### 5.1 Die *Spotlight*-Metapher

Bereits Lotze (1846/1989) verglich die Aufmerksamkeit mit einem inneren Scheinwerfer. Nach Lotze erscheint die Aufmerksamkeit

...uns wie ein Licht von an sich gleicher Stärke, das schwächer jedes Einzelne beleuchtet, je mehr es sich auf eine Mannichfaltigkeit vertheilen muß und dessen Zuschärfung nur in der Concentration seiner Strahlen auf wenige Punkte besteht (Lotze, 1846/1989, S. 203).

Wie ein Lichtkreis, der z.B. an einer gegenüberliegenden Wand entsteht, im innersten am hellsten ist und nach außen hin kontinuierlich dunkler wird, bis er schließlich ganz in Dunkelheit übergeht, wird auch dem Inneren des Aufmerksamkeitsfeldes der höchste „Klarheitsgrad“ (vgl. Henning, 1925; Wundt, 1911) zugeschrieben, der sich nach der Peripherie kontinuierlich verringert. Reize, die sich im „Scheinwerfer“ befinden, werden bevorzugt verarbeitet. Reize außerhalb des *Spotlights* werden nur oberflächlich oder überhaupt nicht verarbeitet. Die Konzeption des Scheinwerfers geht von einer kontinuierlichen Aufmerksamkeitsverteilung aus. Die räumliche Aufmerksamkeit ist nicht teilbar, da der Lichtkegel zu einem Zeitpunkt nicht an zwei Orten sein kann. Der Aufmerksamkeitsfokus muß nicht mit der Blickrichtung zusammenfallen; die

Aufmerksamkeit kann auch unabhängig von der Augenstellung im visuellen Feld positioniert werden (Posner, Snyder & Davidson, 1980; Remington & Pierce, 1984; Tsal, 1983). Es erfordert allerdings eine „gewisse Willensanstrengung sowie einige Übung, diese Verkopplung zu lösen“ (Henning, 1925, S. 599), so daß in der Regel Aufmerksamkeit und Augenstellung kongruent ausgerichtet sind.

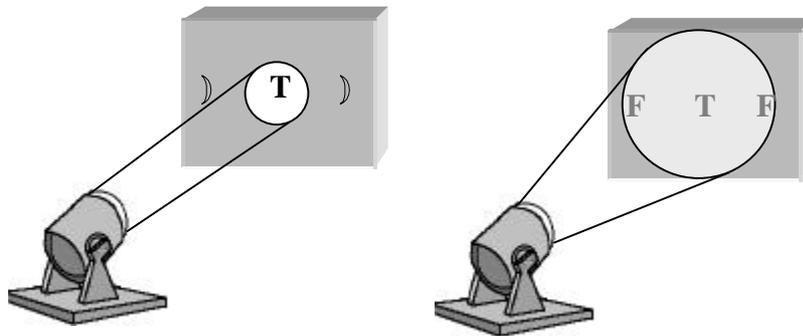
Für die Annahme eines Aufmerksamkeitssscheinwerfers gibt es eine Reihe empirischer Belege (z.B. LaBerge, 1983; LaBerge, Brown, Carter, Bash & et al., 1991; LaBerge, Carlson, Williams & Bunney, 1997). In der Untersuchung von LaBerge (1983) wurde die Weite des *Spotlights* dadurch manipuliert, daß die Versuchspersonen in einer Bedingung Wörter klassifizieren sollten, die jeweils aus fünf Buchstaben zusammengesetzt waren (weiter Fokus). In einer anderen Bedingung sollte jeweils nur der mittlere Buchstabe eines fünf Buchstaben zählenden Wortes kategorisiert werden (enger Fokus). Anschließend an die Beurteilung des Stimulus wurde ein Zeichen dargeboten, das zufällig auf einer der fünf Positionen, die durch den vorangehenden Stimulus besetzt waren, auftreten konnte. Die Entscheidungszeiten auf den zweiten Stimulus hingen entscheidend von der vorangehenden Klassifikationsaufgabe ab. Wurde zunächst ein ganzes Wort klassifiziert (weiter Fokus), zeigten sich unabhängig von der Position des nachfolgenden Stimulus in etwa die gleichen Entscheidungszeiten. Ging dagegen der Entscheidung des zweiten Reizes die Klassifikation des zentralen Buchstabens voraus (enger Fokus), ergaben sich mit zunehmender räumlicher Entfernung des zweiten Stimulus von der Position des ersten Reizes längere Entscheidungszeiten.

An anderer Stelle wird räumliche Aufmerksamkeit eher im Sinne einer „Gummilinse“ (Neumann, 1980; Stoffer, 1988) bzw. als „Zoom-Linse“ (Eriksen & St. James, 1986; Eriksen & Yeh, 1985; Treisman & Gormican, 1988) beschrieben. Auch hier gilt, daß die Selektion als Bevorzugung einer bestimmten, zusammenhängenden visuellen Region konzeptualisiert wird. Es wird allerdings betont, daß die Größe der beachteten Region variabel sein kann. Eriksen und Eriksen (1974) gehen davon aus, daß der kleinstmögliche Fokusdurchmesser etwa  $0.5^\circ$  beträgt. Andere Daten sprechen dafür, daß je nach Komplexität der Aufgabe auch kleinere Scheinwerfergrößen einstellbar sind (LaBerge, Brown, Carter, Bash & et al., 1991). Theoretisch kann sich der Fokus bis zu den Grenzen des visuellen Feldes ausdehnen (Eriksen & St. James, 1986). Analog zu der Funktionsweise einer Linse in einem Photoapparat hängt die „Tiefenschärfe“ von der Öffnung der Linse ab. Bei großer Öffnung können viele Reize

berücksichtigt werden, was jedoch zu Lasten einer detaillierten Verarbeitung geht. Umgekehrt werden bei geringer Öffnung zwar nur wenige Reize beachtet, dafür können diese tiefer verarbeitet werden. Bei geringem Auflösungsvermögen erhalten also alle Reize des ausgewählten visuellen Feldes die gleiche Menge an Aufmerksamkeitsressourcen. Bei hohem Auflösungsvermögen ist dies zwar ebenfalls der Fall, allerdings werden insgesamt weniger Reize berücksichtigt; diesen können dann absolut mehr Ressourcen zugeteilt werden (vgl. *Abbildung 8*). Die Verarbeitung ist detaillierter und schneller:

If the analogy is valid, attentional resources could be concentrated in very small spatial extents in the visual field. The smaller the spatial extent, the greater the concentration of resources, with a faster rate of information extraction and the capacity to resolve finer and finer detail or extract more information about the stimuli within the effective attentional field (Eriksen & St. James, 1986 , S. 227)<sup>10, 11</sup>.

Die an der *Spotlight*-Metapher vorgebrachte Kritik richtet sich auf die Annahme der Unteilbarkeit der Aufmerksamkeit, auf die analog angenommene Bewegung des *Spotlights* im Raum (Shulman, Remington & McLean, 1979; Tsal, 1983) gegenüber der diskreten Bewegung (Eriksen & Murphy, 1987) und auf die Selektion von räumlichen Regionen im Gegensatz zur Selektion von Objekten (z.B. Buchner, 1988; Driver & Baylis, 1989; Driver &



*Abbildung 8:* Illustration des „Aufmerksamkeitscheinwerfers“. Bei engem Fokus (links) erhält ein Reiz die gesamten Ressourcen (Licht). Die Reize außerhalb des *Spotlights* werden nicht verarbeitet. Bei weitem Fokus (rechts) wird das vorhandene Licht (Ressourcen) auf mehrere Reize verteilt. Dies kann zu Lasten der Detailgenauigkeit gehen.

<sup>10</sup> Die Analogie zum Photoapparat trägt allerdings nicht ganz, versucht man die Gleichsetzung von Licht und Ressourcen/Kapazität beizubehalten. So benötigt man beim Photographieren mit kleiner Linsenöffnung eigentlich mehr Licht (Ressourcen) als bei großer Öffnung, um optimale Resultate zu erzielen.

<sup>11</sup> Henning formuliert es so: „Wie die kreisförmige Lichtstelle an der Wand heller ist, wenn der Lichtkegel *ceteris paribus* enger ausfällt, als wenn man dieselbe Lichtmenge auf eine größere Wandfläche zerstreut, so wird auch die Aufmerksamkeitskonzentration und Klarheit höher, wenn sie sich auf einen kleineren, als wenn sie sich auf einen ausgedehnteren Bezirk verteilt“ (Henning, 1925, S. 598).

Baylis, 1998; Duncan, 1984; Hughes & Zimba, 1985; Klein & Hansen, 1987). Duncan (1984) zeigte etwa, daß es einfacher ist, zwei Attribute zu beurteilen, wenn sie zu einem Objekt gehören, als wenn die Attribute zwei verschiedenen Objekten gehören. Auch die Befunde von Treisman, Kahneman und Burkell (1983) sprechen dafür, daß Aufmerksamkeit objektbezogen funktioniert. Hier wurde den Versuchspersonen ein Wort und gleichzeitig ein Rechteck dargeboten. In einer Aufgabe sollten sie das Wort identifizieren und gleichzeitig eine Unterbrechung im Umriß des Rechtecks bestimmen. Das Wort stand entweder innerhalb des Rechtecks oder es wurde außerhalb des Rechtecks plziert. Das Wort konnte schneller identifiziert und die Lücke schneller erkannt werden, wenn das Wort innerhalb des Rechtecks auftauchte. Dies galt auch dann noch, wenn die Entfernung zwischen der Unterbrechung im Rechteck und dem Wort größer war als in einer Bedingung, in der das Wort außerhalb des Rechtecks präsentiert wurde. Wenn das Wort innerhalb des Rechtecks dargeboten wird, werden beide Reize vermutlich als ein Objekt wahrgenommen. Dadurch können alle relevanten Merkmale gleichzeitig berücksichtigt werden. Im anderen Fall werden zwei getrennte Objekte wahrgenommen. Dadurch ist die Verarbeitung der relevanten Merkmale zeitintensiver. Die Untersuchung von Kramer und Jacobson (1991) legt nahe, daß weder der raumbasierte noch der objektbasierte Ansatz ausreichend ist. Sie realisierten eine *flanker*-Aufgabe, in der die Distanz und die Objektzugehörigkeit von *target* und *flanker* variiert wurden. Zielreiz und Distraktor konnten im selben Objekt eingeschlossen sein oder sich in unterschiedlichen Objekten befinden. Die Interferenzeffekte hingen erstens vom Distraktorabstand ab. Sie waren zweitens dann größer, wenn *target* und Distraktor zum selben Objekt gehörten. Es ergab sich dagegen keine Interferenz, wenn beide Stimuli in unterschiedlichen Objekten auftauchten. Dies war selbst dann noch der Fall, wenn die Distanz zwischen *target* und *flanker* geringer als  $0.25^\circ$  war. Innerhalb einer räumlich selektierten Region können also auch objektbasierte Aufmerksamkeitsmechanismen wirksam sein (Goebel, 1996).

Eine sehr eng mit den *Spotlight*-Modellen verwandte Vorstellung findet sich im Aktivitätsverteilungsmodell von LaBerge (vgl. LaBerge & Brown, 1989; LaBerge, 1995; LaBerge, Carlson, Williams & Bunney, 1997). Aufmerksamkeit wird hier als eine lokale Aktivitätsverteilung im Raum angesehen. Die Form dieser Aktivitätsverteilung entspricht der Normalverteilung. Das Plateau der Verteilung repräsentiert das Aktivitätsmaximum im beachteten Bereich, wobei die Aktivationsstärke mit zunehmender Distanz zum fokussierten

Bereich geringer wird. Es wird angenommen, daß das Aktivitätsniveau durch die vorangehende Präsentation eines Objekts beeinflusst wird, vornehmlich aber durch *top-down*-Prozesse bestimmt wird (vgl. auch Norman & Shallice, 1986). Die Breite der Verteilung hängt von der vorangegangenen Verarbeitung randständiger Objekte ab. Wenn der zentrale Ort, an dem ein *target* erscheint, durch einen Hinweisreiz voraktiviert wird, ist nur wenig Zusatzaktivierung nötig, um den relevanten Bereich vom Hintergrund der übrigen Objekte hervorzuheben. Erscheint das *target* dagegen an einem anderen Ort, ist mehr zusätzliche Aktivierung nötig, um die Aktivationsstärke an diesem Ort über das Aktivationsniveau der anderen Reize zu heben. Der Aufmerksamkeit kommt also vornehmlich eine aktivationssteigernde, modulierende Rolle zu (vgl. auch Cohen, Dunbar & McClelland, 1990; Norman & Shallice, 1986). Im Unterschied zu den *Spotlight*-Modellen erlaubt das Aktivitätsverteilungsmodell allerdings zwei oder mehrere Maxima der Aufmerksamkeitsdichte.

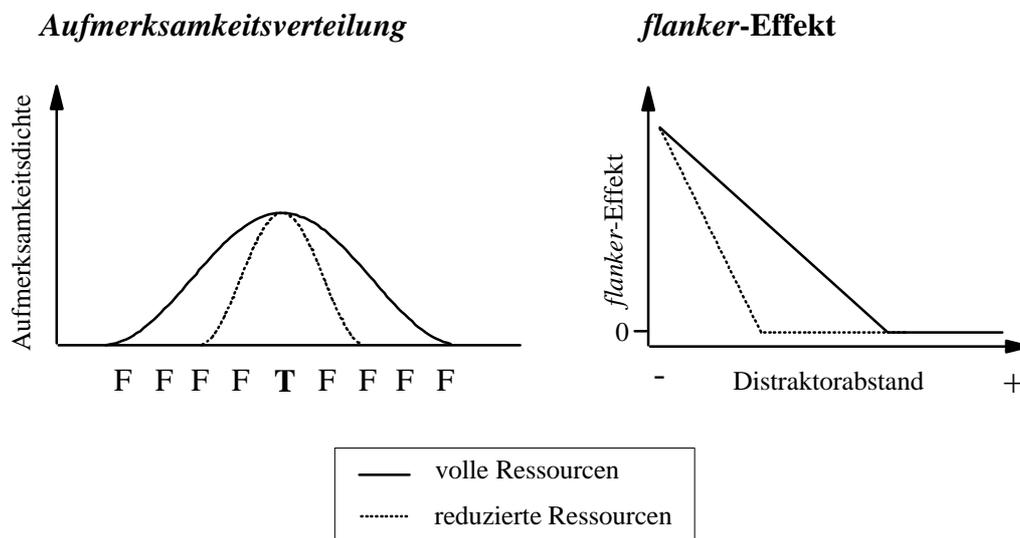
## 5.2 Aufmerksamkeitsverengung *versus* Aufmerksamkeitskonvergenz

Die *Spotlight*-Modelle bzw. LaBerges (1995) Aufmerksamkeitsaktivationsmodell erklären, warum sich die *flanker*-Interferenz mit zunehmender Distanz der Distraktoren vom *target* verringert. Je weiter entfernt ein Flankierreiz vom *target* auftaucht, desto weniger Aufmerksamkeit erhält er. Als Konsequenz werden Distraktoren weniger verarbeitet und können daher weniger stören. Wie aber wirken sich reduzierte Aufmerksamkeitsressourcen aus? Führen knappe Ressourcen zu einer Verengung des Aufmerksamkeitsfokus oder zu einer generell geringeren Aufmerksamkeitsdichte im gesamten beachteten Bereich?

### 5.2.1 Aufmerksamkeitsverengung (Modell A)

Wenn die Aufgabe darin besteht, einen an einem bestimmten Ort erscheinenden Reiz zu klassifizieren, konzentriert sich die Aufmerksamkeit auf diesen Ort. Die räumliche Aufmerksamkeit fällt am Rand des Lichtkegels schnell ab (Eriksen & St. James, 1986), die Grenzen des *Spotlights* sind jedoch unscharf. Reize, die sich an diesen Grenzen befinden, erhalten also immer noch etwas Aufmerksamkeit, wodurch deren (oberflächliche) Verarbeitung nicht völlig ausgeschlossen ist. In der *flanker*-Aufgabe führt dies dazu, daß die

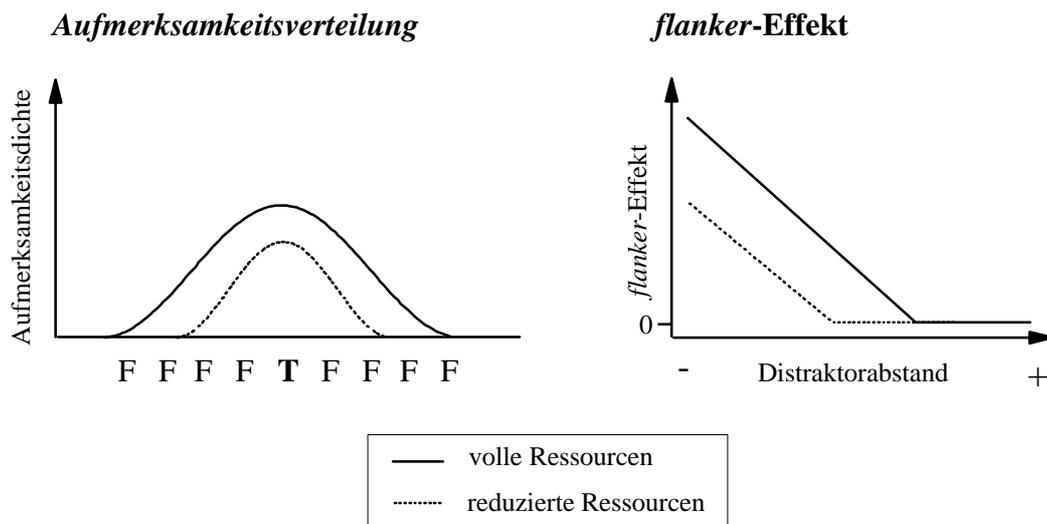
Distraktoren, je nach Abstand zum *target* doch noch verarbeitet werden und deshalb Störungen hervorrufen können. Wenn sich aber die gesamten zur Aufgabenbearbeitung verfügbaren Ressourcen verringern, stehen allen vorhandenen Reizen, also auch den relevanten Reizen, insgesamt weniger Ressourcen zur Verfügung. Eine Möglichkeit diesen Nachteil zu kompensieren, besteht in einer Verengung des *Spotlights*. Vorhandene Ressourcen werden noch stärker auf den zentralen und entscheidungsrelevanten, räumlichen Bereich konzentriert. Die Effizienz der Aufgabenbearbeitung bleibt gewahrt. Der Ort der höchsten Aufmerksamkeitsdichte bei reduzierten Aufmerksamkeitsressourcen ist nach dieser Vorstellung identisch mit dem Ort der höchsten Aufmerksamkeitsdichte bei vollen Ressourcen. Einschränkungen dieser Annahme können sich ergeben, wenn die Menge verfügbarer Ressourcen so gering ist, daß selbst bei Konzentration auf den zentralen Bereich der Verteilungsgipfel nicht erreicht wird oder wenn die Möglichkeiten der Ressourcenkonzentration *a priori* begrenzt sind (Eriksen & Hoffman, 1973). Auch das Ausmaß der Dichte ist am Verteilungsgipfel bei normalen wie reduzierten Ressourcen nahezu gleich (zur Illustration dieser Vorstellung vgl. *Abbildung 9*, links). Trifft diese Annahme zu, so müßte es bei reduzierten Ressourcen mit zunehmendem Distraktorabstand zu einer stärkeren Reduzierung von Interferenzeffekten kommen (vgl. *Abbildung 9*, rechts).



*Abbildung 9:* Illustration von Modell A (Aufmerksamkeitsverengung) und der dazugehörigen flanker-Effekte. Nach Modell A sinkt die Dichte der Aufmerksamkeitsverteilung bei einer Reduzierung der vorhandenen Ressourcen stärker ab als im Normalfall (links). Entsprechend wird es bereits bei geringem flanker-target-Abstand zu einer Reduktion des flanker-Effekts kommen, wobei das Interferenzausmaß zu Beginn nahezu gleich ist.

### 5.2.2 Aufmerksamkeitskonvergenz (Modell B)

Alternativ zu dieser Vorstellung kann angenommen werden, daß die Aufmerksamkeitsverteilung durch eine Reduzierung vorhandener Aufmerksamkeitsressourcen in allen Verteilungsbereichen um einen konstanten Betrag schrumpft. Auch in diesem Fall fällt der Ort der höchsten Aufmerksamkeitsdichte unter knappen wie vollen Aufmerksamkeitsressourcen zusammen. Allerdings unterscheidet sich hier die Aufmerksamkeitsdichte. Bei reduzierten Verarbeitungsressourcen ist die maximale Dichte geringer als bei vollen Ressourcen (vgl. *Abbildung 10*, links). Im Hinblick auf den *flanker*-Effekt kann bei knappen Ressourcen erwartet werden, daß die *flanker*-Interferenz mit zunehmendem Distraktorabstand um einen konstanten Betrag abfällt. Im Gegensatz zu Modell A sagt Modell B voraus, daß sich bereits bei sehr geringer *flanker-target*-Distanz ein kleinerer *flanker*-Effekt bei reduzierten Ressourcen ergibt (vgl. *Abbildung 10*, rechts).



*Abbildung 10:* Illustration von Modell B (Aufmerksamkeitskonvergenz) und der dazugehörigen *flanker*-Effekte. Nach Modell B verändert sich die Aufmerksamkeitsdichte in allen Abschnitten in gleicher Weise. Entsprechend findet sich für den *flanker*-Effekt bis zu seiner völligen Eliminierung ein konstanter Abfall.

Ziel des nachfolgenden Experiments war es, Hinweise für die Gültigkeit einer der beiden Modellvorstellungen zu erhalten. Dazu wurde eine *flanker*-Aufgabe realisiert. Um die Ausdehnung des Aufmerksamkeitsfokus zu untersuchen, wurde der Abstand zwischen *target*

und Distraktor variiert. In einer Experimentalbedingung wurden die verfügbaren Verarbeitungsressourcen durch eine Zusatzaufgabe manipuliert.

### 5.3 Experiment III

In einer *flanker*-Aufgabe mußte eine einfache Klassifikationsentscheidung für ein zentral dargebotenes *target* abgegeben werden. Als Stimuli wurden Buchstaben eingesetzt. Die Zuordnung von Reiz und Antwortreaktion war sehr einfach, so daß auftretende Effekte möglichst unberührt durch potentielle Stimulus-Reaktions-Zuordnungsschwierigkeiten waren. Zudem sollte damit gesichert werden, daß die Verarbeitung der Stimuli wenige Ressourcen bedarf. Da in diesem Fall auch dann noch Interferenz zu erwarten ist, wenn sich die Distraktoren am Rand des *Spotlights* befinden, läßt sich die Scheinwerfergröße besser abschätzen. Flankiert wurde jedes *target* stets durch zwei Distraktoren. Um den Zusammenhang von Aufmerksamkeitsverteilung und Distanz zu überprüfen, wurde der Distraktorabstand in fünf Stufen variiert. Außerdem mußte in einer Bedingung eine ressourcenbindende Zusatzaufgabe bearbeitet werden. Wie in *Experiment II* mußten die Teilnehmer während der Klassifikationsaufgabe laut zählen.

Welche Hypothesen können formuliert werden? Sowohl die Vorstellung der Aufmerksamkeitsverengung als auch die der Aufmerksamkeitskonvergenz läßt einen kleineren *flanker*-Effekt unter Ablenkungsbedingungen erwarten. Ebenfalls prognostizieren beide Modellen, daß die *flanker*-Interferenz bei knappen Aufmerksamkeitsressourcen, im Vergleich zu vollen Ressourcen, bei geringerem *flanker-target*-Abstand gegen Null tendiert. Unterschiedliche Vorhersagen ergeben sich jedoch für das Niveau des Effekts bei sehr kurzer Distanz. Nach Modell A muß die Interferenz bei minimaler Distanz sowohl bei reduzierten als auch bei vollen Verarbeitungsressourcen nahezu gleich sein. Modell B macht dagegen die Vorhersage, daß die Interferenzstärke bei knappen Ressourcen bereits bei sehr kurzer Distanz geringer ausfällt als bei vollen Ressourcen.

### 5.3.1 Methode

#### 5.3.1.1 Versuchsplan und Material

Der Versuchsplan umfaßt den zweifach gestuften Faktor *Ressourcenbindung* (mit und ohne Zusatzaufgabe), den ebenfalls zweifach gestuften Faktor *Distraktortyp* (*flanker* und *target* sind reaktionskompatibel bzw. inkompatibel) und den fünffach gestuften Faktor *Distanz* (Flankierreize tauchen in den Entfernungen 0.05°, 0.46°, 1.38°, 2.29°, 3.21° vom *target* auf). Alle Faktoren wurden meßwiederholt. Die Bedingung mit und ohne Ressourcenbindung wurden geblockt vorgegeben, wobei die Abfolge zwischen den Versuchspersonen variierte (Kontrollfaktor *Reihenfolge*). Die Zusatzaufgabe bestand aus einer Zählaufgabe, bei der die Versuchspersonen ausgehend von der Zahl 3 in Dreierschritten laut weiterzählten.

Als Material wurden die Buchstaben *L* und *R* verwendet. In reaktionskompatiblen Durchgängen waren *target* und *flanker* identisch (LLL, RRR). In den anderen Fällen handelte es sich um entscheidungsinkompatible Durchgänge (LRL, RLR). Auf eine neutrale Bedingung wurde verzichtet. Jeder Buchstabe wurde innerhalb jeder Bedingungskombination der Faktoren *Distanz* und *Distraktortyp* jeweils 9 mal als *target* präsentiert. Insgesamt ergeben sich somit für die Bedingung mit und ohne externe Ressourcenbindung jeweils 5 (*Distanz*) x 2 (*Distraktortyp*) x 2 (*Buchstabe*) x 9 = 180 Durchgänge. Die einzelnen Stimuli wurden in weißer Schrift auf schwarzem Bildschirmhintergrund präsentiert.

#### 5.3.1.2 Durchführung

Nach einer ausführlichen schriftlichen Instruktion am Bildschirm wurden die Teilnehmer zunächst in 20 Übungsdurchgängen mit der Aufgabe vertraut gemacht. Anschließend folgte, ebenfalls nach Instruktion via Computerbildschirm, die erste Aufgabe. Je nach Versuchsplanbedingung war zuerst die Bedingung mit oder ohne Zusatzaufgabe zu bearbeiten. Abschließend folgte der zweite Aufgabenblock. Wurde als *target* ein *L* präsentiert, so mußte so schnell wie möglich eine linke Tastenreaktion erfolgen. Wurde dagegen ein *R* als *target* vorgegeben, so mußte eine rechte Tastenreaktion abgegeben werden. Die Durchgänge der Übungsaufgaben wie auch der nachfolgenden *flanker*-Aufgabe verliefen nach folgender Sequenz: nach einer Pause von 1250 ms, in der ein schwarzer Bildschirm präsentiert wurde, erschien in der Mitte des Bildschirms für 500 ms ein Hinweisreiz (\*). Nach weiteren 50 ms, in denen der Bildschirm schwarz war, wurde die Stimuluskonfiguration für 200 ms

eingebildet und die Reaktion der Versuchsperson millisekundengenau erfaßt. Fehlerhafte Durchgänge und Reaktionen, die länger als 1500 ms waren, wurden am Ende des Aufgabenteils, unbemerkt von der Versuchsperson, wiederholt vorgegeben. Die gesamte Untersuchung dauerte etwa 20 Minuten und wurde in Einzelsitzungen durchgeführt.

### 5.3.1.3 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 43 Studierende (26 Frauen und 17 Männer) des Faches Psychologie der Universität Trier im Alter von 18 bis 35 Jahren ( $M = 23.38$ ,  $SD = 3.57$ ) teil. Fünf Personen waren Linkshänder. Zwei Personen, die erhebliche Schwierigkeiten bei der Bearbeitung der Aufgabe hatten, wurden von den Analysen ausgeschlossen. Die Teilnahme an der Untersuchung wurde mit 5,- DM vergütet.

## 5.3.2 Auswertung

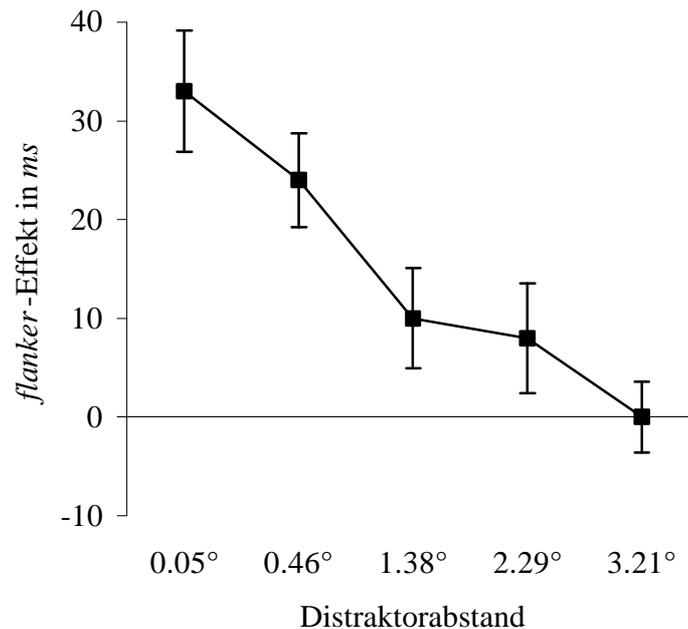
### 5.3.2.1 Datenbereinigung

Fehlerhafte Entscheidungen (4.12% der Fälle) wurden vor der Analyse eliminiert. Darüber hinaus wurden nur Reaktionszeiten berücksichtigt, die außerhalb der individuell bestimmten Kriterien für *outside values* (Tukey, 1977) lagen und die generelle Obergrenze von 1500 ms nicht überschritten bzw. die generell geltende Untergrenze von 150 ms nicht unterschritten (insgesamt 7.66% aller gültigen Reaktionszeiten). Pro Person wurden die verbleibenden Zeiten für jede Bedingung des Versuchsplans zusammengefaßt.

### 5.3.2.2 Analyse der Reaktionszeiten

Für den Kontrollfaktor *Reihenfolge* läßt sich keine Bedeutsamkeit feststellen (alle  $F$ -Werte unter Beteiligung dieses Faktors  $< 1.79$ , *n.s.*); in den nachfolgenden Analysen wird er daher nicht weiter berücksichtigt. Die vollständige, varianzanalytische Auswertung des Kernversuchsplans erbringt folgende Ergebnisse: Zunächst ergibt sich ein Haupteffekt *Ressourcenbindung* ( $F(1,40) = 111.61$ ,  $p < .001$ ), wonach im Mittel um 150 ms langsamer reagiert wurde, wenn neben der Klassifikationsaufgabe auch noch die Zählaufgabe zu bearbeiten war. Daneben zeigt sich ein Haupteffekt *Distanz* ( $F(4,37) = 15.05$ ,  $p < .001$ ), woran sich ablesen läßt, daß sich die mittleren Reaktionszeiten mit zunehmendem

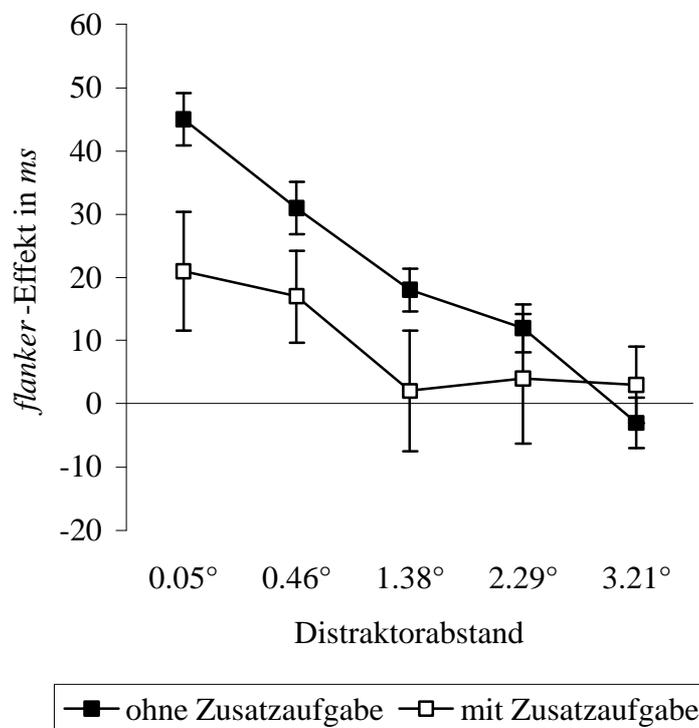
Distraktorabstand verringerten (von 534 *ms* bei ganz nahen Distraktoren, über 520 *ms*, 520 *ms*, 514 *ms* bis zu 513 *ms* bei den entferntesten Distraktoren). Auch der Haupteffekt *Distraktortyp* wird deutlich signifikant ( $F(1,40) = 37.37, p < .001$ ). Danach ergibt sich ein durchschnittlicher *flanker*-Effekt von 15 *ms*. Weiter zeigt sich eine Interaktion von *Distraktortyp* und *Distanz* ( $F(4,37) = 8.80, p < .001$ ). Der *flanker*-Effekt verringert sich mit zunehmender Distanz (vgl. *Abbildung 11*).



*Abbildung 11: Flanker-Effekt in Abhängigkeit von der Distanz zwischen target und flanker. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwertes an.*

Ebenfalls bedeutsam wird die Interaktion zwischen *Distraktortyp* und *Ressourcenbindung* ( $F(1,40) = 7.49, p < .01$ ). Wie die Berechnung der einfachen Haupteffekte verdeutlicht, fällt die *flanker*-Interferenz in der Bedingung ohne Zusatzaufgabe deutlich stärker aus ( $F(1,40) = 94.20, p < .001$ ) als in der Bedingung mit Zusatzaufgabe ( $F(1,40) = 5.28, p < .05$ ). Schließlich zeigt sich eine Wechselwirkung zwischen *Distraktortyp*, *Ressourcenbindung* und *Distanz* ( $F(4,37) = 2.61, p = .051$ ; vgl. *Abbildung 12*). Eine für die einzelnen Distanzen getrennte Betrachtung des *flanker*-Effekts in Abhängigkeit von der Bedingung mit bzw. ohne Zusatzaufgabe zeigt, daß sich lediglich für Distanz 1 signifikant stärkere Interferenz für die Bedingung ohne Zusatzaufgabe ergibt ( $F(1,40) = 9.83, p < .01$ ). Für Distanz 2 zeigt sich

andeutungsweise stärkere Interferenz für die Bedingung ohne Zusatzbelastung ( $F(1,40) = 3.74, p = .06$ ). Für die übrigen Distanzen lassen sich keine bedeutsamen Unterschiede mehr nachweisen ( $F(1,40) \leq 2.63, p \geq .11$ ). Diese Analysen geben jedoch keine Auskunft darüber, ab welcher Distanz überhaupt noch bedeutsame Interferenz vorzufinden ist. Deshalb wurde in Anschlußanalysen separat für die Bedingungen mit und ohne Zusatzaufgabe und getrennt für jede Stufe des Faktors *Distanz* das Vorliegen eines *flanker*-Effekts überprüft (*t*-Tests für den Einstichprobenfall). Diese Analysen bestätigen, was *Abbildung 12* illustriert. Für die Bedingung ohne Zusatzaufgabe zeigt sich für die Distanzen 1 bis 4 ein bedeutsamer Interferenzeffekt (alle  $t(40) > 3.23, p < .01$ ). Für die Bedingung mit Zusatzaufgabe läßt sich nur für die ersten beiden Distanzen Interferenz nachweisen (beide  $t(40) > 2.22, p < .05$ ).



*Abbildung 12: Flanker-Effekt in Abhängigkeit der Zusatzbelastung und der Distanz zwischen target und flanker. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwertes an.*

### 5.3.2.3 Analyse der Fehler

In der Bedingung mit Zusatzaufgabe wurden mehr Fehler gemacht (in 5.76% der Durchgänge) als in der Bedingung ohne Zusatzaufgabe (2.48% der Fälle;  $t(40) = 5.70, p < .001$ ). Zusammenhangsanalysen zwischen den für jede Distanz und die Bedingungen mit und

ohne Zusatzaufgabe getrennt gebildeten Effektvariablen und der Fehleranzahl ergeben keine statistisch signifikanten Befunde.

### 5.3.3 Diskussion

Ziel des Experiments war es, zu untersuchen, inwieweit sich eine Reduktion verfügbarer Verarbeitungsressourcen auf die Aufmerksamkeitsverteilung auswirkt. Alternativ stehen sich die Vorhersagen von Modell A (Aufmerksamkeitsverengung) und Modell B (Aufmerksamkeitskonvergenz) gegenüber.

Zunächst läßt sich in der Untersuchung der bereits bekannte Effekt bestätigen, wonach das Ausmaß der *flanker*-Interferenz mit zunehmender *flanker-target*-Distanz geringer wird (z.B. Eriksen & Eriksen, 1974; Eriksen & St. James, 1986). Dies entspricht den Vorhersagen beider Modelle. Auch verringert sich das Ausmaß des *flanker*-Effekts, wenn durch eine Zusatzaufgabe Ressourcen gebunden wurden. Im Gegensatz zu den beiden vorangegangenen Untersuchungen wird die *flanker*-Interferenz nicht komplett unterbunden, sondern lediglich reduziert. Dieses Ergebnis kann auf die einfache Zuordnung von Reiz und Reaktion zurückgeführt werden. Während in *Experiment I* und *Experiment II* die präsentierten Reize in entsprechende Reaktionen „übersetzt“ werden mußten, fiel diese Übersetzung im vorliegenden Fall wesentlich einfacher aus. Die Reize informierten direkt über die korrekte Antwortreaktion (*L* = links reagieren, *R* = rechts reagieren). Geringere Übersetzungsarbeit benötigt weniger Ressourcen. Dadurch blieben selbst unter Ablenkungsbedingungen Residualressourcen, die den Distraktorreizen zur Verfügung standen.

Der Befund, wonach in der Ablenkungsbedingung die *flanker*-Interferenz bereits bei geringerer Distanz von *flanker* und *target* gegen Null tendiert, wird ebenfalls von beiden Modellen vorhergesagt. Der entscheidende Punkt ist, ob sich bereits bei minimaler *flanker-target*-Distanz Interferenzunterschiede in Abhängigkeit von den verfügbaren Aufmerksamkeitsressourcen ergeben. Modell B (Aufmerksamkeitskonvergenz) prognostiziert hier einen Unterschied, während nach Modell A (Aufmerksamkeitsverengung) kein Unterschied zu erwarten ist. Das Ergebnismuster spricht für Modell B. Reduzierte Aufmerksamkeitsressourcen führen nicht zu einer Verengung des Aufmerksamkeitsfokus, sondern zu einer generell geringeren Aufmerksamkeitsdichte.

Bisher wurde davon ausgegangen, daß durch die Bearbeitung der Zählaufgabe Ressourcen gebunden werden, die nicht mehr für die Bearbeitung der *flanker*-Aufgabe zur Verfügung stehen. Dies setzt voraus, daß die *flanker*- und die Zählaufgabe durch Rückgriff auf einen gemeinsamen Ressourcenpool bearbeitet werden. Legt man Kahnemans (1973) Konzeption von Verarbeitungskapazität zugrunde, so ist die Annahme unproblematisch und die Ergebnisse sind erwartungskonform. Setzt man eher auf die Vorstellung spezifischer, modalitätsabhängiger Ressourcen, so sind die bisher vorgelegten Ergebnisse überraschend. Auf welche spezifische Ressource greifen *flanker*- und Ablenkungsaufgabe zurück?

Ein weiteres Experiment wurde mit dem Anliegen durchgeführt, die vorgelegten Ergebnisse mit einer anderen Ressourcenmanipulation zu replizieren. Nimmt man eine generelle, für alle Aufgaben gleichermaßen zur Verfügung stehende Ressource an, was durch die bisherigen Untersuchungen gestützt wird, müßte eine andere Ressourcenmanipulation zu den gleichen Ergebnissen führen.

## 5.4 Experiment IV

Das nachfolgende Experiment ist nahezu identisch mit *Experiment III*, weist aber einen größeren Unterschied und einige kleinere Unterschiede auf. Der Hauptunterschied besteht darin, daß Ressourcen durch eine Gedächtnisaufgabe (*memory load*) gebunden werden. Dies ist ein übliches Verfahren, um Verarbeitungskapazität einzuschränken (z.B. Mulligan, 1997). Kleinere Änderungen beziehen sich darauf, daß nur drei (anstatt fünf) unterschiedliche *flanker-target*-Distanzen variiert wurden. Zudem wurde eine Bedingung mit neutralem Flankierreiz realisiert. In einer weiteren Bedingung wurde das *target* allein präsentiert.

### 5.4.1 Methode

#### 5.4.1.1 Versuchsplan und Material

Als Material wurden die Buchstaben *L*, *R* und *X* verwendet. In reaktionskompatiblen Durchgängen waren *target* und *flanker* identisch (LLL, RRR). In den entscheidungsinkompatiblen Durchgängen wurde das *target* durch einen inkompatiblen Buchstaben beidseitig begleitet (LRL, RLR). In der neutralen Bedingung war der *flanker* mit

keiner Antwort assoziiert (XRX, XLX). In einer letzten Bedingung wurde das *target* ohne Flankierreize dargeboten. Insgesamt mußten die Versuchspersonen für jede Stufe des Faktors *Distanz* 18 kompatible, 18 inkompatible und 18 entscheidungsneutrale Durchgänge bearbeiten. In 18 weiteren Durchgängen wurde das *target* allein präsentiert. Insgesamt waren 180 Durchgängen ohne Zusatzaufgabe und 180 Durchgänge mit Zusatzaufgabe zu bearbeiten.

Der Versuchsplan umfaßt damit im Kern den zweifach gestuften Faktor *Ressourcenbindung* (volle vs. reduzierte Ressourcen), den dreifach gestuften Faktor *Distraktortyp* (*flanker* und *target* sind kompatibel, inkompatibel bzw. entscheidungsneutral) und den dreifach gestuften Faktor *Distanz* (Flankierreize tauchen in den Entfernungen 0.05°, 1.38°, 2.75° vom *target* auf). Alle Faktoren wurden meßwiederholt. Die einzelnen Stimuli wurden in weißer Schrift auf schwarzem Bildschirmhintergrund präsentiert.

#### 5.4.1.2 Durchführung

Nach einer ausführlichen schriftlichen Instruktion am Bildschirm wurden die Teilnehmer zunächst durch 20 Übungsdurchgänge mit der Aufgabe vertraut gemacht. Anschließend folgte, ebenfalls nach Instruktion via Computerbildschirm, die erste Aufgabe, die je nach Versuchsplanbedingung mit oder ohne Zusatzaufgabe zu bearbeiten war. Die Versuchspersonen sollten bei dem *target* *L* eine links auf der Tastatur markierte Taste und bei einem *R* eine rechts auf der Computertastatur markierte Taste drücken. Es folgte die zweite Aufgabe. Die Durchgänge der Übungsaufgaben, wie auch der nachfolgenden *flanker*-Aufgabe, verliefen nach folgender Sequenz: In der Mitte des Bildschirm erschien zunächst für 1000 *ms* Hinweisreiz (\*). Nach weiteren 50 *ms*, in denen der Bildschirm schwarz war, wurde die Stimuluskonfiguration für 200 *ms* eingeblendet und die Reaktion der Versuchsperson millisekundengenau erfaßt. Es folgte der nächste Durchgang.

Die Ressourcenmanipulation über eine Gedächtnisaufgabe sah folgendermaßen aus: die Teilnehmer hatten simultan zur Bearbeitung der *flanker*-Aufgabe eine sechsstellige Buchstaben-Zahlen-Kombination (z.B. P2R7TW) zu memorieren. Zu Beginn der Klassifikationsaufgabe und jeweils nach 10 bearbeiteten Durchgängen wurde eine solche Zeichenkette so lange eingeblendet, bis die Versuchsperson per Tastendruck die *flanker*-Aufgabe startete bzw. weiterführte. Nach 10 Durchgängen wurde die Gedächtnisleistung überprüft und eine neue Buchstaben-Zahlen-Kombination eingeblendet. Auf diese Weise

mußten insgesamt 18 Zeichenfolgen memoriert werden. Die Bedingung mit und ohne Gedächtnisaufgabe wurde geblockt vorgegeben, wobei die Abfolge dieser beiden Bedingungen zwischen den Versuchspersonen variierte (Kontrollfaktor *Reihenfolge*). Die gesamte Untersuchung dauerte etwa 20 Minuten und wurde in Einzelsitzungen durchgeführt.

#### 5.4.1.3 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 66 Studierende (46 Frauen und 20 Männer) des Faches Psychologie der Universität Trier im Alter von 18 bis 34 Jahren ( $M = 22.20$ ,  $SD = 3.42$ ) teil. Drei Personen waren Linkshänder.

### 5.4.2 Auswertung

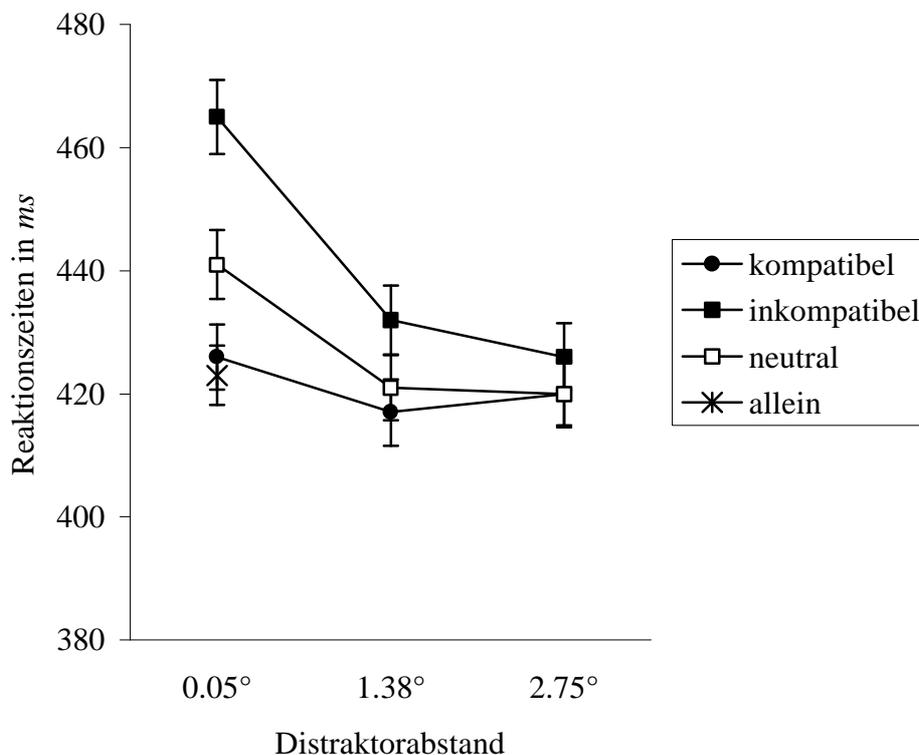
#### 5.4.2.1 Datenbereinigung

Fehlerhafte Entscheidungen (3.76% der Fälle) wurden vor der Analyse eliminiert. Darüber hinaus wurden nur Reaktionszeiten bei der Analyse berücksichtigt, die außerhalb der individuell bestimmten Kriterien für *outside values* (Tukey, 1977) lagen und die generelle Obergrenze von 1500 *ms* nicht überschritten bzw. die generell geltende Untergrenze von 150 *ms* nicht unterschritten (insgesamt 4.29% aller gültigen Reaktionszeiten). Pro Versuchsperson wurden gültige Reaktionszeiten für jede Bedingungskombination zusammengefaßt.

#### 5.4.2.2 Analyse der Reaktionszeiten

Zur Auswertung des Experiments wurde eine 2 (*Aufgabenreihenfolge*) x 2 (*Ressourcenbindung*) x 2 (*Distraktortyp*) x 3 (*Distanz*) – Varianzanalyse berechnet. Der Übersichtlichkeit wegen wurde auf die Einbeziehung der Bedingung mit entscheidungsneutralem Distraktor verzichtet. Gleiches gilt für die Bedingung, in der das *target* allein dargeboten wurde, da hier für die Versuchsplanbedingung *Distanz* keine Daten vorliegen. Die Analyse bringt folgende Resultate: Zuerst zeigt sich wie erwartet, daß die simultan zu bearbeitende Gedächtnisaufgabe, zu insgesamt um 32 *ms* verzögerten Reaktionszeiten führte ( $F(1,64) = 49.56$ ,  $p < .001$ ). Damit ist das Kriterium erfüllt, um von einer erfolgreichen Ressourcenmanipulation auszugehen (vgl. Norman & Bobrow, 1975). Die *Aufgabenreihenfolge* spielt eine signifikante Rolle ( $F(1,64) = 8.81$ ,  $p < .01$ ). Wurde die

Bedingung mit Zusatzaufgabe als zweite Aufgabe vorgegeben, so betrug die Verzögerung 18 ms ( $t(32) = 3.21, p < .01$ ). Kam diese Bedingung als erste Aufgabe, so findet sich eine Verzögerung von 45 ms ( $t(32) = 6.49, p < .001$ ). Drittens ergibt sich ein Effekt für *Distanz* ( $F(3,62) = 94.50, p < .001$ ). Wie im vorangehenden Experiment geht die Distanzzunahme mit einer generellen Reaktionsbeschleunigung einher (445 ms bei Distanz 1, 424 ms bei Distanz 2 und 423 ms bei Distanz 3). Außerdem zeigt sich ein Effekt für *Distraktortyp* ( $F(1,64) = 158.25, p < .001$ ), der einen *flanker*-Effekt von 20 ms anzeigt. Auch interagieren die Faktoren *Distanz* und *Distraktortyp* ( $F(2,63) = 47.54, p < .001$ ). Mit wachsender Distanz der Distraktoren nimmt die Interferenz zunehmend ab (vgl. *Abbildung 13*). Die Zeiten bei neutralem *flanker* liegen über alle Distanzen hinweg erwartungsgemäß zwischen den Zeiten kompatibler und inkompatibler Durchgänge.



*Abbildung 13:* Reaktionszeiten in Abhängigkeit vom Distraktortyp und dem Distraktorabstand. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwertes an.

Im Gegensatz zu allen bisher berichteten Experimenten beeinflusst die Zusatzaufgabe die Größe des *flanker*-Effekts nicht ( $F(1,64) < 1, n.s.$ ). Auch findet sich keine Interaktion zwischen *Distanz*, *Distraktortyp* und *Ressourcenbindung* ( $F(2,63) < 1, n.s.$ ; vgl. *Abbildung*

14). Die restlichen Effekte und Wechselwirkungen erreichen nicht das konventionelle Signifikanzniveau (alle  $F \leq 3.52$ ,  $p \geq 0.07$ ).

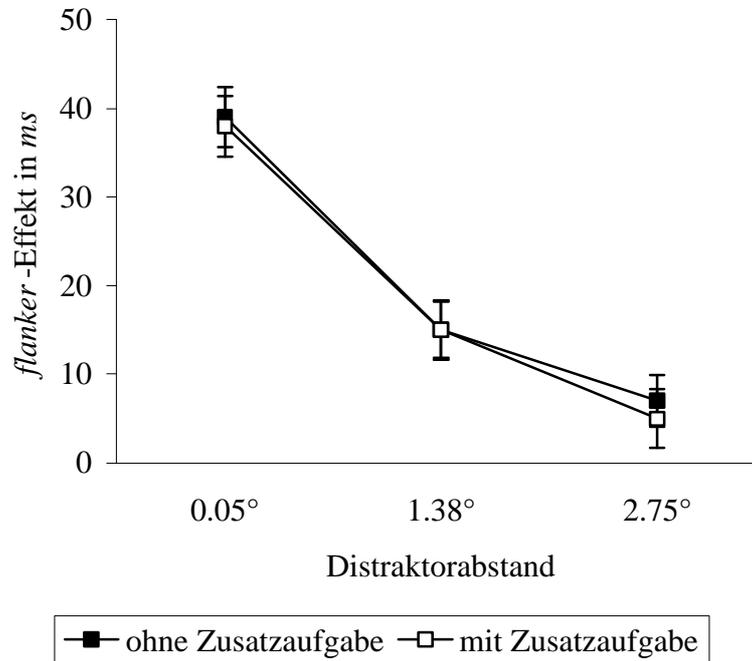


Abbildung 14: Flanker-Effekt in Abhängigkeit der Zusatzbelastung und der Distanz zwischen *target* und *flanker*. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwertes an.

#### 5.4.2.3 Analyse der Fehler

In der Bedingung ohne Zusatzaufgabe wurden insgesamt mehr Fehler gemacht (4.32% der Fälle) als in der Bedingung mit Zusatzaufgabe (3.19% der Fälle;  $t(65) = 3.17$ ,  $p = .01$ ). Offensichtlich wurden die Teilnehmer durch die Zusatzaufgabe dazu veranlaßt, die Klassifikationsaufgabe sorgfältiger zu bearbeiten. Zusammenhangsanalysen zwischen Fehleranzahl und den für die Bedingung mit und ohne Gedächtnisaufgabe getrennt berechneten Differenzwerten zwischen den Reaktionszeiten bei inkompatiblen und kompatiblen Distraktoren (*flanker*-Effekt) zeigen jedoch keinerlei Bedeutsamkeit an.

#### 5.4.3 Diskussion

Wie schon in *Experiment III* zeigt sich, daß mit zunehmendem Distraktorabstand der *flanker*-Effekt kleiner wird. Dies verweist auf den durch die *Spotlight*-Metapher nahegelegten

peripheren Aufmerksamkeitsabfall. Dazu paßt auch, daß selbst bei neutralem Distraktor die Entscheidungszeiten mit zunehmendem Distraktorabstand kürzer werden (vgl. *Abbildung 13*). Auch wird deutlich, daß die Zusatzaufgabe die Verarbeitung der visuell dargebotenen Reize im Sinne eines Haupteffektes beeinflußt, was auf eine erfolgreiche Ressourcenmanipulation verweist (Norman & Bobrow, 1975). Wie in der Untersuchung von Eriksen und Eriksen (1974) zeigt sich überdies, daß die Distraktoren, unabhängig von der Beziehung zum *target*, Ressourcen gebunden haben. Dies läßt sich daran ablesen, daß sich die kürzesten Reaktionszeiten bei alleiniger Darbietung des *targets* finden (vgl. *Abbildung 14*). Dennoch läßt sich keine moderierende Wirkung der Gedächtnisaufgabe auf den *flanker*-Effekt nachweisen. Das Befundmuster aus *Experiment III* kann damit mit der hier eingesetzten Ressourcenmanipulation nicht repliziert werden. Es ergibt sich kein Hinweis auf die Gültigkeit des Konvergenzmodells. Zudem stellt das vorliegende Ergebnismuster auch die Annahme einer mit reduzierten Ressourcen einhergehenden frühen Selektion (Lavie, 1995) in Frage. Obwohl die Gedächtnisaufgabe Ressourcen gebunden hat, was sich an der generell verzögerten Reaktion in dieser Bedingung ablesen läßt, findet sich keine Interferenzreduktion.

## **5.5 Zusammenfassende Betrachtung der *Experimente I bis IV***

Bisher konnte gezeigt werden, daß der *flanker*-Effekt dadurch eliminiert bzw. reduziert werden kann, indem die kognitive Belastung bei der Bearbeitung relevanter Informationen erhöht wird. Dies kann entweder dadurch erreicht werden, daß die Menge der relevanten Informationen in der *flanker*-Aufgabe selbst erhöht wird (*Experiment I*), oder dadurch, daß die Versuchspersonen durch eine Zusatzaufgabe von der eigentlichen Klassifikationsaufgabe abgelenkt werden (*Experiment II und Experiment III*). Reduzierte Verarbeitungsressourcen unterbinden oder reduzieren also die Verarbeitung irrelevanter Signale. Es wurde angenommen, daß knappe Ressourcen die Aufmerksamkeitsverteilung verändern. Die Befunde aus *Experiment III* weisen darauf hin, daß reduzierte Verarbeitungsressourcen nicht zu einer Verengung des Aufmerksamkeitsfokus führen. Vielmehr zeigt sich in allen Bereichen der Aufmerksamkeitsverteilung eine generelle Reduktion der Aufmerksamkeitsdichte (Aufmerksamkeitskonvergenz). Dies kann dazu führen, daß selbst der zentrale Reiz nur unzureichend verarbeitet wird. Auf jeden Fall aber wird der Einfluß randständiger Reize geringer sein als unter uneingeschränkten Ressourcen („Tunnelblick“). Zudem wird der

beachtete Bereich insgesamt kleiner. Ganz unabhängig von der realisierten Ressourcenmanipulation ist die vorgefundene Distanzabhängigkeit des Interferenzeffekts mit der Annahme eines Aufmerksamkeitscheinwerfers verträglich. Allein der Umstand, daß die in *Experiment IV* eingesetzte Ressourcenmanipulation über eine *memory load*-Aufgabe keinen differentiellen Effekt auf die *flanker*-Interferenz hat, bleibt vor dem Hintergrund der bisherigen Befunde und Überlegungen unklar.

Die Distanzabhängigkeit des *flanker*-Effekts (vgl. *Experiment II* und *Experiment III*) verträgt sich auch mit der Vorstellung einer objektgebundenen Aufmerksamkeitszuweisung. Es ist denkbar, daß bei geringem Distraktorabstand die separate Verarbeitung der einzelnen Reize nicht möglich ist und die einzelnen Stimuli als Gesamtreiz wahrgenommen werden. In solchen Fällen ist starke Interferenz zu erwarten (siehe etwa Kramer & Jacobson, 1991). Mit steigendem Distraktorabstand erhöht sich dagegen die Wahrscheinlichkeit, daß die einzelnen Reize auch als solche wahrgenommen werden. Damit sinkt die Chance, daß die Stimuli parallel verarbeitet werden und es zu einer versehentlichen Handlungsauslösung durch den „falschen“ Reiz kommt.

Wenn für die Abnahme des *flanker*-Effekts in den ersten drei Experimenten die Reduktion genereller Verarbeitungsressourcen verantwortlich ist, warum bleibt der Effekt dann in *Experiment IV* aus? Sowohl die Zähl- als auch die Merkaufgabe verzögerten die Klassifikationsentscheidung. Das Kriterium, um von einer erfolgreichen Ressourceneinschränkung auszugehen, ist also erfüllt (vgl. Norman & Bobrow, 1975). Der ausbleibende Effekt der Gedächtnisaufgabe in *Experiment IV* kann daher nicht im Sinne spezifischer Interferenz dadurch erklärt werden, daß die *flanker*- und die Merkaufgabe nicht auf eine gemeinsame Ressource zurückgreifen mußten. Allerdings ist die Zählaufgabe schwieriger als die Gedächtnisaufgabe. Erstere verzögerte die Klassifikationsentscheidung um 150 ms, letztere lediglich um 32 ms.

Zur Erklärung der bisherigen Befunde reicht der Verweis auf reduzierte Ressourcen offenbar nicht aus. Die Ergebnisse sprechen dafür, die spezifischen Aufgabencharakteristika bei der Bewertung miteinzubeziehen. Auch die Ergebnisse des ersten Experiments und die Befunde Lavies (1995) müssen auf Grundlage dieser Ergebnisse neu bewertet werden. In Anlehnung an Prinz (1990b) kann die Selektion des *targets* in der *flanker*-Aufgabe als Relevanzselektion bezeichnet werden. Was relevant ist, wird durch die Instruktion

vorgegeben. Die instruktionsgemäß auszuführenden Handlungen werden vor der Präsentation der Stimuluskonfiguration vorbereitet. Bevor es zur Reaktion kommen kann, muß in *Experiment I* zunächst die geometrische Figur danach beurteilt werden, ob eine Reaktion abgegeben werden soll oder nicht. Es ist denkbar, daß die Handlungsvorbereitung durch die Verarbeitung des „Go/No-Go“-Signals gestört wird, und das um so mehr, je komplexer die Verarbeitung dieses Signals ist. Wie aber kann das „Go/No-Go“-Signal die Reaktionsbereitschaft beeinträchtigen? Eine mögliche Ursache könnte in einer kurzfristigen Verschiebung des Relevanzkriteriums liegen. Die Situation ist ähnlich wie bei einem Rennfahrer, dessen ganze Aufmerksamkeit kurz vor dem Start des Rennens auf der Ampelanlage ruht, um bei einem Umschalten auf grün, so schnell wie möglich auf das Gaspedal zu drücken. Erfolgt in dieser Situation eine Anweisung aus dem technischen Betreuerstab, wird seine Aufmerksamkeit von der Ampel abgezogen, um den Anweisungen zu folgen. Die Resonanz für das gerade noch handlungsrelevante Signal (die Ampel) reduziert sich durch die Aufmerksamkeitsverlagerung. Auch die Verarbeitung des „Go/No-Go“-Signals senkt durch eine Relevanzveränderung die Aktivierung der vorbereiteten Handlungen. Da der Ort des relevanten Reizes jedoch mit der Stimulusdarbietung bekannt ist, muß nach der Verarbeitung des „Go/No-Go“-Signals die Aufmerksamkeit lediglich dorthin zurückwandern, um die entsprechende Reaktion auszuführen. Die Chance einer versehentlichen Selektion des Flankierreizes wird dadurch geringer. Wenn die Verarbeitung des „Go/No-Go“-Signals nahezu automatisch erfolgen kann (weil nur ein einziges Merkmal zu berücksichtigen ist), ist weiter denkbar, daß die voraktivierten Handlungsbereitschaften weniger „überschrieben“ werden. In diesem Fall senkt die Bearbeitung des „Go/No-Go“-Signals die Aktivierung der vorbereiteten Handlungstendenzen nur geringfügig, so daß die durch den *flanker* nahegelegte Handlungstendenz auch nach Beachtung des „Go/No-Go“-Signals noch aktiv ist (vgl. hierzu auch Müsseler, 1995). Diese Interpretation bleibt jedoch Spekulation, da mit den vorliegenden Daten eine empirische Bestätigung nicht möglich ist.

Zusammenfassend wird deutlich, daß die Kapazitätsmodelle bzw. die Unterscheidung kapazitätsbenötigender, nicht automatischer Prozesse und kapazitätsfreier, automatischer Prozesse zur Erklärung von selektiven Aufmerksamkeitsprozessen bei der Bearbeitung des *flanker*-Aufgabe nicht ausreichen. Wie aber sind die vorgelegten Befunde dann zu erklären? Warum wird die Interferenz durch eine einfache Aufgabe wie „Lautes Zählen“ reduziert oder unterbunden und warum ist dies bei der Gedächtnisaufgabe nicht der Fall? Eine Antwort

---

darauf läßt sich möglicherweise geben, wenn genauer untersucht wird, wie es in der *flanker-*Aufgabe überhaupt dazu kommt, daß auf Grundlage eines selektierten Reizes eine spezifische Antwort gegeben wird. Insbesondere geht es darum, diejenigen Prozesse zu ermitteln, die zwischen der Wahrnehmung eines Reizes und den darauffolgenden Handlungen vermitteln. Die eben vorgestellte Ergebnisinterpretation für *Experiment I* legt ferner nahe, die Funktionen der Aufmerksamkeit bei der Ausführung zielbezogener Tätigkeiten bei der Ergebnisinterpretation miteinzubeziehen. Verhalten in Reaktionszeitexperimenten ist zielgerichtetes Handeln. Der Versuchsperson werden durch die Instruktion konkrete Verhaltensziele und Verhaltensmaßregeln zur Hand gegeben. Neben dem Vorliegen bestimmter Signalkonfigurationen und dem Einsatz von Ressourcen müssen daher auch spezifische Parameter der Handlungsdurchführung bei der Betrachtung von Interferenzeffekten berücksichtigt werden. Ansätze, die dies leisten, finden sich in neueren Arbeiten der Aufmerksamkeitsforschung, in denen die funktionelle Bedeutung von Aufmerksamkeitsprozessen bei der Verhaltenssteuerung betont wird.

## 6 Selektive Aufmerksamkeit und Handeln

Die mit den Ressourcen- und Kapazitätsmodellen verbundenen Schwierigkeiten führten spätestens seit Mitte der 1980er Jahre dazu, daß zunehmend Untersuchungen über die Funktionen der Aufmerksamkeit bei der Handlungssteuerung in den Mittelpunkt rückten (*selection for action*, Allport, 1980; Allport, 1987; vgl. auch Keele & Neill, 1978; Neumann, 1984a; Neumann, 1984b; Neumann, 1987a; Neumann, 1987b; Neumann, 1990; Neumann, 1992; Neumann, 1996; van der Heijden, 1992). Zudem scheint es, als würden Kapazitätsmodelle zumindest bei einem Teil der *scientific community* nicht dem „Zeitgeist“ entsprechen (Sanders, 1997). Das Kapazitätskonzept wurde jedoch nicht gänzlich aus der aktuellen Forschungslandschaft verdrängt (z.B. Bonnel & Hafter, 1998; Cheal & Gregory, 1997; Verbaten, Huyben & Kemner, 1997) und findet auch aktuell Befürworter (z.B. Schulz, 1993; Tsotsos, 1997). Erklären Ressourcenmodelle Interferenzeffekte etwa in einer Doppelaufgabe dadurch, daß in diesem Fall nicht mehr ausreichend Ressourcen zur Bearbeitung beider Aufgaben zur Verfügung stehen, führen neuere Ansätze Interferenzeffekte auf funktionale Inkompatibilitäten zwischen operierenden Verarbeitungsprozessen zurück (*outcome conflict*, Navon, 1985). Was damit gemeint ist, verdeutlicht die Untersuchung von Navon und Miller (1987). Sie präsentierten ihren Versuchspersonen simultan zwei Wörter auf einem Bildschirm, wobei für jedes Wort eine andere Klassifikationsentscheidung abzugeben war. Das links dargebotene Wort erforderte eine einfache Ja/Nein-Entscheidung, je nachdem, ob es sich um den Namen einer Stadt handelte oder nicht. Das rechts dargebotene Wort sollte dagegen danach klassifiziert werden, ob es einen Eigennamen bezeichnet oder nicht. Interferenzeffekte ergaben sich, wenn links wie rechts das gleiche Wort (!), z.B. „Washington“, eingeblendet wurde. Die Klassifikation hatte hier also entweder nach der einen oder der anderen Regel zu erfolgen. Interferenz wird in diesem Fall nicht auf die Verteilung von Aufmerksamkeit zurückgeführt. Sie ergibt sich aus der mit der Aufgabe verbundenen Schwierigkeit, gleichzeitig auf zwei Reize unterschiedliche Regeln anzuwenden. Die Untersuchung von Aufmerksamkeitsprozessen wird also erst dann vollständig, wenn man die spezifische Funktion von Aufmerksamkeitsprozessen bei der Handlungsregulation berücksichtigt. Die Überlegungen von Norman und Shallice (1986) liefern erste Anhaltspunkte, welche Rolle Aufmerksamkeit bei der Handlungssteuerung zukommt.

## 6.1 Zwei Prozesse der Aufmerksamkeitssteuerung

Nach Norman und Shallice (1986; siehe auch Shallice & Burgess, 1993) spielen bei der Handlungssteuerung zwei Prozesse eine entscheidende Rolle. Das sogenannte *contention scheduling* dient zur Steuerung einfacher und routinierter Aktivitäten. Ein anderer Prozeß erlaubt die bewußte Aufmerksamkeitskontrolle und dient der Modulation von bereits initiierten Verhalten.

Verhalten wird durch Schemata gesteuert. Das *contention scheduling* als grundlegender Steuerungsmechanismus hat die Aufgabe, handlungsstützende Schemata zu aktivieren und konfligierende Schemata zu inhibieren. Die Schemata selbst werden durch Reize aktiviert (*bottom-up*). Ein Schema wird ausgewählt, wenn sein Aktivationsniveau eine kritische Schwelle überschreitet. Bei gleichzeitiger Aktivierung mehrerer Schemata kann ein Konflikt entstehen. Willkürliche Aufmerksamkeit ist zunächst für die Verhaltenssteuerung nicht notwendig. Sie kann aber indirekt auf das Verhalten einwirken, indem sie die Aktivationswerte der Schemata beeinflusst. Einmal ausgewählt, wird ein Verhaltensschema so lange operieren, bis die Aktivierung nachläßt, das Ziel erreicht ist, oder es durch ein noch stärker aktiviertes Schema inhibiert wird.

Unter Umständen, z.B. bei neuen oder komplexen Aufgaben, erlangt kein Schema die Verhaltenskontrolle. In diesen Fällen ist eine zusätzliche Kontrollstruktur notwendig, das *Supervisory Attentional System* (SAS). Das SAS bietet die Möglichkeit, *top-down*-gesteuerte Kontrolle über die Selektion der Handlungsschemata auszuüben, indem ein bereits aktiviertes Schema zusätzlich aktiviert wird, oder indem ein anderes Schema inhibiert wird. Das SAS hat über die Kontrolle von Aktivations- bzw. Inhibitionsniveau nur indirekten Einfluß auf die Handlungskontrolle, indem es die Selektion durch das *contention-scheduling* fördert oder behindert. Motivationale Faktoren können via SAS zusätzlich die Verhaltenssteuerung beeinflussen. Es ist also möglich, daß Reize entgegen dem eigentlichen Interesse durch den Prozeß des *contention-scheduling* ausgewählt werden. In der *Stroop*-Aufgabe kann die Versuchsperson die ungewollte Reaktion (das Benennen des Farbwortes) zwar willentlich unterdrücken und der Instruktion (Benenne die Farbe) Folge leisten; trotzdem wird zunächst das am stärksten aktivierte Schema, nämlich das durch das Farbwort ausgelöste Schema, die Handlungskontrolle übernehmen. Um die Aufgabe korrekt zu bearbeiten, muß daher die

Aktivierung des Schemas „Farbe benennen“ durch zusätzliche, via SAS gesteuerte *top-down*-Prozesse, über das Niveau des gerade aktiven Schemas gehoben werden. Intrusionseffekte resultieren aus einer datengetriebenen Aktivierung von Handlungsschemata, die im Konflikt mit der eigentlich auszuführenden Reaktion stehen. Gleiches kann für den *flanker*-Effekt angenommen werden. Hier kommt es im inkompatiblen Fall zu einer schemageleiteten Aktivierung mehrerer Verhaltenstendenzen. Da es bei instruktionsgemäßem Vorgehen nicht möglich ist, beide Verhaltensweisen zugleich auszuführen, entstehen Probleme bei der Verhaltenssteuerung, wenn inkompatible Reaktionen aktiviert sind. Damit es zur korrekten Antwort kommt, müssen daher Aufmerksamkeitsprozesse (via SAS) die Aktivierung des relevanten Reizes erhöhen bzw. die Aktivierung der irrelevanten Reize senken.

Das *Supervisory Attentional System* findet sich unter anderem Namen („zentrale Exekutive“) auch in Baddeleys (Baddeley, 1996; Baddeley, 1997; Baddeley & Hitch, 1974) Modell des Arbeitsgedächtnisses. Nach Baddeley besteht das Arbeitsgedächtnis aus mehreren Komponenten, einer modalitätsunspezifischen Kontrollinstanz, der *zentralen Exekutive* und untergeordneten „Sklaven“-Systemen (ein visuelles und ein phonologisches System). Die Bedeutung der zentralen Exekutive (oder alternativ der SAS) illustriert Baddeley (z.B. 1997) durch eine Untersuchung, in der er seine Probanden instruierte, sich einen Hut mit den Buchstaben des Alphabets vorzustellen. Bei einem Signal soll ein Buchstabe aus dem Hut „gezogen“ werden (Baddeley, 1966). Dieser Buchstabe soll benannt und anschließend wieder zurückgelegt werden. Bei moderatem Produktionstempo (alle vier Sekunden einen Buchstaben ziehen) werden annähernd Zufallsfolgen generiert. Dies ändert sich, wenn das Produktionstempo erhöht wird. In diesem Fall werden häufig vorkommende Akronyme (z.B. USA, BBC) oder stereotype Buchstabenfolgen (z.B. AB, QR) häufiger genannt. Das Produzieren von schematischen Buchstabenfolgen oder Akronymen wird als Hinweis für automatisch ablaufende Programme (Schemata) verstanden. Das Aufbrechen dieser Tendenz und das Vermeiden solcher Buchstabenfolgen involviert dagegen das Überwachungssystem SAS. Mit steigendem Produktionstempo sinkt jedoch der korrektive Einfluß des Überwachungssystems, wodurch sich automatisiert ablaufende Schemata durchsetzen.

Die zentrale Exekutive überwacht ferner zwei untergeordnete Sklaven-Systeme, die vornehmlich der temporären Aufrechterhaltung eingehender Reizinformationen dienen. Für visuelle Reize erfüllt dies ein visuell-räumliches System (*visual-spatio sketchpad*), für akustische Reize die sogenannte phonologische Schleife (*phonological loop*). Die

phonologische Schleife enthält zwei weitere Subsysteme, den phonologischen Speicher (*phonological store*) und die artikulatorische Schleife (*articulatory loop*). Letztere ist für das mittelfristige Behalten von Informationen wichtig. Durch subvokale Wiederholungsprozesse werden Reizinformationen verfügbar gehalten. Die Bedeutung der artikulatorischen Schleife läßt sich daran ablesen, daß die Gedächtnisspanne durch das Wiederholen eines aufgabenirrelevanten Wortes (z.B. des bestimmten englischen Artikels „the“) reduziert werden kann. Durch das Artikulieren des irrelevanten Wortes wird das subvokale Aufrechterhalten von Informationen im phonologischen Speicher gestört. Auch die Konvertierung visueller Informationen in einen phonologischen Kode kann so unterbunden werden (vgl. Baddeley, 1997; Salamé & Baddeley, 1982).

## 6.2 Selektion-zur-Handlungssteuerung

Neumann (z.B. Neumann, 1980; 1984a; 1984b; 1987a; 1987b; 1990a; 1990b; 1992; 1996) nimmt einen diametral entgegengesetzten Standpunkt zu den traditionellen Kapazitätsmodellen ein. Selektive Aufmerksamkeit ist danach für die Koordinierung der Handlungssteuerung notwendig, da es in der Regel nicht möglich ist, mehrere Handlungen gleichzeitig auszuführen. Dies ist auch die funktionale Basis der unspezifischen Interferenz. Selektive Prozesse sind nicht Folge eines kapazitätsbegrenzten Systems. Die parallele Informationsverarbeitung stößt dort auf Grenzen, wo gleichzeitig ablaufende Prozesse nicht mehr ausreichend voneinander isoliert werden können (Navon & Miller, 1987). Selektivität bedeutet nicht die selektive Zuweisung von Prozeßressourcen, sondern die selektive Auswahl jener Informationen, die für die Kontrolle von Handlungen notwendig ist. Ob also Interferenz auftritt, hängt nach Neumann allein von den Erfordernissen der Selektion ab und nicht von Ressourcen:

Whereas Capacity theories regard selection as a functional consequence of limited Capacity, this view conceives limited capacity as a necessary by-product of the solution of selection problems (Neumann, 1987a, S. 374)

Distraktoren in einer visuellen Klassifikationsaufgabe werden dann Interferenz produzieren, wenn sie mit der intendierten Handlung assoziiert sind, nicht aufgrund ihrer Eigenschaften an sich (Neumann, 1984a). Doppelaufgaben sind prinzipiell zu bewältigen, wenn es gelingt, die zwei Aufgaben in einen gemeinsamen Handlungsplan zu integrieren. Etwas Interferenz

entsteht jedoch selbst dann noch, da in diesem Fall ein komplexerer Handlungsplan resultiert im Vergleich zu dem Handlungsplan für eine einzelne Aufgabe (Neumann, 1990b).

Nach Neumann (z.B. Neumann, 1984a; 1990b) verhalten sich begrenzte Aufmerksamkeitskapazität und selektive Aufmerksamkeit nicht wie in den Kapazitätsmodellen formuliert, nämlich daß die Kapazitätsgrenze Selektivität nach sich zieht, sondern genau umgekehrt. Die grundlegende Eigenschaft von Aufmerksamkeit ist ihre Selektivität und nicht ihre begrenzte Verarbeitungskapazität, und es ist Selektivität, die erklärt, warum Kapazität begrenzt ist:

Attentional selectivity exists because of the physical limitations on overt action that require selecting between alternative actions, and hence demand selecting the information which is to control action (Neumann, 1990b, S. 229).

Das Nichtverarbeiten von Informationen ist also eine aktive Leistung im Dienst der Handlungsregulation. Damit ein Signal Zugang zur Handlungssteuerung erhält, muß konkurrierenden Reize dieser Zugang verwehrt werden. Illustrierend können hier die Befunde zur *psychologischen Refraktärperiode* angeführt werden. Darunter fallen Untersuchungen, in denen die Versuchsperson auf einen Reiz reagiert, während sie die Reaktion auf einen anderen Reiz vorzubereiten hat (Überblicke finden sich bei Kahneman, 1973; Koch, 1994; Pashler, 1998). Besteht die Aufgabe darin, auf einen auditiven Reiz mit der rechten Hand und auf einen sich anschließenden visuellen Reiz mit der linken Hand zu reagieren, erfolgt die Reaktion auf den zweiten Reiz um so langsamer, je mehr sich Reizdarbietung des zweiten Reizes und die Reaktionsausführung für den ersten Reiz überlappen. Je kürzer der zeitliche Abstand zwischen den beiden Reizen ist, desto länger wird die Reaktionszeit für den zweiten Reiz sein. Die Schwelle für das Auslösen der zweiten Reaktion ist das Ergebnis einer aktiven Hemmung durch die Reaktion auf den ersten Reiz. Dieser Inhibitionsprozeß gewährleistet, daß gerade ablaufendes Verhalten vor Unterbrechungen geschützt wird.

Neumann (1992; 1996) verweist bei seiner Argumentation auf Henning (1925), der eine vergleichbare Konzeption von Aufmerksamkeit als *Selektion – zur – Handlungssteuerung* vertreten hat und dies evolutionsbiologisch folgendermaßen begründet: Im Verlauf der Evolution erweiterte sich die Anzahl an Verhaltensweisen, zu denen die Lebewesen fähig sind. Damit wuchs auch die Anzahl an Reizen, die diese Verhaltensweisen auslösen bzw. steuern können. Tatsächlich ist zu einem Zeitpunkt nur ein Bruchteil dieser Verhaltensweisen physisch ausführbar. In einer Gefahrensituation kann man entweder weglaufen oder

stehenbleiben, nicht aber beides zugleich. Ein Vorteil der zunehmenden Komplexität des Verhaltens kann daher nur eintreten, wenn gleichzeitig Selektionsmechanismen vorhanden sind. Diese sorgen dafür, daß das Verhalten und die zentrale Verarbeitung auf die Gegebenheiten abgestimmt werden. Die Selektion ist notwendig, um nur einzelne Umgebungsreize und die ihnen zugeordneten Verhaltensweisen zu einem bestimmten Zeitpunkt verhaltenswirksam werden zu lassen. „Die Enge des Bewußtseins löst [...] die übergroße Mannigfaltigkeit gleichzeitiger Tendenzen in ein geordnetes Nacheinander auf“ (Henning, 1925, S. 799). Ein elementarer Mechanismus, der das Selektionsproblem löst, ist die gegenseitige Hemmung verschiedener Verhaltensprogramme.

Die inkonsistenten Ergebnisse von *Experiment III* und *Experiment IV* können auf unterschiedliche Schwierigkeiten bei der Integration von *flanker*- und Ablenkungsaufgabe in einen gemeinsamen Handlungsplan zurückgeführt werden. Es ist schwieriger, lautes Zählen und *flanker*-Aufgabe in einen Handlungsplan zu integrieren, als Gedächtnisaufgabe und *flanker*-Aufgabe. Über die Ursache läßt sich nur spekulieren. Es liegt allerdings nahe, daß lautes Zählen eine artikulatorische Unterdrückung bewirkt (Baddeley, 1997). Ähnlich wie das Wiederholen des englischen Artikels „the“ die Behaltensleistung dadurch reduziert, daß Reize nicht durch subvokale Wiederholungsprozesse verfügbar gehalten werden, stört das laute Zählen die Verarbeitung in der *flanker*-Aufgabe, indem es die Voraktivierung möglicher Antworten unterbricht (vgl. auch Pashler, 1995). Dies gilt jedoch nicht für die *memory load*-Aufgabe. Es ist für das Behalten einer Zeichenkombination nicht notwendig, diese permanent durch artikulatorische Prozesse verfügbar zu halten. Es reicht, wenn die Zeichenfolge einmal gelernt wird. Ist dies der Fall, so kann die Klassifikationsaufgabe nahezu wie unter Standardbedingungen bearbeitet werden. Die Zähltaufgabe muß dagegen permanent durchgeführt werden. Hinzu kommt, daß für die Gedächtnisaufgabe im Vergleich zur Zähltaufgabe kein zusätzliches Regelwissen notwendig ist. Das Zählen muß genauso wie die *flanker*-Aufgabe regelhaft ablaufen. Für beide Aufgaben müssen Handlungsanweisungen im Arbeitsgedächtnis verfügbar gehalten werden (vgl. die Produktionsregeln bei Anderson, 1983). Das bedeutet, daß zur Bearbeitung beider Aufgaben ständig von einer Aufgabenregel zur anderen Aufgabenregel gewechselt werden muß. Dadurch entstehen höhere Kosten, die sich an der verlangsamten Reaktion und einer erhöhten Fehlerzahl ablesen lassen (vgl. auch Rogers & Monsell, 1995). Für diese Interpretation spricht erstens, daß in der Ablenkungsbedingung von *Experiment III* deutlich mehr

Klassifikationsfehler gemacht wurden als in *Experiment IV*, und zweitens, daß der Effekt der *Zusatzaufgabe* in *Experiment IV* geringer ausfällt als in *Experiment III*. Während sich also lautes Zählen und Klassifikationsaufgabe stören, trifft dies für die Gedächtnisaufgabe und die Klassifikationsaufgabe nicht in gleichem Maße zu. Es ist jedoch Vorsicht geboten. Ähnlich wie bei den Kapazitätsmodellen besteht auch hier die Gefahr eines Zirkelschlusses. Um die Frage zu klären, ob zwei Aufgaben in einen gemeinsamen Handlungsplan integriert werden können, müssen eben zwei Aufgaben simultan vorgegeben werden. Wie die Leistungen in diesen Aufgaben sind, soll aber gerade erklärt werden. Das unter anderem von Neumann (z.B. 1992) gegen die Kapazitätsmodelle ins Feld geführte Zirkel-Argument, könnte in gleicher Weise auch auf seine eigenen Vorstellungen zutreffen (vgl. auch Hell, 1987).

### **6.3 Wahrnehmungs-Handlungs-Kopplung**

Verhalten ist nicht ausschließlich durch Reiz-Reaktion-Mechanismen determiniert und läßt sich daher auch nicht ausschließlich dadurch beschreiben. Im Alltag führen wir bestimmte Tätigkeiten aus und unterlassen andere Aktivitäten. Wir nehmen ein Ereignis wahr und reagieren darauf oder eben nicht. Welches Verhalten gezeigt wird, hängt zu einem Zeitpunkt nicht allein von der am stärksten verfügbaren Reiz-Reaktion-Verbindung ab. Unsere Aktivitäten orientieren sich an Zielen, und wir investieren in jene Aktivitäten, von denen wir uns eine Zielannäherung versprechen. Es ist das zielgerichtete Handeln, welches mit einer selektiv erhöhten Aufmerksamkeit für ziel- und aufgabenrelevante Inhalte einhergeht (siehe dazu z.B. Gollwitzer, 1991; Gollwitzer, 1996). Wenn wir hierbei gestört werden, können Fehler auftreten (*slips of action*, Norman, 1981). Gleiches gilt auch für Laboruntersuchungen. Auch hier orientiert sich das Verhalten der Versuchspersonen an den Zielen, die z.B. über die Instruktion vermittelt werden und durch die eine Aufgabe erst sinnvoll wird. Wie aber funktioniert die Vermittlung von Signal zu Reaktion überhaupt? Welche kognitiven Prozesse ermöglichen es, daß auf bestimmte Reize auf ganz spezifische Art und Weise reagiert wird?

#### **6.3.1 Das ACT\*-Modell von Anderson**

Das sogenannte ACT\*-Modell (Anderson, 1983) liefert Anhaltspunkte dafür, wie die Verhaltenssteuerung kognitiv bewerkstelligt wird. Grundsätzlich kann zwischen deklarativem

und prozeduralem Wissen unterschieden werden. Auf deklaratives Wissen ist ein kontrollierter und bewußter Zugriff möglich, während sich prozedurales Wissen diesem Zugang entzieht. Deklaratives Wissen wird im Arbeitsgedächtnis verfügbar gehalten. Liegen die für die Ausführung einer Tätigkeit benötigten Informationen und Operationen in deklarativer Form vor, reicht die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, je nach Komplexität der Aufgabenbearbeitung, nicht aus. Es gibt aber Aufgaben, in denen eine bewußte Repräsentation operativen Wissens nicht erforderlich ist. Gut trainierte oder automatische Operationen können auch ohne Rückgriff auf deklaratives Wissen ausgeführt werden. Expertenwissen liegt häufig in prozeduralisierter Form vor. Dies läßt sich daran ablesen, daß Experten oft die Aufgabenlösung kennen, ohne angeben zu können, wie sie zu dieser Antwort gekommen sind. Zur Lösung einer Aufgabe ist nur wichtig, daß das Ergebnis der kognitiven Operationen ins Arbeitsgedächtnis gelangt. Die einzelnen Lösungsschritte und das dazu notwendige (Regel-)Wissen müssen nicht bewußt repräsentiert sein. Eine Entlastung des Arbeitsgedächtnisses funktioniert jedoch nur, wenn die Regeln zur Aufgabenbearbeitung nicht neu sind. Bei der Bearbeitung neuer Aufgaben müssen zu Beginn Informationen über aufgabenrelevante Fakten gesammelt werden. In der *flanker*-Aufgabe etwa Informationen darüber, welche Reize auftreten können und welche Reaktionen daraufhin ausgeführt werden sollen. Produktionsregeln geben an, welche Operationen, wie ausgeführt werden (z.B. „Wenn das *target* ein S, dann drücke die linke Taste“). Bisherige Erfahrungen mit ähnlichen Aufgaben können aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden und die Bearbeitung erleichtern. Da noch kein prozedurales Wissen vorliegt, müssen alle relevanten Informationen im Arbeitsgedächtnis gehalten werden. Reicht die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses zur Aufnahme des Regelwissens nicht aus, kann es zum Verlust relevanter Informationen kommen. Fehler und ein hoher Zeitbedarf bei der Aufgabenbearbeitung sind die Folge. Mit zunehmender Übung werden die Regeln jedoch mehr und mehr prozeduralisiert und das Arbeitsgedächtnis entlastet. Je mehr deklaratives Wissen in prozedurales Wissen umgewandelt wird, desto größer ist die Entlastung. Zur Bearbeitung der Aufgabe ist es nicht mehr notwendig, daß die Person über die korrekte Anwendung der Regeln nachdenkt. Liegt eine bestimmte Reizkonfiguration vor, so kennt sie die Lösung. In Experimentalsituationen, in denen es darum geht, auf die Darbietung eines Stimulus auf bestimmte Art und Weise zu reagieren, kann in den meisten Fällen kein prozedurales Wissen eingesetzt werden. Die für die Aufgabenlösung notwendigen Operationen sind neu. Durch die Instruktion wird also in erster

Linie deklaratives Wissen in Form von Reiz-Reaktion-Zuordnungsregeln zur Verfügung gestellt.

### 6.3.2 Die Zuordnung von Reiz und Reaktion

In der *flanker*-Aufgabe reicht die Präsentation von Reizen allein nicht aus, um eine bestimmte Antwortreaktion auszulösen. Wichtig ist, daß ein Aufgabenziel, nämlich die Selektion eines bestimmten Reizes, vorgegeben wird (*Selektionsintention* bei Prinz, 1990a; Prinz, 1990b). Das heißt, erst die Übernahme eines spezifischen *task sets* (Rogers & Monsell, 1995) macht zielorientierte Aktivitäten möglich. Durch das *task set* wird aber nicht nur das Ziel folgenden Verhaltens festgelegt. Auch wird durch ein *Relevanzkriterium* spezifiziert, welche Kennzeichen handlungsrelevante Reize besitzen (z.B. das Zeichen in der Mitte, ein *S* oder ein *H*). Darüber hinaus werden (Produktions-)Regeln spezifiziert, die angeben, wie beim Vorliegen bestimmter Reizkonfigurationen zu reagieren ist (Reaktionskriterium, vgl. Prinz, 1980).

#### 6.3.2.1 *S-R-mapping*

In der Untersuchung von Eriksen und Eriksen (1974) zeigt ein gegebener Zielreiz *H* an sich weder die korrekte Reaktion „Drücke links“ an, noch legt er auf andere Weise eine bestimmte Antwort nahe. Reiz und Reaktion sind willkürlich einander zugeordnet. Um die Aufgabe sinngemäß zu bearbeiten, ist neben der Identifizierung des entscheidungsrelevanten Reizes mit Hilfe des aufgestellten Relevanzkriteriums auch die instruktionsgemäße und regelgerechte Zuordnung von Reiz und korrekter Reaktion (z.B. bei *H* drücke links, bei *C* drücke rechts) erforderlich (z.B. Hasbroucq, Guiard & Ottomani, 1990; Umiltà & Nicoletti, 1992; Welford, 1981; Fitts & Seeger, 1953; Fagot & Pashler, 1992; Hommel, 1998). Bei arbiträrer Stimulus (S) – Reaktionen (R) – Zuordnung (*S-R-mapping*) ergibt sich die Antwortreaktion als Funktion des vorliegenden Stimulus ( $R = f(S)$ ), d.h. Reizmerkmale müssen auf instruktionsgemäße Weise den Reaktionen zugeordnet bzw. in Reaktionsmerkmale übersetzt (Umiltà & Nicoletti, 1992), rekodiert (Fitts & Seeger, 1953), transformiert (Hasbroucq, Guiard & Ottomani, 1990) oder mit diesen gepaart (Houghton & Tipper, 1994) werden (vgl. *Abbildung 15*). Für die *Stroop*-Aufgabe wurde z.B. ein Übersetzungsmodell von Virzi und Egeth (1985; siehe auch Walley, McLeod & Khan, 1997) vorgeschlagen.

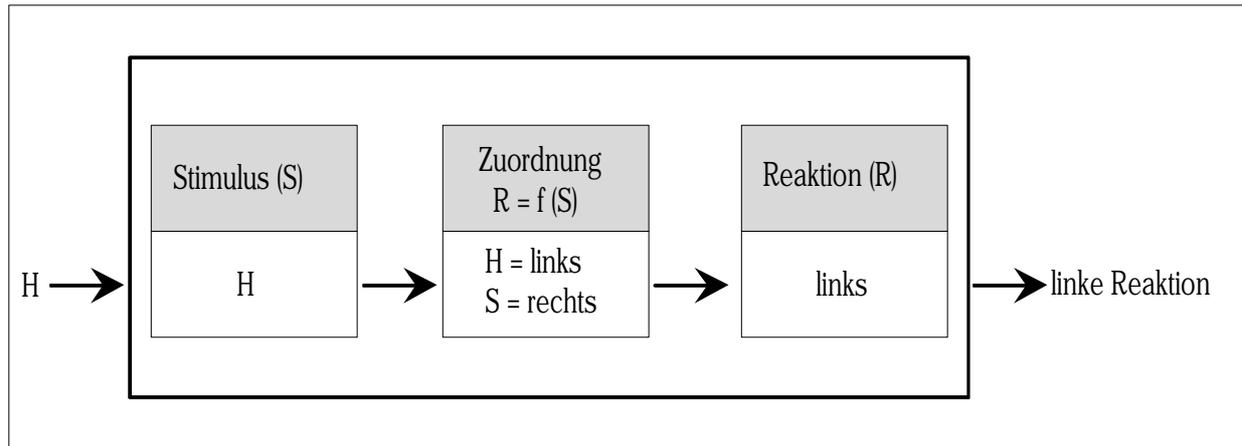


Abbildung 15: Illustration eines Zuordnungsvorgangs bei arbiträrem *S-R-mapping*

Die Zuweisung von Reiz zu Reaktion kann im Sinne von *top-down*-Strategien (Theeuwes, 1993) als ein überwiegend durch die Person kontrollierter Prozeß angesehen werden. Die Zuordnung ist von Kriterien abhängig, die die Person willkürlich setzt und akzeptiert, d.h. sie kann die Regeln anwenden oder es unterlassen. Darüber hinaus erfordert eine regelgerechte Bearbeitung mit steigender Komplexität des *S-R-mappings* ein erhöhtes Maß an Konzentration und Anstrengung. Da die Aufgabe für die Versuchspersonen in der Regel neu ist, wird die Person nicht über ausreichend prozedurales Wissen zur Aufgabenlösung verfügen. Regeln und Reizeigenschaften werden zu einem großen Teil in Form von deklarativem Wissen im Arbeitsgedächtnis gehalten (vgl. Ishai & Sagi, 1997). Wiederholungsprozesse (artikulatorische Schleife, Baddeley, 1997) sorgen für deren Verfügbarkeit (vgl. auch Allport, 1980; Kluwe, 1987). Reiz und Reaktion müssen im Arbeitsgedächtnis durch zusätzlichen Aufwand einander zugeordnet werden. Grenzen einer solchen Algorithmus-gesteuerten Zuordnung (vgl. Logan, 1988) von Reiz zu Reaktion ergeben sich daher aus der begrenzten Spanne (Kapazität) des Arbeitsgedächtnisses. Belege für die Interdependenz von Reaktionsgeschwindigkeit und Zuordnungskomplexität finden sich in Untersuchungen, in denen die Wahlreaktionszeit mit der Anzahl der bereitgehaltenen Reiz-Reaktion-Zuordnungen zunahm (z.B. Hick, 1952). Wird ein Stimulus dargeboten, muß das Arbeitsgedächtnis nach entsprechenden Einträgen seriell und damit zeitintensiv abgesucht werden. Eine effiziente Reaktion hängt also nicht nur von den Eigenschaften der präsentierten

Reize oder der zu gebenden Antwort ab, sondern von der Kombination beider (Kornblum, Hasbroucq & Osman, 1990).

### 6.3.2.2 *S-R-matching*

Von der regelgeleiteten Übersetzung von Reiz zu Reaktion (*S-R-mapping*) wie sie etwa in *Experiment I* und *Experiment II* vorzufinden ist, sind Fälle abzugrenzen, in denen ein vorliegender Reiz die entsprechenden Antwort ohne vermittelnde Übersetzungsmechanismen hervorrufen kann (*S-R-matching*). Diese Situation ist dann anzutreffen, wenn Reiz- und Reaktionsmerkmale einen hohen Grad an Überlappungen (Kornblum, Hasbroucq & Osman, 1990) aufweisen (z.B. reagiere bei dargebotenem Stimulus 7 mit der Antwort „7“) bzw. wenn die Zuordnung ein geübter Vorgang ist (bei roter Ampel anhalten). Im Gegensatz zum *S-R-mapping*, bei denen Reiz und Reaktion über kontrollierte Prozesse zugeordnet werden, dominieren beim *S-R-matching* automatische Zuordnungsprozesse (Kornblum, Hasbroucq & Osman, 1990).

Eine noch so genau spezifizierte Übersetzungsregel ist aber noch keine hinreichende Bedingung dafür, daß auch regelgerecht übersetzt wird. Ein ungeübter Schachspieler wird, obwohl er die Regeln des Spiels perfekt beherrscht, an der augenblicklichen Verteilung der Figuren nicht sofort erkennen, welcher Zug der effektivste ist, um seinen Mitspieler in die Enge zu treiben. Dazu ist nicht nur Regelwissen notwendig, auch die einzelnen Figuren, mögliche Folgezüge und die Antwort des Mitspielers müssen verfügbar gehalten werden. Sehr viel einfacher ist es dagegen, beim „Mensch-ärgere-Dich-nicht“ die gewürfelte Augenzahl in Schritte umzusetzen. Dies macht plausibel, warum sich z.B. in *Experiment II* unter Belastungsbedingungen keine *flanker*-Interferenz ergibt, sich diese jedoch unter gleichen Bedingungen in *Experiment III* zeigt. Ein Unterschied zwischen beiden Untersuchungen besteht darin, wie einfach die Zuordnung von Reiz und Reaktion war. Während es nur wenig Übersetzungsarbeit bedarf, wenn auf einen Buchstaben *L* mit Links und bei einem *R* mit Rechts reagiert werden soll (*S-R-matching*), so ist es bereits erheblich schwerer, die Reaktionen an die Öffnungsrichtung von Landoltringen zu koppeln (*S-R-mapping*). Während die Versuchspersonen in *Experiment III* zwei Reize mit zwei naheliegenden Reaktionen behalten mußten, galt es in *Experiment II* vier Reize mit zwei weniger naheliegenden Reaktionen verfügbar zu halten. In *Experiment II* mußten kontrollierte Prozesse die Zuordnung von Reiz und Reaktion herstellen, während in *Experiment III*

automatische Zuordnungsprozesse dominierten. Es ist daher plausibel, daß sich die Distraktoraufgabe stärker auf die Verfügbarkeit der komplexeren Regel auswirkt.

### 6.3.3 Die Bedeutung von *top-down*-Prozessen

Die Anwendung vorliegender Regeln unterliegt zunächst der Willkür der Person. Durch die Übernahme eines *task-sets* wird das kognitive System so konfiguriert (Rogers & Monsell, 1995), daß relevante Informationen verstärkt Resonanz erzeugen (*attentional readiness* bei Egeth & Yantis, 1997). *Top-down*-Prozesse sorgen dafür, daß die Aktivierungsschwelle für relevante Signale gesenkt wird (z.B. Cohen & Shoup, 1997; Norman & Shallice, 1986). Wenn die Intention besteht, etwas Bestimmtes zu suchen, dann führt dies dazu, daß Reize, die viele Gemeinsamkeiten mit dem spezifizierten Zielreiz gemein haben, mit größerer Wahrscheinlichkeit ausgewählt werden, als wenn diese Intention nicht besteht. Je stärker der *top-down*-Einfluß ist, desto weniger *input* ist nötig, damit ein Reiz als zu der gesuchten Kategorie dazugehörig identifiziert wird und desto größer ist die Chance, daß Reize als kategoriezugehörig akzeptiert werden (vgl. dazu Bruner, 1957). Dies macht auch verständlich, warum Distraktorreize, die zwar nicht mit einer Antwortreaktion assoziiert sind, die aber gemeinsame Merkmale mit dem Zielreiz besitzen, ebenfalls Interferenz produzieren (z.B. Eriksen & Eriksen, 1974).

Evidenz für einstellungsabhängige *set*-Effekte findet sich auch in Untersuchungen zum sogenannten *pop-out*-Effekt. Muß entschieden werden, ob ein bestimmtes *target* in einer Menge anderer Reize enthalten ist oder nicht, hängt die dazu benötigte Zeit davon ab, ob *target* und Distraktoren der gleichen Kategorie entstammen oder verschiedenen Kategorien angehören. Im letzteren Fall sind die Entdeckungszeiten sehr viel kürzer. Beim Betrachten der gesamten Reizkonfiguration springt das diskrepante Item „ins Auge“. Jonides und Gleitman (1972) wiesen nach, daß dieser *pop-out*-Effekt nicht ausschließlich durch die physikalischen Charakteristika der dargebotenen Objekte vermittelt ist, sondern auch von der Instruktion, dem *task set*, abhängt. Sie verwendeten den doppeldeutigen Stimulus „O“ als *target*, der entweder als Zahl Null oder als Buchstabe angesehen werden kann. Als Distraktoren wurden Buchstaben eingesetzt. Wurde die Versuchsperson instruiert, den Buchstaben zu suchen (*target* und Distraktor gehören der gleichen Kategorie an), so nahm die Entdeckungszeit mit zunehmender Anzahl von Distraktorstimuli zu. Sollte die Versuchsperson stattdessen die Zahl

Null suchen (*target* und Distraktor gehören unterschiedlichen Kategorien an), so konnte sie den Zielreiz schneller entdecken. In diesem Zusammenhang sind auch Untersuchungen aufschlußreich, in denen der Einfluß „epistemischer“ Motive auf die Informationsverarbeitung untersucht wurde. Epistemische Motive liegen vor, wenn ein bestimmtes Ergebnis der Informationsverarbeitung gewünscht ist (vgl. das Konzept der *specific needs* bei Kruglanski, 1990 ). Rothermund, Voß, Spaniol, Bak und Brandtstädter (1997) demonstrierten z.B., daß die Darbietung eines aversiven, akustischen Signals mit einer erhöhten Wahrnehmungssensitivität für solche visuellen Reize einhergeht, die ein Ende dieser unangenehmen Situation ankündigten.

Aufschlußreich ist auch das *Guided Search Model* von Wolfe (Wolfe, 1998; Wolfe, Cave & Franzel, 1989; Wolfe, 1994; vgl. auch Egeth & Yantis, 1997). Wie in der Merkmalsintegrationstheorie von Treisman und Gelade (1980) wird angenommen, daß einfache Stimulusmerkmale wie Farbe, Größe und räumliche Orientierung automatisch und parallel verarbeitet werden. Die Verknüpfung mehrerer Merkmale erfolgt jedoch seriell und bedarf Aufmerksamkeit. Das Ergebnis der ersten parallelen Verarbeitung lenkt die Verarbeitung der seriellen Stufe. Für jede Merkmalsdimension (Farbe, Größe etc.) wird ein Aktivationswert ermittelt, der sich sowohl aus *bottom-up*- als auch aus *top-down*-Aktivierung zusammensetzt. Die *bottom-up*-Aktivierung ist ein Maß für die Unterscheidung des *targets* von den übrigen Reizen. Reicht die *bottom-up*-Aktivierung nicht aus (z.B. bei der Suche nach einem grünen Stift in einer Schachtel Buntstifte), ist zur Aufmerksamkeitssteuerung zusätzliche *top-down*-Aktivierung für das gesuchte Merkmal erforderlich. Für jede Merkmalsdimension werden separate „Aktivationslandkarten“ des visuellen Felds erzeugt, die anschließend zu einer Gesamtaktivationskarte zusammengefaßt werden. Aufmerksamkeit wird zunächst auf die Gebiete der Karte gerichtet, die ganz unabhängig von der Suchanweisung, die höchsten Aktivationswerte aufweisen. Der Aktivationsgipfel enthält jedoch keine Informationen über seine Quelle. In der Aktivationskarte sieht eine hohe Farbaktivierung genau so aus, wie eine hohe Orientierungsaktivierung. Eine Entscheidung darüber, ob das betrachtete Objekt das gesuchte Item ist, kann erst unter Beteiligung von Aufmerksamkeitsprozessen getroffen werden. Befindet sich der gesuchte Reiz nicht an dem Ort mit dem höchsten Aktivationswert, wandert die Aufmerksamkeit zu dem Ort mit der zweithöchsten Aktivierung usw. Die Suche endet, wenn das *target* gefunden ist, oder wenn alle Reize die einen bestimmten Aufmerksamkeitswert überschritten haben verarbeitet wurden.

*Top-down*-Prozesse können im Sinne Hoffmanns (1993) auch als eine antizipative Verhaltenssteuerung verstanden werden. Führt ein bestimmtes Verhalten beim Vorliegen einer stets gleichen Reizkonfiguration zu einem bestimmten Ergebnis, so wird die Intention, dieses Verhalten auszuführen, mit der Erwartung genau dieser Konsequenz verbunden. Liegen bestimmten Randbedingungen vor (Intention und Reizkonfiguration), wird das entsprechende Verhalten ausgeführt<sup>12</sup>. Interferenzeffekte sind dann zu erwarten, wenn die mit dem Reiz assoziierte Reaktion zwar intendiert ist, die Auslösebedingungen aber dennoch zu ignorieren sind:

Automatisiertes Verhalten ist in diesem Sinne also keineswegs aufmerksamkeits- oder ressourcenabhängig, sondern ganz im Gegenteil, mit einer selektiven Erwartung der auslösenden Reizbedingungen verbunden. Es ist gerade diese Selektivität, die automatisiertes Verhalten gegenüber anderen Reizwirkungen so erfolgreich abschirmt, so daß es weitgehend ungestört durch Distraktoren realisiert werden kann. Und es ist andererseits ebenfalls diese Selektivität, die automatisiertes Verhalten zu einem Störfaktor werden läßt, wenn die auslösenden Reizwirkungen ignoriert werden sollen (Hoffmann, 1993, S. 91).

#### **6.3.4 Der *flanker*-Effekt als Resonanzmaß für aufgabenrelevante Inhalte**

Mit der Annahme, daß die Aufgabenbearbeitung mit einer bestimmten kognitiven Funktionslage (*task-set*) verbunden ist, läßt sich erklären, warum in einer *flanker*-Aufgabe Interferenz durch entscheidungsirrelevante Reize entstehen kann. Aufgrund der Vorstellung einer regelgeleiteten Zuordnung von Reiz und Reaktion allein ist zunächst nicht zu erwarten, daß ein irrelevanter Distraktor die Wahlreaktion beeinflusst. Die Übernahme des *task-sets* wurde als ein durch die Person kontrollierter Vorgang bezeichnet. Folgerichtig wäre daher, daß nur diejenigen Reize oder Reizaspekte in eine entsprechende Reaktion übersetzt werden, die entscheidungsrelevant sind (Lippa, 1996). Eine Enkodierung des Flankierreizes kann zwar stattfinden, eine Zuordnung zu einer bestimmten Reaktion sollte jedoch unterbleiben. Der *flanker*-Effekt belegt jedoch, daß auch die entscheidungsirrelevanten Stimuli handlungswirksam werden. Dies bedeutet entweder, daß die Person absichtlich gegen die vorher vereinbarten Regeln verstößt, oder, daß es ihr nicht gelingt, die Aufgabe instruktionsgemäß zu bearbeiten. Die erste Annahme ist nicht plausibel. Wahrscheinlicher ist

---

<sup>12</sup> Neumann (z.B. 1990a) verwendet für die Bezeichnung solch fester Zusammenhänge zwischen Verhalten und Reizen den Ausdruck „direkte Parameterspezifikation“.

es, daß mit einer Sensitivitätserhöhung für potentiell handlungsrelevante Reize auch die Chance für eine regelgeleitete Zuordnung von Distraktorreizen steigt. Dies wird um so eher der Fall sein, je einfacher die Reaktionszuordnung ist bzw. je stärker Reiz und Reaktion miteinander assoziiert sind.

Distraktoren in der *flanker*-Aufgabe wurden bisher als irrelevante Reize bezeichnet. Genauer besehen trifft diese Bezeichnung nur bedingt zu. Relevanz oder Irrelevanz ist kein Merkmal des Reizes, sondern hängt bei jedem Durchgang von der Darbietungsposition der Stimuli ab. Ein Distraktor ist in einem Durchgang irrelevant, bereits im nachfolgenden Durchgang kann er relevant sein. Die irrelevanten Reize sind also potentiell handlungsrelevant, weil sie für die Aufgabenbearbeitung wichtig sind. Sie gehören zu der Reizmenge, für die eine spezifische Reaktion abzugeben ist. Miller (1987) konnte zwar demonstrieren, daß *flanker* selbst dann verarbeitet werden, wenn sie keiner der aufgabenrelevanten Materialmengen angehören. Da das Auftreten der Flankierreize in diesem Experiment jedoch mit der Darbietung bestimmter *targets* korrelierte, ist es möglich, daß dadurch auch die *flanker* relevant wurden (vgl. auch Pashler, 1998). Der *flanker*-Effekt ist also nicht nur ein Maß für ein Fehlschlagen selektiver Aufmerksamkeit, sondern auch ein Beleg für die Sensibilität gegenüber ziel- und aufgabenbezogenen Inhalten.

### 6.3.5 Fazit

Die Beschreibung von Aufmerksamkeitsphänomen bleibt ohne die Berücksichtigung des funktionalen Kontexts in denen sich Prozesse selektiver Aufmerksamkeit abspielen, unvollständig. Das Bearbeiten einer einfachen Klassifikationsaufgabe setzt voraus, daß das Aufgabenziel kognitiv repräsentiert ist. Gleiches gilt für die Handlungsanweisungen, wie beim Vorliegen bestimmter Reize zu reagieren ist. In manchen Situationen zeigt ein präsentierter Reiz die ihm zugeordnete Reaktion direkt an (*S-R-matching*), in anderen Situationen müssen Reiz und Reaktion entsprechend der gültigen Zuordnungsvorschrift einander zugeordnet werden (*S-R-mapping*). Während im ersten Fall automatische Prozesse dominieren, sind im zweiten Fall kontrollierte Verarbeitungsprozesse involviert. Aufgaben, die eine arbiträre Reiz-Reaktion-Zuordnung verlangen, sind stör- und interferenzanfällig, wenn die Verfügbarkeit aufgabenrelevanter Informationen beeinträchtigt wird. Dies ist z.B. der Fall, wenn die Arbeitsgedächtnisspanne nicht für das Aufrechterhalten der relevanten

Informationen ausreicht (z.B. bei komplexem Aufgabenziel bzw. komplexer Zuordnungsvorschrift). Die Bearbeitung einer zweiten Aufgabe kann zu Störungen führen, wenn die Kapazität des Kurzzeitspeichers nicht ausreicht, um das gesamte Regelwissen verfügbar zu halten (globale Interferenz). Kann bei der Aufgabenbearbeitung dagegen auf prozedurales Wissen zurückgegriffen werden, so gibt es kaum Interferenz. Durch das Senken der Resonanzschwelle für aufgabenrelevante Reize kann das kognitive System ebenfalls entlastet werden. *Top-down*-Prozesse spielen eine vermittelnde Rolle. Hierin ist eine Ursache für die *flanker*-Interferenz (spezifische Interferenz) zu sehen. Die im aktuellen Durchgang irrelevanten Reize sind potentiell relevante Reize; das kognitive System ist auf deren Identifizierung und Reaktion vorbereitet. *Top-down*-Prozesse sorgen dafür, daß Entscheidungen zugunsten oder zuungunsten bestimmter Reize durch das Senken/Anheben von Resonanzschwellen beschleunigt bzw. gehemmt werden. Ein Vorteil solcher Prozesse ergibt sich aber nur dann, wenn das kognitive System dadurch entlastet wird. Dies wird dadurch erreicht, daß kontrollierte und ressourcenintensive Verifikationsprozesse im Hintergrund bleiben. Wird ein Signal etwa als bedrohlich erkannt, so ergibt sich daraus nur dann ein Reaktionsvorteil, wenn die Reaktion ohne weitergehende Überprüfung der Informationslage ausgelöst wird (vgl. auch Pratto & John, 1991). Eine erhöhte Resonanz für aufgabenrelevante Reize erhöht jedoch auch die Chance, daß Signale fälschlicherweise als relevant erkannt werden und Verhalten auslösen. Solche „falsche Alarm“-Effekte sind um so häufiger, je eher ein Reiz die aufgestellten Relevanz- und Reaktionskriterien erfüllt. Für die *flanker*-Aufgabe kann erwartet werden, daß Distraktoren um so eher Interferenz erzeugen, je eher sie den Reaktionskriterien entsprechen und je niedriger die Resonanzschwelle ist. Hierzu passen auch die Befunde von Cohen und Shoup (1997). Sie zeigen, daß *flanker*-Interferenz nur entsteht, wenn die mit *target* und *flanker* assoziierte Reaktionstendenz aufgrund derselben Merkmalsdimension ausgelöst wird. Keine Interferenz fand sich, wenn die Reaktion auf das *target* an ein anderes Merkmal gekoppelt ist als die Reaktion, die durch den Distraktor nahegelegt wird. Resonanz ergibt sich also nur für diejenigen Merkmale, die im aktuellen Kontext Relevanz besitzen. Die Sensitivität für bestimmte Reize hängt von der Komplexität des Reaktionskriteriums und der Komplexität des Aufgabenziels ab. Je einfacher die Zuordnung von Reiz und Reaktion ist, um so eher können Distraktoren Interferenz erzeugen.

In einem weiteren Experiment wurde daher der Zusammenhang von Zuordnungs-komplexität und Interferenzstärke überprüft. Dazu wurde eine *flanker*-Anordnung

vorgegeben, mit der Reaktionszeiten bei kompatibelem Distraktor und inkompatiblen Distraktor verglichen werden können. Die Zuordnungsschwierigkeit von Reiz und Reaktion wurde manipuliert, indem in einer einfachen Bedingung die Bedeutung des Reizes die Reaktion bestimmte, während in einer komplexeren Bedingung erst die Kombination von Bedeutung und Darbietungsposition die Antwortreaktion spezifizierten. Es wird vorhergesagt, daß die *flanker*-Interferenz bei einfacher Zuordnung stärker ausfällt als bei komplexer Zuordnung.

## 6.4 Experiment V

In der Untersuchung wurden Wörter als Stimulusmaterial verwendet. Das *target* wurde stets durch einen Distraktor flankiert. Abwechselnd wurde der Flankierreiz über dem *target* oder unter dem *target* eingeblendet. In der einfachen Aufgabenbedingung mußte die Versuchsperson den Zielreiz danach beurteilen, ob er ein Exemplar aus der Klasse belebter oder ein Exemplar aus der Klasse unbelebter Objekte der natürlichen Umwelt bezeichnet (vgl. die Untersuchung von Mitchell & Perlmutter, 1986). Die Kategorisierung auf dieser übergeordneten Ebene bietet den Vorteil, daß mögliche *flanker*-Effekte nicht allein auf die automatisch ablaufende semantische Enkodierung zurückzuführen sind<sup>13</sup>. *Flanker*-Effekte sind nur möglich, wenn *target* und *flanker* vollständig im Sinne des Aufgabenziels verarbeitet werden. In der schwierigen Bedingung mußte darüber hinaus die Position des *targets* (oben oder unten) zur Identifikation der korrekten Antwortreaktion mitberücksichtigt werden. Um die Ergebnisse gegen Alternativerklärungen im Sinne der *Spotlight*-Modelle bzw. Lavies (1995) Annahme einer frühen Selektion bei reduzierten Verarbeitungsressourcen abzusichern, schloß sich an die eigentliche Aufgabe eine Rekognitionsaufgabe für die präsentierten Wörter an. Sollte die Reduktion bzw. das Ausbleiben eines *flanker*-Effekts nicht auf die Zuordnungsschwierigkeit, sondern auf eine Verengung des Aufmerksamkeitsfokus bzw. eine frühe Selektion zurückzuführen sein, so müßte sich dies in der Rekognitionsleistung niederschlagen. Der Erinnerungsvorteil für relevante Stimuli gegenüber den irrelevanten Reizen sollte in der komplexeren Bedingung im Vergleich zur einfachen Bedingung deutlich

---

<sup>13</sup> Es benötigt mehr Aufwand zu entscheiden, ob ein *Falke* ein Lebewesen ist, als zu entscheiden, ob ein *Falke* ein Vogel ist. Dies kann damit erklärt werden, daß die Aussage „Ein Falke ist ein Lebewesen“ in zwei Schritten (Ein Falke ist ein Vogel; ein Vogel ist ein Lebewesen) überprüft wird (vgl. Hussy, 1984).

stärker ausfallen. Ist dagegen die Zuordnungsschwierigkeit für ein Ausbleiben des *flanker*-Effekts verantwortlich, dann sollte sich kein Unterschied in der Erinnerungsleistung ergeben.

### 6.4.1 Methode

#### 6.4.1.1 Material

Zur Konstruktion von insgesamt 64 Aufgabendurchgängen mit jeweils einem *target*-Wort und einem Distraktor-Wort wurden 128 Kategorieexemplare aus einer Normierungsgliste (Hager, 1994) ausgewählt. Davon bezeichneten 64 Wörter Objekte der belebten natürlichen Umwelt (z.B. „Forelle“, „Amsel“), 64 weitere Wörter unbelebte Objekte (z.B. „Geige“, „Teller“). Die Menge der belebten Objekte setzte sich aus jeweils 16 Exemplaren der Kategorien *Fisch*, *Vogel*, *Blume* und *Baum* zusammen; die Gruppe der unbelebten Objekte aus Exemplaren der Kategorien *Instrument*, *Werkzeug*, *Teil des Geschirrs* und *Möbelstücke*. In jeweils 25% der Fälle wurden sowohl als *target* als auch als Distraktor belebte Objekte bzw. unbelebte Objekte ausgewählt; in weiteren 25% der Durchgänge handelte es sich bei dem *target* um ein belebtes Objekt, beim Flankierreiz jedoch um ein unbelebtes Objekt; in den restlichen 25% der Fälle wurde ein unbelebtes *target*-Objekt mit einem belebten Distraktor-Objekt vorgegeben. *Target* und Distraktor wurden in der Mitte eines Computerbildschirms übereinanderstehend mit einem Abstand von ca.  $0.35^\circ$  präsentiert. Die Darbietungsposition beider Stimuli (oben, unten) änderte sich von Durchgang zu Durchgang. Um eine frühe Selektion zu ermöglichen, wurden beide Stimuli in unterschiedlichen Farben in VGA-Standardgrafikschrift präsentiert (blau und rot), wobei die Farbzuordnung zwischen den Versuchspersonen variierte. Das *target* konnte also noch vor einer semantischen Enkodierung allein aufgrund der Farbe erkannt werden. Zur Realisierung der Rekognitionsaufgabe wurden weitere 64 Kategorieexemplare als Füllwörter ausgewählt.

#### 6.4.1.2 Versuchsplan

In der Untersuchung wurde ein  $2$  (*Distraktortyp*)  $\times$   $2$  (*Zuordnungsschwierigkeit*)  $\times$   $2$  (*Aufgabenreihenfolge*)  $\times$   $2$  (*Farbzuordnung*) – Versuchsplan realisiert. *Distraktortyp* (reaktionskompatibel vs. reaktionsinkompatibel) und *Aufgabenschwierigkeit* (einfache Zuordnung vs. schwierige Zuordnung) wurden als meßwiederholte Faktoren angelegt.

*Aufgabenreihenfolge* und *Farbzuordnung* variierten zwischen den Versuchspersonen. Reaktionskompatible und reaktionsinkompatible Durchgänge unterscheiden sich in Abhängigkeit von der *Zuordnungsschwierigkeit*. In der einfachen Aufgabe sind *target* und *flanker* kompatibel, wenn beide Wörter entweder belebte oder unbelebte Objekte bezeichnen. Inkompatibilität liegt dann vor, wenn sich *target* und *flanker* auf der Dimension „belebt vs. unbelebt“ unterscheiden. In der schwierigeren Aufgabe ergibt sich Kompatibilität bzw. Inkompatibilität erst durch die Verbindung der Merkmale „belebt vs. unbelebt“ und Präsentationsposition (oben vs. unten). Reaktionskompatibilität liegt dann vor, wenn sich *target* und *flanker* auf beiden Dimensionen unterscheiden(!). Reaktionsinkompatibilität ergibt sich demgegenüber, wenn beide Stimuli entweder belebte oder unbelebte Objekte bezeichnen.

#### 6.4.1.3 Durchführung

Die Personen bearbeiteten insgesamt zwei Aufgabenblöcke. Je nach Versuchsplanbedingung zunächst die einfache Aufgabe und anschließend die komplexe Aufgabe bzw. in umgekehrter Reihenfolge. Die Versuchspersonen erhielten eine ausführliche schriftliche Instruktion. Sie wurden angehalten, möglichst schnell aber auch möglichst korrekt zu entscheiden. In der einfachen Bedingung sollte entschieden werden, ob es sich bei dem zu beachtenden Wort um ein belebtes Objekt der natürlichen Umwelt handelt oder, ob es sich um ein unbelebtes Objekt handelt. Im ersten Fall war eine linke Tastenreaktion erforderlich, andernfalls eine rechte Reaktion (vgl. *Abbildung 16*). In der schwierigeren Bedingung mußte zur Identifikation der richtigen Tastenreaktion bei vorliegendem Reiz neben der Belebtheit des präsentierten Kategorienexemplars auch beachtet werden, ob das *target* über oder unter dem Distraktor

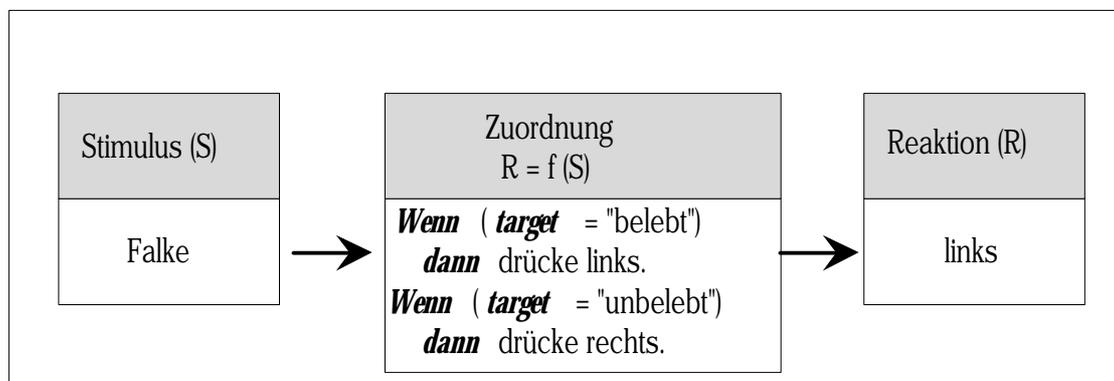


Abbildung 16: Illustration der einfachen Zuordnungsregel

eingebildet wurde. Aus ressourcentheoretischer Sicht erfolgt die Positionsbestimmung automatisch (z.B. Hasher & Zacks, 1979) und sollte demzufolge eine frühe Selektion ermöglichen. Befand sich das *target* oben und handelte es sich um ein belebtes Objekt, so war eine linke Tastenreaktion erforderlich; bei gleicher Position mußte dagegen bei einem unbelebten Objekt eine rechte Tastenreaktion erfolgen. Befand sich das *target* unten, mußte bei einem belebten Objekt rechts und bei einem unbelebten Objekt links gedrückt werden (vgl. *Abbildung 17*). Das Distraktor-Wort sollte jeweils ignoriert werden. Fehlerhafte Entscheidungen wurden durch einen Ton zurückgemeldet.

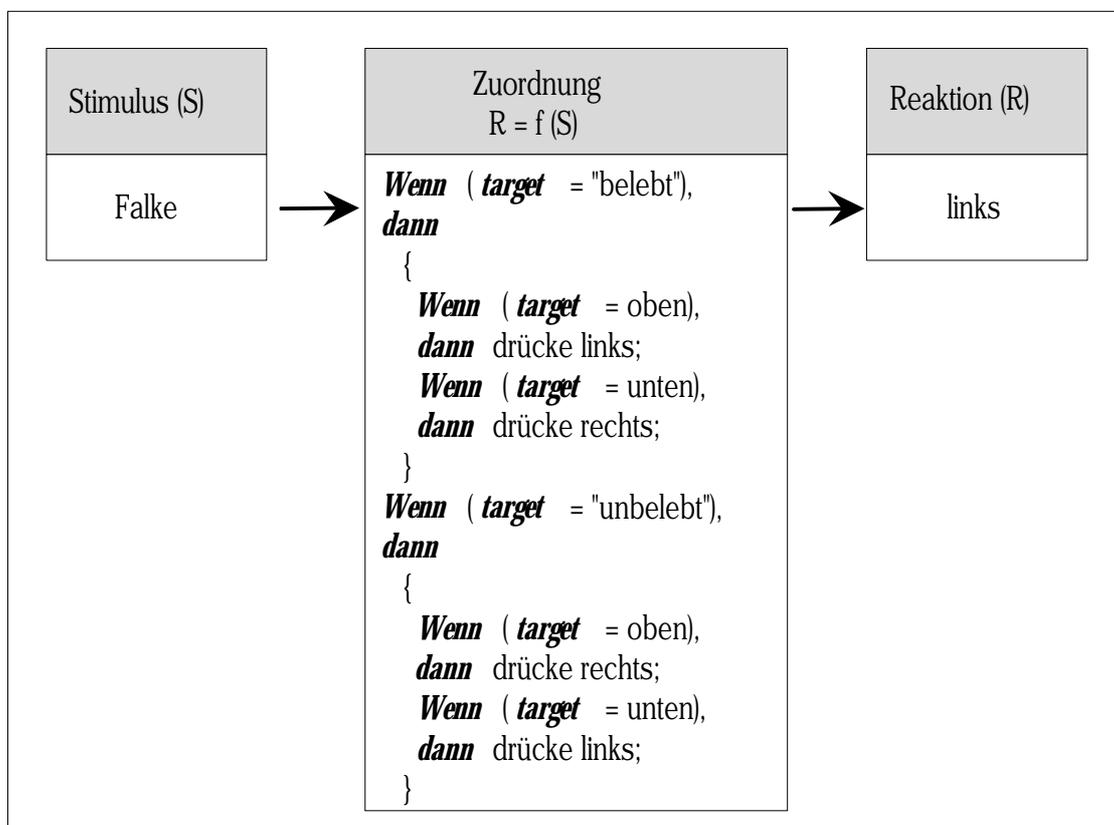


Abbildung 17: Illustration der komplexen Zuordnungsregel

Jeder Aufgabenblock wurde durch sechs Beispieldurchgänge eingeleitet, die so lange wiederholt wurden, bis deren Bearbeitung fehlerlos erfolgte. Die Abfolge der einzelnen Durchgänge verlief wie folgt: vor der Präsentation eines Stimulus sahen die Teilnehmer für 1500 ms einen schwarzen Bildschirm. Anschließend wurden *target* und Distraktor für 500 ms eingebildet und die Reaktion des Teilnehmers millisekundengenau erfaßt. Danach folgte der

nächste Durchgang. Nach der Bearbeitung des ersten Aufgabenblocks und einer kurzen Pause schloß sich der zweite Aufgabenblock an. Die sich anschließende Rekognitionsaufgabe beendete die Untersuchung. Hier wurden alle Stimuli der vorangehenden Klassifikationsaufgabe, gemischt mit den Wörtern des Füllmaterials, nacheinander für jeweils 1000 *ms* in weißer Schrift vor schwarzem Hintergrund dargeboten. Nach jedem Durchgang blieb der Bildschirm für 1500 *ms* schwarz. Die Reihenfolge der Darbietung wurde für jede Person per Zufall bestimmt. Aufgabe war es, so schnell und so korrekt wie möglich zu entscheiden, ob das dargebotene Wort bereits in der vorangegangenen Aufgabe vorgekommen war, oder ob es sich um ein neues Wort handelt. Die Reaktionen wurden ebenfalls millisekundengenau erfaßt.

#### 6.4.1.4 Stichprobe

An dem Experiment nahmen 48 Studierende (32 Frauen, 16 Männer) des Faches Psychologie der Universität Trier im Alter von 20 bis 44 Jahren ( $M = 24.17$ ,  $SD = 4.48$ ) teil.

### 6.4.2 Auswertung der *flanker*-Aufgabe

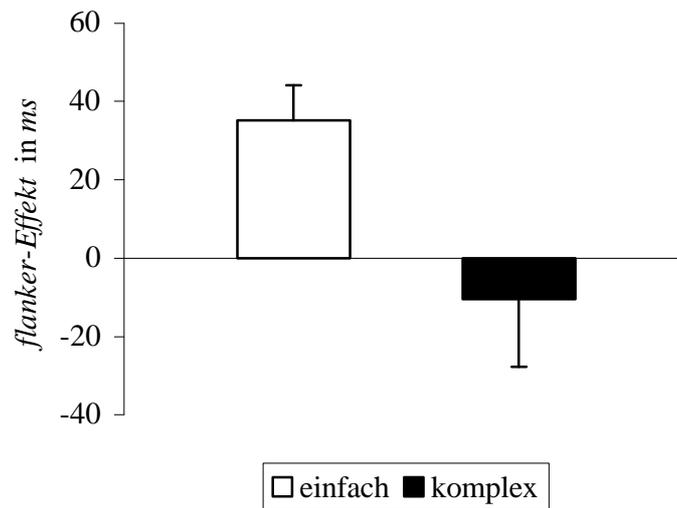
#### 6.4.2.1 Datenbereinigung

Bei der Analyse der Reaktionszeiten wurden fehlerhafte Entscheidungen (10.09% der Fälle) nicht berücksichtigt. Extreme Reaktionszeiten, die außerhalb der individuell bestimmten Kriterien für *outside values* (Tukey, 1977) lagen, wurden ebenso wie Zeiten außerhalb der für alle Personen geltenden Ober- und Untergrenzen von 150 *ms* bzw. 2000 *ms* (insgesamt 9.16% aller gültigen Reaktionszeiten) von der Analyse ausgeschlossen. Die gültigen Werte wurden pro Person zu Aggregatsvariablen zusammengefaßt.

#### 6.4.2.2 Analyse der Reaktionszeiten

Zur Analyse der *flanker*-Aufgabe wurde der gesamte 2 (*Distraktortyp*) x 2 (*Zuordnungskomplexität*) x 2 (*Reihenfolge*) x 2 (*Farbzuordnung*) – Versuchsplan einer Varianzanalyse unterzogen. Bei komplexer Reiz-Reaktion-Zuordnung finden sich um durchschnittlich 350 *ms* verzögerte Reaktionszeiten ( $F(1,42) = 147.48$ ,  $p < .001$ ). Darüber hinaus zeigt sich als einzig weiterer signifikanter Effekt eine Interaktion zwischen

*Distraktortyp* und *Zuordnungskomplexität* ( $F(1,42) = 4.56, p < .05$ ). Wie aus *Abbildung 18* ersichtlich, ergibt sich bei einfacher Zuordnungsregel ein *Flanker-Effekt* von 35 ms ( $F(1,42) = 12.47, p = .001$ ), nicht jedoch bei komplexerer Zuordnungsregel ( $F(1,42) < 1, n.s.$ ). Alle übrigen Effekte erreichen nicht das konventionelle Signifikanzniveau (alle  $F(1,42) < 3.17, p > .082$ ).



*Abbildung 18: Flanker-Effekt in Abhängigkeit von der Zuordnungskomplexität. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwertes an.*

#### 6.4.2.3 Analyse der Fehler

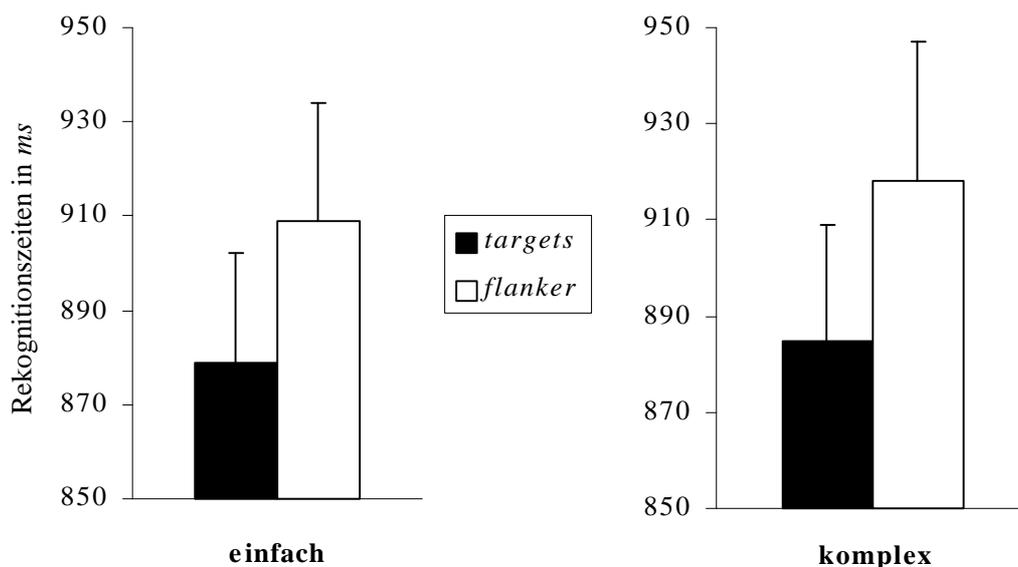
In der komplexeren Bedingung wurden mehr Fehler gemacht (14.19% der Fälle) als in der einfachen Bedingung (5.99% der Fälle;  $t(47) = 7.47, p < .001$ ). Ein bedeutsamer Zusammenhang zwischen Fehleranzahl und *flanker-Effekt* läßt sich für keine Bedingung nachweisen.

### 6.4.3 Auswertung der Rekognitionsaufgabe

#### 6.4.3.1 Analyse der Rekognitionszeiten

Von der Auswertung der Rekognitionsaufgabe wurden Zeiten bei fehlerhafter Entscheidung (26.09% der Fälle) sowie Reaktionszeiten, die schneller als 200 *ms* bzw. langsamer als 2000 *ms* (5.26% der Fälle) waren, eliminiert.

Eine Varianzanalyse der Rekognitionszeiten mit den Faktoren *Zuordnungskomplexität* und *Relevanz* (*targets vs. flanker*) erbringt lediglich einen signifikanten Effekt für *Relevanz* ( $F(1,46) = 5.93, p < .05$ ). Danach ergibt sich für die *targets* ein Wiedererkennensvorteil von 32 *ms* (vgl. *Abbildung 19*). Alle anderen Effekte sind insignifikant ( $F(1,46) \leq 1.15, n.s.$ ).

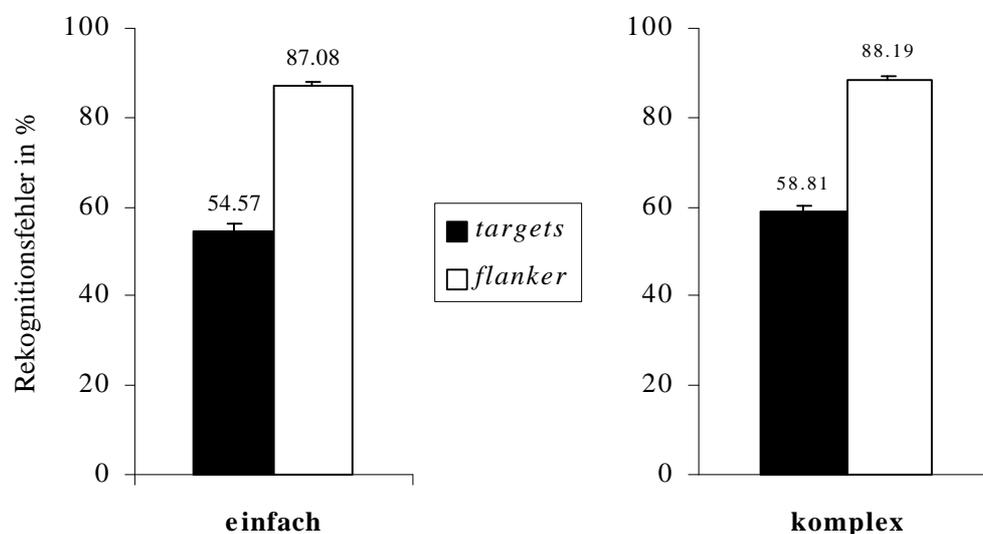


*Abbildung 19:* Rekognitionszeiten für *targets* und *flanker* in Abhängigkeit von der Zuordnungskomplexität. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwertes an.

#### 6.4.3.2 Analyse der Rekognitionsfehler

Für die Rekognitionsfehler wurde eine entsprechende Analyse berechnet. Hier zeigt sich neben einem signifikanten Effekt für *Relevanz* ( $F(1,46) = 67.98, p < .001$ ), der anzeigt, daß insgesamt weniger *flanker* wiedererkannt wurden, auch ein bedeutsamer Effekt für

Zuordnungskomplexität ( $F(1,46) = 14.97, p < .001$ ). Danach wurden insgesamt weniger Wörter korrekt wiedererkannt, wenn die Zuordnungsregel schwierig war (vgl. *Abbildung 20*).



*Abbildung 20:* Rekognitionsfehler in % für *targets* und *flanker* in Abhängigkeit von der Zuordnungskomplexität. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwertes an.

#### 6.4.4 Fazit

Anliegen des Experiments war es, den Einfluß der Reiz-Reaktion-Zuordnung auf die *flanker*-Interferenz zu untersuchen. Die Ergebnisse sind eindeutig. Es zeigt sich, daß die *Zuordnungskomplexität* das Ausmaß der *flanker*-Interferenz beeinflusst. Bei einfacher Zuordnungsregel findet sich ein *flanker*-Effekt, bei komplexerer Zuordnung ergibt sich keine Interferenz. In der Rekognitionsaufgabe zeigt sich ein deutlicher Erinnerungsvorteil für die *targets*; die *Zuordnungskomplexität* moderiert den Effekt allerdings nicht. Vergleichbare Ergebnisse liefert auch die Studie von Schmidt und Dark (1998). Die Ergebnisse der *flanker*-Aufgabe sind sowohl mit der Aufmerksamkeitskonvergenzhypothese als auch mit der Vorstellung einer frühen Selektion bei knappen Ressourcen vereinbar. Die Manipulation der Zuordnungsschwierigkeit kann auch als Ressourcenmanipulation interpretiert werden. Die Leistung in der Rekognitionsaufgabe widerspricht jedoch beiden Annahmen. Die komplexere Aufgabe führte weder zu einer effektiveren Reizselektion noch zu einer verstärkten Enkodierung der *targets*. Allein die Handlungswirksamkeit der Distraktoren wird durch die komplexere Zuordnungsregel beeinträchtigt. Die vorgelegten Befunde können damit als

Hinweis darauf interpretiert werden, daß eine Ursache für das Ausbleiben von Interferenz unter Ablenkungsbedingungen (wie z.B. in *Experiment III*) in der Schwierigkeit zu suchen ist, mit der die präsentierten Reize in entsprechende Reaktionen übersetzt werden können. Um diese Vermutung zu überprüfen, wurde eine weitere Untersuchung durchgeführt, die sich vom letzten Experiment lediglich dadurch unterscheidet, daß hier die Schwierigkeit der regelhaften Reiz-Reaktion-Zuordnung durch die Zusatzaufgabe „lautes Zählen“ erschwert wurde.

## 6.5 Experiment VI

Ablauf und Vorgehensweise von *Experiment VI* sind nahezu identisch mit dem *Experiment V*. Neben der Standardbedingung mußte in einer weiteren Bedingung während der Bearbeitung der *flanker*-Aufgabe von einer vorgegebenen Zahl aus (251 bzw. 343) in Zweierschritten rückwärtsgezählt werden.

### 6.5.1.1 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 60 Studierende (39 Frauen und 21 Männer) des Faches Psychologie an der Universität Trier im Alter von 19 bis 34 Jahren ( $M = 23.98$ ,  $SD = 3.85$ ) teil.

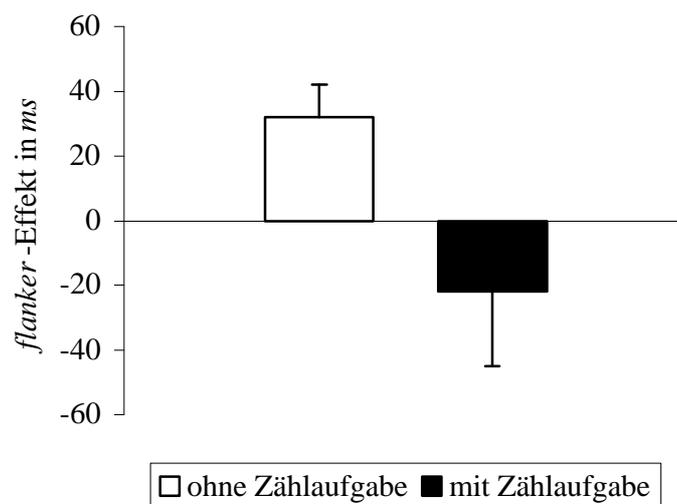
## 6.5.2 Auswertung

### 6.5.2.1 Datenbereinigung

Für die Analyse der Reaktionszeiten wurden fehlerhafte Entscheidungen (13.99% der Fälle) eliminiert. Reaktionszeiten, die außerhalb der individuell bestimmten Kriterien für *outside values* (Tukey, 1977) und Zeiten außerhalb der für alle Personen geltenden Ober- und Untergrenzen von 150 *ms* bzw. 2000 *ms* (insgesamt 11.94% aller gültigen Reaktionszeiten) wurden von der Analyse ausgeschlossen. Für jede Person wurden anschließend die Reaktionszeiten für jede Versuchsplanbedingung aggregiert.

### 6.5.2.2 Analyse der Reaktionszeiten

Eine (2) *Distraktortyp* x (2) *Zusatzaufgabe* x (2) *Reihenfolge* – Varianzanalyse zeigt, daß die Reihenfolge, mit der die Aufgaben mit und ohne Zusatzaufgabe zu bearbeiten waren, keinen signifikanten Einfluß besitzt ( $F(1,53) = 1.55$ , *n.s.*). Die Zähltaufgabe führte zu einer durchschnittlichen Reaktionszeitverlangsamung von 354 *ms* ( $F(1,53) = 124.99$ ,  $p < .001$ ). Für den *Distraktortyp* läßt sich kein Effekt nachweisen ( $F(1,53) < 1$ , *n.s.*). Einzig für die Interaktion zwischen *Zusatzaufgabe* und *Distraktortyp* ergibt sich noch statistische Bedeutsamkeit ( $F(1,53) = 4.73$ ,  $p < .05$ ; vgl. *Abbildung 21*). Diese Interaktion ist darauf zurückzuführen, daß sich lediglich in der Bedingung ohne Zähltaufgabe *flanker*-Interferenz zeigt ( $F(1,53) = 9.87$ ,  $p < .01$ ). Hier wurde für die Entscheidung bei antwortinkompatiblen *flanker* durchschnittlich 33 *ms* länger benötigt als bei antwortkompatiblen *flanker*. In der Bedingung mit Zähltaufgabe läßt sich dagegen kein *flanker*-Effekt nachweisen ( $F(1,53) < 1$ , *n.s.*).



*Abbildung 21: Flanker-Effekt in Abhängigkeit von der Bedingung mit und ohne Zusatzaufgabe. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwertes an.*

### 6.5.2.3 Analyse der Fehler

In der Bedingung mit Zusatzaufgabe wurden mehr Fehler gemacht (in 17.01% der Durchgänge) als in der Bedingung ohne Zusatzaufgabe (10.97% der Fälle;  $t(59) = 2.28$ ,  $p < .05$ ).

Ein bedeutsamer Zusammenhang zwischen Fehleranzahl und *flanker*-Effekt läßt sich für keine dieser Bedingungen nachweisen.

### **6.5.3 Fazit**

Die Untersuchungsergebnisse sind auch hier eindeutig. Der störende Einfluß entscheidungsirrelevanter Distraktoren verschwindet, wenn neben der Klassifikationsaufgabe laut gezählt werden muß. *Flanker*-Interferenz zeigt sich dagegen, wenn nur die Klassifikationsaufgabe bearbeitet wurde. Wie bereits in *Experiment II* und *Experiment III* stellt sich die Zählaufgabe als wirksame Methode zur Unterdrückung bzw. Reduktion des *flanker*-Effekts heraus. Vor dem Hintergrund von *Experiment V* kann gefolgert werden, daß das simultane Bearbeiten der Zählaufgabe in *Experiment VI* funktional äquivalent zu einer Schwierigkeitsmanipulation der Reiz-Reaktion-Zuordnung ist, wie sie in *Experiment V* realisiert wurde.

## 7 Resümee

Interferenzeffekte wie der *flanker*-Effekt werden üblicherweise dadurch erklärt, daß die Fähigkeit des kognitiven Systems, relevante Informationen selektiv zu verarbeiten, begrenzt ist. Auch irrelevante Reize werden automatisch zumindest soweit verarbeitet, daß sie die Reaktion auf die eigentlich aufgabenrelevanten Signale stören können. Hierfür liefern die durchgeführten Untersuchungen reichlich Bestätigung. In allen Experimenten läßt sich *flanker*-Interferenz nachweisen, unabhängig davon, ob Wörter (*Experiment I*, *Experiment V* und *Experiment VI*), Buchstaben (*Experiment III* und *Experiment IV*) oder anderes Reizmaterial (*Experiment II*) eingesetzt wurden. Um Einsicht in die diesem Phänomen zugrundeliegenden Prozesse zu erhalten, bietet es sich an, Bedingungen zu untersuchen, unter denen das durch den *flanker*-Effekt exemplarisch aufgezeigte Selektionsproblem verringert oder gar eliminiert werden kann.

Kapazitäts- und Ressourcentheorien sehen die Ursache für das Auftreten von Selektionsproblemen darin, daß durch die Selektion des handlungsrelevanten Reizes nicht alle Ressourcen gebunden werden. Residualressourcen werden dann unwillkürlich auf andere Reize verlegt, so daß deren Verarbeitung zu Störungen führen kann. Zur Überprüfung dieser Annahme liegt es nahe, vorhandene Verarbeitungsressourcen soweit einzuschränken, daß die Verarbeitung der relevanten Signale alle Ressourcen binden. In diesem Fall bleiben keine Ressourcen zur Verarbeitung der randständigen Reize. Tatsächlich zeigt sich, daß die *flanker*-Interferenz ausbleibt bzw. reduziert wird, wenn entweder der Verarbeitungsaufwand der relevanten Reize größer wird (*Experiment I*) oder zusätzlich eine einfache arithmetische Sekundäraufgabe zu bearbeiten ist (*Experiment II*, *Experiment III* und *Experiment VI*). Dies kann im Sinne der Ressourcentheorien interpretiert werden. Diese Befunde stützen auch die Hypothese Lavies (z.B. Lavie, 1995), nach der die Auswahl relevanter Reize bei reduzierten Ressourcen früher stattfindet als bei vollen Ressourcen. Das Ergebnis von *Experiment III* liefert einen Anhaltspunkt dafür, warum die Distraktoren bei reduzierten Verarbeitungsressourcen weniger stören. Knappe Verarbeitungsressourcen führen zu einer generell geringeren Aufmerksamkeitsdichte innerhalb des beachteten Bereiches. Zwar erhalten unter eingeschränkten Ressourcen alle Reize weniger Aufmerksamkeit, dies wirkt sich jedoch stärker auf die Verarbeitung derjenigen Reize aus, die sich an der Peripherie des

Aufmerksamkeitsfokus befinden. Wie allerdings das Ergebnis von *Experiment IV* zeigt, reicht diese Erklärung allein nicht aus. Insbesondere kann ressourcentheoretisch nicht erklärt werden, warum eine Zählaufgabe die Interferenz reduziert, eine simultan zu bearbeitende Gedächtnisaufgabe jedoch keinen Einfluß auf die Größe des *flanker*-Effekts besitzt. Beide Zusatzaufgaben binden Ressourcen. Die Befunde deuten darauf hin, daß in der spezifischen Aufgabenstellung und der Art der Sekundäraufgabe, durch die Ressourcen reduziert werden, eine Erklärung für das Ausbleiben bzw. die Reduktion der Interferenz zu suchen ist.

Betrachtet man die *flanker*-Interferenz weniger als Fehlschlagen der selektiven Aufmerksamkeit, sondern als Sensitivitätsmaß für ziel- und aufgabenrelevante Inhalte, wird verständlich, warum beim Vorliegen mehrerer Aufgabenziele (lautes Zählen und Klassifikationsaufgabe) und den damit verbundenen Aktivitäten einzelne Reize weniger Resonanz erzeugen. Wie die Befunde zur psychologischen Refraktärperiode (siehe z.B. Koch, 1994) verdeutlichen, verläuft die Reaktionsauswahl seriell. Nachdem die Antwortreaktion für eine Aufgabe ausgewählt wurde, muß das Antwortsystem für die Ausführung der zweiten Antwort neu „programmiert“ werden (Pashler, 1995). Es werden solche Reize bevorzugt verarbeitet, die im Kontext des aktuellen Programms Bedeutung haben. Der Engpaß in der Verarbeitung von Informationen ist also nicht allein in einem Ressourcenmangel zu sehen. Vielmehr besteht die Schwierigkeit darin, die mit verschiedenen Aufgaben verbundenen Regeln gleichermaßen verfügbar zu halten (vgl. Pashler, 1995). Zudem kann das kognitive System zu einem Zeitpunkt nicht für verschiedene Reize, die in unterschiedlichen Aufgabenzusammenhängen relevant sind, gleichermaßen sensitiv sein.

Bilanzierend muß festgestellt werden, daß die ressourcentheoretische Herangehensweise an den *flanker*-Effekt und an das Selektionsproblem unzureichend ist. Mit dem Ressourcenkonzept ist wenig gewonnen, wenn die unterschiedlichsten Effekte, die durch verschiedene Manipulationen zustande kommen, lediglich durch einen Verweis auf die begrenzten Aufmerksamkeitsressourcen erklärt werden. Jede weitergehende Erklärung erübrigt sich, wenn am Ende ein „wolkenartiges Gebilde“ (Neumann, 1992) steht, daß den Namen „Aufmerksamkeitsressourcen“ trägt. Dies gilt insbesondere dann, wenn unklar ist, was unter Ressourcen zu verstehen ist. Ist damit die begrenzte Spanne des Arbeitsgedächtnisses gemeint oder die Fähigkeit, sich auf die Aufgaben zu konzentrieren? Oder stehen Ressourcen stellvertretend für die Bereitschaft, sich bei der Bearbeitung anzustrengen?

So eingängig das Ressourcenkonzept im alltagssprachlichen Gebrauch auch ist, so ungeeignet ist es, Einsicht über die Art und Funktion derjenigen Prozesse zu vermitteln, die z.B. in Reaktionszeitexperimenten zur selektiven Informationsverarbeitung von Bedeutung sind. Vor 15 Jahren formulierte Wickens die Hoffnung, daß es der zukünftigen Forschung gelingen möge, diejenigen Parameter zu identifizieren, die dann als Ressourcen gekennzeichnet werden können (Wickens, 1984, S. 91). Im gleichen Jahr zieht Navon den Schluß:

... attempts to measure workload, to identify resource pools, to predict task interference by performance resource functions, or to incorporate resource allocation in process models of behavior may prove to be as disappointing as would attempts to isolate within the human mind the analogues of the functional components of the digital computer (Navon, 1984, S. 232).

Heute ist Wickens (1984) Hoffnung weiterhin unerfüllt und Navons (1984) Bilanz immer noch zutreffend. Das Ressourcenkonzept eignet sich nur bedingt zur Vorhersage oder Erklärung konkreter Verhaltens- und Handlungsweisen, auch wenn dem Konzept zweifellos ein heuristischer Wert zugesprochen werden kann. Immerhin lassen sich daraus einige Vorhersagen ableiten, die sich empirisch belegen lassen. Auch gibt es zweifellos Situationen, in denen die Auswahl von Informationen mit mehr Kosten und Anstrengung verbunden ist als in anderen Situationen. Ressourcentheoretisch läßt sich zudem argumentieren, daß Schwierigkeiten bei der Verfolgung mehrerer Aufgabenziele nichts anderes bedeutet, als daß das informationsverarbeitende System begrenzte Ressourcen hat. Die vorliegenden Ergebnisse sprechen allerdings dagegen, nicht weiter spezifizierte Ressourcen über eine Doppelaufgabe zu operationalisieren. In diesen Fällen bleibt unklar, ob auftretende Effekte tatsächlich auf die Verteilung von Prozeßressourcen oder auf das Vorhandensein mehrerer Aufgabenziele und den sich daraus ergebenden Schwierigkeiten zurückzuführen sind. Das Ressourcenkonzept bleibt ohne Erklärungswert, solange kein Verfahren entwickelt wird, mit dem man das Ressourcenvolumen unabhängig von den Leistungen in Doppelaufgaben messen kann. Auch durch die Spezifizierung von Ressourcen, z.B. als die Fähigkeit bei der Vorgabe mehrerer Aufgaben von der Bearbeitung der einen Aufgabe zu der Bearbeitung der anderen Aufgabe zu wechseln, wird die Brauchbarkeit des Konzepts nicht erhöht. In diesen Fällen können „Ressourcen“ genauso gut durch ihre Spezifizierung, nämlich eben diese Fähigkeit, ersetzt werden.

Die vorgelegten Ergebnisse verdeutlichen, daß das Auftreten von *flanker*-Interferenz mehr ist als ein Indiz für eine automatische Verarbeitung irrelevanter Reize. Auch die Reaktion selbst, die diesen Umstand erst sichtbar macht und die nur durch die per Instruktion vermittelte kognitive Funktionslage der handelnden Person zu verstehen ist, muß angemessen berücksichtigt werden, um den *flanker*-Effekt zu verstehen. Ressourcentheoretische Erklärungsversuche sind reduktionistisch, solange funktionale Aspekte der Aufmerksamkeit unbeachtet bleiben. Wie sich eine Person bei einer vorgegebenen Reizkonfiguration verhält, wird nicht allein durch die aktuelle Reizsituation bestimmt (vgl. auch Prinz, 1998). Der aktuelle Handlungskontext muß ebenso wie die Motivlage der handelnden Person bei der Vorhersage einkalkuliert werden. Unter einer funktionalen Sichtweise wird auch verständlich, warum Signale, die nicht unmittelbar für die aktuelle Handlung der Person Relevanz besitzen, verarbeitet werden. Es kann für den Organismus überlebenswichtig sein, daß er andere Signale, die ihn z.B. zur Flucht veranlassen könnten, wahrnimmt und richtig identifiziert (z.B. Pratto & John, 1991). Auch hier sorgen Ziele, z.B. das Ziel zu überleben oder sich gegen bedrohliche Situationen zu schützen, für den geeigneten Resonanzboden. Gleiches gilt auch für Reize, die für das Individuum mit positiven Konsequenzen verbunden sind, z.B. Chance-Signale. Die Untersuchung von Rothermund, Wentura und Bak (Rothermund, Wentura & Bak, 1996a) belegt eine erhöhte Aufmerksamkeitsbindung für solche verhaltensrelevanten Reize. Hier wurde den Versuchspersonen in einer Benennaufgabe Buchstaben als Stimuli dargeboten. Bestimmte Buchstaben signalisierten die Möglichkeit Punkte zu gewinnen oder Punkte zu verlieren. Neutrale Buchstaben hatten keinen Einfluß auf den Punktestand. Wurden die Gewinn- bzw. Verlustsignale als Flankierreize dargeboten, dann zeigten sich stärkere Interferenzeffekte im Vergleich zu den neutralen Buchstaben. Aber selbst, wenn weder Gefahren- noch Chance-Signale vorliegen, kann es für die Person von Nutzen sein, randständige Informationen mitzuberücksichtigen. Es ist gerade ein Kennzeichen rigider Verarbeitungssysteme, wie z.B. einer Lichtschranke oder eines trivialen Automaten *sensu* Turing (1950), daß sie eine nahezu perfekte Selektionsleistung erbringen. Nur diejenigen Reizaspekte werden verarbeitet, die in ein starres Relevanzraster fallen. Lernfähige Systeme müssen sich dagegen flexibel auf die Erfordernisse der Situation einstellen können (siehe auch Grossberg, 1988). Dies gilt besonders für die hochkomplexen Alltagssituationen, die eher unscharfe Reiz- und Reaktionsklassen enthalten und in denen es trotz sich permanent ändernder Reizkonfigurationen gilt, sich zielorientiert und situationsangemessen zu verhalten.

Signale sind daher nicht „relevant“ oder „nicht relevant“, sondern eher mehr oder weniger relevant (vgl. auch Duncan, 1996).

Es ist deutlich geworden, daß die Funktion selektiver Aufmerksamkeitsprozesse und der *flanker*-Effekt kaum ohne Rekurs auf den aktuellen Handlungskontext angemessen beschrieben und verstanden werden können. Die Interpretation der *flanker*-Interferenz als Indiz für eine erhöhte kognitive Resonanz für ziel- und handlungsrelevante Informationen wird auch durch Experimente aus anderen Zusammenhängen gestützt. So zeigen Personen mit Eßstörungen in einer Variante der *Stroop*-Aufgabe größere Interferenz für essensthematische Wörter bzw. körperbezogene Attribute (z.B. Jones-Chesters, Monsell & Cooper, 1998; Rieger et al., 1998). Auch finden sich größere Interferenzeffekte für Stimuli, die mit aktuellen Projekten (*current concerns*; Klinger, 1987) in Zusammenhang stehen (z.B. Riemann, 1995). Rothermund, Wentura und Bak (1996b; vgl. auch Wentura, Rothermund & Bak, 1999) wiesen in einer *Stroop*-Aufgabe eine erhöhte Aufmerksamkeitsbindung für solche Persönlichkeitsmerkmale nach, die unmittelbar positive (z.B. *freundlich*) oder negative Konsequenzen (z.B. *aggressiv*) für die Person ankündigen, die mit dem Merkmalsträger Kontakt hat.

Unter dieser Perspektive ist die *flanker*-Interferenz also nicht ausschließlich als Indiz für ein „Selektionsproblem“ anzusehen, sondern wird im Hinblick auf ein intendiertes Handlungsergebnis funktional verständlich, bei dem auch solche Elemente Beachtung finden, die zwar nicht primär intendiert sind, die aber in gewisser Relation zu den Motiven und Zielen der Person stehen oder die zumindest billigend in Kauf genommen werden (vgl. auch Brandstädter & Greve, in Druck). Bei genauerer Betrachtung ist diese Annahme bei Experimenten zum *flanker*-Effekt bereits implizit enthalten. Der Buchstabe *L* bindet nur dann Aufmerksamkeit, wenn er im aktuellen Aufgabenkontext Bedeutung hat. Ein neutraler Reiz, wie der Buchstabe *X* in *Experiment IV*, produziert demgegenüber deshalb (wenig) Interferenz, weil er im gleichen Kontext unwichtig ist. Bei einer anderen Instruktion würde es sich genau umgekehrt verhalten. Es ist gerade diese Logik, nach der neutrale Reize zur Erfassung der Reaktionszeit-*baseline* ausgewählt werden. Neutrale Reize sind in einem bestimmten Aufgabenkontext deshalb neutral, weil sie unwichtig sind. *Flanker*-Interferenz entsteht also nicht nur, weil es nicht möglich ist, einzelne Reize zu ignorieren, sondern weil diejenigen Signale Resonanz erzeugen, auf deren Verarbeitung das kognitive System vorbereitet ist (vgl. auch Keren, O'Hara & Skelton, 1977). Ähnlich verhält es sich bei dem Frühstart eines

Sprinters. Der Sportler wartet voller Anspannung auf den Startschuß. Die Resonanzschwelle für „schußartige“ Geräusche ist so niedrig, daß er unter Umständen auch durch andere Knallgeräusche zum Loslaufen animiert wird. Diese Vorstellung macht auch verständlich, warum Distraktorreize, die zwar nicht mit einer Antwortreaktion assoziiert sind, die aber gemeinsame Merkmale mit dem Zielreiz besitzen, Interferenz produzieren können (z.B. Eriksen & Eriksen, 1974). Entscheidend ist, wie schnell und einfach ein Stimulus als handlungsrelevant identifiziert werden kann. Je weniger Merkmale der relevante Reiz besitzen muß, um als solcher erkannt zu werden, desto so einfacher ist die Identifizierung. Daneben ist kritisch, wie komplex die Zuordnung von Reiz und Reaktion ist. Je einfacher die Zuordnungsregeln, desto schneller sind die Antwortalternativen verfügbar und desto stärker ist die durch die einzelnen Stimuli hervorgerufene Handlungstendenz. Dem Arbeitsgedächtnis (vgl. Baddeley, 1997) kommt hier, zumindest bei arbiträrer Zuordnung von Reiz und Reaktion, besondere Bedeutung zu. Damit ein Stimulus in die entsprechende Antwort übersetzt werden kann, müssen Regeln und relevante Merkmale durch artikulatorische Prozesse verfügbar gehalten werden. Eine Zusatzaufgabe kann diesen Übersetzungsvorgang im Sinne einer artikulatorischen Unterdrückung stören.

Die Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses für Aufmerksamkeitsprozesse hat auch Implikationen für die kognitive Altersforschung. Wie z.B. die altersvergleichende Untersuchung von Morris, Gick und Craik (1988; siehe auch Gick, Craik & Morris, 1988) zeigt, wird die einfache Annahme eines alterskorrelierten Verlusts an Verarbeitungsressourcen den beobachteten Alterseffekten nicht gerecht. So benötigten die älteren Probanden in einer Satzverifikationsaufgabe zwar länger, wenn die vorgegebenen Sätze grammatikalisch komplex waren; der Einfluß einer simultan zu bearbeitenden *memory load* - Aufgabe war jedoch für junge und ältere Personen gleich. Altersdefizite liegen demnach weniger im passiven Behalten von Informationen als vielmehr in der aktiven Informationsverarbeitung. Dafür sprechen auch Studien, bei denen sich für ältere Probanden v.a. hinsichtlich der zentralen Exekutiven Leistungseinbußen beobachten lassen (z.B. Fisk & Warr, 1996; Van der Linden, Bredart & Beerten, 1994; vgl. auch Baddeley, 1996). Es wird daher aufschlußreich sein, genauer zu untersuchen, inwieweit die beeinträchtigte Funktion des Arbeitsgedächtnisses für die beobachteten Altersunterschiede in Aufgaben zur selektiven Aufmerksamkeit (vgl. dazu z.B. Madden, 1990; McDowd & Birren, 1990) und hier insbesondere in der *flanker*-Aufgabe (z.B. Shaw, 1991) verantwortlich gemacht werden kann.

## Literatur

- Allen, P.A., Madden, D.J., Weber, T. & Crozier, L.C. (1992). Age differences in short-term memory: Organization or internal noise? *Journals of Gerontology*, 47, 281-288.
- Allport, D.A. (1987). Selection for action: Some behavioral and neurophysiological considerations of attention and action. In H. Heuer & A.F. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action* (pp. 395-420). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Allport, D.A. (1977). On knowing the meaning of words we are unable to report: The effects of visual masking. In S. Dornic (Ed.), *Attention and Performance VI* (pp. 505-533). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Allport, D.A. (1980). Patterns and actions: Cognitive mechanisms are content-specific. In G. Claxton (Ed.), *Cognitive psychology - new directions*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Allport, D.A., Antonis, B. & Reynolds, P. (1972). On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24, 225-235.
- Anderson, J. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Andrade, J. & Meudell, P. (1993). Is spatial information encoded automatically in memory? *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 46a, 365-375.
- Ashby, F.G., Prinzmetal, W., Ivry, R. & Maddox, W.T. (1996). A formal theory of feature binding in object perception. *Psychological Review*, 103, 165-192.
- Averbach, E. & Coriell, A.S. (1961). Short-term memory in vision. *Bell System Technical Journal*, 40, 309-328.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 49a, 5-28.
- Baddeley, A. (1997). *Human memory: Theory and practice (revised edition)*. Hove, East Sussex: Psychology Press.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G.A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation*, Vol. 8. New York: Academic Press.
- Baddeley, A. (1966). The capacity for generating information by randomization. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 119-129.
- Bak, P.M. (1998). Stimulus complexity and processing time influence the Simon effect: A direct test of Hommel's (1994) decay hypothesis. *Trierer Psychologische Berichte*, Band 25, Heft 3.
- Balota, D.A. & Duchek, J.M. (1988). Age-related differences in lexical access, spreading activation, and simple pronunciation. *Psychology and Aging*, 3, 84-93.

- Bargh, J.A. (1989). Conditional automaticity: Varieties of automatic influence in social perception and cognition. In J.S. Uleman & J.A. Bargh (Eds.), *Unintended thought* (pp. 3-51). New York: Guilford Press.
- Bargh, J.A. (1992). The ecology of automaticity: Toward establishing the conditions needed to produce automatic processing effects. *American Journal of Psychology*, *105*, 181-199.
- Baylis, G.C., Rolls, E.T. & Leonard, C.M. (1985). Selectivity between faces in the responses of a population of neurons in the cortex in the superior temporal sulcus of the monkey. *Brain Research*, *342*, 91-102.
- Besner, D., Stolz, J.A. & Boutilier, C. (1997). The Stroop effect and the myth of automaticity. *Psychonomic Bulletin and Review*, *4*, 221-225.
- Bless, H., Bohner, G., Schwarz, N. & Strack, F. (1990). Mood and persuasion: A cognitive response analysis. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *16*, 331-345.
- Bohner, G., Moskowitz, G.B. & Chaiken, S. (1995). The interplay of heuristic and systematic processing of social information. In W. Stroebe & M. Hewstone (Eds.), *European Review of Social Psychology*, Vol. 6 (pp. 33-68). Chichester: Wiley & Sons.
- Bonnel, A.M. & Hafter, E.R. (1998). Divided attention between simultaneous auditory and visual signals. *Perception and Psychophysics*, *60*, 179-190.
- Botella, J. (1996). Decision competition and response competition: two main factors in the flanker compatibility effect. In A.F. Kramer, M.G.H. Coles & G.D. Logan (Eds.), *Converging operations in the study of visual selective attention* (pp. 503-518). Washington, DC: American Psychological Association.
- Brandstädter, J. & Greve, W. (in Druck). Intentionale und nichtintentionale Aspekte des Handelns. In J. Straub & H. Werbik (Hrsg.), *Handlungsbegriff und Handlungserklärung: Interdisziplinäre Perspektiven*.
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and communication*. London: Pergamon.
- Broadbent, D.E. (1971). *Decision and stress*. New York: Academic Press.
- Broadbent, D.E. (1982). Task combination and selective intake of information. *Acta Psychologica*, *50*, 253-290.
- Brown, J. (1958). Some tests of the decay theory of immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *10*, 12-21.
- Bruner, J.S. (1957). On perceptual readiness. *Psychological Review*, *64*, 123-152.
- Buchner, A. (1988). Räumliche Aufmerksamkeit: Einwände gegen das Lichtkegelmodell visueller Selektivität. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, *35*, 523-545.
- Bundesen, C. (1996). Fomal models of visual attention: A tutorial review. In A.F. Kramer, M.G.H. Coles & G.D. Logan (Eds.), *Converging operations in the study of visual selective attention* (pp. 1-43). Washington, DC: American Psychological Association.
- Burke, D.M., Diaz, D.L. & White, H. (1987). Semantic priming in young and older adults: Evidence for age constancy in automatic and attentional processes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *13*, 79-88.

- Cerella, J. (1985). Information processing rates in the elderly. *Psychological Bulletin*, 98, 67-83.
- Cerella, J. & Fozard, J.L. (1984). Lexical access and age. *Developmental Psychology*, 20, 235-243.
- Chaiken, S., Liberman, A. & Eagly, A.H. (1989). Heuristic and systematic information processing within and beyond the persuasion context. In J.S. Uleman & J.A. Bargh (Eds.), *Unintended thought* (pp. 212-252). New York: Guilford Press.
- Chan, H.S. & Courtney, A.J. (1993). Effects of cognitive foveal load on a peripheral single-target detection task. *Perceptual and Motor Skills*, 77, 515-533.
- Cheal, M. & Gregory, M. (1997). Evidence of limited capacity and noise reduction with single-element displays in the location-cuing paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 51-71.
- Cherry, C. (1953). Some experiments on the recognition of speech with one and two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 23, 915-919.
- Cohen, A. & Ivry, R. (1989). Illusory conjunctions inside and outside the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 650-663.
- Cohen, A. & Shoup, R. (1997). Perceptual dimensional constraints in response selection processes. *Cognitive Psychology*, 32, 128-181.
- Cohen, A. & Shoup, R. (1993). Orientation asymmetry in the flanker task. *Perception & Psychophysics*, 53, 693-703.
- Cohen, J.D., Dunbar, K. & McClelland, J. (1990). On the control of automatic processes. A parallel distributed processing account of the Stroop effect. *Psychological Review*, 97, 332-361.
- Coles, M.G.H., Gratton, G., Bashore, T.R., Eriksen, C.W. & Donchin, E. (1985). A psychophysiological investigation of the continuous flow model of human information processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 529-553.
- Collins, A.M. & Loftus, E.F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Connelly, S.L., Hahser, L. & Zacks, R.T. (1991). Age and reading: The impact of distraction. *Psychology and Aging*, 6, 533-541.
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychological Bulletin*, 104, 163-191.
- Craik, F.I. & Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits. The role of attentional resources. In F.I. Craik & S. Trehub (Eds.), *Advances in the study of communication and affect*, Vol. 8 (pp. 191-211). New York: Plenum Press.
- Craik, F.I. (1977). Age differences in human memory. In J.E. Birren & K.W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (pp. 384-420). New York: Van Nostrand Reinhold.

- Crossley, M. & Hiscock, M. (1992). Age-related differences in concurrent-task performance of normal adults: Evidence for a decline in processing resources. *Psychology and Aging*, 7, 499-506.
- Davies, D., Jones, D. & Taylor, A. (1984). Selective- and sustained -attention tasks: individual and group differences. In R. Parasuraman & D. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 395-448). New York: Academic Press.
- Deutsch, J.A. & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 87, 272-300.
- Driver, J. & Baylis, G.C. (1989). Movement and visual attention: The spotlight metaphor breaks down. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 448-456.
- Driver, J. & Baylis, G.C. (1998). Attention and visual object segmentation. In R. Parasuraman (Ed.), *The attentive brain* (pp. 299-325). Cambridge, MA: Mit Press.
- Düker, H. (1983). *Über unterschwelliges Wollen*. Göttingen: Hogrefe.
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 501-517.
- Duncan, J. (1996). Selection of input and goal in the control of behaviour. In A.F. Kramer, M.G.H. Coles & G.D. Logan (Eds.), *Converging operations in the study of visual selective attention* (pp. 53-71). Washington, DC: American Psychological Association.
- Dyer, F.N. (1973). The stroop phenomenon and its use in the study of perceptual, cognitive, and response processes. *Memory & Cognition*, 1, 106-210.
- Easterbrook, J.A. (1959). The effect of emotion on cue utilization and organization of behavior. *Psychological Review*, 66, 183-201.
- Egeth, H.E. & Yantis, S. (1997). Visual attention: Control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology*, 48, 269-297.
- Ellis, H.C. (1991). Focused attention and depressive deficits in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 310-312.
- Eriksen, B.A. & Eriksen, C.W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception and Psychophysics*, 16, 143-149.
- Eriksen, B.A., Eriksen, C.W. & Hoffman, J.E. (1986). Recognition memory and attentional selection: Serial scanning is not enough. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12, 476-483.
- Eriksen, C.W. (1990). Attentional search of the visual field. In D. Brogan (Ed.), *Visual search: Proceedings of the first international conference on visual search: University of Durham, England, September 5 - 9, 1988*. London: Taylor & Francis.
- Eriksen, C.W. (1995). The flankers task and response competition: A useful tool for investigating a variety of cognitive problems. In C. Bundesen & H. Shibuya (Eds.), *Visual selective attention. Visual cognition, Vol. 2* (pp. 101-118). Mahwah, NJ, USA:: Lawrence Erlbaum Associates.
- Eriksen, C.W., Coles, M.G.H., Morris, L.R. & O'Hara, W.P. (1985). An electromyographic examination of response competition. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 23, 165-168.

- Eriksen, C.W. & Eriksen, B.A. (1979). Target redundancy in visual search: Do repetitions of the target within the display impair processing? *Perception and Psychophysics*, *26*, 195-205.
- Eriksen, C.W., Goettl, B., St. James, J.D. & Fournier, L.R. (1989). Processing redundant signals: Coactivation, divided attention, or what? *Perception and Psychophysics*, *45*, 356-370.
- Eriksen, C.W. & Hoffman, J.E. (1973). The extent of processing of noise elements during selective encoding from visual displays. *Perception and Psychophysics*, *14*, 155-160.
- Eriksen, C.W. & Murphy, T.D. (1987). Movement of attentional focus across the visual field: A critical look at the evidence. *Perception and Psychophysics*, *42*, 299-305.
- Eriksen, C.W., Pan, K. & Botella, J. (1993). Attentional distribution in visual space. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, *56*, 5-13.
- 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.
- Eriksen, C.W. & St. James, J.D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception and Psychophysics*, *40*, 225-240.
- Eriksen, C.W. & Yeh, Y.-Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *11*, 583-597.
- Eriksen, C.W. & Hoffman, J.E. (1972). Temporal and spatial characteristics of selective encoding from visual displays. *Perception and Psychophysics*, *12*, 201-204.
- Estes, W.K. & Taylor, H.A. (1966). Visual detection in relation to display size and redundancy of critical elements. *Perception and Psychophysics*, *1*, 9-16.
- Eysenck, M.W. & Eysenck, M.C. (1979). Processing depth, elaboration of encoding, memory stores, and expended processing capacity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *5*, 472-484.
- Fagot, C. & Pashler, H. (1992). Making two responses to a single object: Implications for the central attentional bottleneck. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*, 1058-1079.
- Fisk, J.E. & Warr, P. (1996). Age and working memory: The role of perceptual speed, the central executive, and the phonological loop. *Psychology and Aging*, *11*, 316-323.
- Fitts, P.M. & Seeger, C.M. (1953). S-R compatibility: Spatial characteristics of stimulus and response codes. *Journal of Experimental Psychology*, *46*, 199-210.
- Flowers, J. (1993). Voluntary and involuntary shifts of spatial attention during visual search. In D. Brogan, G. Alastair & K. Carr (Eds.), *Visual search 2* (pp. 321-331). London: Taylor & Francis.
- Flowers, J. & Wilcox, N. (1982). The effect of flanking context on visual classification: The joint contribution of interactions at different processing levels. *Perception and Psychophysics*, *32*, 581-591.
- Folk, C.L. & Remington, R.W. (1996). When knowledge does not help: Limitations on the flexibility of attentional control. In A.F. Kramer, M.G.H. Coles, & G.D. Logan (Eds.), *Converging operations in the study of visual selective attention* (pp. 271-295). Washington, DC: American Psychological Association.

- Gatti, S.V. & Egeth, H.E. (1978). Failure of spatial selectivity in vision. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 11, 181-184.
- Gick, M.L., Craik, F.I. & Morris, R.G. (1988). Task complexity and age differences in working memory. *Memory and Cognition*, 16, 353-361.
- Goebel, R. (1996). *Visuelle Aufmerksamkeit, perzeptive Organisation und invariante Objekterkennung: Eine Integration neurobiologischer und psychologischer Befunde in einem neuronalen Netzwerk-Modell*. Dissertation: Braunschweig: Universität Braunschweig.
- Gollwitzer, P. (1991). *Abwägen und Planen*. Göttingen: Hogrefe.
- Gollwitzer, P.M. (1996). The volitional benefits of planning. In P.M. Gollwitzer & J.A. Bargh (Eds.), *The psychology of action: Linking cognition and motivation to behavior*. (pp. 287-312). New York: Guilford Press.
- Graf, P. & Schacter, D.L. (1985). Implicit and explicit memory for new associations in normal and amnesic patients. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 11, 501-518.
- Grossberg, S. (1988). *Neural networks and natural intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hager, W. (Hrsg.). (1994). *Handbuch deutschsprachiger Wortnormen*. Göttingen: Hogrefe.
- Hamm, V.P. & Hasher, L. (1992). Age and the availability of inferences. *Psychology and Aging*, 7, 56.
- Hartlage, S., Alloy, L.B., Vazquez, C. & Dykman, B. (1993). Automatic and effortful processing in depression. *Psychological Bulletin*, 113, 247-278.
- Hasbroucq, T., Guiard, Y. & Ottomani, L. (1990). Principles of response determination: The list-rule model of SR compatibility. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 28, 327-330.
- Hasher, L., Stoltzfus, E.R., Zacks, R.T. & Rypma, B. (1991). Age and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 163-169.
- Hasher, L. & Zacks, R.T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 108, 356-388.
- Hasher, L. & Zacks, R.T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol. 22 (pp. 193-225). New York: Academic Press.
- Hashtroudi, S., Chrosniak, L.D. & Schwartz, B.L. (1991). Effects of aging on priming and skill learning. *Psychology and Aging*, 6, 605-615.
- Hausmann, R.E. (1992). Tachistoscopic presentation and millisecond timing on the IBM PC/XT/AT and PS/2: A Turbo Pascal unit to provide general-purpose routines for CGA, Hercules, EGA, and VGA monitors. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 24, 303-310.
- Hell, W. (1987). *Aufmerksamkeit und Interferenz*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Henik, A., Friedrich, F.J. & Kellogg, W.A. (1983). The dependence of semantic relatedness effects upon prime processing. *Memory and Cognition*, 11, 366-373.

- Henning, H. (1925). Die Untersuchung der Aufmerksamkeit. In E. Abderhalden (Hrsg.), *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. VI, Teil 3*. Berlin: Urban & Schwarzenberg.
- Hertel, P.T. & Rude, S.S. (1991). Depressive deficits in memory: Focusing attention improves subsequent recall. *Journal of Experimental Psychology: General*, *120*, 301-309.
- Heuer, H. (1985). Some points of contact between models of central capacity and factor-analytic models. *Acta Psychologica*, *60*, 135-155.
- Hick, W.E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *4*, 11-26.
- Hirst, W. & Kalmar, D. (1987). Characterizing attentional resources. *Journal of Experimental Psychology: General*, *116*, 68-81.
- Hoffmann, J. (1993). *Vorhersage und Erkenntnis*. Göttingen: Hogrefe.
- Holender, D. (1986). Semantic activation without conscious identification in dichotic listening, parafoveal vision, and visual masking: A survey and appraisal. *Behavioral and Brain Sciences*, *9*, 1-66.
- Hommel, B. (1994). Spontaneous decay of response-code activation. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, *56*, 261-268.
- Hommel, B. (1998). Automatic stimulus-response translation in dual-task performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*, 1368-1384.
- Houghton, G. & Tipper, S.P. (1994). A model of inhibitory mechanisms in selective attention. In D. Dagenbach & T.H. Carr (Eds.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (pp. 53-112). San Diego, CA: Academic Press.
- Hughes, H.C. & Zimba, L.D. (1985). Spatial maps of directed visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *11*, 409-430.
- Hummel, J.E. (1997). Structure and binding in object perception. In J.W. Donahoe & V.P. Dorsel (Eds.), *Neural-network models of cognition: Biobehavioral foundations. Advances in psychology, Vol. 121* (pp. 203-219). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Humphreys, M.S. & Revelle, W. (1984). Personality, motivation, and performance: A theory of the relationship between individual differences and information processing. *Psychological Review*, *91*, 153-184.
- Hussy, W. (1984). *Denkpsychologie* (Vol. 1). Stuttgart: Kohlhammer.
- Hussy, W. (1986). *Denkpsychologie* (Vol. 2). Stuttgart: Kohlhammer.
- Ishai, A. & Sagi, D. (1997). Visual imagery facilitates visual perception: Psychophysical evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *9*, 476-489.
- Isingrini, M., Vazou, F. & Leroy, P. (1995). Dissociation of implicit and explicit memory tests: Effect of age and divided attention on category exemplar generation and cued recall. *Memory and Cognition*, *23*, 462-467.
- Johnston, W.A. & Dark, V.J. (1986). Selective attention. *Annual Review of Psychology*, *37*, 43-75.

- Johnston, W.A. & Heinz, S.P. (1978). Flexibility and capacity demands of attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 107, 420-435.
- Johnston, W.A. & Heinz, S.P. (1979). Depth of nontarget processing in an attention task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 168-175.
- Jones-Chesters, M.H., Monsell, S. & Cooper, P.J. (1998). The disorder-salient Stroop effect as a measure of psychopathology in eating disorders. *International Journal of Eating Disorders*, 24, 65-82.
- Jonides, J. (1980). Towards a model of the mind's eye's movement. *Canadian Journal of Psychology*, 34, 103-112.
- Jonides, J. (1983). Further toward a model of the mind's eye's movement. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 21, 247-250.
- Jonides, J. & Gleitman, H. (1972). A conceptual category effect in visual search: O as letter or as digit. *Perception and Psychophysics*, 12, 457-460.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Kahneman, D. & Chajczyk, D. (1983). Tests of the automaticity of reading: Dilution of Stroop effects by color-irrelevant stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 497-509.
- Kahneman, D. & Treisman, A. (1984). Changing views of attention and automaticity. In R. Parasuraman & D. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 29-62). New York: Academic Press.
- Kane, M.J., Hasher, L., Stoltzfus, E.R., Zacks, R.T. & Connelly, S.L. (1994). Inhibitory attentional mechanisms and aging. *Psychology and Aging*, 9, 103-112.
- Kausler, D.H. (1991). *Experimental psychology, cognition, and human aging* (Second ed.). New York: Springer.
- Keele, S.W. & Neill, W.T. (1978). Mechanisms of attention. In E.C. Carterette & M.P. Friedman (Eds.), *Handbook of perception IX*. New York: Academic Press.
- Keren, G., O'Hara, W.P. & Skelton, J.M. (1977). Levels of noise processing and attentional control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 653-664.
- Kerr, B. (1973). Processing demands during mental operations. *Memory and Cognition*, 1, 401-412.
- Kinchla, R.A. (1992). Attention. *Annual Review of Psychology*, 43, 711-742.
- Kischka, U., Kammer, T., Maier, S., Weisbrod, M. & et al. (1996). Dopaminergic modulation of semantic network activation. *Neuropsychologia*, 34, 1107-1113.
- Klein, R. & Hansen, E. (1987). Spotlight failure in covert visual orienting. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 25, 447-450.
- Klinger, E. (1987). Current concerns and disengagement from incentives. In F. Halisch & J. Kuhl (Eds.), *Motivation, intention, and volition* (pp. 337-347). Berlin: Springer.

- Kluwe, R.H. (1987). Denken wollen: Zum Gegenstand der Steuerung bei komplexen Denkprozessen. In H. Heckhausen, P.-M. Gollwitzer & F.-E. Weinert (Hrsg.), *Jenseits des Rubikon. Der Wille in den Humanwissenschaften*. Berlin: Springer.
- Koch, R. (1994). *Die psychologische Refraktärperiode*. Frankfurt/M: Lang.
- Köhler, W. (1929). *Gestalt psychology*. New York: Liveright.
- Kornblum, S., Hasbroucq, T. & Osman, A. (1990). Dimensional overlap: Cognitive basis for stimulus-response compatibility: A model and taxonomy. *Psychological Review*, 97, 253-270.
- Kramer, A.F., Humphrey, D.G., Larish, J.F., Logan, G.D. & Strayer, D.L. (1994). Aging and inhibition: Beyond a unitary view of inhibitory processing in attention. *Psychology and Aging*, 9, 491-512.
- Kramer, A.F. & Jacobson, A. (1991). Perceptual organization and focused attention: The role of objects and proximity in visual processing. *Perception and Psychophysics*, 50, 267-284.
- Kruglanski, A.W. (1990). Lay epistemic theory in social-cognitive psychology. *Psychological Inquiry*, 1, 181-197.
- LaBerge, D. (1983). Spatial extent of attention to letters and words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 371-379.
- LaBerge, D. (1995). *Attentional processing*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- LaBerge, D. & Brown, V. (1989). Theory of attentional operations in shape identification. *Psychological Review*, 96, 101-124.
- LaBerge, D., Brown, V., Carter, M., Bash, D. & et al. (1991). Reducing the effects of adjacent distractors by narrowing attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 65-76.
- LaBerge, D., Carlson, R.L., Williams, J.K. & Bunney, B.G. (1997). Shifting attention in visual space: Tests of moving-spotlight models versus an activity-distribution model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1380-1392.
- LaBerge, D. & Samuels, S.J. (1974). Toward a theory of automatic information processing in reading. *Cognitive Psychology*, 6, 293-323.
- Lackner, J.R. & Garrett, M.F. (1972). Resolving ambiguity: Effects of biasing context in the unattended ear. *Cognition*, 1, 359-372.
- Lambert, A.J. (1985). Selectivity and stages of processing: An enduring controversy in attentional theory: A review. *Current Psychological Research and Reviews*, 4, 239-256.
- Lambert, A.J., Beard, C.T. & Thompson, R.J. (1988). Selective attention, visual laterality, awareness, and perceiving the meaning of parafoveally presented words. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 40, 615-652.
- Langer, D. (1962). *Informationstheorie und Psychologie*. Göttingen.
- Lauwereyns, J. (1998). Exogenous/endogenous control of space-based/object-based attention: Four types of visual selection? *European Journal of Cognitive Psychology*, 10, 41-74.

- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 451-468.
- Lavie, N. (1997). Visual feature integration and focused attention: Response competition from multiple distractor features. *Perception and Psychophysics*, 59, 543-556.
- Lavie, N. & Tsal, Y. (1994). Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Perception and Psychophysics*, 56, 183-197.
- Lewis, J.L. (1970). Semantic processing of unattended messages using dichotic listening. *Journal of Experimental Psychology*, 85, 225-228.
- Light, L.L. (1991). Memory and aging: Four hypotheses in search of data. *Annual Review of Psychology*, 42, 333-376.
- Light, L.L. & Singh, A. (1987). Implicit and explicit memory on young and older adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 531-541.
- Lindenberger, U. & Baltes, P.B. (1997). Intellectual functioning in old and very old age: Cross-sectional results from the Berlin Aging Study. *Psychology and Aging*, 12, 410-432.
- Lippa, Y. (1996). *Über die Vermittlung von Wahrnehmung und Handlung: Kompatibilitätseffekte physikalisch orthogonaler Reiz- und Handlungsdimensionen*. Aachen: Shaker.
- Logan, G.D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological review*, 95, 492-527.
- Lotze, R.H. (1846/1989). Seele und Seelenleben. In G. Eckardt, E. Scheerer, & L. Sprung (Hrsg.), *Kleine Schriften zur Psychologie. Psychologie - Reprint*.
- Lu, C.H. & Proctor, R.W. (1994). Processing of an irrelevant location dimension as a function of the relevant stimulus dimension. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 286-298.
- Mackay, D.G. (1973). Aspects of the theory of comprehension, memory and attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 22-40.
- MacLeod, C.M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109, 163-203.
- Madden, D.J. (1990). Adult age differences in attentional selectivity and capacity. Special Issue: Cognitive gerontology. *European Journal of Cognitive Psychology*, 2, 229-252.
- Marcel, A.J. (1983). Conscious and unconscious perception: Experiments on visual masking and word recognition. *Cognitive Psychology*, 15, 197-237.
- Massaro, D.W. & Cowan, N. (1993). Information processing models: Microscopes of the mind. *Annual Review of Psychology*, 44, 383-425.
- Maylor, E.A. & Lavie, N. (1998). The influence of perceptual load on age differences in selective attention. *Psychology and Aging*, 13, 563-573.
- McDowd, J. M., & Birren, J. E. (1990). Aging and attentional processes. In J. E. Birren (Ed.), *Handbook of the psychology of aging* (3. ed.). San Diego: Academic Press.
- McDowd, J.M. & Oseas-Kreger, D.M. (1991). Aging, inhibitory processes, and negative priming. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 46, 340-345.

- Mecklenbräuker, S. & Wippich, W. (1995). Implizites Gedächtnis bei Kindern: Bleiben auch bei konzeptgesteuerten Aufgaben alterskorrelierte Differenzen aus? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 27, 29-46.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Miller, J. (1987). Priming is not necessary for selective-attention failures: Semantic effects of unattended, unprimed letters. *Perception and Psychophysics*, 41, 419-434.
- Miller, J. (1988). Discrete and continuous models of human information processing: theoretical distinctions and empirical results. *Acta Psychologica*, 67, 191-257.
- Miller, J. (1991). The flanker compatibility effect as a function of visual angle, attentional focus, visual transients, and perceptual load: A search for boundary conditions. *Perception and Psychophysics*, 49, 270-288.
- Mitchell, D.B. & Perlmutter, M. (1986). Semantic activation and episodic memory: Age similarities and differences. *Developmental Psychology*, 22, 86-94.
- Mordkoff, T.J. (1996). Selective attention and internal constraints: there is more to the flanker effect than biased contingencies. In A.F. Kramer, M.G.H. Coles & G.D. Logan (Eds.), *Converging operations in the study of visual selective attention* (pp. 483-502). Washington, DC: American Psychological Association.
- Morris, R.G., Gick, M.L. & Craik, F.I. (1988). Processing resources and age differences in working memory. *Memory and Cognition*, 16, 362-366.
- Mowbray, G.H. (1964). Perception and retention of verbal information presented during auditory shadowing. *Journal of the Acoustical Society of America*, 36, 1459-1464.
- Mulder, G. & van Galen, G.P. (1995). How continuous are discrete notions of human information processing? *Acta Psychologica*, 90, 1-8.
- Mulligan, N.W. (1997). Attention and implicit memory tests: The effects of varying attentional load on conceptual priming. *Memory and Cognition*, 25, 11-17.
- Müsseler, J. (1995). *Wahrnehmung und Handlungsplanung: Effekte kompatibler und inkompatibler Reize bei der Initiierung und Ausführung von Reaktionssequenzen*. Aachen: Shaker.
- Myerson, J., Ferraro, F.R., Hale, S. & Lima, S.D. (1992). General slowing in semantic priming and word recognition. *Psychology and Aging*, 7, 257-270.
- Naveh Benjamin, M. & Jonides, J. (1986). On the automaticity of frequency coding: Effects of competing task load, encoding strategy, and intention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12, 378-386.
- Navon, D. (1984). Resources - A theoretical soup stone? *Psychological Review*, 91, 216-234.
- Navon, D. (1985). Attention division or attention sharing? In M.I. Posner & O.S.M. Marin (Eds.), *Attention and performance XI* (pp. 133-146). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Navon, D. & Gopher, D. (1979). On the economy of the human-processing system. *Psychological Review*, 86, 214-255.
- Navon, D. & Gopher, D. (1980). Task difficulty, resources, and dual-task performance. In R.S. Nickerson (Ed.), *Attention and performance VIII* (pp. 297-315). Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum.

- Navon, D. & Miller, J. (1987). Role of outcome conflict in dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 435-448.
- Neely, J.H. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory: Roles of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention. *Journal of Experimental Psychology*, 106, 226-254.
- Neumann, O. (1980). *Informationsselektion und Handlungssteuerung*. Dissertation: Bochum. Universität Bochum.
- Neumann, O. (1984a). Automatic processing: A review of recent findings and a plea for an old theory. In W. Prinz & A.F. Sanders (Eds.), *Cognition and motor processes* (pp. 255-293). Berlin: Springer.
- Neumann, O. (1984b). Die Hypothese begrenzter Aufmerksamkeit und die Funktionen der Aufmerksamkeit. In O. Neumann (Ed.), *Perspektiven der Kognitionspsychologie* (S. 185-229). Berlin: Springer.
- Neumann, O. (1987a). Beyond capacity: A functional view of attention. In H. Heuer & A.F. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action* (pp. 361-394). Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Neumann, O. (1987b). Zur Funktion der selektiven Aufmerksamkeit für die Handlungssteuerung. *Sprache & Kognition*, 6, 107-125.
- Neumann, O. (1990a). Direct parameter specification and the concept of perception. *Psychological Research*, 52, 207-215.
- Neumann, O. (1990b). Visual attention and action. In O. Neumann & W. Prinz (Eds.), *Relationship between perception and action* (pp. 227-267). Springer: Berlin.
- Neumann, O. (1992). Theorien der Aufmerksamkeit: von Metaphern zu Mechanismen. *Psychologische Rundschau*, 43, 83-101.
- Neumann, O. (1996). Theories of Attention. In O. Neumann & A.F. Sanders (Eds.), *Handbook of perception and action, Vol. 3* (pp. 389-446). London: Academic Press.
- Nissen, M.J. & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- Norman, D.A. (1981). Categorization of action slips. *Psychological Review*, 88, 1-15.
- Norman, D.A. (1989). *Dinge des Alltags*. Frankfurt: Campus.
- Norman, D.A. & Bobrow, D.G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive psychology*, 7, 44-64.
- Norman, D.A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R.J. Davidson, G.E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation. Advances in research and theory, Vol. 4* (pp. 1-18). New York: Plenum Press.
- O'Leary, M.J. & Barber, P.J. (1993). Interference effects in the Stroop and Simon paradigms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 830-844.
- Paquet, L. & Craig, G.L. (1997). Evidence for selective target processing with a low perceptual load flankers task. *Memory and Cognition*, 25, 182-189.

- Paquet, L. & Lortie, C. (1990). Evidence for early selection: Precuing target location reduces interference from same-category distractors. *Perception and Psychophysics*, 48, 382-388.
- Parasuraman, R. (1984). Sustained attention in detection and discrimination. In R. Parasuraman & D. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 1-28). New York: Academic Press.
- Pashler, H. (1995). Attention and visual perception: analyzing divided attention. In S.M. Kosslyn & D.N. Osherson (Eds.), *Visual cognition* (pp. 71-100). London: MIT Press.
- Pashler, H.E. (1998). *The psychology of attention*. Cambridge: MIT Press.
- Pollack, I. (1953). Assimilation of sequentially encoded information. *American Journal of Psychology*, 66, 421-435.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M.I. & Boies, S.J. (1971). Components of attention. *Psychological Review*, 78, 391-408.
- Posner, M.I. & Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M.I. & Snyder, C.R. (1975a). Facilitation and inhibition in the processing of signals. In P.M.A. Rabbitt & S. Dornic (Eds.), *Attention and performance*, Vol. 5 (pp. 669-682). New York: Academic.
- Posner, M.I., Snyder, C.R. & Davidson, B.J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160-174.
- Posner, M.I. & Snyder, C.R.R. (1975b). Attention and cognitive control. In R.L. Solso (Ed.), *Information processing and cognition: The Loyola Symposium* (pp. 55-85). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Pratto, F. & John, O.P. (1991). Automatic vigilance: The attention-grabbing-power of negative social information. *Journal of Personality and Social Psychology*, 61, 380-391.
- Prinz, W. (1980). Selectivity in character classification. In R. Nickerson (Ed.), *Attention and performance VIII* (pp. 197-209). New Jersey: Hillsdale.
- Prinz, W. (1990a). A common coding approach to perception and action. In O. Neumann & W. Prinz (Eds.), *Relationship between perception and action* (pp. 167-202). Berlin: Springer.
- Prinz, W. (1990b). Unwillkürliche Aufmerksamkeit. In C. Meinecke & L. Kehrner (Eds.), *Bielefelder Beiträge zur Kognitionspsychologie* (pp. 49-76). Göttingen: Hogrefe.
- Prinz, W. (1998). Die Reaktion als Willenshandlung. *Psychologische Rundschau*, 40, 10-20.
- Proctor, R.W. & Dutta, A. (1995). *Skill acquisition and human performance*. Thousand Oaks: Sage.
- Proctor, R.W. & Reeve, G.T. (1990). *Stimulus-response compatibility: An integrated perspective*. Amsterdam: North Holland.

- Rees, G., Frith, C.D. & Lavie, N. (1997). Modulating irrelevant motion perception by varying attentional load in an unrelated task. *Science*, 278, 1616-1619.
- Remington, R. & Pierce, L. (1984). Moving attention: Evidence for time-invariant shifts of visual selective attention. *Perception and Psychophysics*, 35, 393-399.
- Rieger, E., Schotte, D.E., Touyz, S.W., Beumont, P.J.V., Griffiths, R. & Russell, J. (1998). Attentional biases in eating disorders: A visual probe detection procedure. *International Journal of Eating Disorders*, 23, 199-205.
- Riemann, B.C. & McNally, R.J. (1995). Cognitive processing of personally relevant information. *Cognition and Emotion*, 9, 325-340.
- Roediger, H.L. (1990). Implicit memory: Retention without remembering. *American Psychologist*, 45, 1043-1056.
- Roediger, H.L. & McDermott, K.B. (1993). Implicit memory in normal human subjects. In F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of neuropsychology*, Vol. 8 (pp. 63-131). Amsterdam: Elsevier.
- Rogers, R.D. & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of experimental psychology: General*, 124, 207-231.
- Rohrbaugh, J.W. (1984). The orienting reflex: performance and central nervous system manifestations. In R. Parasuraman & D. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 323-374). New York: Academic Press.
- Roth, G.S. & Joseph, J.A. (1994). Age-related changes in transcriptional and posttranscriptional regulation of the dopaminergic system. *Life Sciences*, 55, 2031-2035.
- Rothermund, K. (1998). *Persistenz und Neuorientierung. Mechanismen der Aufrechterhaltung und Auflösung zielbezogener kognitiver Einstellungen*. Trier: Unveröffentlichte Dissertation. Universität Trier, Fachbereich I - Psychologie.
- Rothermund, K., Voß, A., Spaniol, J., Bak, P. & Brandtstädter, J. (1997). Motivationale Einflüsse auf die Wahrnehmung valenter Stimuli unterschiedlicher Prägnanz. *Bericht aus der Arbeitsgruppe "Entwicklung und Handeln", Nr. 61*. Trier: Universität Trier.
- Rothermund, K., Wentura, D. & Bak, P. (1996a). *Unwillkürliche Aufmerksamkeitsbindung durch positiv und negativ valente Stimuli: Was ist wann bei wem dominant?* Vortrag gehalten auf dem 40. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in München.
- Rothermund, K., Wentura, D. & Bak, P. (1996b). Automatische Vigilanz: Aufmerksamkeitsbindung durch verhaltensrelevante soziale Information. *Trierer Psychologische Berichte, Band 23, Heft 1*.
- Russo, R. & Parkin, A.J. (1993). Age differences in implicit memory: More apparent than real. *Memory and Cognition*, 21, 73-80.
- Salamé, P. & Baddeley, A.D. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 150-164.
- Salthouse, T.A. (1985). *A theory of cognitive aging*. Amsterdam: North Holland.
- Salthouse, T.A. (1992). Why do adult age differences increase with task complexity? *Developmental Psychology*, 28, 905-918.

- Salthouse, T.A. & Babcock, R.L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental Psychology*, 27, 763-776.
- Sanders, A.F. (1980). Stage analysis of reaction processes. In G.E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor behavior* (pp. 331-354). Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Sanders, A.F. (1983). Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica*, 53, 61-97.
- Sanders, A.F. (1990). Issues and trends in the debate on discrete vs. continuous processing of information. *Acta Psychologica*, 74, 123-167.
- Sanders, A.F. (1995). Discrete vs. continuous processing: The fate of an incompletely processed perceptual dimension. *Acta Psychologica*, 90, 211-227.
- Sanders, A.F. (1997). A summary of resource theories from a behavioral perspective. *Biological Psychology*, 45, 5-18.
- Santee, J.L. & Egeth, H.E. (1982). Independence versus interference in the perceptual processing of letters. *Perception and Psychophysics*, 31, 101-116.
- Schmidt, P.A. & Dark, V.J. (1998). Attentional processing of "unattended" flankers: Evidence for a failure of selective attention. *Perception and Psychophysics*, 60, 227-238.
- Schneider, E.L. & Rowe, J.W. (1990). *Handbook of the biology of aging* (3rd ed.). San Diego: Academic Press.
- Schneider, W., Dumais, S.T. & Shiffrin, R.M. (1984). Automatic and controlled processing and attention. In R. Parasuraman & D. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 1-28). New York: Academic Press.
- Schneider, W. & Shiffrin, R.M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search and attention. *Psychological review*, 84, 1-66.
- Schulz, T. (1993). Welche Metaphern? Welche Mechanismen? oder: Kann man aus Wolken in den Nebel geraten? *Psychologische Rundschau*, 44, 240-244.
- Segal, S.J. & Fusella, V. (1970). Influence of imaged pictures and sounds on detection of visual and auditory signals. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 458-464.
- Servan Schreiber, D., Carter, C.S., Bruno, R.M. & Cohen, J.D. (1998). Dopamine and the mechanisms of cognition: Part II. D-amphetamine effects in human subjects performing a selective attention task. *Biological Psychiatry*, 43, 723-729.
- Shaffer, W.O. & LaBerge, D. (1979). Automatic semantic processing of unattended words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 413-426.
- Shallice, T. & Burgess, P. (1993). Supervisory control of action and thought selection. In A. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention: Selection, awareness, and control* (pp. 171-187). Oxford: Clarendon Press.
- Shaw, R.J. (1991). Age-related increases in the effects of automatic semantic activation. *Psychology and Aging*, 6, 595-604.
- Shiffrin, R.M. (1977). Attentional control. *Perception and Psychophysics*, 21, 93-94.

- Shiffrin, R.M. (1988). Attention. In R.C. Atkinson, R.J. Herrnstein, G. Lindzey & R.D. Luce (Eds.), *Stevens' Handbook of Experimental Psychology* (pp. 739-811). New York: Wiley.
- Shiffrin, R.M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84, .
- Shulman, G.L., Remington, R.W. & McLean, J.P. (1979). Moving attention through visual space. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 522-526.
- Simon, H. (1957). *Models of man, social and rational*. New York: Wiley.
- Simon, R.J. (1969). Reactions toward the source of stimulation. *Journal of experimental psychology*, 81, 174-176.
- Simon, R.J. & Rudell, A.P. (1967). Auditory S-R compatibility: The effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of Applied Psychology*, 51, 300-304.
- Singer, W. (1994). The organization of sensory motor representations in the neocortex: A hypothesis based on temporal coding. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and performance XV: Conscious and nonconscious information processing* (pp. 101-130). Cambridge, MA: Mit Press.
- Smid, H.G., Mulder, G. & Mulder, L.J. (1990). Selective response activation can begin before stimulus recognition is complete: A psychophysiological and error analysis of continuous flow. *Acta Psychologica*, 74, 169-201.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monograph*, 74, Whole No. 498.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method. *Acta Psychologica*, 30, 276-315.
- Sternberg, S. (1975). Memory scanning: New findings and current controversies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 27, 1-32.
- Stoffer, T. (1988). *Dynamische Aspekte der visuellen Aufmerksamkeit. - Funktionelle Charakteristika der Focussierung vom Typ Gummilinse und ihre Beteiligung an der Entstehung der Dominanz globaler über lokale Merkmale*. Dissertation. Bielefeld: Universität Bielefeld.
- Stroop, J.R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Styles, E.A. (1997). *The psychology of attention*. Hove: Psychology Press.
- Sullivan, M.P. & Faust, M.E. (1993). Evidence for identity inhibition during selective attention in old adults. *Psychology and Aging*, 8, 589-598.
- Theeuwes, J. (1993). Visual selective attention: A theoretical analysis. *Acta Psychologica*, 83, 93-154.
- Tipper, S.P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37A, 571-590.

- Tipper, S.P. & Cranston, M. (1985). Selective attention and priming: Inhibitory and facilitatory effects of ignored primes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 37a, 591-611.
- Tipper, S.P. & Driver, J. (1988). Negative priming between pictures and words in a selective attention task: Evidence for semantic processing of ignored stimuli. *Memory and Cognition*, 16, 64-70.
- Treisman, A. (1960). Selective attention in man. *British Medical Bulletin*, 20, 12-16.
- Treisman, A. (1993). The perception of features and objects. In A. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention: Selection, awareness, and control* (pp. 5-35). Oxford: Clarendon Press.
- Treisman, A. & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 95, 15-48.
- Treisman, A., Kahneman, D. & Burkell, J. (1983). Perceptual objects and the cost of filtering. *Perception and Psychophysics*, 33, 527-532.
- Treisman, A. & Sato, S. (1990). Conjunction search revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 459-478.
- Treisman, A. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Tsal, Y. (1983). Movement of attention across the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 523-530.
- Tsal, Y. & Lavie, N. (1988). Attending to color and shape: The special role of location in selective visual processing. *Perception and Psychophysics*, 44, 15-21.
- Tsotsos, J.K. (1997). Limited capacity of any realizable perceptual system is a sufficient reason for attentive behavior. *Consciousness and Cognition: An International Journal*, 6, 429-436.
- Tukey, J.W. (1977). *Exploratory data analysis*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Turing, A.M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 433-460.
- Tyler, S.W., Hertel, P.T., McCallum, M.C. & Ellis, H.C. (1979). Cognitive effort and memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 607-617.
- Umiltà, C. & Nicoletti, R. (1992). An integrated model of the Simon effect. In J. Alegria, D. Holender, J. Junca de Morais & M. Radeau (Eds.), *Analytic approaches to human cognition* (pp. 331-350). Amsterdam: Elsevier.
- Van de Weijger, E.C.M. (1993). Foveal load and peripheral task performance: Tunnel vision or general interference? In D. Brogan, G. Alastair & K. Carr (Eds.), *Visual search 2* (pp. 341-348). London: Taylor & Francis.
- Van der Heijden, A.H.C. (1992). *Selective attention in vision*. London: Routledge.
- Van der Linden, M., Bredart, S. & Beerten, A. (1994). Age-related differences in updating working memory. *British Journal of Psychology*, 85, 145-152.
- Verbaten, M.N., Huyben, M.A. & Kemner, C. (1997). Processing capacity and the frontal P3. *International Journal of Psychophysiology*, 25, 237-248.

- Virzi, R.A. & Egeth, H.E. (1985). Toward a translational model of Stroop interference. *Memory and Cognition*, *13*, 304-319.
- Volkow, N.D., Gur, R.C., Wang, G.J., Fowler, J.S., Moberg, P.J., Ding, Y.S., Hitzemann, R., Smith, G. & Logan, J. (1998a). Association between decline in brain dopamine activity with age and cognitive and motor impairment in healthy individuals. *American Journal of Psychiatry*, *155*, 344-349.
- Volkow, N.D., Wang, G.J., Fowler, J.S., Ding, Y.S., Gur, R.C., Gatley, J., Logan, J., Moberg, P.J., Hitzemann, R., Smith, G. & Pappas, N. (1998b). Parallel loss of presynaptic and postsynaptic dopamine markers in normal aging. *Annals of Neurology*, *44*, 143-147.
- Von der Malsberg, C. (1996). The binding problem of neural networks. In R.R. Llinas & P.S. Churchland (Eds.), *The mind-brain continuum: Sensory processes* (pp. 131-146). Cambridge, MA: Mit Press.
- Walley, R.E., McLeod, B.E. & Khan, M. (1997). Tests of a translational model of Stroop interference: Translation or attention? *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *51*, 10-19.
- Watkins, M.J., Watkins, O.C., Craik, F.I. & Mazuryk, G. (1973). Effect of nonverbal distraction on short-term storage. *Journal of Experimental Psychology*, *101*, 296-300.
- Welford, A.T. (1981). *Fertigkeiten und Leistung*. Bern: Huber.
- Wentura, D., Rothermund, K. & Bak, P.M. (1999). Automatic vigilance: The attention grabbing power of behavior-related social information. *Manuscript submitted for publication*.
- Wertheimer, M. (1925). *Drei Abhandlungen zur Gestalttheorie*. Erlangen (unveränderter reprografischer Nachdruck: Darmstadt, 1967): Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Wessel, I. & Merckelbach, H. (1997). The impact of anxiety on memory for details in spider phobics. *Applied Cognitive Psychology*, *11*, 223-231.
- West, R. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, *120*, 272-292.
- Wickens, C.D. (1980). The structure of attentional resources. In R.S. Nickerson (Ed.), *Attention and performance VIII* (pp. 239-257). Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Wickens, C.D. (1984). Processing resources in attention. In R. Parasuraman & R.D. Davies (Eds.), *Varieties of attention*. New York: Academic Press.
- Williams, J.M., Tonymon, P. & Andersen, M.B. (1991). The effects of stressors and coping resources on anxiety and peripheral narrowing. *Journal of Applied Sport Psychology*, *3*, 126-141.
- Williams, L.J. (1985). Tunnel vision induced by a foveal load manipulation. *Human factors*, *27*, 221-227.
- Wippich, W., Markert, A., Hannig, G. & Mecklenbräuker, S. (1990). Erinnerungen an neue Assoziationen: Implizite Behaltensmaße bleiben von geteilten Aufmerksamkeitsbedingungen unbeeinflusst. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, *37*, 153-178.

- Wippich, W., Mecklenbräuker, S. & Brausch, A. (1989). Implizites und explizites Gedächtnis bei Kindern: Bleiben bei indirekten Behaltensprüfungen Altersunterschiede aus? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 21, 294-306.
- Wolfe, J.M. (1994). Guided search 2.0: A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1, 202-238.
- Wolfe, J.M. (1998). Visual Search. In H. Pashler (Ed.), *Attention* (pp. 13-74). Hove: Psychology Press.
- Wolfe, J.M., Cave, K.R. & Franzel, S.L. (1989). Guided search: An alternative to the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 419-433.
- Wright, L.L. & Elias, J. (1979). Age differences in the effects of perceptual noise. *Journal of gerontology*, 34, 704-708.
- Wundt, W. (1911). *Grundriss der Psychologie* (10. Aufl.). Leipzig: Wilhelm Engelmann.
- Wundt, W. (1914). *Sinnliche und übersinnliche Welt*. Leipzig: Kröner.
- Yantis, S. & Johnston, J.C. (1990). On the locus of visual selection: Evidence from focused attention tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 135-149.
- Zeef, E.J., Sonke, C.J., Kok, A., Buiten, M.M. & Kenemans, J.L. (1996). Perceptual factors affecting age-related differences in focused attention: Performance and psychophysiological analyses. *Psychophysiology*, 33, 555-565.