

# „Verteilung von Aufmerksamkeit zwischen und innerhalb von Objekten“

Inaugural-Dissertation  
in der Philosophischen Fakultät I

vorgelegt von

Dipl.-Psych. Martina Trini (geb. Weltle)  
aus Rosenheim

Mai 2005

Tag der mündlichen Prüfung: 22. Juli 2005

Dekan: Prof. Dr. Bahadir

Erstgutachter: PD Dr. Wühr

Zweitgutachterin: Prof. Dr. Meinecke

## **Danksagung**

Ich möchte an dieser Stelle allen danken, die auf die ein oder andere Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Mein Dank gebührt Frau Prof. Dr. Cristina Meinecke für die Begutachtung der Arbeit und insbesondere Herrn PD Dr. Peter Wühr für die intensive und kompetente Betreuung.

Besonderer Dank aber gilt auch den Hilfskräften, die bei der Erhebung der Daten maßgeblich beteiligt waren und natürlich ebenso den Probanden, die bereit waren, an meinen Experimenten teilzunehmen.

Nicht zuletzt möchte ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) danken, die diese Arbeit im Rahmen des Projekts „Objekt-basierte Aufmerksamkeit und Stroop-Interferenz“ gefördert hat.

# INHALT

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Selektive Aufmerksamkeit</b> .....	<b>10</b>
2.1 Klassische Befunde und Broadbents Filtermodell.....	11
2.2 Abschwächungsmodell von Treisman.....	14
2.3 Ressourcentheorien.....	16
2.4 Selection for Action.....	19
<b>3 Orts-basierte und objekt-basierte Selektion</b> .....	<b>20</b>
3.1 Orts-basierte Selektion.....	20
3.1.1 Hinweisreize und ihre Verwendung.....	20
3.1.2 Das Posner-Paradigma und die Scheinwerfer-Metapher.....	21
3.1.3 Das Eriksen-Paradigma und die Gummilinsen-Metapher.....	27
3.1.4 Neuere Entwicklungen.....	30
3.2 Objekt-basierte Selektion.....	30
3.3 Fazit.....	35
<b>4 Der Stroop-Effekt</b> .....	<b>35</b>
4.1 Definition: Stroop-Effekt.....	35
4.2 Erklärungsansätze und Zwei-Prozess-Theorien.....	37
4.3 Automatizität und Selektion in der Stroop-Aufgabe.....	38
4.3.1 Definition: Automatische Verarbeitung.....	38
4.3.2 Automatische Verarbeitung in der Stroop-Aufgabe?.....	44
4.3.3 Objekt-basierte Selektion in der Stroop-Aufgabe.....	47

<b>5 Fragestellungen der vorliegenden Arbeit.....</b>	<b>53</b>
<b>6 Experimentelle Untersuchungen.....</b>	<b>55</b>
<b>6.1 Experiment 1.....</b>	<b>55</b>
<i>Fragestellung.....</i>	<i>56</i>
<i>Methode.....</i>	<i>58</i>
<i>Ergebnisse.....</i>	<i>61</i>
<i>Diskussion.....</i>	<i>63</i>
<b>6.2 Experiment 2.....</b>	<b>64</b>
<i>Fragestellung.....</i>	<i>65</i>
<i>Methode.....</i>	<i>66</i>
<i>Ergebnisse.....</i>	<i>68</i>
<i>Diskussion.....</i>	<i>70</i>
<b>6.3 Experiment 3.....</b>	<b>71</b>
<i>Fragestellung.....</i>	<i>72</i>
<i>Methode.....</i>	<i>72</i>
<i>Ergebnisse.....</i>	<i>73</i>
<i>Diskussion.....</i>	<i>75</i>
<b>6.4 Experiment 4.....</b>	<b>76</b>
<i>Fragestellung.....</i>	<i>76</i>
<i>Methode.....</i>	<i>77</i>
<i>Ergebnisse.....</i>	<i>78</i>
<i>Diskussion.....</i>	<i>80</i>
<b>6.5 Experiment 5.....</b>	<b>82</b>
<i>Fragestellung.....</i>	<i>83</i>
<i>Methode.....</i>	<i>83</i>
<i>Ergebnisse.....</i>	<i>85</i>
<i>Diskussion.....</i>	<i>88</i>

<b>7 Gesamtdiskussion.....</b>	<b>89</b>
<b>8 Zusammenfassung.....</b>	<b>95</b>
<b>9 Literaturverzeichnis.....</b>	<b>96</b>
<b>10 Anhang.....</b>	<b>104</b>
<b>11 Lebenslauf.....</b>	<b>111</b>

## 1 Einleitung

*Es ist kurz nach Feierabend und Sie haben festgestellt, dass einem entspannten Wochenende ein leerer Kühlschrank entgegensteht. Mit Ihrem Einkaufswagen bahnen Sie sich einen Weg durch den überfüllten Supermarkt und versuchen, die Dinge, die auf Ihrer Einkaufsliste stehen, zu finden. Aufgrund der Monatsende-Geldknappheit sind Sie entschlossen, diesmal auch nur Produkte zu kaufen, die Sie wirklich brauchen. Das ist ein potentiell wichtiger Aspekt für diese Arbeit: Wie schafft es der Mensch, aus einer Menge bestimmter Informationen, die für ihn relevante auszuwählen? Unsere Umwelt enthält ständig ein reichhaltiges Angebot an Objekten. Für viele unserer Handlungen ist jedoch in der Regel zu einem Zeitpunkt nur ein Objekt interessant. Nun zieht eine blinkende Werbereklame Ihre Aufmerksamkeit unweigerlich an. Ihrem Vorsatz treu bleibend, richten Sie Ihren Blick jedoch wieder fest auf Ihre Einkaufsliste und versuchen, die Werbetafel auszublenden. Auch hier spielt selektive Aufmerksamkeit eine zentrale Rolle: Eigenschaften wie auffällige Farben oder Bewegung kann der Mensch nur schlecht ignorieren. Es ist also sehr schwierig, die für Sie momentan irrelevante Information auszublenden. Eine weitere Tatsache erschwert Ihren Einkauf: Es ist seit letzter Woche umgeräumt worden, und die Marmelade steht jetzt dort, wo früher die Nudeln waren, und letztere sind gar nicht mehr auffindbar. Nun taucht eine sehr interessante Frage auf: Nach welchen Kriterien wählt der Mensch aus? Findet Selektion an einem bestimmten Ort statt, oder wird die Aufmerksamkeit an ein Objekt gehaftet? Diesen und anderen Fragen zur Aufmerksamkeitsforschung soll in dieser Arbeit nachgegangen werden. Und, haben Sie inzwischen Ihren Einkauf bewältigt? Nach wesentlich mehr Zeit als eingeplant schieben Sie Ihren vollen Einkaufswagen Richtung Kasse und fragen sich leise: Sind das wirklich nur die Sachen, die ich kaufen wollte?*

Das Augenmerk der vorliegenden Arbeit soll vor allem auf empirischen Untersuchungen von Selektionsmechanismen und der Verteilung von Aufmerksamkeit liegen. Zuerst wird ein Blick auf die aktuelle Forschung im Bereich der selektiven Aufmerksamkeit geworfen. Was genau kann man unter selektiver Aufmerksamkeit verstehen? Und warum ist Selektion für uns so wichtig?

Welche Mechanismen spielen bei der Verarbeitung von gewonnenen Informationen eine Rolle? Hier sollen insbesondere orts- und objekt-basierte Selektionsmechanismen erklärt und gegenübergestellt werden. Als ein klassisches Paradigma zur Untersuchung von Aufmerksamkeitsprozessen gilt der Stroop-Effekt (Stroop, 1935). In einer typischen Stroop-Aufgabe präsentiert man Versuchspersonen farbige gedruckte Wörter. Die Aufgabe der Versuchsperson besteht nun darin, die Farbe, in der das Wort geschrieben ist, so schnell wie möglich zu nennen. Wenn das Wort „Rot“ auch in rot geschrieben ist (kongruente Bedingung), kann man diese Aufgabe schnell und fehlerlos bewältigen. Ist das Wort „Rot“ allerdings in grün geschrieben (inkongruente Bedingung), braucht man mehr Zeit und neigt erst einmal dazu, fälschlicherweise „Rot“ zu sagen. Es ist ganz typisch, dass die irrelevante Wortbedeutung das Benennen der Wortfarbe sehr stark beeinflusst, während die irrelevante Wortfarbe das Lesen der Wörter kaum beeinflusst. Es gibt inzwischen eine Vielzahl von Stroop-Aufgaben, wobei man zwischen integrierten und separierten unterscheiden muss: Bei der Original-Stroop-Aufgabe waren Wortbedeutung und Wortfarbe integriert, d.h. am gleichen Ort und zur gleichen Zeit präsentiert. Mittlerweile wird auch häufig mit separierten Stroop-Aufgaben geforscht. So muss beispielsweise die Farbe eines Rechtecks (= relevantes Objekt) berichtet werden, das von Farbwörtern flankiert wird. Damit sieht eine Stroop-Aufgabe folgendermaßen aus: Es wird ein Farbwort präsentiert, das mit der Farbe des relevanten Objekts übereinstimmt, also kongruent ist. Dies führt zu einer Erleichterung der Aufgabenbearbeitung. Wenn das Farbwort zur Farbe des zu benennenden Objekts inkongruent ist, dann führt dies gewöhnlich zu einer Erschwerung der Aufgabe und somit zu längeren Reaktionszeiten. Diese Asymmetrie, dass Farbwörter mit dem Benennen der Wortfarbe, aber Farben nicht mit dem Lesen der Wörter interferieren, hat die Annahme zu Folge, dass Lesen automatisch abläuft im Gegensatz zum Benennen einer Farbe.

Zahlreiche Studien haben sich schon mit dem Stroop-Effekt und der Frage der Verteilung der Aufmerksamkeit beschäftigt. Einige Erklärungsansätze sollen daher kurz vorgestellt werden, auf den gängigsten Erklärungsansatz des Stroop-Effekts, die Zwei-Prozess-Theorie, wird intensiver eingegangen. Schwerpunkt wird die Gegenüberstellung der Ansätze der Automtizität und der kontrollierten Verarbeitung bilden: Interferenz in der Stroop-Aufgabe wird in der Literatur oft

darauf zurückgeführt, dass stärker automatisierte Prozesse mit weniger stark automatisierten Prozessen interferieren.

Das Erstaunliche am Stroop-Effekt ist die Tatsache, dass eigentlich irrelevante Wörter eine so starke Auswirkung auf unsere Leistung haben. Eigentlich soll man ja die Farbwörter in einer Stroop-Aufgabe ignorieren, allerdings gelingt uns das kaum. Die Ursache für dieses Phänomen soll in der vorliegenden Arbeit untersucht werden: Unter welchen Bedingungen wird die eigentlich irrelevante Information verarbeitet, bzw. welche Faktoren beeinflussen diese Verarbeitung? Zu diesem Thema sollen neuere Forschungsansätze vorgestellt und diskutiert werden.

Nach dieser theoretischen Einführung in das Thema soll schließlich die eigene Fragestellung und die experimentelle Umsetzung erläutert werden. Es werden drei Komplexe vorgestellt: Im ersten Teil stellt sich die Frage, in welcher Weise das Vorhandensein eines irrelevanten Objekts die Verarbeitung eines relevanten Objekts beeinflussen kann. Wenn ein zweites Objekt präsentiert wird, wirkt sich dieses dann auf die Verarbeitung des Objekts, dessen Farbe die Versuchspersonen berichten sollen (=relevantes Objekt) aus, oder wirkt es sich eher auf Bedingungen aus, die außerhalb des relevanten Objekts liegen (Hintergrundbedingung)? Zu dieser Fragestellung wird ein aus zwei Sitzungen bestehendes Experiment vorgestellt. Die Ergebnisse dieses Experiments führen auf eine weitere Fragestellung, die im zweiten Komplex vorgestellt wird: In drei Experimenten wird untersucht, inwieweit sich ein zweites irrelevantes Objekt nicht nur auf die Verarbeitung des relevanten Objekts oder die Verarbeitung im Hintergrund auswirkt, sondern auch auf ein weiteres irrelevantes Objekt. Dazu werden diesmal nicht nur ein oder zwei Objekte präsentiert, sondern ein weiteres irrelevantes Objekt wird hinzugenommen. Damit soll überprüft werden, ob sich dadurch die Verarbeitung im relevanten Objekt oder im irrelevanten Objekt in Abhängigkeit der Anzahl zusätzlicher irrelevanter Objekte verändert. Im dritten Komplex wird in einem Experiment untersucht, ob es eine Rolle spielt, in welcher Entfernung Farbwörter vom Mittelpunkt aus präsentiert werden. Nimmt dadurch der Stroop-Effekt generell ab, und wenn ja, geschieht dies innerhalb und außerhalb von Objekten gleichermaßen?

Eine abschließende Diskussion fasst die Ergebnisse zusammen und bewertet sie im Vergleich zu aktuellen Forschungsschwerpunkten.

## **2 Selektive Aufmerksamkeit**

In dem am Anfang vorgestellten „Einkaufsbeispiel“ wird eine wesentliche Funktion von Aufmerksamkeit angesprochen: Die Auswahl oder Selektion von handlungsrelevanten Informationen und die Zurückweisung irrelevanter Informationen. Dabei ist das Ziel, bestimmte Informationen dem Denken und Handeln zugänglich zu machen. Zunächst muss man sich für die genauere Verarbeitung eines handlungs-relevanten Objekts entscheiden, während man sich nicht weiter um irrelevante Objekte kümmern darf. Ist das Problem der Objekt-Selektion gelöst, dann muss die Informationsverarbeitung dafür sorgen, dass die handlungsrelevanten Merkmale des ausgewählten Objekts weiter verarbeitet werden, während irrelevante Merkmale ignoriert werden sollen. Sind die handlungs-relevanten Merkmale des handlungs-relevanten Objekts ermittelt, dann muss eine adäquate Reaktion stattfinden. Dabei können jedoch immer wieder Interferenz- und Störeffekte auftreten. Zwar können unterschiedliche Tätigkeiten meist miteinander kombiniert werden, Schwierigkeiten tauchen jedoch dann auf, wenn die kognitiven Verarbeitungsressourcen für die Bewältigung anstehender Aufgaben nicht ausreichen. Solche Interferenzen weisen darauf hin, dass die Informationsmenge, die in einem bestimmten Zeitraum verarbeitet werden kann, begrenzt sein muss.

Die Selektionsfunktion der Aufmerksamkeit wird deutlich, wenn man sich vor Augen hält, dass zu einem Zeitpunkt eine große Menge von Reizen auf unsere verschiedenen Sinnesorgane einwirkt und sensorische Rezeptionsprozesse in Gang setzen. Man muss sich vergegenwärtigen, dass aus der Gesamtmenge der eingehenden Informationen ständig die relevante Teilmenge ausgewählt werden muss, um ein effizientes und störungsfreies Handeln zu ermöglichen. Wie die Aufmerksamkeit diese Funktion erfüllt, ist Gegenstand der Forschung zur selektiven Aufmerksamkeit. Dazu sollen einige „klassische“ Paradigmen und theoretische Ansätze der experimentalpsychologischen Forschung zur selektiven Aufmerksamkeit dargestellt werden.

## 2.1 Klassische Befunde und Broadbents Filtermodell

In vielen klassischen Theorien zur Aufmerksamkeit wird die Bedeutung der Selektion hervorgehoben. Doch *warum* ist Selektion eigentlich notwendig? Ein Anstoß für Untersuchungen zu diesem Thema stammte aus den Analysen der Arbeitsbedingungen von Fluglotsen in einem Kontrollturm, in dem Sprechkontakt zu mehreren Flugzeugen bestand. In Frage-und-Antwort-Experimenten wurde diese Situation experimentell nachgebildet, indem Versuchspersonen Fragen von Sprechern gestellt wurden, die sie aufgrund von visuell dargebotenen Informationen beantworten sollten. Es zeigte sich, dass eine zeitliche Überlappung von zwei verschiedenen Fragen Beeinträchtigungen der Leistung mit sich brachte. Allerdings konnten die Versuchspersonen zum Teil der Interferenz entgehen, wenn sie wussten, dass eine Frage irrelevant war. Unser Aufmerksamkeitssystem hat die Aufgabe, Informationen zu selektieren, mit der Art und Weise wie dies geschieht, haben sich viele Forscher beschäftigt. In diesem Kapitel sollen einige frühe Befunde aufgezeigt werden, die sich mit dem Thema der Selektionsfunktion in der Aufmerksamkeitsforschung auseinandergesetzt haben.

Der Mensch kann nur eine begrenzte Menge an Informationen aufnehmen und verarbeiten. Zu diesem Schluss kamen zumindest Telford (1931) und Welford (1952). Grundlage ihrer Vermutung war die Beobachtung, dass es für Menschen schwierig werden kann, zwei Aufgaben gleichzeitig zu erledigen, ohne dass eine unter der anderen leidet. Doch woran liegt das? Um dieses Phänomen zu erklären, wurden im Labor Doppelaufgaben untersucht. Zweierlei Methoden werden verwendet: Zum einen sollen Versuchspersonen eine bestimmte Aufgabe einmal allein und ein anderes Mal parallel zu einer anderen Aufgabe ausführen. Dabei lautet die Fragestellung: Bleibt die Leistung in der primären Aufgabe gleich oder verschlechtert sie sich, wenn eine zweite Aufgabe parallel dazu ausgeführt werden muss? In der anderen Aufgabenstellung werden immer zwei Aufgaben parallel bearbeitet, deren zeitliche Überlappung jedoch variiert wird. So kann beispielsweise der zweite Reiz auf den ersten sehr schnell erfolgen, dann ist die Situation sehr ähnlich wie bei einer Doppelaufgabe. Hier lautet die zentrale Frage, ob die Leistung in den Aufgaben, vor allem bei der zweiten Aufgabe, von der Zeit zwischen den Reizdarbietungen abhängt. Die Reaktionszeit auf den zweiten Reiz

wird dabei von der Länge des SOAs (*stimulus onset asynchrony*) mitbestimmt: Wenn der zweite Reiz nach einem sehr kurzen SOA präsentiert wird, ist die Reaktionszeit auf den zweiten Reiz länger als wenn das SOA zwischen den beiden Reizen größer ist. Wenn der zweite Reiz aber erst erscheint, nachdem der erste schon bearbeitet ist, so ist die Situation ähnlich wie bei der Bearbeitung einer einzelnen Aufgabe. Ist dies der Fall, spricht man von einer Psychologischen Refraktär-Periode (PRP). Dahinter steckt die Idee, dass es in unserem kognitiven System eine Art Engpass geben muss, durch den zu einem bestimmten Zeitpunkt nur die kognitiven Prozesse einer Aufgabe gehen, so dass die Verarbeitung der zweiten Aufgabe zurückgestellt wird bis die erste den Engpass passiert hat (ähnlich wie in einer Autowaschanlage, in der immer nur ein Auto die Anlage durchläuft).

Es ist jedoch nicht nur schwer, zwei Aufgaben gleichzeitig zu bewältigen, manchmal muss man auch zwei Gesprächen gleichzeitig lauschen. Beispielsweise in der Straßenbahn: Die Freundin redet auf einen ein, aber gleichzeitig versucht man mitzuhören, was der Vordermann über das letzte Fußballspiel berichtet. Jeder kennt außerdem den Effekt von Partys: Viele Gespräche gleichzeitig! In der Forschung wird dieses Phänomen Cocktailparty-Effekt genannt: Wie bringt man es beispielsweise auf einer Party fertig, einem bestimmten Gespräch zu folgen, obwohl es Hintergrund auch andere Gespräche gibt? Dafür haben sich Forscher, wie zum Beispiel Cherry (1953) und Moray (1959), interessiert. Sie führten Experimente durch, in denen die Versuchspersonen einen Kopfhörer trugen und gleichzeitig zwei verschiedene Mitteilungen hörten. Die Aufgabe der Versuchsperson war es, eine der beiden Informationen zu „beschatten“ (beispielsweise die Wörter der einen Nachricht wiedergeben). Die Versuchsperson konnte im Anschluss den Inhalt der beschatteten Nachricht gut wiedergeben, die Nachricht, die sie nicht beschatten sollte, jedoch nicht. Auch bekamen die Versuchspersonen nicht mit, ob die Sprache beispielsweise von Deutsch nach Englisch wechselte. Wurde jedoch in der Nachricht, die nicht beschattet werden sollte, der eigene Name oder ein Beep-Ton präsentiert, so konnte die Aufmerksamkeit auf dieses Ohr gerichtet werden. Daraus ergibt sich, dass in einer Beschattungsaufgabe nur bestimmte Informationen des unterdrückten Kanals verarbeitet werden. Menschliche Stimme und Geräusche können allerdings

unterschieden werden, ebenso ob die Stimme männlich oder weiblich ist. Man kann jedoch nicht angeben, welche Sprache zum Beispiel gesprochen wird. Nach den Befunden der Experimente zum Dichotischen Hören gelingt es, sich auf eine bestimmte Informationsquelle (Gespräch) zu konzentrieren und alles andere weitgehend auszublenden.

In Broadbents (1954) „Split-span“-Paradigma wurden den Versuchspersonen Zahlenpaare dargeboten, das eine an das linke und das andere an das rechte Ohr (z.B. 2-7, 6-9, 1-5). Die Aufgabe bestand nun darin, die Zahlen möglichst vollständig wiederzugeben. Die Ergebnisse zeigen, dass die Wiedergabe bevorzugt nach Ohr (2-6-1, 7-9-5), nicht jedoch nach Darbietungspaaren (2-7, 6-9, 1-5) erfolgte. Broadbent (1958) schloss aus diesen Befunden,

- dass für eine Aufgabe irrelevante Nachrichten vor ihrer vollen Verarbeitung abgeblockt werden;
- dass nur physikalische Merkmale der nichtbeachteten Nachricht entdeckt werden können;
- dass die Nachrichtenselektion auf Basis physikalischer Reizmerkmale erfolgt.

Die experimentellen Untersuchungen mittels dieses Paradigmas führten zur ersten Informationsverarbeitungstheorie der Aufmerksamkeit, der „Filtertheorie“ von Broadbent (1958).

In der Filtertheorie wird davon ausgegangen, dass ein Verarbeitungsmechanismus von begrenzter Kapazität zu einem Zeitpunkt nur mit einem Informationskanal arbeiten kann (vgl. Abbildung 1 oben). Der Mensch trifft unter den vielfältigen Informationen, die auf seine Sinnesorgane treffen, aufgrund der physikalischen Merkmale der Information eine Auswahl. Wenn notwendig, kann er die Aufmerksamkeit zwischen den verschiedenen eingegebenen Informationen umschalten. Ein Kurzzeit-Gedächtnissystem verhindert Informationsverlust von gerade Vergangenen in den nicht gewählten Kanälen. Die Grundannahme besteht darin, dass Information das System ungehindert durchläuft, bis sie zu einer Verengung, einer Art „Flaschenhals“ (*bottle-neck*) gelangt. Dort muss

aufgrund physikalischer Merkmale entschieden werden, welche Information weiterverarbeitet und welche Information ausgefiltert wird. Am Beispiel der Cocktailparty von vorhin wäre das Entscheidungskriterium, welchem Gespräch wir folgen, zum Beispiel die Position oder die Stimme des Sprechers.

In mancher Hinsicht lässt sich die Filtertheorie kritisieren: Die Hauptprobleme waren wohl, dass die Theorie zu sehr auf die Annahme von sensorischer Information ausgerichtet war, dass sie zu stark einem Alles-oder-Nichts-Prinzip folgte, und dass sie sich ausschließlich mit gerichteter Aufmerksamkeit befasste. Es wurde eine Reihe von Befunden berichtet, die mit den Annahmen der Filtertheorie unvereinbar waren und zu einer Revision führten. Diese Befunde betrafen die Frage, ob und wie viel Information vom nichtbeachteten Kanal verarbeitet wird.

## **2.2 Das Abschwächungsmodell von Treisman**

Treisman (1960) befasste sich ebenfalls mit Beschattungsaufgaben: Sie wollte beweisen, dass im Gegensatz zu Broadbents Annahme, dass Selektion nur nach physikalischen Merkmalen erfolgt, Selektion auch nach semantischen Gesichtspunkten stattfinden kann. So sollten Versuchspersonen eine Nachricht beschatten, die einem bestimmten Ohr vorgespielt wurde. Die Mitteilung des zu beschattenden Ohrs hatte zunächst einen inhaltlichen Sinn, der allerdings nach einer gewissen Zeit in eine inhaltslose Wortfolge überging. Gleichzeitig wechselte die sinnhaltige Nachricht auf das andere Ohr, das nicht beschattet werden sollte. Hier zeigte sich, dass viele Versuchspersonen – entgegen der Instruktion – nun das andere Ohr mit der sinnhaltigen Nachricht beschatteten. Dies wurde als Beweis dafür angesehen, dass Selektion nicht nur auf Basis physikalischer Reizmerkmale erfolgt, sondern dass auch semantisch selektiert wird.

Treisman stellte die „Abschwächungs“-Theorie der Aufmerksamkeit auf: Ihre Theorie lässt eine abgeschwächte Weiterleitung und Verarbeitung nichtbeachteter Information zu, die Weiterleitung erfolgt nach einem Mehr-oder-Weniger-Prinzip (vgl. Abbildung 1 Mitte). Auch ist der Ort der Selektion flexibel, wenn auch relativ früh, auf einer perzeptiven Stufe angesetzt. Nach Treisman durchläuft die Analyse der Eingangsinformation eine Hierarchie von Verarbeitungsstufen, wobei das erreichte Analyseniveau von der verfügbaren Verarbeitungskapazität abhängt.

Ein völlig anderer Vorschlag wurde von Deutsch und Deutsch (1963) in einer theoretischen Arbeit gemacht. Während sowohl Broadbent (1958) als auch Treisman (1964) annehmen, dass die Selektion am Eingangsende des Verarbeitungssystems erfolgt (frühe Selektion), schlugen Deutsch und Deutsch vor, dass die Selektion eher am Ausgabeende der Reaktion des Systems erfolgt (späte Selektion). So nahmen Deutsch und Deutsch die semantische Analyse aller Eingangsreize an. Eine Weiterverarbeitung erfolgt dann nur für die Reize, die für die momentane Aufgabe am relevantesten sind. Dies setzt einen effizienten Prozess der Gewichtung aller Eingangsreize nach ihrer Relevanz voraus. Zu dieser Diskussion gibt es bis heute keine klare Einigung. Einen Überblick der drei Modelle gibt Abbildung 1. Man sieht hier im Vergleich, dass Broadbents Modell einen selektiven Filtermechanismus aufweist, Information muss einen Engpass durchlaufen, um zu höheren Verarbeitungssystemen zu gelangen; bei Treismans Modell ist ein Mechanismus eingebaut, der den Informationsfluss abschwächt; und nach Deutsch und Deutsch erfolgt keine Informationsselektion vor den höheren Verarbeitungsprozessen.

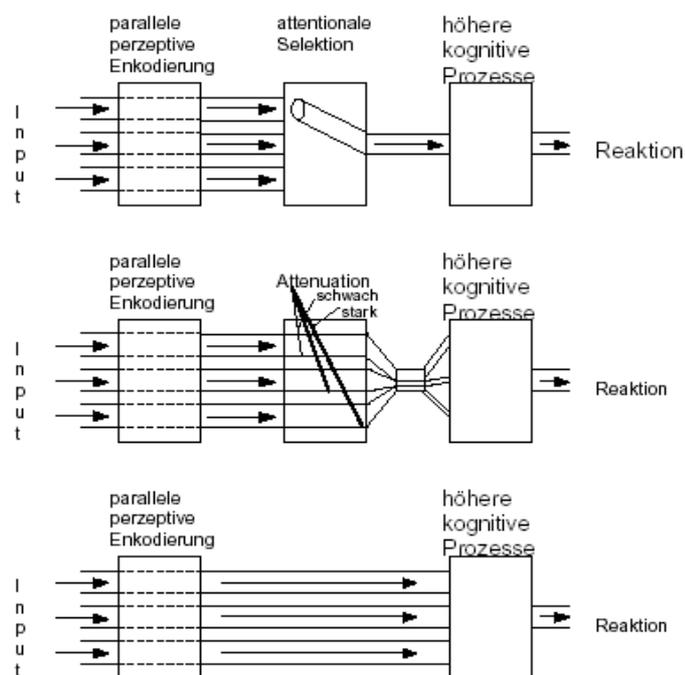


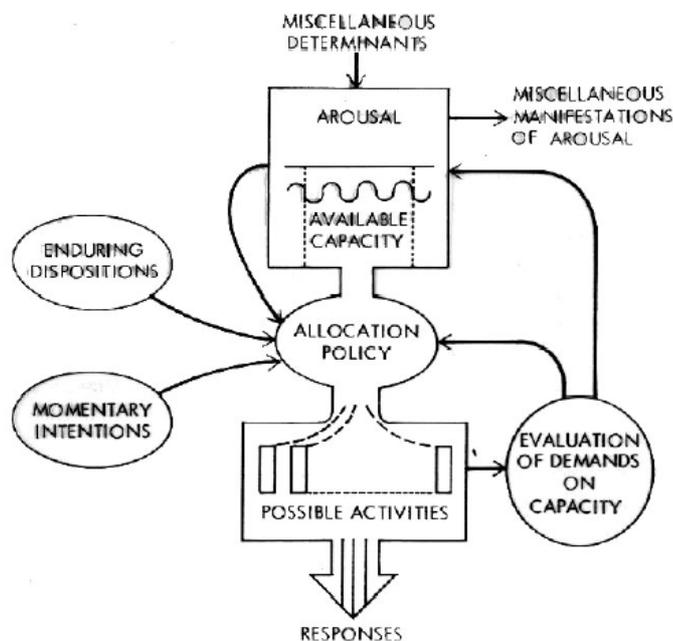
Abbildung 1

*Schematische Gegenüberstellung der Filtertheorie von Broadbent (1958, siehe oben) der Attenuationstheorie von Treisman (1964, Mitte) und der Theorie der späten Selektion von Deutsch und Deutsch (1963, siehe unten).*

## 2.3 Ressourcentheorien

In der Diskussion darum, wo Selektion erfolgt, eher am Anfang der Informationsverarbeitung oder doch am Ende, kam man zu keinem klaren Ergebnis. Einig kann man sich aber darüber sein, dass Selektion erfolgt. Schließlich können wir nicht unbegrenzt Informationen aufnehmen, um eine Handlung auszuführen. Irgendetwas muss es geben, das wichtige Informationen auswählt und unwichtige zurückweist. Die bisherigen Ansätze gingen davon aus, dass es strukturelle Mechanismen gibt, die für die Selektion von Informationen zuständig sind. Man stellte sich einen Engpass vor, den nur eine bestimmte Menge an Informationen auf einmal passieren konnte. Eine völlig andere Idee wäre, dass man einen begrenzten Vorrat an mentaler Energie hat. Je nach Schwierigkeit einer Aufgabe kann man diese mentalen Ressourcen strategisch für kognitive Aktivitäten einsetzen. Stellt man sich vor, dass wir nur eine bestimmte Menge an Ressourcen zur Bewältigung einer Aufgabe haben, dann würde dies die Frage beantworten, warum wir nicht beliebig viele Aufgaben gleichzeitig ausführen können. Ist beispielsweise eine Aufgabe sehr schwer, oder kommt noch eine zweite Aufgabe parallel dazu, könnte es vorkommen, dass die Ressourcen nicht ausreichen und eine Aufgabe der anderen vorgezogen werden muss. Wie zum Beispiel beim Autofahren. Fahren wir auf der Autobahn, wenn nicht viel Verkehr ist, so ist das Autofahren an sich nicht sehr Ressourcen-belastend und wir können noch eine andere Aufgabe, wie beispielsweise einen neuen Sender im Radio suchen, problemlos nebenbei bewältigen. Müssen wir uns jedoch in einer schwierigeren Situation ganz und gar dem Fahren widmen, so kann für eine Zweitaufgabe schnell keine Aufmerksamkeit mehr übrig sein. Auch in der Forschung gibt es die Vorstellung, dass Aufmerksamkeit eine Art Ressource darstellt, welche je nach Bedarf auf eine einzelne Aufgabe oder zwischen einer Anzahl von Aufgaben aufgeteilt wird. Die Ressourcentheorie sieht die Menge von Informationsverarbeitung durch die Größe der Verarbeitungskapazität limitiert. Interferenzen entstehen hier beispielsweise durch die verschiedenen Kapazitätsanforderungen von Aufgaben und können auf jeder Verarbeitungsstufe auftreten. Mit dieser Annahme beschäftigte sich vor allem Kahneman (1973). Er ging, wie auch andere Forscher (Neumann, 1987, 1994) davon aus, dass dort, wo Ressourcen beschränkt sind und damit die Kapazität knapp ist, Selektion

stattfindet. In seiner Theorie wird Aufmerksamkeit einem limitierten Energievorrat gleichgesetzt, der vom menschlichen Operator flexibel eingesetzt werden kann. Sie kann auf etwas Besonderes fokussiert oder zwischen vielen Aktivitäten aufgeteilt werden, wobei mit steigendem Schwierigkeitsgrad der Aufgabe mehr Aufmerksamkeit und damit auch mehr Ressourcen benötigt werden. Muss eine besonders schwierige Aufgabe bearbeitet werden, so gibt es die Möglichkeit mehr Ressourcen zur Bearbeitung dieser Aufgabe zu erhalten. Auch das allgemeine Erregungsniveau wird in Zusammenhang mit der verfügbaren Leistung gesehen. Wie man seine Aufmerksamkeit verteilt, hängt von verschiedenen Faktoren ab (Abbildung 2).



**Abbildung 2**

Die Verteilungsinstanz unterliegt vier Gruppen von Einflussgrößen:

- 1) Überdauernde Dispositionen
- 2) Momentane Absichten
- 3) Beurteilung der kognitiven Anforderung
- 4) Auswirkungen äußerer Stressoren

Die Haupteinflussgröße stellt die Beurteilung des notwendigen kognitiven Aufwands dar (nach Kahneman, 1973).

Obwohl dieses Modell durch die Distanzierung von strukturellen Limitationen der Verarbeitung attraktive Aspekte bietet, enthält es auch Probleme, z. B. was das Erregungsniveau betrifft. Würde man den Zusammenhang von Aufmerksamkeitsleistung und Erregungsniveau nach Kahneman erklären, hieße niedrige Erregung schlechte Leistung, wie auch umgekehrt, Anstieg der Erregung bis ins Unendliche bedeutet nicht, dass die Leistung sich ins Unermessliche steigern lässt. Ein weiteres Problem birgt die unabhängige Messung der Aufgabenschwierigkeit, die nach Kahneman durch die Menge von Interferenz

definiert wird. So ist in diesem Ansatz die Aufgabenschwierigkeit durch das Maß an Interferenz in einer Zweitaufgabe bestimmbar. Wenn allerdings die Schwierigkeit durch Interferenz bestimmt wird und die Interferenz auch ein Indikator der Schwierigkeit darstellt, dann ist das Maß der Aufgabenschwierigkeit nicht mehr unabhängig und es kommt zu einem Zirkelschluss (Allport, 1980).

Doch gibt es wirklich nur einen einzigen Pool an kognitiven Ressourcen? Warum zum Beispiel gibt es Aufgaben, die nicht darunter leiden, wenn eine zweite Aufgabe durchgeführt wird? So können geübte Hausfrauen und -männer beispielsweise ohne Probleme Bügeln und gleichzeitig dabei Fernsehen. Es muss also mehr geben, als nur eine einzige Ressource. Zu dieser Überlegung kamen auch Allport, Antonis und Reynolds (1972). Sie wollten in ihren Experimenten nachweisen, dass eine Aufgabe nicht zwangsläufig unter einer anderen leiden muss. So ließen sie beispielsweise einen Klavierspieler unbekannte Stücke vom Blatt spielen und dabei Prosatexte aufsagen. Es stellte sich heraus, dass er nach kurzer Zeit beide Aufgaben ohne Probleme gleichzeitig bewältigen konnte, ohne dass eine Aufgabe zu Lasten der anderen ging. Diese und ähnliche Befunde versuchten Navon und Gopher (1979) sowie Wickens (1984) in ihren Theorien der multiplen Ressourcen zu erklären. Dabei spielt die Aufgabenähnlichkeit eine große Rolle: Es wird davon ausgegangen, dass Leistungsbegrenzung nicht durch Kapazitätsbegrenzung im kognitiven System stattfindet, sondern durch einzelne Aufgabenstellungen bedingt ist. Werden beispielsweise zwei Aufgaben gleichzeitig ausgeführt, die gleiche Ressourcen beanspruchen, so resultiert die Doppelaufgabeninterferenz aus der parallelen Beanspruchung eines kognitiven Moduls, das für beide Aufgaben zuständig ist. Der Klavierspieler hatte also keine Probleme, beide Aufgaben gleichzeitig auszuführen, da Klavierspielen und Textaufsagen zwei unterschiedliche Ressourcen beanspruchen. Jedoch besteht nach Allport (1980) auch bei der Theorie der multiplen Ressourcen ein Zirkelschluss: Kommt es bei der Ausführung zweier Aufgaben zu Interferenz, so nimmt man an, dass sie auf dieselben Ressourcen zugreifen. Entsteht keine Interferenz, nimmt man unterschiedliche Ressourcen an. D.h., es gibt keine unabhängige Weise, die Ressourcenanforderung einer Aufgabe zu messen. Ein weiteres Problem ist, dass man nicht nachweisen kann, welche Verarbeitungssysteme für eine bestimmte Aufgabe operieren. Dies hat zu Folge,

dass man im Nachhinein den Aufgaben einfach Systeme zuordnet. Und letztlich weiß man auch nichts darüber, wer oder was im System entscheidet, welche einzelnen Ressourcen einer Aufgabe zugeteilt werden. Es fehlt ein Koordinationszentrum. Hier hat die Theorie noch Lücken, was Norman und Shallice (1986) sowie Baddeley (1986) auf die Idee brachten, dass es bei der Verteilung der Ressourcen ein System geben muss, das von einem zentralen Prozessor geleitet wird. Sie stellten sich eine Art Überwachungsinstanz vor, die an oberster Stelle fungiert und Handlungen koordiniert, kontrolliert und Prioritäten zuweist.

Grundsätzlich nehmen Kapazitätstheorien an, dass das kognitive System in seiner Kapazität limitiert ist. Ohne den Mechanismus einer Selektion bestünde die Gefahr, dass zielirrelevante Informationen versehentlich verarbeitet würden und damit relevanter Information Kapazität vorenthalten würde. Was das Thema der Interferenz betrifft, so wird sie als zwingende Folge der Knappheit gesehen. Wenn für eine Aufgabe nicht genügend Ressourcen vorhanden sind, so kann sie nicht adäquat bearbeitet werden und es entsteht Interferenz. Selektion ist in den Ressourcentheorien als Folge begrenzter Kapazität zu sehen.

## **2.4 Selection for action**

Allport (1987) schlug eine neue Sichtweise des Problems der Selektion vor: Er geht davon aus, dass Selektion kohärentes Handeln ermöglicht, indem durch bestimmte Selektionsmechanismen die Wahrnehmung mit dem Handeln in Einklang gebracht wird. Allport beschreibt diesen Vorgang mit dem Pflücken eines Apfels: Will man einen bestimmten Apfel von einem Baum pflücken, dann ist es notwendig, seine Wahrnehmung nur diesem Apfel zu widmen, um die Handlungen, die dafür notwendig sind, zu koordinieren. Hat man einen Apfel ausgewählt, müssen die relevanten Parameter der Handlung, beispielsweise, wie weit man greifen muss, wie weit die Hand öffnen usw., ausgewählt werden. Nur durch Selektion ist es möglich, die eigene Wahrnehmung an die angestrebte Handlung sinnvoll anzupassen. Die Notwendigkeit der Selektion ergibt sich also daraus, dass für unsere aktuelle Handlungsabsicht nur eine Teilmenge der

momentan verfügbaren Information relevant, d.h. von Nutzen ist. Bei diesem Ansatz wird zumindest die Vorstellung, *wo* Selektion stattfindet, deutlicher. Bisher waren wir uns im Klaren darüber, *dass* Selektion stattfindet, aber *wo*, ob am Verarbeitungsanfang oder am Ende, konnte nicht definiert werden. Der Selection-for-action-Ansatz geht klar davon aus, dass eine hierarchische Zuordnung sensorischer Inputs zu motorischen Outputs stattfinden muss. Neumann (1987) fand dazu eine schöne Metapher: Er stellt sich ein vielbefahrenes Eisenbahnnetz vor, das zentral oder durch kleinere Kontrollsysteme gesteuert wird. Um Zusammenstöße der einzelnen Züge zu vermeiden, ist es wichtig, entweder ein übergeordnetes Kontrollsystem einzurichten, oder kleinere Kontrollsysteme zu entwickeln, die überwachen, ob ein Gleisabschnitt gerade von einem Zug befahren wird und damit für andere Züge zu diesem Zeitpunkt nicht verfügbar ist. Somit kommt es zu einer natürlichen Limitation der Kapazität.

### **3 Orts-basierte vs. objekt-basierte Selektion**

Nachdem das vorausgegangene Kapitel die Frage behandelte, *warum* Selektion nötig ist und *wo* sie stattfindet, interessiert nun, *wie* Selektion erfolgen könnte. In den 60iger und den 70iger Jahren des 20. Jahrhunderts hat sich die Aufmerksamkeitsforschung zunehmend der Frage der Selektion in der visuellen Modalität zugewandt. Hier gab es vor allem zwei bedeutende Ansätze: Entweder wird die selektive Aufmerksamkeit als *orts-basiert* oder als *objekt-basiert* begriffen. Wenden wir unsere Aufmerksamkeit auf bestimmte Orte, oder haften wir sie an die Merkmale eines bestimmten Objekts? Diese Ansätze werden im Folgenden ausführlicher dargestellt.

#### **3.1 Orts-basierte Selektion**

##### *3.1.1 Hinweisreize und ihre Verwendung*

Eine häufig verwendete Methode zur Untersuchung von Aufmerksamkeitsverlagerung besteht in der Verwendung von Hinweisreizen (*cues*). Hinweisreize sind ein gutes Mittel, um Aufmerksamkeit gezielt auf einen

bestimmten Ort zu lenken. Mit ihrer Hilfe kann man sich ein besseres Bild davon machen, wie Aufmerksamkeitsverteilung funktioniert. Viele Forscher interessieren sich dafür, wie sich Aufmerksamkeit verteilt und wie sie von einem Ort zu einem anderen Ort verlagert wird. Um dies zu untersuchen, werden unterschiedliche Hinweisreize verwendet. Ein Hinweisreiz hat die Funktion, die Versuchsperson zu veranlassen, ihre ortsbezogene Aufmerksamkeit auf die angezeigte Zielreizposition zu richten und nichtindizierte, d.h. wenig wahrscheinliche Zielreizpositionen zu ignorieren. Man unterscheidet dabei zwischen endogenen Hinweisreizen, die willentlich gesteuert und relativ kontrolliert sind und exogenen Hinweisreizen, die reizgetrieben und relativ automatisch sind. Verwendet werden zum einen zentrale Hinweisreize, in der Regel symbolische Stimuli am Fixationsort, z. B. ein nach rechts zeigender Pfeil (endogen). Zum anderen wird mit peripheren Hinweisreizen gearbeitet, beispielsweise wird die Luminanz direkt am indizierten Ort verändert, z. B. durch Aufleuchten eines Kästchens auf der rechten Seite (exogen).

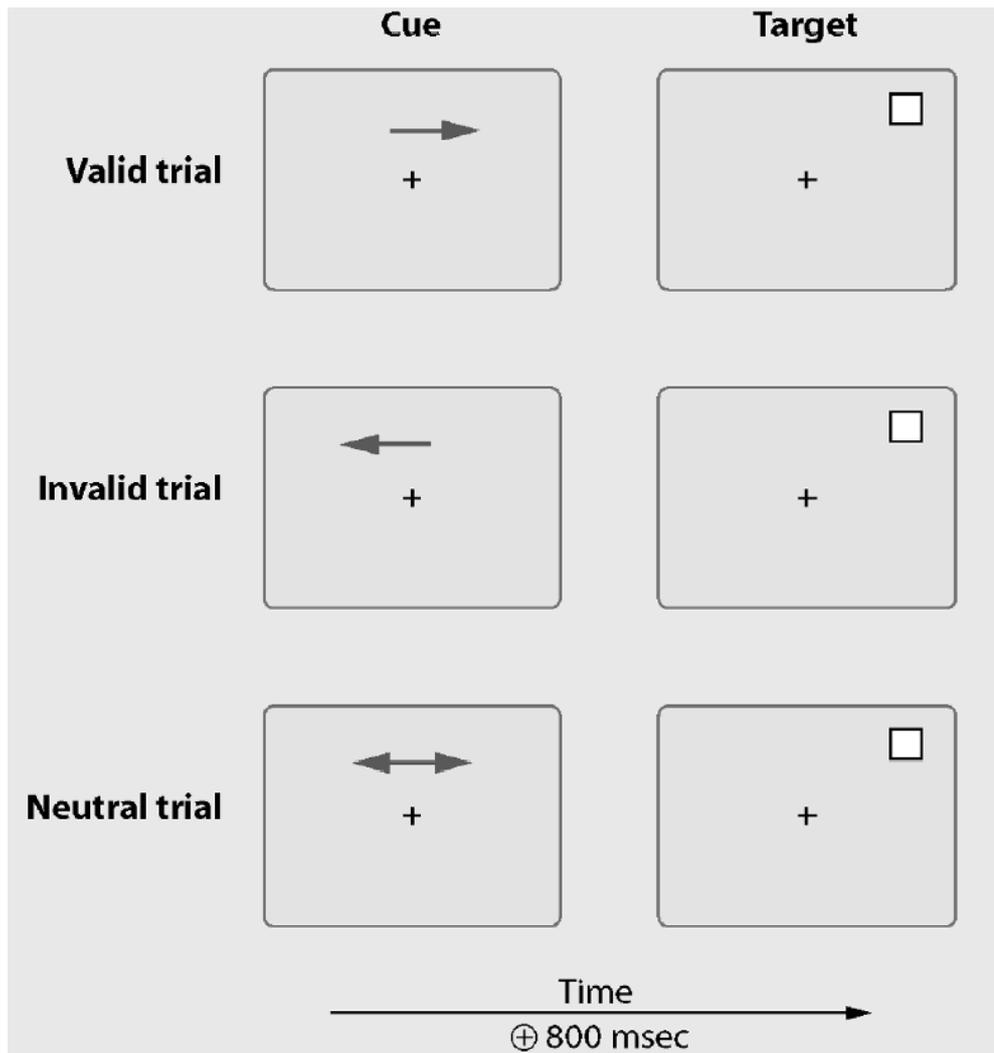
Wichtig ist außerdem die Hinweisreiz-Validität. So kann ein Zielreiz mit einer Wahrscheinlichkeit von 80% an der Stelle erscheinen, die vorher durch den Hinweisreiz angezeigt wurde, kann aber auch mit einer Wahrscheinlichkeit von 20% an einer nicht vorher angezeigten Stelle erscheinen. Mit einer solch hohen Validität möchte man gewährleisten, dass die Versuchsperson sich darauf verlässt, in den meisten Fällen einen Vorteil durch den Hinweisreiz zu empfinden. Neben validen und invaliden Durchgängen gibt es auch neutrale Durchgänge, in denen der Hinweisreiz (z.B. ein zentrales Kreuz) nur als zeitliches Warnsignal, nicht aber als ortsbezogener Hinweisreiz eingesetzt wird. So kann auf einen neutralen Hinweisreiz hin der Zielreiz gleichwahrscheinlich zum Beispiel links oder rechts erscheinen. Im folgenden werden Experimente vorgestellt, die einerseits mit endogenen, andererseits mit exogenen Hinweisreizen arbeiten.

### *3.1.2 Das Posner-Paradigma und die Scheinwerfer-Metapher*

Der Ansatz der orts-basierten Aufmerksamkeit beruht im wesentlichen auf zwei Paradigmen: Dem Cueing-Paradigma von Posner (1980) und dem Flankierreiz-

Paradigma von Eriksen (z.B. Eriksen & Eriksen, 1974). Posner und seine Mitarbeiter stellten sich die Frage, wie wir unsere Aufmerksamkeit verteilen, und wie sie an bestimmte Orte, an denen ein Ereignis stattfindet, gelenkt wird. Außerdem wollten sie untersuchen, ob wir unsere Aufmerksamkeit auch ohne Augenbewegungen verschieben können. Typisch für ihre Experimente ist ein Hinweisreiz, um die räumliche Aufmerksamkeit der Versuchsperson auf einen Ort zu lenken, wobei der Effekt der Manipulation als Veränderung der Reaktionszeit relativ zu einem neutralen Reiz gemessen wird. In dem hier vorgestellten Experiment wurde ein symbolischer, also ein endogener Hinweisreiz verwendet, wobei der Versuchsaufbau folgendermaßen aussah (vgl. Abbildung 3): Beispielsweise wird einer Versuchsperson ein zentraler Fixationspunkt gezeigt, flankiert von je einem Kästchen links oder rechts. Der Zielreiz erscheint entweder im linken oder im rechten Kästchen. Vor dem Zielreiz informiert ein zentral dargebotener Pfeil die Versuchsperson darüber, ob der Zielreiz mit größerer Wahrscheinlichkeit im linken oder rechten Kästchen erscheinen wird. Der Zielreiz kann mit einer Wahrscheinlichkeit von 80% am indizierten Ort erscheinen und mit einer Wahrscheinlichkeit von 20% am nichtindizierten Ort. Neben validen und invaliden Durchgängen gibt es auch neutrale Durchgänge, in denen der Hinweisreiz (z.B. ein zentrales Kreuz) nur als zeitliches Warnsignal, nicht aber als ortsbezogener Hinweisreiz eingesetzt wird. So kann auf einen neutralen Hinweisreiz hin der Zielreiz gleichwahrscheinlich im linken bzw. im rechten Kästchen erscheinen. Posner und seine Mitarbeiter wollten mit der hohen Validität von 80 % erreichen, dass die Versuchspersonen Vertrauen in den Hinweisreiz bekamen. So konnten sie sich darauf verlassen, dass der Hinweisreiz eine Hilfe für die Aufgabe darstellte und es für sie von Vorteil war, ihre Aufmerksamkeit in Richtung des indizierten Ortes zu verschieben.

In einem Versuchsdurchgang hat die Versuchsperson die Aufgabe, auf das Einsetzen des Zielreizes mit einem einfachen Tastendruck so schnell wie möglich zu reagieren.



**Abbildung 3**

*Posner-Paradigma: Der valide Hinweisreiz (Cue) zeigt an, auf welcher Position der Zielreiz (Target) erscheinen wird, der invalide Hinweisreiz gibt eine falsche Information über die Position des Zielreizes an, während die Versuchsperson von dem neutralen Hinweisreiz keine Information über die Position des Zielreizes erfährt (nach Posner et al., 1980).*

In Posners Hinweisreiz-Experimenten zeigte sich, dass die einfache Reaktion (Drücken der Taste) auf den Zielreiz schneller erfolgen konnte, wenn dieser am angezeigten Ort erschien (valider Hinweisreiz), als wenn der Hinweisreiz eine falsche Position des Zielreizes suggerierte (invalider Hinweisreiz). Zusammenfassend kann man sagen, dass sich Reaktionszeit-Gewinne für valide Hinweisreize und Kosten für invalide Hinweisreize relativ zu neutralen Hinweisreizen ergaben.

Bisher wurde die Aufmerksamkeitsverlagerung unter Verwendung endogener Hinweisreize betrachtet. Interessant ist nun, ob sich diese Verlagerung der Aufmerksamkeit genauso verhält, wenn periphere, also exogene Hinweisreize dargeboten werden. Periphere Hinweisreize könnten Evidenz dafür geben, dass es unwillkürliche Aufmerksamkeitsverlagerung gibt.

Eine Untersuchung dazu stammt von Jonides (1981). Ihn interessierte, ob eine willentliche, nicht jedoch eine automatische Orientierung der räumlichen Aufmerksamkeit, unterdrückt werden kann. Dazu wurde den Versuchspersonen in jedem Durchgang des Experimentes acht Buchstaben gezeigt, die in gleichem Abstand voneinander auf einer Kreisbahn dargeboten waren. Die Aufgabe der Versuchsperson war es, mit einem Tastendruck links zu antworten, wenn im Display ein L vorkam und die rechte Taste zu drücken, wenn ein R präsentiert wurde. Vor der Darbietung des Displays wurde ein Hinweisreiz gezeigt. Der Hinweisreiz war entweder ein zentral präsentierter Pfeil, dessen Spitze in die Richtung eines der acht Buchstaben zeigte, oder ein peripher gezeigter Pfeil, der in unmittelbarer Nachbarschaft eines der acht Buchstaben gezeigt wurde.

Jonides untersuchte, ob exogene Reize zu einer Aufmerksamkeitsverlagerung führen, auch dann wenn der Hinweisreiz invalide ist und für die Versuchsperson keinen Vorteil bei der Bearbeitung der Aufgabe darstellt. Vor Präsentation des Zielreizes wurde mit einer Validität von 12,5 % durch einen peripheren, räumlichen Hinweisreiz die Lokalität des nächsten Zielreizes angekündigt. In den verbleibenden 87,5% der Durchgänge war der Hinweisreiz invalide. Aufgrund dieser sich lediglich auf Zufallsniveau befindenden Hinweisreizvalidität ist eine Zuwendung von Aufmerksamkeit zu der gecueten Raumposition nicht von Nutzen für die Versuchsperson. Trotzdem fand Jonides eine Erleichterung in der Bearbeitbarkeit, wenn der verwendete Hinweisreiz valide war und einen Verarbeitungsnachteil nach einem invaliden Hinweisreiz.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bereits vor Präsentation des imperativen Stimulus Aufmerksamkeit der gecueten Lokalität zugewandt wurde. Dieses Vorab-Richten der Aufmerksamkeit erleichterte die Verarbeitung eines Stimulus an der Position, auf die Aufmerksamkeit gerichtet wurde. Da das Ziel der Probanden lediglich darin bestand, auf den imperativen Stimulus zu reagieren und da aufgrund der Verwendung zusätzlicher, invalider Hinweisreize Hinweisreizposition und Zielreizposition nicht eindeutig korrespondierten, kann

man zu dem Schluss kommen, dass Aufmerksamkeit auch ohne Intention auf einen bestimmten Ort gerichtet werden kann.

Die Fähigkeit peripherer Hinweisreize, nichtintentional Aufmerksamkeit auf ihre Raumposition zu ziehen, ist auf ein enges Zeitfenster begrenzt. Denn die Zuwendung von Aufmerksamkeit hängt nicht nur von der Art der Hinweisreize ab, wichtig ist auch die Zeit, die zwischen einem Hinweisreiz und dem Erscheinen des Zielreizes liegt. Diese Spanne wird als SOA (*stimulus onset asynchrony*) bezeichnet. Während es in einem Hinweisreiz-Experiment bei relativ kurzen Abständen (unter 200 ms) zwischen Hinweis- und Zielreiz zum beschriebenen Erleichterungseffekt kommt, lässt sich bei Steigerung des zeitlichen Abstands zwischen (peripherem) Hinweisreiz und Zielreiz ab ca. 200 ms eine Umkehr dieses Effekts beobachten. Wenn der Hinweisreiz an der indizierten Stelle erscheint, sind die Reaktionszeiten der Versuchspersonen auf den Zielreiz signifikant langsamer, als wenn er an der nichtindizierten Stelle erscheint. Dieser Effekt ist unter dem Begriff „inhibition of return“ (IOR) bekannt. (Posner et al. 1985; Styles 1997). Die Bezeichnung „inhibition of return“ geht auf die Vorstellung zurück, dass die Aufmerksamkeit durch einen Hinweisreiz auf eine bestimmte Position im visuellen Raum gelenkt wird. Erscheint der Zielreiz mit einer erheblichen zeitlichen Verzögerung ebenfalls an dieser Stelle, so ist nicht gesichert, dass das Aufmerksamkeitsfenster sich beim Erscheinen des Zielreizes noch an dieser Position befindet. Wenn man beispielsweise annimmt, dass der Aufmerksamkeitsfokus zwischenzeitlich zum ursprünglichen Fixationspunkt zurückgezogen wurde, so müsste beim Erscheinen des Zielreizes der Fokus der Aufmerksamkeit erneut zur vorher angezeigten Zielreiz-Position gelenkt werden, was jedoch mit einer zeitlichen Verzögerung geschieht. Als Erklärung hierfür wurde angenommen, dass die Rückwendung der Aufmerksamkeit an einen unmittelbar davor beachteten Ort gehemmt wird.

Müller und Rabbit (1989) konnten beispielsweise zeigen, dass die Fähigkeit von peripheren Hinweisreizen, Aufmerksamkeit unwillkürlich auf sich zu ziehen, zeitlich begrenzt ist. Die Darbietung peripherer Hinweisreize hat den größten Effekt auf die Reaktionszeiten bei einem kurzen Intervall zwischen Hinweisreiz und Zielreiz von einem SOA bis 175 ms. Mit längeren Intervallen wird die nichtintentionale Aufmerksamkeitszuwendung hingegen durch einen intentionalen Mechanismus abgelöst.

In den hier beschriebenen Experimenten wurden verschiedene Hinweisreize verwendet, um Aufmerksamkeitsverlagerungen zu untersuchen. In Posners Experiment wurde ein zentraler, endogener Hinweisreiz verwendet. Bei Jonides ein peripherer, exogener Hinweisreiz. An den Ergebnissen der Experimente konnte man sehen, dass diese beiden Arten von Hinweisreizen unterschiedliche Wirkungsweisen zeigen. Daraus schloss Posner, dass es auch unterschiedliche attentionale Systeme geben muss: ein endogenes System, welches von Intentionen gelenkt ist, langsam und strategisch arbeitet (eine Versuchsperson „beschließt“, ob sie einen Hinweisreiz für hilfreich oder nicht hält) und ein exogenes System, welches sich außerhalb der Kontrolle der Versuchsperson befindet und damit schnell, automatisch und reizgetrieben arbeitet (z.B. wird automatisch Aufmerksamkeit auf Reize in der Umgebung gerichtet).

Generell zeigten die Untersuchungen, dass exogene Orientierung im Gegensatz zu endogener Orientierung unabhängig von einer Zweitaufgabe abläuft und selbst durch örtlich nichtinformative Hinweisreize ausgelöst werden kann (Jonides, 1981). Weiterhin kann endogene Orientierung auf valide Hinweisreize durch Reize unterbrochen werden, die exogen die Aufmerksamkeit anziehen. Es scheint so zu sein, dass manche Dinge ihre Aufmerksamkeit auf sich ziehen, obwohl sie für die Bewältigung einer Aufgabe irrelevant sind.

Die Untersuchungen von Posner und Kollegen (Posner, 1978, 1980; Posner, Snyder & Davidson, 1980) führten zu der Vorstellung, dass die visuelle Aufmerksamkeit wie ein „Lichtkegel“ (*spotlight*) funktioniert, der einen bestimmten Ort wie ein Scheinwerfer beleuchtet. Reize, die sich in diesem Lichtkegel befinden, werden rascher und intensiver verarbeitet als Stimuli an anderen Orten. Allerdings ist man noch immer nicht einig darüber, wie dieser Mechanismus genau funktioniert. So wird angenommen, dass der Durchmesser des attentionalen Lichtkegels von konstanter Größe ist und dass der Lichtkegel in kontinuierlich-analoger Weise, ähnlich einer glatten Augenfolgebewegung, von einem Ort an den anderen verlagert wird.

Posner (1988) schlug zu diesem Thema außerdem vor, dass die Orientierung der Aufmerksamkeit durch drei separate Mechanismen gesteuert wird:

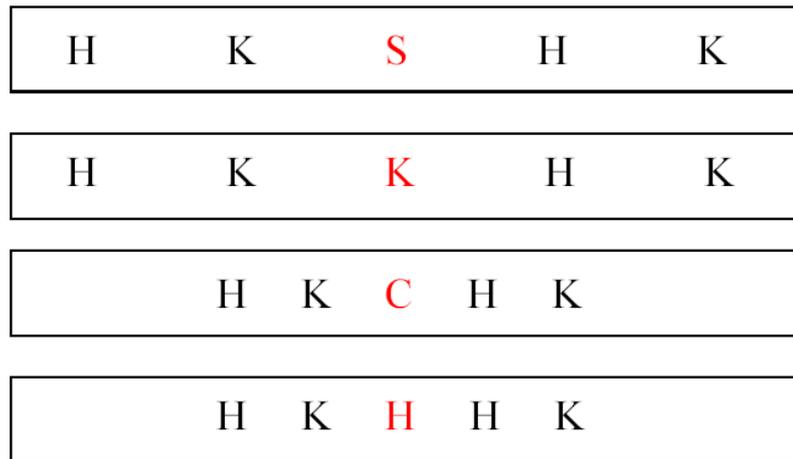
- Ein „Move“- Mechanismus reguliert die Verlagerung der Aufmerksamkeit von einem Ort zu einem anderen;
- ein „Disengage“-Mechanismus löst die Aufmerksamkeit vor der Verlagerung von einem gegebenen Ort bzw. Objekt ab; und
- ein „Engage“- Mechanismus bindet die Aufmerksamkeit nach der Verlagerung an den neuen Ort bzw. ein dort befindliches Objekt an.

### *3.1.3 Das Eriksen-Paradigma und die Gummilinsen-Metapher*

Ein weiteres bekanntes Paradigma zur orts-basierten Aufmerksamkeit, das Flankierreiz-Paradigma, stammt von Eriksen und Eriksen (1974). In unserer Umwelt, wie auch in experimentellen Kontexten müssen wir oft bestimmte, visuell dargebotene Informationen beachten und andere Informationen ignorieren. Doch wie schon im vorausgegangenen Kapitel beschrieben, kann es zu Situationen kommen, in denen es uns nicht gelingt, eigentlich irrelevante Information zu ignorieren. Interferenz- und Störeffekte lassen sich im Alltag häufig beobachten. Selbst eine so gut geübte Tätigkeit wie das Kaffeekochen wird unter Umständen unterbrochen, wenn man gerade damit beschäftigt ist, über einen komplizierten Sachverhalt nachzudenken, oder wenn interessantere Reize die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Interferenz kann also dadurch entstehen, dass die Aufmerksamkeit unwillkürlich auf andere Reize abgezogen wird. Dies muss nicht notwendigerweise auf Schwachstellen im Verarbeitungssystem hinweisen, sondern kann auch als adaptive Funktionsweise des Informationssystems interpretiert werden. Es ist für uns durchaus von Vorteil, sich auf Eventualitäten vorzubereiten und vorausschauend zu handeln. So können beispielsweise Gefahren schneller erkannt werden. Wie wirken jedoch diese eigentlich irrelevanten Informationen, und wie schaffen sie es, unsere Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen? Diesen Fragen sind Eriksen und seine Mitarbeiter nachgegangen.

Im Eriksen-Paradigma werden mehrere Einzelreize dargeboten, die meistens nebeneinander angeordnet sind (vgl. Abbildung 4). Die Versuchsperson muss für den zentralen Reiz eine einfache Klassifikationsentscheidung treffen und gleichzeitig dargebotene Distraktorstimuli (*flanker*) ignorieren. In den klassischen Experimenten von Eriksen und Eriksen (1974) war bei den Buchstaben *H* und *K* (Set 1) die linke Taste, bei den Buchstaben *S* und *C* (Set 2) die rechte Taste zu drücken. Außer diesen Reizen wurden andere Buchstaben horizontal auf beiden Seiten des Zielreizes als Flankierreiz präsentiert (vgl. Abbildung 4). Waren die Durchgänge kompatibel, so verlangten Zielreiz und Flankierreiz die gleiche Reaktion (z.B. HHHKHHH). In den inkompatiblen Durchgängen verlangten Zielreiz und Distraktoren unterschiedliche Reaktionen (z.B. SSSHSSS). In einer weiteren Bedingung wurde der Zielreiz durch neutrale Buchstaben flankiert. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin, auf den mittleren Buchstaben so schnell wie möglich zu reagieren und die anderen Buchstaben zu ignorieren. Die Ergebnisse zeigten, dass, obwohl die Flankierreize für die Klassifikationsentscheidung irrelevant waren, die Reaktion doch beeinflusst wurde: Die Klassifikationsentscheidung wird in den kompatiblen Durchgängen schneller getroffen als in den neutralen Durchgängen; am langsamsten wird in den inkompatiblen Durchgängen reagiert. Diese Experimente sagen aus, dass auch die für die Aufgabenbearbeitung irrelevanten Reize mitverarbeitet werden.

Eriksen und seine Mitarbeiter interessierten sich weiter dafür, wie die irrtümliche Selektion der irrelevanten Information zustande kommt. Sie nahmen an, dass die räumliche Verteilung der Aufmerksamkeit ungenau arbeitet. So müsste die falsche Selektion der Flankierreize vor allem dann auftreten, wenn diese sehr nah am Zielreiz lägen. Sie konnten in weiteren Experimenten (Abbildung 4) feststellen, dass die Interferenzstärke mit zunehmendem Distraktorabstand geringer wird.



Z.B     **Set 1: H, K...**  
**Set 2: S, C...**

Abbildung 4

*Aufgabe der Versuchsperson: Reagiere auf den mittleren Buchstaben und versuche die anderen Buchstaben zu ignorieren (nach Eriksen und Eriksen, 1974).*

Die Untersuchungen mittels des Flankierreiz-Paradigmas (z.B. Eriksen & Eriksen, 1974; Eriksen & Yeh, 1985; Eriksen & St. James, 1986) haben zu folgender Erweiterung der Scheinwerfer-Metapher geführt: Die Aufmerksamkeit kann als eine variable „Gummilinse“ (*zoom lens*) betrachtet werden. Das heißt, die Aufmerksamkeit kann entweder auf einen kleinen Bereich (von minimal 1° Durchmesser) fokussiert werden, dann ist die Auflösung innerhalb dieses Bereiches sehr hoch (fokussierte Einstellung), oder sie kann über einen weiten Bereich eingestellt werden, worauf die Auflösung verringert ist (unfokussierte Einstellung). Mittels der Gummilinsen- Analogie hat man versucht, den Befund zu erklären, dass sich die Interferenzwirkung inkompatibler Flankier-Reize auf die Zielreizreaktion mit zunehmender Zeitverzögerung (SOA) zwischen einem Hinweisreiz und der Buchstabenreihe reduziert. Die Vorstellung ist die, dass die Aufmerksamkeit auf den Hinweisreiz hin in einem Prozess, der Zeit braucht, von einem unfokussierten Zustand in einen fokussierten Zustand übergeht.

### 3.1.4 Neuere Entwicklungen

Einigen neueren Annahmen zufolge ist die orts-basierte visuelle Aufmerksamkeit im Sinne eines Gradienten-Modells zu begreifen (z.B. Downing, 1988; LaBerge & Brown, 1989), demzufolge die attentionale „Auflösungskraft“ innerhalb der beachteten Region vom Maximum im Zentrum kontinuierlich zur Peripherie hin abfällt, wobei die Steilheit des Gradienten den Aufgabenanforderungen entsprechend variiert. Eine neuere theoretische Entwicklung ist die des Gradienten-Filter-Modells von Cheal, Lyon und Gottlob (1994).

### 3.2 Objekt-basierte Selektion

Als Alternative zur orts-basierten Selektion werden objekt-basierte Mechanismen der selektiven visuellen Aufmerksamkeit diskutiert. In diesem Ansatz wird davon ausgegangen, dass die Aufmerksamkeit nicht auf einen bestimmten Ort im visuellen Feld gerichtet wird, sondern auf ein Objekt unabhängig von dessen Ort. So werden in Posners Hinweisreiz-Paradigma die möglichen Zielreizorte beispielsweise durch Kästchen markiert, innerhalb derer ein Zielreiz erscheinen kann, so dass die Aufmerksamkeit auf das indizierte Kästchen ausgerichtet wird. Es kann also durchaus auch in diesem Paradigma sein, dass visuelle Selektion nicht nur orts-, sondern vielmehr auch objekt-basiert arbeitet. So geht die Annahme objekt-basierter Selektion davon aus, dass die visuelle Aufmerksamkeit auf ein Objekt gerichtet werden kann, an dem interessante Information vermutet wird (Duncan, 1984, Kahneman & Treisman, 1984). Unter einem Objekt lässt sich im Sinne der Gestaltpsychologie zunächst eine Figur verstehen, die durch einfache Wahrnehmungsprozesse vom Hintergrund segmentiert wurde. Die Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf ein Objekt hat zur Folge, dass die an dem Objekt befindlichen Merkmale bevorzugt verarbeitet werden, im Gegensatz zu Merkmalen nicht beachteter Objekte.

Eine bedeutende Demonstration objekt-basierter Selektion stammt von Duncan (1984). In seinen Experimenten bot er seinen Versuchspersonen kurzzeitig zwei überlappende Objekte dar (Abbildung 5): bei einem der Objekte handelte es sich um ein vertikal orientiertes Rechteck, das entweder groß oder klein, d.h. vertikal

mehr oder weniger lang war, und entweder in der linken oder der rechten Seite eine kleine Lücke hatte; beim anderen Objekt handelte es sich um eine durchgezogene Linie, die entweder aus Punkten oder aus Strichen bestand und die entweder leicht nach links oder nach rechts geneigt war. Jedes der beiden Objekte war also durch zwei unabhängige Attribute gekennzeichnet: Das Rechteck durch Größe und Lückenseite, die Linie durch Textur und Neigung.

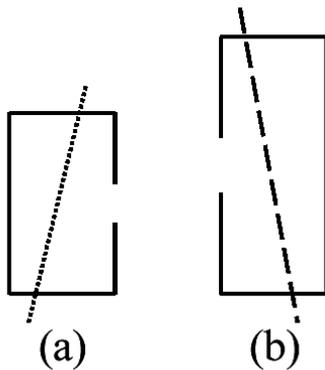


Abbildung 5

*Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, entweder ein Merkmal eines der Objekte zu beurteilen (z.B. Größe des Rechtecks) oder duale Urteile zu fällen, die sich entweder nur auf ein Objekt bezogen (z.B. Größe des Rechtecks und Lückenseite) oder die sich auf beide Objekte bezogen (z.B. Größe des Rechtecks und Textur der Linie), nach Duncan, 1984.*

Duncan kam zu dem Ergebnis, dass zwei gleichzeitige Urteile, die sich auf ein Objekt bezogen, so genau ausfielen wie Einzelurteile für dieses Objekt. Dagegen war die Genauigkeit zweier gleichzeitiger Urteile, die sich auf verschiedene Objekte bezogen, reduziert, obwohl beide Objekte am selben Ort (überlappend) dargeboten wurden und kleiner als  $1^\circ$  Sehwinkel (der nach Eriksen & Eriksen, 1974, engsten Einstellung der Aufmerksamkeit) waren. Duncan schloss daraus, dass die entscheidende attentionale Beschränkung nicht in der orts-basierten Aufmerksamkeit liegt, sondern vielmehr darin, dass man nur auf ein Objekt zu einem gegebenen Zeitpunkt seine Aufmerksamkeit richten kann. Diese objekt-basierte Aufmerksamkeit macht dann die Attribute des entsprechenden Objekts der weiteren Verarbeitung zugänglich.

Nachfolgende Studien untersuchten die Eigenschaften des objekt-basierten Mechanismus genauer. In diesen wird gezeigt, dass es für die Verarbeitung zweier Reize von Vorteil ist, wenn diese sich auf demselben Objekt befinden. Auch dann, wenn die Entfernung der beiden Reize auf dem einen Objekt größer ist, als wenn die beiden Reize auf verschiedene Objekte verteilt sind, dabei aber näher

beieinander liegen. Ein erstes Beispiel für diesen objekt-basierten Mechanismus wird von Baylis und Driver (1993) vorgestellt. Sie präsentierten ihren Versuchspersonen eine horizontale Reihe von drei ohne Lücke aneinander anschließenden Vielecken (Abbildung 6), wobei das mittlere Objekt eine andere Farbe (z.B. rot) hatte als die seitlichen Objekte (z.B. grün).

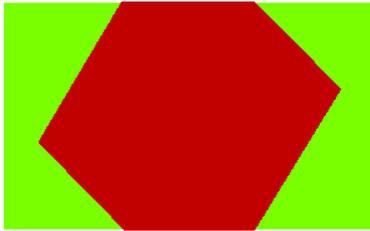


Abbildung 6

*Die Versuchspersonen hatten die relative Höhe der Knickpunkte des bzw. der Objekte in der Targetfarbe so rasch wie möglich zu vergleichen (Tastendruck auf der Seite des niedrigeren Knickpunktes), nach Baylis und Driver, 1993.*

Die Versuchspersonen hatten sich auf eine bestimmte Zielreizfarbe, z.B. rot, einzustellen. Je nach Farbeinstellung segmentierten die Versuchspersonen diese Reihe dann entweder in ein zentrales (rotes) Objekt auf einem grünen seitlichen Hintergrund oder in zwei seitliche (rote) Objekte mit einem grünen Hintergrund im Zentrum. Die direkt aneinander anschließenden (seitlichen) Grenzkonturen des zentralen und der seitlichen Objekte hatten einen identischen Verlauf. Jede der beiden gemeinsamen Grenzkonturen war durch einen Knick gekennzeichnet, wobei die beiden Knickpunkte relativ zur Grundlinie der Vielecke unterschiedlich hoch waren.

Baylis und Driver fanden, dass das Vergleichsurteil dann schneller gefällt wurde, wenn die Knickpunkte von ein und demselben zentralen Objekt zu vergleichen waren, relativ zu den Knickpunkten der seitlichen Objekte. Da aber die zu vergleichenden Knickpunkte in beiden Fällen exakt gleich waren, konnte dieser Befund nicht auf orts-basierte Aufmerksamkeit zurückgeführt werden. Baylis und Driver argumentierten, dass nur ein Objekt zu einer Zeit für perzeptive Urteilsprozesse repräsentiert werden könne.

Vecera & Farah (1994) führten die Experimente von Duncan fort, da sie die Ansicht vertraten, dass man seine Ergebnisse alternativ erklären könne. Duncan (1984) war zu dem Schluss gekommen, dass man seine Aufmerksamkeit zu einem Zeitpunkt nur auf ein Objekt richten könne. Vecera und Farah meinten

jedoch, man könne diese Ergebnisse auch mit einer orts-basierten Hypothese erklären. So könnte es sein, dass sich die räumliche Aufmerksamkeit an die Form eines Objekts anpassen kann, wodurch nicht ein Objekt, sondern die genaue Position selektiert wird. In ihren Experimenten testeten sie, ob die objekt-basierten Aufmerksamkeitseffekte von Duncan möglicherweise durch gruppierte orts-basierte Repräsentationen vermittelt wurden. Ihre Reizdisplays waren ähnlich wie bei Duncan, wobei sie in der Hälfte der Fälle das Rechteck und die Linie übereinander darboten, in der anderen Hälfte waren Rechteck und Linie nebeneinander abgebildet. Ihre Hypothese lautete: Wenn Duncans Annahme, dass es für die Bearbeitung zweier Reize von Vorteil ist, wenn sie auf demselben Objekt liegen, und dies für eine objekt-basierte Verarbeitung spricht, richtig ist, dann müsste dieses Ergebnis in der Bedingung mit der Trennung von Rechteck und Linie nicht mehr auftreten. Ihre Ergebnisse bestätigten jedoch die Annahme einer objekt-basierten Selektion von Duncan.

Behrmann, Zemel & Mozer (1998) beschäftigten sich ebenfalls mit der Frage, wie Reize am selben oder an verschiedenen Objekten verarbeitet werden. Außerdem wollten sie herausfinden, wo die Grenzen der Gruppierungsprozesse liegen, die zur Selektion bestimmter Objekte führen. Sie stellten sich die Frage, ob die sichtbaren Teile eines teilweise verdeckten Objekts genauso stark und schnell gruppiert werden wie die Teile eines komplett sichtbaren Objekts. In ihren Experimenten war die Aufgabe der Versuchsperson, zu entscheiden, ob bei zwei sich überlappenden Objekten die Anzahl der Kerben gleich oder ungleich war, dabei waren die relevanten Merkmale entweder am gleichen Objekt oder an verschiedenen Objekten (Abbildung 7).

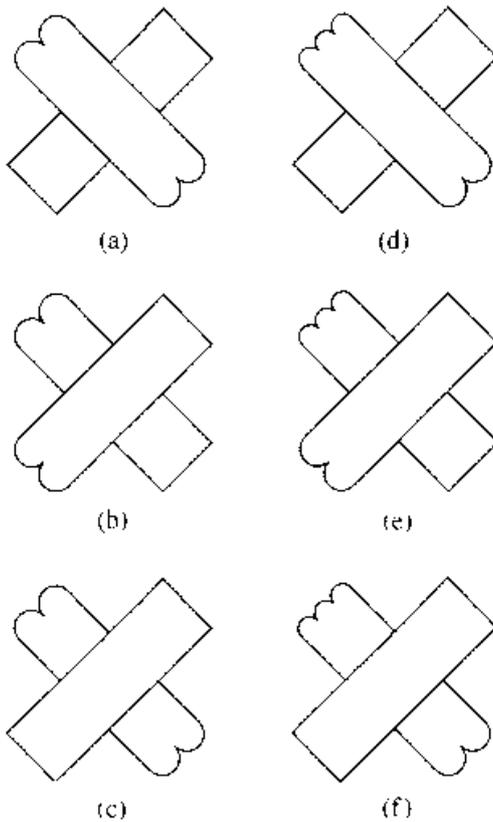


Abbildung 7

Berichtet werden sollte, ob die Anzahl der sichtbaren Kerben an den Enden der Objekte gleich oder verschieden ist. In Stimulus (b) sind die zu vergleichenden Objektelemente näher beieinander als in (a) oder (c). Trotzdem kann das in diesem Fall korrekte „Gleich“-Urteil für (a) und (c) schneller gefällt werden als für (b), da sich bei (a) und (c) die zu vergleichenden Elemente auf einem kohärenten Objekt befinden. Analoges gilt für die „Verschieden“-Urteile: Diese erfolgen langsamer für (e) als für (d) und (f); nach Behrmann, Zemel & Mozer (1998).

In Übereinstimmung mit den bisher gezeigten Studien zeigte sich, dass die Leistung der Versuchspersonen besser ist, wenn sich die zwei relevanten Merkmale am gleichen Objekt befinden. Objekte werden also von der Aufmerksamkeit selektiert und von dieser Selektion eines Objekts können alle Merkmale dieses Objekts profitieren. Doch wie sah es mit der Verdeckung aus? Hier zeigte sich, dass es keinen Unterschied für die Versuchsperson machte, ob das Objekt verdeckt oder nicht verdeckt präsentiert wurde. Unsere Wahrnehmung scheint ohne Problem ein teilweise verdecktes Objekt rekonstruieren zu können. Die Experimente von Behrmann, Zemel und Mozer bestätigten zum einen, dass es einen Vorteil für die Verarbeitung von Merkmalen darstellt, wenn sie am selben Objekt präsentiert werden, zum anderen konnte die Annahme eines objektbasierten Selektionsmechanismus unterstützt werden.

### **3.3 Fazit**

Lange Zeit wurden orts-basierte Selektion und objekt-basierte Selektion als einander ausschließende Alternativen angesehen. Mittlerweile liegt jedoch ausreichende Evidenz für die voneinander unabhängige Existenz beider Mechanismen vor. (vgl. Downing, Liu, & Kanwisher, 2001; Yantis, 1998). Aus diesem Grund gehen mittlerweile immer mehr Autoren davon aus, dass sich orts-basierte und objekt-basierte Selektion nicht ausschließen, sondern ergänzen (z. B. Downing et al., 2001). Während es über die orts-basierte Selektion zahlreiche Studien gibt, sind die Eigenschaften des objekt-basierten Selektionsmechanismus noch wenig untersucht. Ein Paradigma, mit dem sich objekt-basierte Selektion untersuchen lässt, ist der Stroop-Aufgabe. Im folgenden Kapitel soll der Stroop-Mechanismus vorgestellt und erklärt werden.

## **4 Der Stroop-Effekt – automatische Verarbeitung?**

### **4.1 Definition: Stroop-Effekt**

Eines der am häufigsten benutzten Paradigmen der psychologischen Aufmerksamkeitsforschung ist die Stroop-Aufgabe. Bei einer typischen Version der Stroop-Aufgabe (Stroop, 1935) bietet man der Versuchsperson ein Farbwort dar und variiert die Kongruenz zwischen Wortbedeutung und Wortfarbe. Sollen die Versuchspersonen die Wortfarbe berichten, interferiert die irrelevante Wortbedeutung sehr stark: Inkongruente Bedingungen führen zu sehr viel längeren Reaktionszeiten und zu mehr falschen Antworten als kongruente Bedingungen. Sollen die Versuchspersonen dagegen die Wörter vorlesen, dann interferiert die irrelevante Wortfarbe kaum.

Stroop präsentierte seinen Versuchspersonen in seinem ersten Experiment Listen mit Farbwörtern mit Variation der Schriftfarbe der Wörter. Ein Teil der Farbwörter war in schwarzer Schriftfarbe (neutral), der andere Teil in inkongruenter Schriftfarbe, z. B. das Wort „Rot“ in blauer Farbe, geschrieben. Wurden die Versuchspersonen angewiesen, das Farbwort vorzulesen, blieben die

Reaktionszeiten in den verschiedenen Bedingungen annähernd gleich. Sollten sie jedoch die Farbe des Wortes benennen, so zeigte sich ein deutlicher Anstieg der Reaktionszeiten im Vergleich zu der neutralen Bedingung (Wortfarbe schwarz). Zum Stroop-Effekt gibt es inzwischen eine Vielzahl von Untersuchungen. In vielen Stroop-Aufgaben wird inzwischen ein separierter Reiz dargeboten: Wortbedeutung und Farbe des Wortes sind nicht mehr am selben Ort verbunden (integrierte Stroop-Aufgabe), sondern es muss beispielsweise die Farbe eines Rechtecks genannt werden, das von Farbwörtern, die entweder kongruent oder inkongruent zur Farbe des Rechtecks sind, flankiert ist. Einen guten Überblick über die Forschungsschwerpunkte bietet MacLeod (1991).

Die nach wie vor am weitesten verbreitete Erklärung der Stroop-Interferenz beruht auf der Unterscheidung zwischen automatischen und kontrollierten Prozessen der Informationsverarbeitung (vgl. Posner & Snyder, 1975). Automatische Prozesse laufen schnell ab, sie benötigen keine begrenzten kognitiven Ressourcen und sie werden auch ohne eine entsprechende Intention in Gang gesetzt. Kontrollierte Prozesse sind dagegen langsam, sie benötigen begrenzte kognitive Ressourcen (z.B. Aufmerksamkeit) und sie setzen eine entsprechende Intention voraus. Viele Autoren erklären den Stroop-Effekt dadurch, dass es sich bei der Wortverarbeitung (Lesen) um einen stark automatisierten Prozess handelt, während das Benennen von Farben auf kontrollierter Verarbeitung beruht (z.B., Brown, Gore, & Carr, 2002; MacLeod & MacDonald, 2000; Müller & Krummenacher, 2002). Mit anderen Worten: Der Stroop-Effekt wird von vielen Autoren darauf zurückgeführt, dass die Verarbeitung der Wortbedeutung – im Gegensatz zur Verarbeitung der Wortfarbe – keine Aufmerksamkeit benötigt. Doch stimmt diese Aussage wirklich?

Trotz intensiver Forschung gelten die Ursachen des Stroop-Effekts bis heute als noch nicht ausreichend erklärt (MacLeod, 1991, 1998). Ein besseres Verständnis dieses Phänomens würde jedoch wichtige Einblicke in die Wirkungsweise der Mechanismen selektiver Aufmerksamkeit liefern. So wäre es beispielsweise interessant, mehr darüber zu erfahren, warum für uns irrelevante Information in bestimmten Situationen unsere Aufmerksamkeit in Beschlag nimmt.

Dies ist ein Phänomen, das auch in der Praxis häufig auftritt und sich oft als störend erweist. So ist es zum Beispiel für Fluglotsen sehr wichtig, keine irrelevanten Reize auf dem Bildschirm zu haben, die unbeabsichtigt ihre Aufmerksamkeit auf sich lenken. Um dem Verständnis der Ursachen des Stroop-Effekts näher zu kommen, ist es sinnvoll, zwei wichtige Aspekte zu unterscheiden und getrennt zu analysieren. Der erste Aspekt besteht in dem offensichtlichen Fehlschlagen der Selektivität in der Stroop-Aufgabe: Warum können Menschen die irrelevante Information in der Stroop-Aufgabe nicht ignorieren? Der zweite Aspekt besteht in der Asymmetrie der Interferenz: Warum hat die irrelevante Wortbedeutung einen so starken Einfluss auf die Farbverarbeitung, während die irrelevante Wortfarbe kaum einen Einfluss auf die Verarbeitung der Wortbedeutung ausübt? In den Publikationen zum Stroop-Effekt hat die zweite Fragestellung bisher wesentlich mehr Aufmerksamkeit erfahren als die erste. Es liegen eine Vielzahl alternativer Erklärungsansätze für die Asymmetrie der Stroop-Interferenz vor, auf die im folgenden kurz eingegangen werden soll.

#### **4.2 Erklärungsmodelle und Zwei-Prozess-Theorien**

Will man die Ursachen für den Stroop-Effekt herausfinden, ist es notwendig, sich mit dem Zustandekommen von Interferenz im allgemeinen zu beschäftigen. Wie entsteht Interferenz eigentlich? Eine Möglichkeit, Interferenz zu erklären, wird durch unterschiedliche Verarbeitungsgeschwindigkeiten dargestellt. Sogenannte Wettlauf-Modelle nehmen parallele Verarbeitung relevanter und irrelevanter Merkmale an, die mit unterschiedlicher Geschwindigkeit bearbeitet werden. Diese Modelle gehen davon aus, dass die Verarbeitung der irrelevanten Wortinformation in der Stroop-Aufgabe eine höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit aufweist als die relevante (Lesen geht schneller als Farbe benennen), so dass die irrelevante Information zeitlich vor der relevanten in das Antwortsystem übergeht.

Alternativ dazu gehen sogenannte Übersetzungsmodelle davon aus, dass mehrere Verarbeitungssysteme existieren, die mit spezifischen Reizverarbeitungs- und Reaktionsmodulen ausgestattet sind. Soll nun eine bestimmte Reizinformation aus einem System in ein anderes System weitergegeben werden, dann muss die Information zuerst in die Sprache des anderen Systems übertragen werden. Beim

Stroop-Effekt sieht dies folgendermaßen aus: Werden die zwei Dimensionen eines Stroop-Reizes in verschiedenen Systemen verarbeitet, kommt es zu keiner Interferenz. Wenn die verbale Information also mit einer verbalen Reaktion zu beantworten ist, kann die Farbinformation nicht interferieren. Werden zwei Dimensionen eines Stroop-Reizes im gleichen System verarbeitet, weil die Information aus einem System (Farbsystem) in die des anderen (verbales System) übersetzt werden muss, dann kommt es zur Interferenz.

Aktuelle Theorien zur Interferenz durch irrelevante Information attribuieren Interferenzbefunde auf eine automatische Verarbeitung des irrelevanten Merkmals. Interferenz in der Stroop-Aufgabe wird in diesem Ansatz darauf zurückgeführt, dass stärker automatisierte Prozesse mit weniger stark automatisierten interferieren. Kognitive Prozesse lassen sich in zwei Kategorien teilen: Automatische Prozesse, die keine Aufmerksamkeit erfordern und kontrollierte Prozesse, die Aufmerksamkeit beanspruchen. Automatische Steuerungsprozesse scheinen ohne Bewusstsein abzulaufen, bzw. nehmen keine Ressourcen in Anspruch, hingegen läuft kontrollierte Steuerung sehr wohl bewusst ab und hat ein Limit an gleichzeitig zu verarbeitender Informationsmenge. Die meisten Ansätze zur Erklärung von Automatizität sind im wesentlichen Zwei-Prozess-Theorien, in denen automatische Prozesse kontrollierten Prozessen gegenübergestellt werden. Im folgenden Kapitel über automatische Verarbeitung in der Stroop-Aufgabe werden die einflussreichsten dieser Theorien eingehender dargestellt und diskutiert, insbesondere die Ansätze von Posner und Snyder (1975) und Shiffrin und Schneider (1977). Außerdem wird die von Neumann (1984) vorgebrachte Kritik an diesen Ansätzen sowie seine alternative Konzeption von Automatizität erörtert.

### **4.3 Automatizität und Selektion in der Stroop-Aufgabe**

#### *4.3.1 Definition: Automatische Verarbeitung*

Manche Handlungen, wie beispielsweise das Autofahren, fallen uns anfangs schwer und verbrauchen viel Kapazität: Man muss sich über die einzelnen Handlungsschritte, wie Kuppeln, Gasgeben, Blinken (...) Gedanken machen. Doch nach einiger Zeit laufen diese Vorgänge ganz von selbst ab. Eine

Erklärung für diesen Effekt besteht darin, dass einige Arbeitsvorgänge im Lauf der Zeit aufhören, Anforderungen an die zentrale Kapazität (Aufmerksamkeit) zu stellen - d.h., sie werden „automatisiert“.

Posner und Snyder (1975) schlagen drei primäre Kriterien vor, um einen automatischen von einem kontrollierten Prozess zu unterscheiden:

- 1) Zum einen soll ein automatischer Prozess ohne Intention ablaufen,
- 2) außerdem ist sein Ablauf nicht dem bewussten Erleben zugänglich und
- 3) darüber hinaus soll er nicht mit anderen gleichzeitig ablaufenden Prozessen interferieren.

Eine Studie zur empirischen Unterscheidung von automatischen und kontrollierten Prozessen stammt von Jonides (1981). In seinem Experiment (vgl. auch Seite 24) wollte er herausfinden, inwieweit eine willentliche, nicht jedoch eine automatische Orientierung der räumlichen Aufmerksamkeit, unterdrückt werden kann. Den Versuchspersonen wurden in jedem Durchgang des Experimentes acht Buchstaben präsentiert, die in gleichem Abstand voneinander auf einer Kreisbahn dargeboten waren. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin, mit einem Tastendruck links zu antworten, wenn im Display ein L vorkam und die rechte Taste zu drücken, wenn ein R präsentiert wurde. Vor der Darbietung des Displays wurde ein Hinweisreiz gezeigt. Der Hinweisreiz war entweder ein zentral präsentierter Pfeil, dessen Spitze in die Richtung eines der acht Buchstaben zeigte, oder ein peripher gezeigter Pfeil, der in unmittelbarer Nachbarschaft eines der acht Buchstaben gezeigt wurde.

In diesem Experiment hatte der Hinweisreiz keinen prädiktiven Wert, denn er sagte die Position des Zielreizes nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 12.5% richtig voraus. In dem Experiment gab es zwei verschiedene Instruktionen: Einmal wurde der Versuchsperson gesagt, die Validität des Hinweisreizes sei ziemlich gering, sie sollten jedoch stets den Hinweisreiz nutzen, da sie dadurch im Durchschnitt bessere Ergebnisse erzielen würden. In der anderen Instruktion wurden die Versuchspersonen angewiesen, die Hinweisreize zu ignorieren.

Die Ergebnisse zeigten, dass die verschiedenen Instruktionen ausschließlich einen Einfluss auf die Ergebnisse bei zentralen Hinweisreizen hatte, nicht jedoch

auf die Ergebnisse bei peripheren Hinweisreizen. Waren die Versuchspersonen instruiert, die Hinweisreize zu beachten, waren die Reaktionszeiten bei validen zentralen Hinweisreizen kürzer als bei nicht validen zentralen Hinweisreizen. Waren die Versuchspersonen dagegen instruiert, die Hinweisreize zu ignorieren, gab es praktisch keinen Unterschied in Abhängigkeit von der Validität der zentralen Hinweisreize. Es scheint so zu sein, dass die Effekte von zentralen Hinweisreizen davon abhängen, ob eine Versuchsperson die Absicht hat, einen Hinweisreiz zu verwenden oder nicht. Periphere Hinweisreize beeinflussen die Reaktionszeiten auf nachfolgende Zielreize zum Beispiel selbst dann, wenn sie ignoriert werden sollten. In diesem Experiment wird also gezeigt, dass bei einem zentral dargebotenen Hinweisreiz ein willentlich kontrollierter Prozess ausschlaggebend ist, während bei einem peripheren Hinweisreiz der nachfolgende Prozess offenbar automatisch abläuft. Diese Studie zeigt sehr klar, wie unter kleinsten unterschiedlichen Bedingungen innerhalb eines Experiments sowohl kontrollierte als auch automatische Prozesse hervorgerufen werden können.

Eine grundlegende Studie zur Unterscheidung von kontrollierten und automatischen Prozessen haben Shiffrin und Schneider (1977; Schneider & Shiffrin, 1977) durchgeführt. Sie untersuchten mittels eines visuellen Suchparadigmas mit einer variablen Anzahl von Elementen, wie man automatische und kontrollierte Verarbeitung als getrennte Prozesse definieren kann. In den Experimenten wurde den Versuchspersonen in einer Lernphase eine Menge von Items dargeboten, die sie sich merken mussten. In der darauffolgenden Testphase erhielten sie die Instruktion, die Items anzugeben, die in der vorher zu merkenden Menge enthalten waren. Sowohl Zielreize als auch Distraktoren blieben konstant, beispielsweise waren Zielreize immer Buchstaben und Distraktoren immer Ziffern (Abbildung 8). In dieser konsistenten Zuordnung hatten weder die Größe der Merk-Items noch die Anzahl der dargebotenen Distraktoren Einfluss auf die Reaktionszeiten. Wurde jedoch in einem weiteren Versuchsdurchgang die Zusammensetzung der Merk- und der Distraktormenge variiert, stieg die Reaktionszeit sowohl mit der Anzahl der Merk-Items als auch mit der Anzahl der Distraktoren an.

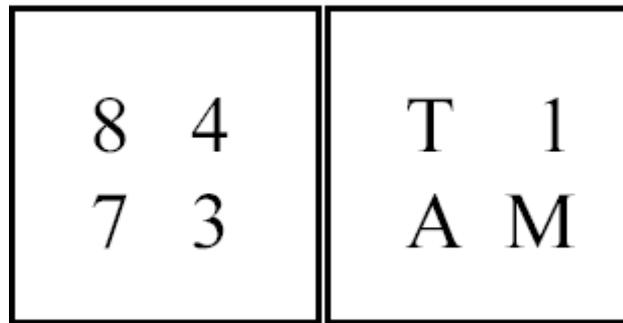


Abbildung 8

*Aufgrund der unterschiedlichen Abhängigkeit der beiden Suchprozesse von der Anzahl der relevanten als auch der irrelevanten Items schlossen Schneider und Shiffrin auf zwei grundlegend verschiedene Informationsverarbeitungsprozesse (nach Schneider & Shiffrin, 1977).*

Ihre Ergebnisse zeigten, dass bei konsistenter Zuordnung der Items die Such-Reaktionszeiten relativ unabhängig von der Größe der Gedächtnismenge und der Displaymenge waren. Dagegen nahmen bei variabler Zuordnung die Reaktionszeiten sowohl bei der Größe der Gedächtnismenge als auch der Displaymenge zu. Schneider und Shiffrin erklärten dieses Befundmuster dadurch, dass bei variabler Zuordnung die Suche einen kontrollierten Prozess serieller Vergleiche zwischen einem jeden Element der Gedächtnismenge und einem jeden Element der Displaymenge involviert, bis ein Zielreiz gefunden oder alle möglichen Vergleiche durchgeführt wurden. Dagegen involviert die Suche bei konsistenter Zuordnung einen automatischen Entdeckungsprozess, der parallel über das ganze Display abläuft, wie beispielsweise das Popout bei visueller Suche (ein Zielreiz springt sozusagen ins Auge). Es wird davon ausgegangen, dass sich dieser automatische Entdeckungsprozess als Ergebnis intensiver Übung im Unterscheiden von Buchstaben und Ziffern entwickelt hat. In weiteren Experimenten konnten Shiffrin und Schneider (1977) mit ihren Experimenten außerdem sowohl eine Abhängigkeit der Automatisierung eines Prozesses vom Ausmaß der Übung als auch eine schwere Unterdrückbarkeit automatischer Prozesse zeigen: Wurde zum Beispiel in dem Paradigma der visuellen Suche nach einer langen Übungsperiode die Zuordnung der einzelnen Items zur Zielreizmenge bzw. zur Distraktormenge invertiert, so zeigte sich die Verarbeitung auch nach einer ebenso langen Übungsperiode mit der neuen Zuordnung noch signifikant verschlechtert gegenüber der Bearbeitung in der ursprünglichen

Zuordnung. Dies kann man als Beleg dafür sehen, dass einmal erworbene automatische Entdeckungsreaktionen auch auf erlernte Stimuli außerhalb des Fokus der Aufmerksamkeit ansprechen, also nicht unterdrückt werden können, und dass sie nur durch ausgedehnte Übung wieder verlernt werden können.

Shiffrin und Schneider arbeiteten also wesentliche Kennzeichen automatischer und kontrollierter Verarbeitung heraus. Zur kritischen Bewertung ihrer Zwei-Prozess-Theorie ist anzumerken, dass sich als „automatisch“ angenommene Prozesse bei genauer Betrachtung nicht als strikt automatisch erweisen. Beispielsweise sind die Suchreaktionszeit-Funktionen unter konsistenten Zuordnungsbedingungen nicht völlig unabhängig von der Größe der Gedächtnis- und der Displaymenge, was darauf hinweist, dass der Suchprozess nicht strikt parallel verläuft und Kapazität beansprucht. Weiterhin sagt der Vorschlag, dass bestimmte Prozesse durch Übung automatisiert werden, wenig darüber aus, was sich eigentlich im Verlauf der Übung verändert (vgl. auch Müller und Krummenacher, 2002).

Neumann (1984) übte Kritik an den Zwei-Prozess-Theorien. Er vertrat die Ansicht, dass automatische Prozesse durchaus kontrolliert bzw. gesteuert werden, allerdings auf einer Ebene, die sich dem Bewusstsein entzieht. Seiner Meinung nach ist Bewusstsein eine Schlüsseleigenschaft für Prozesse unserer selektiven Informationsverarbeitung. Seine Kritik umfasste im wesentlichen fünf Punkte, wobei Neumann zwischen primären und sekundären Kriterien unterscheidet. Primäre Kriterien sind für ihn:

1. Die Art der Funktion: Automatische Prozesse erfordern keine Kapazität, und weder erleiden sie noch verursachen sie Interferenz,
2. die Art der Kontrolle: Automatische Prozesse stehen unter der Kontrolle der Stimulation, nicht unter der Kontrolle von Intentionen (Strategien, Erwartungen, Plänen), und
3. die Art der Repräsentation: Automatische Prozesse führen nicht notwendigerweise zu bewusstem Gewahrsein.

Dazu kommen als sekundäre Kriterien,

1. dass automatische Prozesse „festverdrahtet“ (*wired in*) bzw. durch Übung erlernt sind und
2. dass sie einfach, schnell und inflexibel (d.h., nur durch ausgedehnte Übung modifizierbar) sind.

Zu Kriterium 1 (kapazitätsunabhängige Funktion) bemerkte Neumann, dass es sich nur schwer nachweisen lässt, dass eine Aufgabe, die scheinbar „automatisch“ erledigt wird, keine Kapazität beansprucht. Selbst gutgeübte Aufgaben verursachen Interferenz, wenn die Reaktionen ähnlich sind. Zu Kriterium 2 (stimulusabhängige Kontrolle) führte Neumann an, dass sich selbst beim Stroop-Effekt die Interferenz reduzieren lässt, wenn das Wort und die inkongruente Farbe örtlich separat dargeboten werden (Kahneman & Henik, 1981), d.h., der Effekt ist nicht rein reiz-gesteuert. Also generieren Distraktoren Interferenz nicht einfach durch ihre Anwesenheit im Umfeld, sondern dadurch, dass sie mit der intendierten Handlung verbunden sind. Beispielsweise sind beim Stroop-Effekt sowohl das Wort als auch die Farbe mit dem gegenwärtig aktiven Aufgabenset verbunden. Das heißt, es ist die strategische, kontrollierte Einstellung (*set*) des kognitiven Systems, „auf Farben zu reagieren“, die zu der Interferenz führt. Im Zusammenhang mit Kriterium 3 (Kontrolle unter dem Bewusstseinsniveau) stellt Neumann die Frage, ob es mit der Ausführung einer Aufgabe zusammenhängende intentionale Prozesse gibt, die aber dem Bewusstsein nicht zugänglich sind. Seiner Meinung ist dies der Fall. Dies kommt z.B. beim „tip-of-the-tongue“-Phänomen zum Ausdruck: Ein gesuchtes Wort liegt sozusagen auf der Zunge, es fällt einem aber erst wieder ein, wenn man die Gedächtnissuche schon aufgegeben hat. Derartige Prozesse ereignen sich im Kontext einer latent fortlaufenden Tätigkeit und müssen somit zu einem bestimmten Grad von Intentionen abhängen, obwohl sie mit wenig oder keinerlei Bewusstsein ablaufen. Neumann fasst zusammen, dass die meisten für „automatisch“ gehaltenen Prozesse bestenfalls teilweise automatisch sind und sich nicht so leicht von bewusst-intentionalen Prozessen trennen lassen wie im Rahmen von strengen Zwei-Prozess-Theorien angenommen. Allerdings wird weiterhin bei vielen Prozessen die einfache Unterscheidung zwischen willentlich-kontrollierten und

automatischen Prozessen angewendet, wie auch beim Stroop-Effekt: Viele Autoren glauben hier, dass die Verarbeitung irrelevanter Wörter in Stroop-Aufgaben automatisch ist, d.h. ohne Aufmerksamkeit ablaufen kann.

#### 4.3.2 Automatische Verarbeitung in der Stroop-Aufgabe?

Doch gibt es überhaupt automatische Verarbeitung in der Stroop-Aufgabe? In diesem Kapitel soll anhand der von Neumann (1984) aufgestellten drei primären Kriterien (Bewusstheit, Intentionalität und Kapazität) für automatische Verarbeitung überprüft werden, ob es Evidenz dafür gibt, dass irrelevante Wörter in der Stroop-Aufgabe automatisch verarbeitet werden.

Wenn der Stroop-Effekt auf strikt automatischen Prozessen beruht, dann sollte er auch unbewusst ablaufen. Cheesman und Merikle (1984) wollten in ihrer Studie diese Annahme überprüfen und stellten folgende Hypothese auf: Ist Wortverarbeitung automatisch, dann sollte ein Wort Stroop-Interferenz erzeugen, unabhängig davon, ob es über oder unter einer bewussten Wahrnehmungsschwelle dargeboten wird. In ihren Experimenten wurde der Versuchsperson ein Wort (*prime*) dargeboten (rot, grün, gelb, blau), das anschließend maskiert wurde. Danach erschien ein Rechteck (rot, grün, gelb, blau), dessen Farbe zu berichten war. Prime und Rechteck konnten entweder kongruent (beispielsweise das Wort „Rot“ mit einem roten Rechteck kombiniert) oder inkongruent (Wort „Rot“, Rechteck grün) zueinander sein. In ihrem Experiment variierten Cheesman und Merikle durch Darbietungsdauer des Primes die Wahrnehmungsschwellen, an denen ein Prime entdeckt wird. Indem man nämlich unterschiedliche Stufen, in denen ein Prime wahrgenommen wird, untersucht, kann man eine Beziehung zwischen der Wirkung des Primings und dem Grad an Bewusstheit herstellen. Im Experiment gab es drei Stufen der Entdeckbarkeit (25%, 55%, 90%) des Primes und eine Bedingung ganz ohne Maskierung. Die Ergebnisse zeigten, dass Stroop-Wörter erst dann Interferenz erzeugten, wenn sie bewusst wahrgenommen wurden. Im zweiten Experiment gab es außerdem sowohl eine subjektive, als auch eine objektive Schwelle, d.h. in der Bedingung mit der subjektiven Schwelle wird für jede Versuchsperson vor dem

Experiment die Schwelle ermittelt, bei der sie gerade noch einen Reiz wahrnehmen kann. Auch hier zeigten die Ergebnisse, dass Stroop-Wörter nur dann Interferenz erzeugten, wenn sie bewusst wahrgenommen werden können. Dies spricht gegen die Hypothese, dass Wahrnehmung ohne Bewusstheit abläuft. Damit kann man außerdem feststellen, dass die Verarbeitung in der Stroop-Aufgabe nicht rein automatisch ablaufen kann, da ein automatischer Prozess dadurch gekennzeichnet ist, dass er ohne Bewusstsein auskommt und dies durch die Experimente von Cheesman und Merikle widerlegt werden konnte.

Ein weiterer Faktor, der Aufschluss über die automatische Verarbeitung in der Stroop-Aufgabe geben kann, ist die Intentionalität. Eine strikte Unterscheidung zwischen automatischen und kontrollierten Prozessen wird vielen Befunden nicht gerecht. Dies kann man auch an Alltagssituationen belegen: Zum Beispiel auf der Autobahn. Wir überholen einen Laster, weil wir zeitlich knapp dran sind, oder wir machen ein anderes Mal diesen Überholvorgang ganz automatisch, da der Reiz „Laster“ immer die gleichen Schritte, wie Blinken, Schulterblick, auf die linke Spur wechseln (...) auslöst. Diese Handlung kann also in einem Fall kontrolliert, also absichtlich ausgeführt werden, zum anderen wird sie automatisch durch den Reiz „Laster“ ohne bewussten Abruf ausgelöst. Diese Annahme, dass bisher als automatisch angenommene Prozesse auch intentional ablaufen können, haben Bauer und Besner (1997) in einem Experiment überprüft. Die Aufgabe der Versuchspersonen war es, die Farbe eines Stroop-Wortes zu berichten. Es gab eine kongruente (Wort „Blau“ in blau geschrieben) und eine inkongruente (Wort „Blau“ in grün geschrieben) Bedingung. Es gab zwei unterschiedliche Instruktionen: Zum einen sollten die Versuchspersonen eine Klassifikationsaufgabe ausüben: Wurde beispielsweise ein blaues Wort gezeigt, sollte eine bestimmte Taste gedrückt werden, erschien ein grünes Wort, dann sollte eine andere Taste gedrückt werden. Die andere Bedingung stellte eine Detektionsaufgabe dar: Die Versuchspersonen sollten bei Anwesenheit einer bestimmten Farbe eine Taste drücken und bei Abwesenheit eine andere Taste. Es zeigte sich, dass bei der Klassifikationsaufgabe das übliche Muster des Stroop-Effekts auftrat: Inkongruente Wörter führten zu höheren Fehlerquoten und zu längeren Reaktionszeiten, während kongruente Wörter eine Erleichterung der Aufgabe darstellten. Bei der Detektionsaufgabe hingegen trat kein Stroop-Effekt auf, d.h.,

kongruente und inkongruente Wörter führten zu keinen unterschiedlichen Reaktionen. Dieses Ergebnis stellt die dominierende Ansicht, Wörter lesen sei ein rein automatischer Prozess, in Frage. So bestimmt die mentale Einstellung Art und Ausmaß der Verarbeitung. Diese Einstellung wird auch immer durch den aktuellen Kontext und die damit verbundenen Intentionen beeinflusst.

Schon jetzt kann man daran zweifeln, ob in der Stroop-Aufgabe einem willkürlichen Prozess (Farbe nennen) ein Prozess gegenüber gestellt werden kann, den viele für unwillkürlich und automatisch halten (Wort lesen). Beschäftigt man sich außerdem mit dem Kriterium der Kapazitätsabhängigkeit in der Stroop-Aufgabe, so kommen weiter Zweifel auf, ob hier ein automatischer Prozess zugrunde liegt. Brown, Gore und Carr (2002) untersuchten, ob fokussierte Aufmerksamkeit für die Worterkennung wichtig ist. Werden Wörter auch erkannt, wenn sie nicht im Fokus der Aufmerksamkeit liegen? In ihren Experimenten sollten Versuchspersonen die Farbe eines Rechtecks nennen, wobei gleichzeitig ein Farbwort präsentiert wurde. Spontan aufleuchtende Hinweisreize lenkten die Aufmerksamkeit entweder auf das Rechteck oder auf das Farbwort. Im ersten Experiment zeigt sich, dass der Stroop-Effekt größer war, wenn die Position des Farbworts durch einen Hinweisreiz angezeigt worden war. Auch das zweite Experiment spiegelte diese Ergebnisse wieder, obwohl hier die Abstände zwischen Objekt und Farbwort vergrößert worden waren. In Experiment 3 wurden die Reizdisplays kürzer gezeigt, hier zeigten die Hinweisreize keine so effektive Wirkung wie bei längerer Reizdarbietung. Insgesamt zeigte sich, dass das Präsentieren eines Hinweisreizes den Stroop-Effekt beeinflusste: Er trat in allen Bedingungen auf, wobei er besonders groß wurde, wenn zuvor das Farbwort gecued worden war. Man kann also sagen, dass Aufmerksamkeit nicht nötig zu sein scheint, um Wörter zu erkennen, jedoch kann die Interferenz beeinflusst werden, zum Beispiel durch Präsentieren eines Hinweisreizes oder durch die Dauer, mit der ein Reiz gezeigt wird. Es wird deutlich, dass räumliche Aufmerksamkeit gezielt verlagert werden kann, und dass durch Aufmerksamkeitsverlagerung Information unterschiedlich verarbeitet wird, allerdings muss ein Wort nicht im Fokus der Aufmerksamkeit liegen um verarbeitet zu werden. Wenn das Farbwort gecued worden war, dann wurde die ganze Aufmerksamkeit auf dieses Wort gerichtet und all seine Merkmale verstärkt

verarbeitet, was zu einem größeren Stroop-Effekt in dieser Bedingung führte. Doch auch in den Bedingungen, in denen das Farbwort nicht im Zentrum der Aufmerksamkeit lag, trat ein (geringerer) Stroop-Effekt auf, was bedeutet, dass das Wort trotzdem verarbeitet worden war. Worterkennung läuft also teilweise durchaus automatisch ab und bedarf somit keiner Aufmerksamkeit. Jedoch kann die Stärke der Interferenz in der Stroop-Aufgabe beeinflusst werden durch Faktoren, wie beispielsweise gezielte Lenkung der Aufmerksamkeit oder zeitlich unterschiedliche Reizdarbietung.

#### *4.3.3 Objekt-basierte Selektion in der Stroop-Aufgabe*

Die im letzten Abschnitt dargestellten Studien deuten darauf hin, dass die Annahme, Wörter würden in der Stroop-Aufgabe streng automatisch verarbeitet, vielleicht zu stark ist. Auf der einen Seite scheint das Bewusstsein eine Rolle zu spielen, auf der anderen Seite hängt die Verarbeitung von vielen Faktoren ab, beispielsweise, die Menge an freier Kapazität für die Verarbeitung von Stroop-Wörtern, oder in welcher Umgebung die Stroop-Wörter präsentiert werden. Die genauen Ursachen der Verarbeitung von Wörtern in der Stroop-Aufgabe erscheinen also immer noch unklar. Viele Arbeiten beschäftigen sich aus diesem Grund mit dem Versagen der Selektion in der Stroop-Aufgabe. Dabei interessiert vor allem, in welcher Weise die Selektion vonstatten geht. Weit verbreitet war bisher die Annahme, dass Orte im Raum selektiert werden (Posner, 1980; vgl. Kapitel 3). Nach dem Modell der räumlichen Selektion kann die Verarbeitung irrelevanter Information dann nicht verhindert werden, wenn sich die irrelevante Information in der Nähe der relevanten Information, d.h. innerhalb eines „Scheinwerfers der visuellen Aufmerksamkeit“, befindet. Bei der Stroop-Aufgabe mit integrierter Präsentation (farbiges Farbwort) befinden sich relevante und irrelevante Information sogar am gleichen Ort: In diesem Fall sollte die Verarbeitung der irrelevanten Information also gar nicht unterdrückt werden können.

Die Annahme eines Versagens der räumlichen Selektion als Grundlage des Stroop-Effekts ist mit einer Reihe empirischer Beobachtungen vereinbar. Beispielsweise zeigten mehrere Studien, dass die Stroop-Interferenz mit zunehmender Entfernung zwischen relevantem Reiz und irrelevantem Reiz

abnimmt (Gatti & Egeth, 1978; Merikle & Gorewicz, 1979). Dieser Effekt kann folgendermaßen interpretiert werden: Die Wahrscheinlichkeit, mit der die Aufmerksamkeit auf das Wort gerichtet wird, nimmt mit zunehmender Entfernung des Wortes vom relevanten Reiz ab. Auf der anderen Seite gibt es jedoch auch empirische Beobachtungen, die darauf hindeuten, dass sich in der Stroop-Aufgabe nicht nur ein Versagen räumlicher Selektion herausbildet. Ein Beispiel ist der sogenannte Verdünnungseffekt (*dilution effect*; Kahneman & Chajczyk, 1983). Dieser Ausdruck bezeichnet eine deutliche Reduktion des Stroop-Effekts, wenn neben einem relevanten farbigen Reiz und einem irrelevanten Farbwort noch ein zweiter irrelevanter Reiz präsentiert wird. Dieser Verdünnungseffekt kann nicht im Rahmen der Scheinwerfer-Metapher erklärt werden. Wenn sich ein inkongruentes Farbwort einmal im Scheinwerfer der Aufmerksamkeit befindet, dann sollte dessen störende Wirkung nicht von der Anzahl weiterer irrelevanter Objekte im Scheinwerfer abhängen. Stattdessen deutet der Verdünnungseffekt somit darauf hin, dass in der Stroop-Aufgabe – neben der räumlichen Selektion – noch ein weiterer Selektionsmechanismus aktiv sein könnte. So könnte der Verdünnungseffekt als Hinweis auf eine Begrenzung der Anzahl perzeptueller Objekte, die gleichzeitig verarbeitet werden können, interpretiert werden.

Die Rolle objekt-basierter Selektion wurde zuerst von Kahneman und Henik (1981) untersucht. Diese Autoren postulieren ein Zweistufen-Modell der objekt-basierten Selektion. Auf einer ersten präattentiven Stufe soll das visuelle Feld zunächst in Hintergrund und potentielle Objekte segmentiert werden. Eines dieser potentiellen Objekte wird dann für die weitere Verarbeitung auf einer zweiten, attentiven Stufe selektiert. Die Selektion eines Objekts hat die Konsequenz, dass alle Merkmale dieses Objekts – also sowohl die aktuell relevanten als auch die aktuell irrelevanten Merkmale – parallel verarbeitet werden (vgl. auch Duncan, 1984). Somit beruht der Stroop-Effekt bei integrierter Darbietung (Wort und Farbe gehören dem gleichen Objekt an) nach Kahneman und Henik (1981) darauf, dass Versuchspersonen irrelevante Merkmale des selektierten Objekts nicht ignorieren können. Gleichzeitig sagt dieses Modell jedoch auch vorher, dass der Stroop-Effekt bei separater Darbietung (Farbe und Wort gehören verschiedenen Objekten an) deutlich verringert oder sogar verschwunden sein sollte. Diese Vorhersage testeten Kahneman und Henik in mehreren Experimenten. In einem dieser Versuche boten sie ihren Versuchspersonen jeweils zwei Wörter an

verschiedenen Orten dar. Eines der Wörter hatte in jedem Durchgang eine andere Farbe, das andere Wort war immer schwarz. Die Aufgabe bestand darin, die Farbe des nicht-schwarzen Wortes zu nennen. Die kritische Manipulation bestand darin, dass entweder das farbige Wort oder das schwarze Wort ein inkongruentes Farbwort war. Das zweite Wort hatte eine neutrale Bedingung. Kahneman und Henik beobachteten eine signifikant geringere Stroop-Interferenz, wenn das irrelevante Wort inkongruent war, als wenn das relevante Wort inkongruent war. Diese Beobachtung werteten die Autoren als Bestätigung ihres Modells der objektbasierten Selektion. Die Tatsache, dass man bei separater Darbietung von Farbe und inkongruentem Wort immer noch signifikante Stroop-Interferenz findet (z. B. Gatti & Egeth, 1978; Merikle & Gorewisch, 1979) erklärten Kahneman und Henik damit, dass die Aufmerksamkeit hin und wieder das falsche Objekt selektiert.

Von späteren Autoren wurden die Ergebnisse von Kahneman und Henik (1981) fast nie als Evidenz für objektbasierte Selektion zitiert. Im Gegenteil, die Ergebnisse werden meist als Evidenz für die These aufgeführt, der Stroop-Effekt werde durch die momentane Ausrichtung der räumlichen Aufmerksamkeit beeinflusst (z.B. Eysenck & Keane, 2000; Johnston & Dark, 1986; MacLeod, 1991). Die Ursache liegt darin, dass in den Versuchen von Kahneman und Henik die Objektzugehörigkeit der inkongruenten Information mit der räumlichen Distanz zwischen relevantem und irrelevantem Reiz konfundiert war. Gehörte der inkongruente Reiz zum relevanten Objekt, dann befand er sich am gleichen Ort wie der relevante Reiz. Gehörte der inkongruente Reiz zum irrelevanten Objekt, dann befand er sich an einem anderen Ort als der relevante Reiz. Insofern sind die Ergebnisse mit der Annahme orts-basierter Selektion absolut vereinbar. Weitere Versuche, den Beitrag objekt-basierter Selektion zur Stroop-Interferenz experimentell zu isolieren, gab es bislang nicht.

Eine neuere Studie zu dieser Fragestellung stammt von Wühr und Waszak (2003). Sie haben eine Reihe von Experimenten zu diesem Thema durchgeführt, auf die sich die vorliegende Arbeit stützt. Diese Experimente sollen nun kurz beschrieben werden, da sie von ihrem Aufbau her die Grundlage für die in dieser Arbeit entworfenen Untersuchungen bilden. Wühr und Waszak (2003) vertraten die Ansicht, dass es neben einem orts-basierten Mechanismus in der Stroop-Aufgabe ebenso einen objekt-basierten Selektionsmechanismus geben muss, der

imstande ist, nur die Merkmale des relevanten Objekts zu selektieren. Die Aufgabe der Versuchspersonen war es, die Farbe eines von zwei kreuzförmig angeordneten Rechtecken – beispielsweise die Farbe des vorderen Rechtecks – zu berichten. Um Stroop-Effekte zu erzeugen, wurden kongruente oder inkongruente Farbwörter (bzw. Buchstabenketten als neutrale Reize) entweder im relevanten (vorderen) Objekt, im irrelevanten (hinteren) Objekt, oder im Hintergrund gezeigt.

Das entscheidende Ergebnis bestand darin, dass Wörter im relevanten Objekt sehr viel größere Stroop-Effekte verursachten als in den übrigen Bedingungen (siehe Abbildung 9). Dieses Ergebnis kann nicht durch orts-basierte Selektion erklärt werden, da die Wörter in allen drei Bedingungen gleich weit von der Bildschirmmitte entfernt waren. Richten die Versuchspersonen nur einen „Scheinwerfer“ der Aufmerksamkeit auf die Bildschirmmitte, dann sollten die Stroop-Effekte in allen Bedingungen gleich groß sein. Die Ergebnisse sind aber mit der Idee der objekt-basierten Selektion vereinbar. Demnach selektiert die Aufmerksamkeit das relevante Objekt, wodurch die Verarbeitung aller Merkmale dieses Objekts verstärkt wird. Gehören die Wörter zum relevanten Objekt, verstärkt die Selektion die Stroop-Effekte. Somit scheint die irrelevante Wortbedeutung die Verarbeitung der Wortfarbe nicht nur deshalb zu beeinflussen, weil Lesen keine Aufmerksamkeit benötigt, sondern weil die Wortform Teil des durch die Aufmerksamkeit ausgewählten Objekts ist.

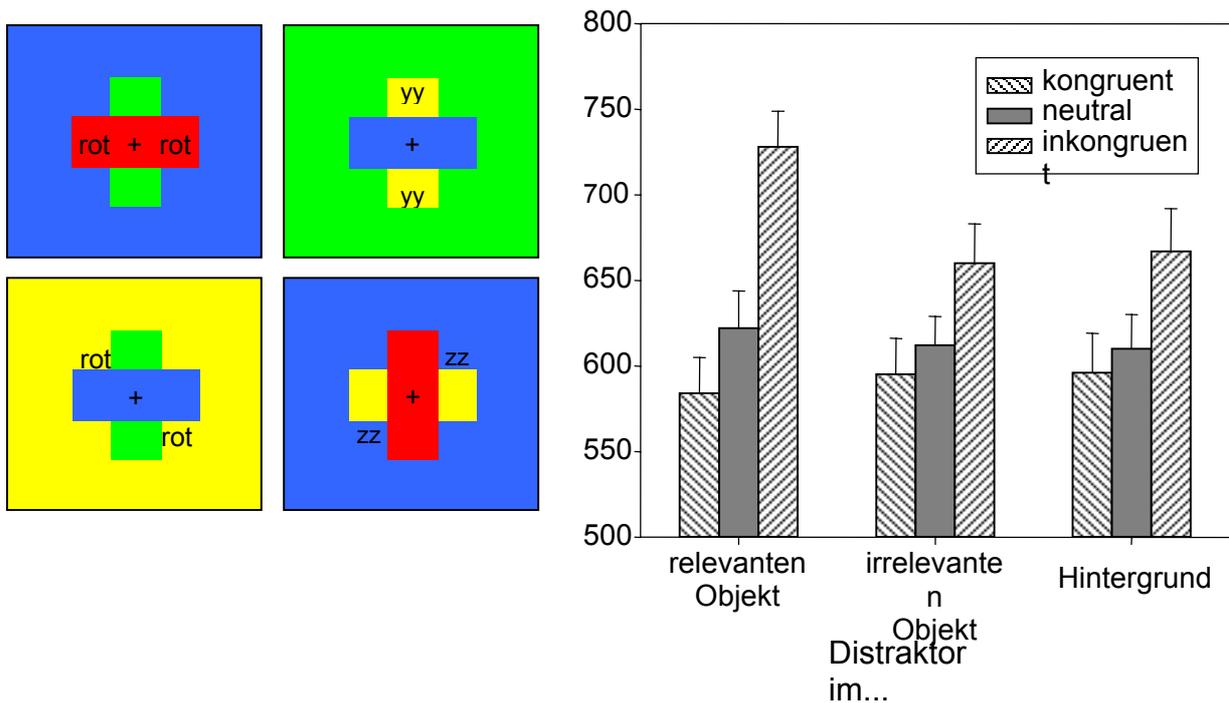


Abbildung 9

Die Displays zeigen verschiedene Reizanordnungen, Stroop-Wörter können im relevanten (vorderen) Rechteck, im irrelevanten Rechteck oder im Hintergrund stehen, wobei sie entweder kongruent, neutral oder inkongruent zur Farbe des relevanten Rechtecks sind. Rechts sieht man die Reaktionszeiten, deutlich ist der größte Stroop-Effekt im relevanten Objekt zu sehen. Wühr und Waszak (2003).

Das interessanteste Ergebnis der Experimente von Wühr und Waszak (2003) bestand darin, dass Farbwörter im relevanten Objekt deutlich größere Stroop-Effekte erzeugten als Farbwörter im irrelevanten Objekt oder im Hintergrund. Diese Beobachtung führten Wühr und Waszak auf die Wirkung eines objekt-basierten Mechanismus der visuellen Aufmerksamkeit zurück (vgl. Kahneman & Henik, 1981; Scholl, 2001). Demnach selegiert die Aufmerksamkeit nach Erscheinen der Reizanordnung das relevante Objekt, was die verstärkte Verarbeitung aller Merkmale dieses Objekts zur Folge hat.

Allerdings könnte dieses Ergebnis auch dadurch zustande gekommen sein, dass die Wörter in den verschiedenen Bedingungen in unterschiedlichen Tiefenebenen wahrgenommen werden. Befinden sich die Wörter innerhalb des relevanten Objekts, werden die Wörter in der gleichen Tiefenebene wahrgenommen wie das relevante Objekt. Befinden sich die Wörter innerhalb des irrelevanten Objekts oder im Hintergrund, dann werden die Wörter in anderen

Tiefenebenen wahrgenommen als das relevante Objekt. Aus dieser Perspektive kann die Variation der Stroop-Effekte durch einen raum-basierten Mechanismus der Aufmerksamkeit erklärt werden, wenn man zusätzlich annimmt, dass dieser Mechanismus in der räumlichen Tiefe adjustierbar ist. Weiterhin muss man annehmen, dass Objekte in der gleichen Tiefenebene wie das relevante Objekt stärker interferieren als Wörter in anderen Tiefenebenen. Diese Möglichkeit wurde in zwei weiteren Experimenten untersucht.

In diesen Experimenten sahen die Versuchspersonen immer ein zentral dargebotenes Rechteck, das links und rechts von zwei kleineren Rechtecken – den irrelevanten Objekten – flankiert war. Da das relevante Objekt die irrelevanten Objekte nicht mehr verdeckte, wurde der Wahrnehmungseindruck vermieden, relevante und irrelevante Objekte befänden sich in unterschiedlichen Tiefenebenen. Vielmehr erschienen alle drei Objekte in der gleichen Tiefenebene. Dennoch wurde in beiden Experimenten das alte Ergebnismuster gefunden: Wörter im relevanten Objekt verursachten größere Stroop-Effekte als Wörter im irrelevanten Objekt oder Wörter im Hintergrund (Wühr & Weltle, im Druck).

Die hier vorgestellten Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein objekt-basierter Selektionsmechanismus in der Stroop-Aufgabe zu finden ist. Wie dieser funktioniert und unter welchen Bedingungen er moduliert werden kann, soll im experimentellen Teil dieser Arbeit untersucht werden.

## 5 Fragestellungen der vorliegenden Arbeit

Diese Arbeit beschäftigte sich bisher mit grundsätzlichen Vorstellungen von visueller Aufmerksamkeit und ihrer Verteilung. Man kam zu dem Schluss, dass es Selektion bei der Informationsgewinnung geben muss. Es wurden einige Ansätze aufgeführt, die sich damit befassen, *wo* und *wie* Selektion unter verschiedenen Bedingungen stattfindet. Wird schon am Anfang der Informationsverarbeitung selektiert oder erst am Schluss, wo entschieden wird, welche Informationen ausgefiltert werden? Sind Aufgabenbearbeitung und –bewältigung dabei von unseren kognitiven Ressourcen abhängig? Für manche dieser Punkte gab es klare Antworten, doch vieles wird weiter diskutiert. Desweiteren wurden zwei wichtige Prozesse vorgestellt: Orts-basierte und objekt-basierte Selektion. Über die räumliche Aufmerksamkeits-verteilung gibt es bereits zahlreiche Studien und Modellvorstellungen (vgl. Kapitel 3.1), während die Mechanismen der objekt-basierten Verteilung von Aufmerksamkeit noch wenig erforscht wurden. In dieser Arbeit soll deshalb auf die objekt-basierte Selektion näher eingegangen werden. Um diesen Mechanismus zu untersuchen, wird der Stroop-Effekt als Mittel eingesetzt, der im Kapitel 4 schon umfassend behandelt wurde. Hier wurde unter anderem gezeigt, dass er nicht - wie oftmals angenommen - nur automatischen Prozessen unterliegt. Wie sich unsere Aufmerksamkeit zwischen und innerhalb von Objekten verteilt und welche Rolle irrelevante Information spielt, soll in den folgenden Experimenten genauer untersucht werden. Dabei interessieren vor allem vier Fragestellungen:

Zum einen soll untersucht werden, wie sich die An- oder Abwesenheit von irrelevanten Objekten auf die Verarbeitung des *relevanten* Objekts auswirkt. Wenn zum Beispiel die Anwesenheit von irrelevanten Objekten die Verarbeitung des relevanten Objekts verstärkt, dann sollten Stroop-Wörter im relevanten Objekt stärker wirken, wenn eine größere Anzahl von irrelevanten Objekten anwesend ist als wenn weniger irrelevante Objekte vorhanden sind. Es könnte sein, dass die Anwesenheit eines oder mehrerer irrelevanter Objekte die Selektion des relevanten Objekts schwieriger macht und deshalb dem relevanten Objekt mehr Ressourcen zur Verfügung gestellt werden. Genauso gut könnte es jedoch auch

sein, dass die Verarbeitung des relevanten Objekts durch die zusätzliche Anwesenheit eines irrelevanten Objekts abgeschwächt wird, da das irrelevante Objekt Aufmerksamkeit für sich beansprucht und somit vom relevanten Objekt Aufmerksamkeit abgezogen wird. Auf diese Fragestellung wird in den Experimenten 1-4 eingegangen.

Außerdem interessiert, wie sich die An- oder Abwesenheit von irrelevanten Objekten auf die Verarbeitung eines weiteren *irrelevanten* Objekts auswirkt. Führt die Anwesenheit weiterer irrelevanter Objekte zu einer abgeschwächten Verarbeitung des irrelevanten Objekts? Es könnte sein, dass weitere irrelevante Objekte Aufmerksamkeit für sich beanspruchen, die Aufmerksamkeit dadurch unter den Objekten aufgeteilt werden muss und somit weniger Ressourcen für die Verarbeitung der Wörter im irrelevanten Objekt bleiben. Wenn dies so wäre, dann sollten Stroop-Wörter im irrelevanten Objekt schwächere Effekte erzeugen, wenn andere irrelevante Objekte vorhanden sind, als in der Bedingung ohne weitere irrelevante Objekte. Auf diese Fragestellung beziehen sich vor allem die Experimente 2-4.

Die dritte Fragestellung bezieht sich auf die Verarbeitung des *Hintergrunds*. Wie wirkt sich die An- oder Abwesenheit eines irrelevanten Objekts auf die Verarbeitung der Stroop-Wörter in der Hintergrund-Bedingung aus? Schwächt die Anwesenheit eines irrelevanten Objekts die Verarbeitung im Hintergrund? Wenn dies der Fall wäre, dann würden Stroop-Wörter im Hintergrund bei Anwesenheit eines irrelevanten Objekts weniger Interferenz erzeugen im Vergleich zu der Bedingung ohne zusätzliches irrelevantes Objekt. Diese Fragestellung behandelt Experiment 1.

Zuletzt soll der Frage nachgegangen werden, ob die verstärkte Verarbeitung von selegierten Objekten zur Peripherie hin abnimmt. Beschränkt sich die Wirkung objekt-basierter Verarbeitung auf das Zentrum von selegierten Objekten? Träfe dies zu, dann sollte die Differenz der Stroop-Effekte durch Wörter im relevanten Objekt und Wörter im irrelevanten Objekt oder im Hintergrund mit zunehmender Entfernung von der Objektmitte abnehmen. Dieser Fragestellung wird in Experiment 5 nachgegangen.

## 6 Experimentelle Untersuchungen

Wie schon in Kapitel 4 beschrieben, gibt es zwar viel Forschung zu raumbasierter Aufmerksamkeitsverteilung, jedoch wurde die objekt-basierte Selektion in der Stroop-Aufgabe bislang noch kaum untersucht. Neuere Studien von Wühr und Waszak (2001) und Wühr und Weltle (im Druck) haben gezeigt, dass Stroop-Wörter im relevanten Objekt anders (d.h. stärker) verarbeitet werden als Stroop-Wörter im irrelevanten Objekt und Stroop-Wörter im Hintergrund. Diese Modulation wurde auf einen objekt-basierten Selektionsmechanismus zurückgeführt. Die folgenden Experimente sollen untersuchen, wie sich Aufmerksamkeit zwischen Objekten verteilt, und inwieweit die An- bzw. die Abwesenheit irrelevanter Objekte einen Einfluss auf die Stärke der Verarbeitung des relevanten Objekts bzw. des irrelevanten Objekts oder des Hintergrunds hat.

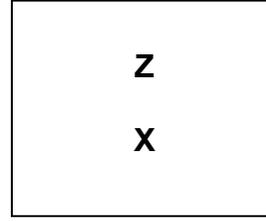
### 6.1 Experiment 1

Es gibt in der Kognitionspsychologie zahlreiche Forschungsansätze zu der Frage, inwieweit irrelevante Objekte eine Auswirkung auf die Verarbeitung von relevanten Objekten haben. Schon seit langem beschäftigen sich Forscher damit, ob die Selektion relevanter Merkmale früh oder spät erfolgt und in welchem Ausmaß irrelevante Information mitverarbeitet wird. Mit dieser Frage beschäftigt sich auch Lavie (1995). In ihren Experimenten sollten Versuchspersonen auf die Anwesenheit eines Zielbuchstaben reagieren. Interferenz ging dabei von einem inkompatiblen Distraktor aus. Die Anzahl der irrelevanten Elemente wurde variiert, indem neben diesen beiden Buchstaben in einer Bedingung noch fünf weitere irrelevante Buchstaben gezeigt wurden (Abbildung 10a). Bei der einen Bedingung mit hohem „load“, also vielen irrelevanten Objekten, konnte gezeigt werden, dass die Interferenz, die vom inkompatiblen Distraktor ausging, gering war, während bei nur insgesamt zwei Buchstaben, also geringem „load“ (Abbildung 10b), die Interferenz groß war.

(10a)



(10b)



*Abbildung 10*  
*Nach Lavie (1995).*

Im folgenden Experiment soll untersucht werden, inwieweit die Anwesenheit eines irrelevanten Objekts auf einen objekt-basierten Selektionsmechanismus einwirkt und wie sich das zusätzliche irrelevante Objekt auf die Verarbeitung des relevanten Objekts oder des Hintergrunds auswirkt.

**Fragestellung.** Es soll untersucht werden, wie sich die Aufmerksamkeit zwischen Objekten verteilt, und von welchen Faktoren die Stärke der Verarbeitung des relevanten Objekts und die Stärke der Verarbeitung des irrelevanten Objekts, bzw. des Hintergrunds abhängen. Das erste Experiment untersucht, ob die Stärke der Verarbeitung des relevanten Objekts und die des Hintergrunds von der An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts beeinflusst wird, das dem relevanten Objekt ähnlich sieht. Die An- oder Abwesenheit eines irrelevanten Objekts, das dem relevanten Objekt visuell ähnlich ist, könnte die Arbeitsweise des objekt-basierten Selektionsmechanismus beeinflussen. So könnte es sein, dass der objekt-basierte Selektionsmechanismus vielleicht erst dann in seiner vollen Wirkungsweise auftritt, wenn neben einem relevanten Objekt auch immer ein perzeptuell ähnliches irrelevantes Objekt gezeigt wird. Es stellen sich folgende Fragen:

- (1) *Hat das Vorhandensein eines irrelevanten Objekts einen Einfluss auf die Verarbeitung des relevanten Objekts?*
- (2) *Hat das Vorhandensein eines irrelevanten Objekts einen Einfluss auf die Verarbeitung des Hintergrunds?*

Das Experiment bestand aus zwei getrennten Sitzungen. In Sitzung 1 wurde den Versuchspersonen ein Reizdisplay dargeboten, das dem von Würh und

Waszak (2003) glich. Als Reizdisplay (siehe Abbildung 11, rechts) wurden zwei sich überlappende Rechtecke dargeboten, dabei waren die Farben der Rechtecke und die Farbe des Hintergrunds jeweils verschieden. Außerdem wurden paarweise Farbwörter gezeigt, die entweder im relevanten Objekt oder im Hintergrund erschienen und kongruent oder inkongruent zur Farbe des relevanten Objekts waren. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin, so schnell und richtig wie möglich die Farbe des vorderen (relevanten) Objekts in ein Mikrofon zu sprechen.

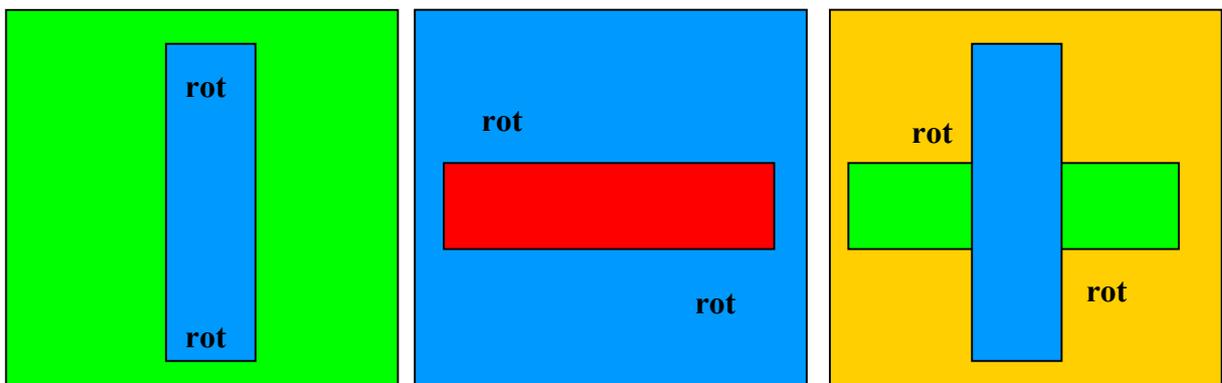


Abbildung 11

*Experiment 1: Es sind entweder nur ein Objekt oder zwei Objekte zu sehen. Irrelevante Farbwörter (blau, grün, rot oder gelb) können im relevanten Objekt (= vorderes Objekt) oder im Hintergrund gezeigt werden. Dabei ist das Farbwort entweder kongruent oder inkongruent zum relevanten Objekt. Beide Objekte und der Hintergrund wechseln die Farben (rot, grün, gelb oder blau).*

Es wurde in diesem Experiment angenommen, dass inkongruente Wörter die Benennung der Farbe des relevanten Objekts erschweren, während kongruente Wörter sie erleichtern sollten. Außerdem wurde erwartet, dass inkongruente Farbwörter im relevanten Objekt wesentlich mehr Interferenz hervorrufen als inkongruente Farbwörter im Hintergrund.

In Sitzung 2 wurde den Versuchspersonen kein irrelevantes Objekt dargeboten (Abbildung 11, links und Mitte). Es war also nur ein Objekt zu sehen, dessen Farbe so schnell wie möglich zu berichten war. Dementsprechend erschienen paarweise dargebotene Farbwörter entweder im relevanten Objekt oder im Hintergrund. Die Farbwörter waren wieder kongruent oder inkongruent zur Farbe

des Objekts. Die Farbe des Objekts und die Farbe des Hintergrunds waren immer verschieden und konnten eine der Farben rot, grün, blau oder gelb haben.

Auch hier wurde erwartet, dass inkongruente Wörter die Benennung der Farbe des Objekts erschweren, während kongruente Wörter sie erleichtern sollten.

Die Anwesenheit eines irrelevanten Objekts könnte zur Folge haben, dass die Verarbeitung der Stroop-Wörter im relevanten Objekt abgeschwächt auftritt, da die Aufmerksamkeit auf ein weiteres Objekt gelenkt wird. Genauso könnte sich ein irrelevantes Objekt auf die Bedingung im Hintergrund auswirken: Ein irrelevantes Objekt könnte Aufmerksamkeit für sich beanspruchen und somit die Aufmerksamkeit vom Hintergrund abziehen. So würden die Stroop-Wörter im Hintergrund abgeschwächt verarbeitet werden. Es könnte jedoch auch sein, dass die Anwesenheit eines irrelevanten Objekts weder eine Auswirkung auf die Verarbeitung des relevanten Objekts, noch auf die Verarbeitung des Hintergrunds zeigt.

## **Methode**

**Versuchspersonen.** An Experiment 1 nahmen 16 Personen teil, davon waren 10 weiblich und 6 männlich. 15 von ihnen waren Studenten. Ihr Alter lag zwischen 21 und 34 Jahren (Mittelwert 25 Jahre). Als Bezahlung erhielten sie 12 Euro. Ein Experiment bestand aus zwei Sitzungen, die innerhalb von zwei Wochen statt fanden und jeweils ca. 25 Minuten dauerten. Alle Versuchspersonen waren deutschsprachig. Den Versuchspersonen wurde vor dem Experiment einige Tafeln des „Ishihara Test for Color Blindness“ (15. Auflage, 1960) vorgelegt, um auszuschließen, dass eine Farbenblindheit vorlag. Außerdem wurden sie darauf hingewiesen, bei Bedarf eine Sehhilfe zu tragen

**Material und Geräte.** Alle in dieser Arbeit beschriebenen Experimente wurden in einem dafür geeigneten Labor an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen durchgeführt. Die verwendeten Geräte und der genaue Versuchsablauf werden im Folgenden vorgestellt. Die für die Experimente benötigten Reizdisplays wurden mit der Programmiersprache ERTS (Beringer, 1994) entworfen. Für die Auswertung wurde neben dem Statistikprogramm SPSS (Version 11.0) außerdem das Programm MacProbe V1.8 verwendet.

Der Raum, in dem die Experimente statt fanden, war von einem Deckenfluter beleuchtet. Im Labor selbst befand sich nur die Versuchsperson, der Versuchsleiter saß nebenan und protokollierte die Antworten mit. Die Versuchspersonen saßen vor einem Farbbildschirm mit 17 Zoll Bildschirmdiagonale. Durch eine Kinnstütze wurde ein Abstand von 50 cm zum Monitor gewährleistet. Über ein Mikrofon wurden Verbalantworten gegeben. Der Versuchsleiter hörte die Antworten über Kopfhörer mit und vermerkte fehlerhafte Reaktionen.

Für das Experiment wurde das schon beschriebene Reizmaterial verwendet (siehe Abbildung 11). Es wurde ein Fixationspunkt in Form eines Kreuzes „+“ dargeboten, dessen Länge 0.4 cm betrug (entspricht einem Sehwinkel von ca.  $0.5^\circ$ ). Die lange Seite des relevanten und des irrelevanten Objekts war 7 cm (entspricht einem Sehwinkel von ca.  $8^\circ$ ), die kurze Seite 1.6 cm (entspricht einem Sehwinkel von ca.  $1.8^\circ$ ). Die beiden Rechtecke, wie auch der Hintergrund konnten entweder blau, gelb, grün oder rot sein. Dabei waren die Farben der Objekte und des Hintergrunds im gleichen Durchgang immer verschieden. Gleichzeitig wurden mit dem Erscheinen der Rechtecke Wörter dargeboten. Die Länge der Wörter reichte von 0.9 cm (entspricht einem Sehwinkel von ca.  $1^\circ$ ) bis 1.4 cm (entspricht einem Sehwinkel von ca.  $1.6^\circ$ ). Die Wörter wurden entweder als Teil des relevanten Objekts oder als Teil des Hintergrunds dargeboten. Der Abstand zwischen dem Fixationspunkt und der Mitte jedes Wortes betrug immer 2.5 cm (entspricht einem Sehwinkel von ca.  $2.9^\circ$ ). Das Verhältnis von kongruenten und inkongruenten Wörtern war 25% zu 75%, der Abstand zwischen Fixationspunkt und der Mitte der präsentierten Wörter betrug immer die gleiche Länge. Die Wörter lagen sozusagen auf einer Kreisbahn um den Fixationspunkt herum. Um Blickbewegungen auszuschließen, wurden die Reizanordnungen nur kurz (250 ms) gezeigt.

**Versuchsablauf.** Jede Versuchsperson nahm an zwei Sitzungen teil. Zu Beginn des Experiments erhielten die Versuchspersonen eine schriftliche Instruktion, sie sollten bei dem folgenden Versuch die Farbe des vorderen Rechtecks so schnell wie möglich aussprechen. Dabei sollten sie versuchen, im Experiment vorkommende Wörter zu ignorieren.

Auf diese Instruktion folgten 20 Übungsdurchgänge, um der Versuchsperson die Möglichkeit zu geben, sich mit dem Reizmaterial vertraut zu machen und den Umgang mit dem Mikrofon zu üben.

Nach den 20 Übungstrials erfolgte nochmals eine kurze schriftliche Instruktion, dass das Experiment jetzt starte, und dass die Möglichkeit bestehe, jeweils nach 20 Trials eine kurze Pause zu machen. Insgesamt wurden 400 Trials dargeboten, es gab 20 Blöcke mit jeweils 20 Trials.

Ein typischer Versuchsdurchgang sah folgendermaßen aus: Als erstes erschien in der Mitte des Computermonitors ein Kreuz für 500 ms, das fixiert werden sollte. Nach einem leeren Bildschirm, der für 50 ms präsentiert wurde, erschien die Reizanordnung für 250 ms. Die Reaktionszeitmessung begann mit der Reizdarbietung. Kam keine oder eine sehr späte Reaktion der Versuchsperson, erschien eine Aufforderung, schneller zu reagieren, auf dem Bildschirm. Sobald eine verbale Reaktion registriert worden war, wurde der nächste Durchgang gestartet. Der Versuchsleiter konnte im Nebenraum die Verbalreaktionen über Kopfhörer mitverfolgen und protokollierte fehlerhafte Antworten mit. Nach dem letzten Trialdurchgang erfolgte die Meldung „Ende“, anschließend wurden die Angaben zur Person mittels eines Protokollbogens erhoben.

**Versuchsplan.** Dem Experiment lag ein dreifaktorieller Versuchsplan mit Messwiederholung zugrunde. Der erste Faktor war die Kongruenz zwischen der zu benennenden Farbe des Objekts und den dargebotenen Farbwörtern. Es wurde die Unterscheidung gemacht, ob die für die Aufgabe irrelevanten Wörter entweder kongruent oder inkongruent waren. In der inkongruenten Bedingung wurde ein Wort präsentiert (grün, gelb, blau und rot), das eine andere Farbe als die des relevanten Objekts benannte, im Gegensatz dazu stimmte in der kongruenten Bedingung das Farbwort mit der zu benennenden Farbe überein. Der zweite Faktor war die Objektzugehörigkeit der Wörter. So konnte ein Wort zum Beispiel entweder im relevanten Objekt oder im Hintergrund erscheinen. Außerdem gab es hier einen dritten Faktor: die An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts.

Sowohl die jeweilige Ausprägung der zwei Faktoren Kongruenz und Objektzugehörigkeit, als auch die Farbe und die Orientierung des Rechtecks

wurden zufällig von Trial zu Trial bestimmt. Die An- oder Abwesenheit eines zweiten (irrelevanten) Objekts wurde zwischen zwei Sitzungen variiert.

## Ergebnisse

**Reaktionszeiten.** Zuerst wurden für jede Versuchsperson diejenigen Durchgänge eliminiert, in denen die Reaktionszeit um mehr als zwei Standardabweichungen vom Mittelwert abwich. So wurden Durchgänge mit Reaktionszeiten  $< 287$  ms (0.3%) und Durchgänge mit Reaktionszeiten  $> 1130$  ms (6.0%) von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Im Anhang Ia/b sind Reaktionszeiten und Fehlerraten für die 8 Bedingungen aus Experiment 1 zu sehen.

Die Reaktionszeiten wurden in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse, mit den Faktoren Kongruenz (kongruent, inkongruent), Objektzugehörigkeit (relevantes Objekt, Hintergrund) und An- bzw. Abwesenheit des irrelevanten Objekts ausgewertet. Die drei Haupteffekte waren signifikant. Inkongruente Wörter führten zu längeren Reaktionszeiten (664 ms) als kongruente Wörter (600 ms),  $F(1,15) = 25.93$ ,  $MSE = 1213.75$ ,  $p < .001$ . Wörter im relevanten Objekt führten zu längeren Reaktionszeiten (637 ms) als Wörter im Hintergrund (627 ms),  $F(1,15) = 32.36$ ,  $MSE = 118.65$ ,  $p < .001$ . Auch die An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts hatte einen signifikanten Einfluss: Wurde ein irrelevantes Objekt präsentiert, waren die Reaktionszeiten länger (648 ms) als wenn nur das relevante Objekt präsentiert wurde (616 ms),  $F(1,15) = 104.80$ ,  $MSE = 1250.06$ ,  $p < .001$ .

Ebenso war die Zweifachinteraktion zwischen Objektzugehörigkeit und Kongruenz,  $F(1,15) = 41.97$ ,  $MSE = 197.87$ ,  $p < .001$ , signifikant. Die Interaktion bedeutet, dass der Stroop-Effekt im relevanten Objekt größer ( $D = 83$  ms) ausfiel als im Hintergrund ( $D = 42$  ms). Signifikant war auch die Dreifachinteraktion zwischen Objektzugehörigkeit, Kongruenz und der An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts,  $F(1,15) = 10.62$ ,  $MSE = 58.10$ ,  $p < .05$ . Eine genauere Analyse der Daten zeigte (siehe Abbildung 12): Wenn ein irrelevantes Objekt präsentiert wurde, zeigte sich der Stroop-Effekt im relevanten Objekt in einer Differenz von 83 ms und im Hintergrund in einer Differenz von 42 ms. Wenn man hingegen nur das relevante Objekt präsentierte, schug er sich im relevanten Objekt in einer Differenz von 77 ms und im Hintergrund in einer Differenz von 54

ms nieder. Wurde kein zweites (irrelevantes) Objekt präsentiert, dann wurde der Stroop-Effekt im Hintergrund größer. Die Zweifachinteraktionen zwischen An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts und Objektzugehörigkeit, wie auch zwischen An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts und Kongruenz waren nicht signifikant (alle  $F < 1$ ).

**Fehlerraten.** Die Prozentwerte der Reaktionsfehler wurden ebenfalls in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren Kongruenz und Objektzugehörigkeit und An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts ausgewertet. Es waren zwei Haupteffekte, Kongruenz und Objektzugehörigkeit, signifikant. Inkongruente Wörter führten zu höheren Fehlerraten (4.9%) als kongruente Wörter (1.0%),  $F(1,15) = 22.43$   $MSE = 9.53$ ,  $p < .001$ . Wörter im relevanten Objekt führten zu höheren Fehlerraten (3.25%) als Wörter im Hintergrund (2.10%),  $F(1,15) = 13.30$ ,  $MSE = 1.60$ ,  $p < .05$ . Die signifikante Zweifachinteraktion zwischen Objektzugehörigkeit und Kongruenz,  $F(1,15) = 16.41$ ,  $MSE = 2.34$ ,  $p < .05$  deutet auch bei Betrachtung der Fehler darauf hin, dass der Stroop-Effekt im relevanten Objekt größer ausfiel ( $D = 5.2\%$ ) als im Hintergrund ( $D = 2.1\%$ ). Die signifikante Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts,  $F(1,15) = 4.5$ ,  $MSE = 2.63$ ,  $p < .05$  besagt, dass bei Anwesenheit eines irrelevanten Objekts inkongruente Wörter zu weniger Fehlern führen ( $D = 3.4\%$ ) als bei Abwesenheit eines irrelevanten Objekts ( $D = 4.6\%$ ). Der Haupteffekt der An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts, die Zweifachinteraktion zwischen An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts und Objektzugehörigkeit, wie auch die Dreifachinteraktion zwischen Kongruenz, Objektzugehörigkeit und An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts waren nicht signifikant (alle  $F < 0.7$ ).

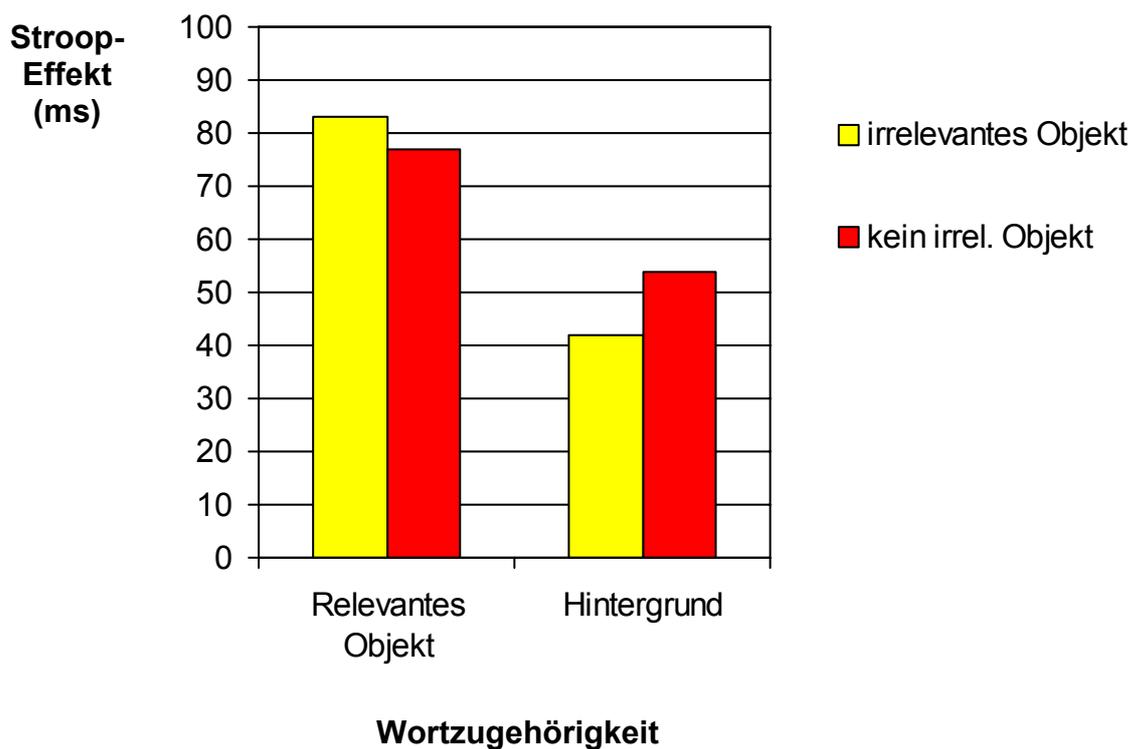


Abbildung 12

*Experiment 1: Betrachtet man nur die Stroop-Effekte, so zeigt sich, dass der Stroop-Effekt im relevanten Objekt durch die Anwesenheit eines irrelevanten Objekts nicht moduliert wird, im Gegensatz zur Bedingung im Hintergrund: hier verringert sich der Stroop-Effekt signifikant, wenn ein irrelevantes Objekt gezeigt wird.*

**Diskussion.** In diesem Experiment wurde überprüft, wie sich die Aufmerksamkeit zwischen Objekten verteilt, und inwieweit die Anwesenheit eines irrelevanten Objekts einen Einfluss auf den objekt-basierten Selektionsmechanismus hat. Es sollte untersucht werden, welche Rolle ein irrelevantes Objekt für die Verarbeitung eines relevanten Objekts und die Verarbeitung des Hintergrunds spielt.

Es zeigte sich generell, dass inkongruente Wörter zu längeren Reaktionszeiten führten als kongruente Wörter. Wie die Ergebnisse zeigen, ist das Experiment eine gelungene Replikation der Versuche von Wühr und Waszak (2003): Wörter im relevanten Objekt (83 ms) produzierten deutlich größere Stroop-Effekte als Wörter im Hintergrund (42 ms). Dies stützt die Annahme eines objekt-basierten Selektionsmechanismus in der Stroop-Aufgabe. Dies war kein unerwarteter Aspekt. Interessanter war, dass die An- bzw. Abwesenheit eines

irrelevanten Objekts einen signifikanten Effekt auf die Reaktionszeit hatte: Sie stieg an, wenn ein irrelevantes Objekt gezeigt wurde. In der Analyse der Dreifachinteraktion stellte sich heraus, dass der Stroop-Effekt im Hintergrund stärker war, wenn nur ein relevantes Objekt präsentiert wurde. D. h., wenn kein irrelevantes Objekt gezeigt wurde, dann führte dies zu einer verstärkten Verarbeitung der Stroop-Wörter im Hintergrund. Dieser Effekt trat bei Abwesenheit eines irrelevanten Objekts nur im Hintergrund auf, nicht aber im relevanten Objekt.

Dies war eine erstaunliche Beobachtung. Möglicherweise beruht dieser Effekt darauf, dass die attentionalen Ressourcen im relevanten Objekt voll ausgeschöpft sind, und somit hier keine weitere Modulation Platz findet, während der Bereich des Hintergrunds von Natur aus nicht so stark im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit liegt und möglicherweise aus diesem Grund anfälliger für Manipulationen ist. Vielleicht tritt der objekt-basierte Selektionsmechanismus erst dann in seiner vollen Wirkungsweise auf, wenn neben einem relevanten Objekt auch immer ein perzeptuell ähnliches irrelevantes Objekt gezeigt wird.

Die Ergebnisse könnten ein erster Hinweis darauf sein, dass die Arbeitsweise eines objekt-basierten Selektionsmechanismus von der Anwesenheit konkurrierender, irrelevanter Objekte beeinflusst wird. Konkurrierende Objekte könnten mehr Aufmerksamkeit für sich beanspruchen, so dass andere Information, wie die Stroop-Wörter im Hintergrund, stärker unterdrückt werden.

Als Kritikpunkt könnte man jedoch angeben, dass die irrelevanten Farbwörter in der Bedingung ohne ein irrelevantes Objekt (Experiment 1b) wesentlich mehr „herauspoppten“, da sie allein vor der Hintergrundfläche präsentiert wurden. Möglicherweise führte dies zu der Beobachtung, dass der Stroop-Effekt im Hintergrund größer war, wenn kein irrelevantes Objekt gezeigt wurde.

## **6.2 Experiment 2**

Die Fragestellung der folgenden Experimente hat sich aus den Ergebnissen von Experiment 1 entwickelt. Im folgenden Experiment soll getestet werden, ob es für die Verarbeitung von Objekten eine Rolle spielt, ob neben dem relevanten Objekt entweder ein oder zwei irrelevante Objekte präsentiert werden. Es soll also

in den weiteren Experimenten überprüft werden, welche Rolle die Anzahl der irrelevanten Objekte für die Verarbeitung des relevanten Objekts und die Verarbeitung des irrelevanten Objekts spielt. Bei Experiment 1 zeigte sich, dass der Stroop-Effekt im Hintergrund reduziert wurde, wenn ein irrelevantes Objekt anwesend war, im Gegensatz zu dem Fall, dass kein anderes Objekt präsentiert wurde. Dies könnte folgendermaßen erklärt werden: Die Anwesenheit eines irrelevanten Objekts, das dem relevanten Objekt ähnlich sieht, könnte zu einer stärkeren Unterdrückung von irrelevanter Information führen, die in Experiment 1 im Hintergrund präsentiert wurde. Alternativ dazu könnten die stärkeren Effekte von Stroop-Wörtern im Hintergrund bei Abwesenheit eines irrelevanten Objekts in Experiment 1 auch mit der stärkeren visuellen Salienz der Wörter in dieser Bedingung erklärt werden. Wenn die An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts jedoch vor allem die Verarbeitung irrelevanter Information bzw. irrelevanter Objekte moduliert, dann sollte sich dieser Effekt auch auf die Verarbeitung eines weiteren irrelevanten Objekts auswirken. Diese Hypothesen werden in Experiment 2 untersucht.

**Fragestellung.** Die Fragestellungen von Experiment 2 lauten:

- (1) *Hat die An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts einen Einfluss auf die Verarbeitung des relevanten Objekts?*
- (2) *Hat die An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts einen Einfluss auf die Verarbeitung eines zweiten irrelevanten Objekts?*

Um diese Fragestellungen zu untersuchen, wurde für Experiment 2 ein Display entwickelt, das entweder zwei farbige überlappende Rechtecke, oder neben diesen farbigen Rechtecken noch ein weiteres graues Objekt hinter den zwei anderen Rechtecken zeigt (vgl. Abbildung 13). Die Versuchsperson hatte die Aufgabe, die Farbe des vorderen Rechtecks so schnell wie möglich auszusprechen. Die Rechtecke waren sternförmig angeordnet und standen in einem Abstand von 60° zueinander. Ob die Versuchsperson zwei oder drei Objekte sieht, wurde zufällig bestimmt.

**Methode:**

**Versuchspersonen.** An dem Experiment nahmen 16 Personen teil, davon waren 9 weiblich und 7 männlich. Alle waren Studenten. Ihr Alter lag zwischen 20 und 29 Jahren (Mittelwert 23 Jahre). Für die Teilnahme an dem Experiment erhielten sie 6 Euro. Die Dauer des Experiments betrug ungefähr 45 Minuten. Alle Versuchspersonen waren deutschsprachig. Um auszuschließen, dass eine Person farbenblind war, wurden den Versuchspersonen vor dem Experiment einige Tafeln des „Ishihara Test for Color Blindness“ (15. Auflage, 1960) vorgelegt, außerdem wurden sie darauf hingewiesen, bei Bedarf eine Sehhilfe zu tragen.

**Material und Geräte.** Material und Geräte blieben gleich wie in dem vorausgegangenem Experiment. Als Reizanordnung wurden den Versuchspersonen diesmal zwei sich überlappende Rechtecke gezeigt, die in einem  $60^\circ$  Winkel zueinander standen (vgl. Abbildung 13). Jedes dieser Rechtecke hatte eine der Farben rot, grün, gelb oder blau, wobei die Farben der beiden Rechtecke immer zueinander verschieden waren. In der Hälfte der Fälle wurde den Versuchspersonen ein drittes Rechteck präsentiert, das hinter den beiden anderen erschien und die Farbe grau hatte. Die Versuchspersonen sollten die Farbe des vorderen Objekts benennen (= relevantes Objekt). Außerdem wurde ein Fixationspunkt in Form eines Kreuzes „+“ dargeboten, dabei waren die Linien 0.4 cm lang ( $\sim 0.45^\circ$  Sehwinkel). Die längere Seite eines Rechtecks war 6.5 cm lang und die kurze Seite 2.0 cm. Der Hintergrund wurde konstant schwarz gehalten. Paarweise wurden mit dem Erscheinen des Reizdisplays (siehe Abbildung 13) Farbwörter (blau, rot, grün, gelb) entweder im relevanten Objekt oder im zweiten Objekt von vorne (= irrelevantes Objekt 1) präsentiert, niemals jedoch im hinteren grauen Objekt (= irrelevantes Objekt 2). Ihr Abstand vom Fixationspunkt betrug stets 2,5 cm (entspricht  $2.9^\circ$  Sehwinkel). Die Länge der Wörter reichte von 1.1 cm ( $\sim 1,3^\circ$  Sehwinkel) bis 1.4 ( $\sim 1.6^\circ$  Sehwinkel). Die Wörter konnten entweder kongruent oder inkongruent zur Farbe des relevanten Objekts sein.

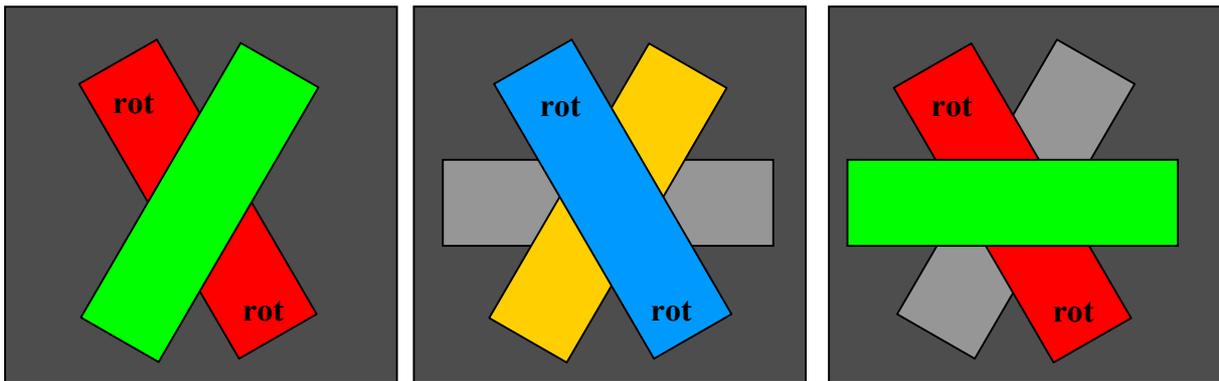


Abbildung 13

*Experiment 2: Es sind entweder zwei Objekte oder drei Objekte zu sehen. Irrelevante Farbwörter (blau, grün, rot oder gelb) können im relevanten Objekt (= vorderes Objekt) oder im irrelevanten Objekt 1 (= zweites Objekt von vorne) gezeigt werden. Dabei ist das Farbwort entweder kongruent oder inkongruent zum relevanten Objekt. Beide Objekte wechseln die Farben (rot, grün, gelb oder blau), das dritte Objekt bleibt immer grau, der Hintergrund konstant schwarz.*

**Versuchsablauf.** Zu Beginn des Experiments erhielten die Versuchspersonen eine schriftliche Instruktion, sie sollten bei dem folgenden Versuch die Farbe des vorderen Objekts (= relevantes Objekt) so schnell wie möglich aussprechen. Dabei sollten sie versuchen, im Experiment vorkommende Wörter zu ignorieren.

Auf diese Instruktion folgten 20 Übungsdurchgänge, um der Versuchsperson die Möglichkeit zu geben, sich mit dem Reizmaterial vertraut zu machen und den Umgang mit dem Mikrofon zu üben.

Nach den 20 Übungstrials erfolgte nochmals eine kurze schriftliche Instruktion, dass das Experiment jetzt starte, und dass die Möglichkeit bestehe, jeweils nach 20 Trials eine kurze Pause zu machen. Insgesamt wurden 404 Trials dargeboten, es gab 19 Blöcke mit jeweils 20 Trials, im letzten Block wurden 24 Trials gezeigt.

Ein typischer Versuchsdurchgang sah folgendermaßen aus: Als erstes erschien in der Mitte des Computermonitors ein Kreuz für 250 ms, das fixiert werden sollte. Nach einem leeren Bildschirm, der für 50 ms präsentiert wurde, erschien die Reizanordnung für 500 ms. Die Reaktionszeitmessung begann mit der Reizdarbietung. Sobald eine verbale Reaktion registriert worden war, wurde der nächste Durchgang gestartet. Der Versuchsleiter konnte im Nebenraum die

Verbalreaktionen über Kopfhörer mitverfolgen und protokollierte fehlerhafte Antworten mit. Nach dem letzten Trialdurchgang erfolgte die Meldung „Ende“.

**Versuchsplan.** Dem Experiment lag ein dreifaktorieller Versuchsplan mit Messwiederholung zugrunde. Der erste Faktor war die Kongruenz zwischen der zu benennenden Farbe des Objekts und den dargebotenen Farbwörtern (kongruent oder inkongruent). Der zweite Faktor, Objektzugehörigkeit, unterschied, ob Wörter im relevanten oder im irrelevanten Objekt präsentiert wurden. Der dritte Faktor war die Anzahl der irrelevanten Objekte (1 oder 2 irrelevante Objekte).

Die jeweilige Ausprägung der drei Faktoren wurde zufällig von Trial zu Trial bestimmt. Das Verhältnis von kongruenten und inkongruenten Durchgängen betrug 25% zu 75%.

### **Ergebnisse:**

**Reaktionszeiten.** Zu Beginn der Auswertung wurden für jede Versuchsperson diejenigen Durchgänge eliminiert, in denen die Reaktionszeit um mehr als zwei Standardabweichungen vom Mittelwert abwich. Auf diese Weise wurden Durchgänge mit Reaktionszeiten  $< 228$  ms (0%) und Durchgänge mit Reaktionszeiten  $> 1179$  ms (5.3%) von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Anhang IIa/b zeigt Reaktionszeiten und Fehlerraten für die einzelnen Bedingungen.

Die Reaktionszeiten wurden in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse, mit den Faktoren Kongruenz (kongruent, inkongruent), Objektzugehörigkeit (relevantes oder irrelevantes Objekt) und Anzahl der irrelevanten Objekte (1 oder 2 Objekte) ausgewertet. Zwei der drei Haupteffekte waren signifikant. Inkongruente Wörter führten zu längeren Reaktionszeiten (619 ms) als kongruente Wörter (571 ms),  $F(1,16) = 53.52$ ,  $MSE = 1439.45$ ,  $p < .001$ . Außerdem führten Farbwörter im relevanten Objekt zu längeren Reaktionszeiten (603 ms) als im irrelevanten Objekt (586 ms),  $F(1,16) = 30.63$ ,  $MSE = 311.44$ ,  $p < .001$ . Die Zweifachinteraktion dieser beiden Faktoren zeigte sich ebenfalls signifikant,  $F(1,16) = 17.90$ ,  $MSE = 1053.10$ ,  $p < .001$ . Die Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und der Objektzugehörigkeit gibt Aufschluss darüber, dass der Stroop-Effekt im relevanten Objekt stärker auftrat ( $D = 71$  ms) als im irrelevanten Objekt

( $D = 24$  ms; Abbildung 14). Der Haupteffekt der Anzahl der irrelevanten Objekte, sowie die Zweifachinteraktionen Objektzugehörigkeit und Anzahl der irrelevanten Objekte, Kongruenz und Anzahl der irrelevanten Objekte, wie auch die Dreifachinteraktion aller Faktoren waren nicht signifikant (alle  $F < 1.2$ ).

**Fehlerraten.** Die Prozentwerte der Reaktionsfehler wurden ebenfalls in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren Kongruenz, Objektzugehörigkeit und Anzahl der irrelevanten Objekte ausgewertet. Wie schon bei der Reaktionszeitanalyse zeigten sich erneut die Haupteffekte Kongruenz und Objektzugehörigkeit signifikant. Inkongruente Wörter führten zu höheren Fehlerraten (5.7%) als kongruente Wörter (2.0%),  $F(1,16) = 17.14$ ,  $MSE = 26.92$ ,  $p < .001$ . Wörter im relevanten Objekt erzeugten mehr Fehler (5.8 %) als Wörter im irrelevanten Objekt (1.9 %),  $F(1,16) = 44.71$ ,  $MSE = 11.99$ ,  $p < .001$ . Ebenso war die Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und Objektzugehörigkeit signifikant,  $F(1,16) = 8.28$ ,  $MSE = 15.32$ ,  $p < .05$ . Diese Interaktion bedeutet, dass bei Betrachtung der Fehler der Stroop-Effekt im relevanten Objekt ( $D = 5.4$  %) stärker auftrat als im irrelevanten Objekt ( $D = 1.8$  %). Der Haupteffekt der Anzahl der irrelevanten Objekte, sowie die Zweifachinteraktionen Objektzugehörigkeit und Anzahl der irrelevanten Objekte, Kongruenz und Anzahl der irrelevanten Objekte, wie auch die Dreifachinteraktion aller Faktoren war nicht signifikant (alle  $F < 3.9$ ).

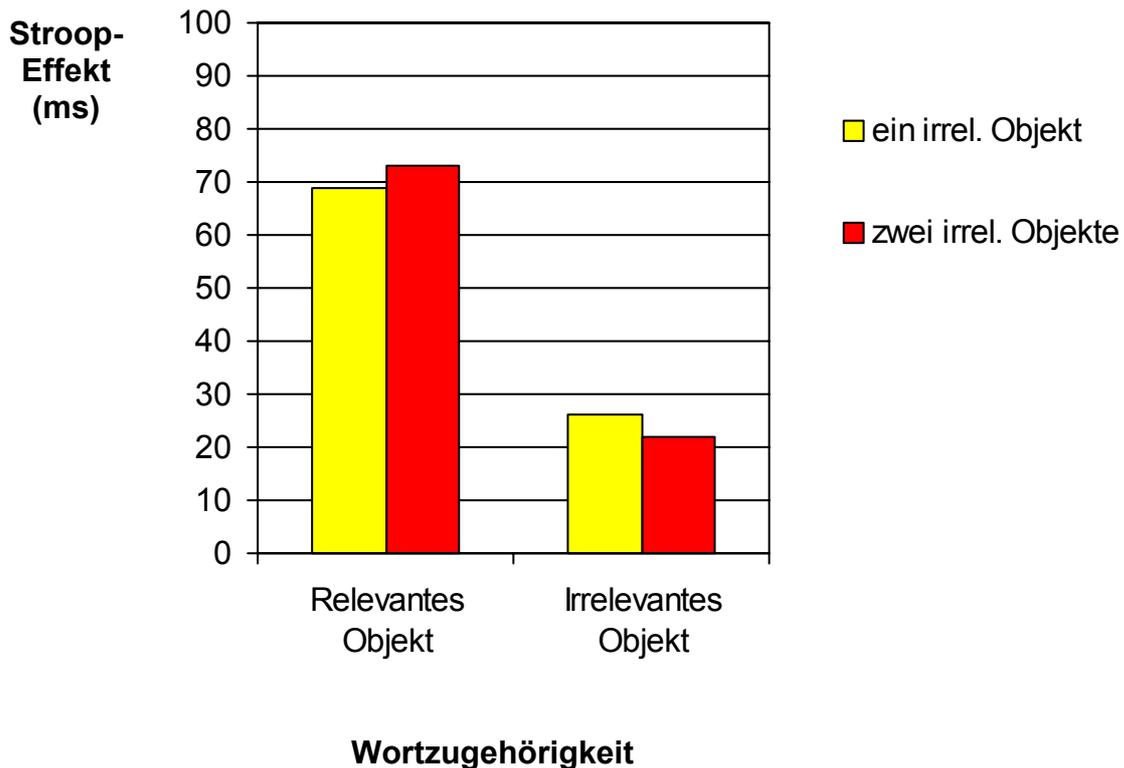


Abbildung 14

*Experiment 2: Weder der Stroop-Effekt im relevanten Objekt, noch der Stroop-Effekt im irrelevanten Objekt wird durch ein weiteres irrelevantes Objekt moduliert.*

**Diskussion.** In diesem Experiment sollte überprüft werden, in welcher Weise die Verarbeitung relevanter und/oder irrelevanter Objekte davon beeinflusst wird, ob neben diesen beiden Objekten noch ein weiteres irrelevantes Objekt gezeigt wird. Die Ergebnisse zeigten, dass die Manipulation der Anzahl der irrelevanten Objekte anscheinend keinen Einfluss hatte: Weder das relevante Objekt, noch das irrelevante Objekt wurden durch ein weiteres irrelevantes Objekt in ihrer Verarbeitung beeinflusst. Es war zu sehen, dass der Stroop-Effekt bei der Präsentation eines irrelevanten Objekts im relevanten Objekt deutlich ausgeprägter war (69 ms) als im irrelevanten Objekt (26 ms). Wurde noch ein zweites irrelevantes Objekt präsentiert, zeigte er sich nahezu gleich (relevantes Objekt: 73 ms; irrelevantes Objekt: 22 ms). Es scheint hier also für Selektion keine Rolle zu spielen, ob ein drittes Objekt präsentiert wird oder nicht. Eine mögliche Erklärung dafür, dass die Anzahl der irrelevanten Objekte keine Rolle zu spielen scheint, könnte jedoch auch die Tatsache sein, dass das hintere Objekt stets grau präsentiert wurde. Dies könnte dazu geführt haben, dass die Versuchsperson sich

in der Aufgabe schnell darauf eingestellt hat, dass das graue Objekt nichts mit der Aufgabe zu tun hatte, weil „Grau“ keine der relevanten Farben war. Vielleicht ist dieses Objekt damit erst gar nicht verarbeitet worden und es war unerheblich, ob ein zweites irrelevantes Objekt dargeboten wurde oder nicht, da es von seiner Farbe her nicht richtig zum Reizdisplay passte. Um zu gewährleisten, dass das zweite irrelevante Objekt als gleichwertig zu den anderen Objekten empfunden wurde, sollte es im folgenden Experiment wie die anderen Objekte seine Farbe wechseln.

### **6.3 Experiment 3**

In Experiment 2 beobachtete man keinen Einfluss von der Anwesenheit eines zusätzlichen irrelevanten Objekts auf die Verarbeitung des relevanten und irrelevanten Objekts. Unabhängig davon, ob ein oder zwei irrelevante Objekte präsentiert wurden, zeigte sich der Stroop-Effekt davon unbeeindruckt: Er war im relevanten Objekt deutlich größer als im irrelevanten Objekt, variierte aber nicht in Abhängigkeit von der Anzahl irrelevanter Objekte. Möglicherweise hat das Vorhandensein eines weiteren irrelevanten Objekts tatsächlich keinen Einfluss auf die Verarbeitung des relevanten und des irrelevanten Objekts. Dagegen sprechen allerdings die Ergebnisse aus Experiment 1, und auch in der Literatur zeigten sich Effekte durch die Manipulation der Anzahl irrelevanter Objekte (vgl. auch Lavie, 2001). So könnte es auch möglich sein, dass das verwendete Reizmaterial in Experiment 2 nicht geeignet war, um die Modulation durch die Anzahl irrelevanter Objekte zu testen. Um zu überprüfen, ob die unterschiedliche Anzahl irrelevanter Objekte nicht doch einen Einfluss auf die Verarbeitung des relevanten und/oder des irrelevanten Objekts hat, wurde ein drittes Experiment entwickelt. Der Experimentalaufbau und das Reizmaterial blieb im Wesentlichen gleich wie in Experiment 2, nur dass diesmal auch das hintere irrelevante Objekt seine Farbe von Trial zu Trial wechselte. Damit sollte das dritte Objekt auffälliger bzw. störender gemacht werden. Die Farben der drei Objekte waren dabei immer unterschiedlich. Farbwörter erschienen entweder im relevanten oder im irrelevanten Objekt (zweites von vorne), aber niemals im hintersten irrelevanten Objekt.

**Fragestellung.** Indem man das dritte Objekt auffälliger macht, könnte die Verarbeitung des relevanten Objekts und/oder des irrelevanten Objekts durch das zusätzliche irrelevante Objekt beeinflusst werden.

**Methode:**

**Versuchspersonen.** In diesem Experiment beteiligten sich 16 Versuchspersonen, davon waren 12 weiblich und 4 männlich. Alle waren Studenten. Ihr Alter lag zwischen 20 und 32 Jahren (Mittelwert 24 Jahre). Für ihre Teilnahme an dem Experiment erhielten sie 6 Euro. Die Dauer des Experiments betrug ungefähr 45 Minuten. Alle Versuchspersonen waren deutschsprachig. Um auszuschließen, dass eine Person farbenblind war, wurden den Versuchspersonen vor dem Experiment einige Tafeln des „Ishihara Test for Color Blindness“ (15. Auflage, 1960) vorgelegt, außerdem wurden sie darauf hingewiesen, bei Bedarf eine Sehhilfe zu tragen.

**Material und Geräte.** Material und Geräte waren die gleichen wie in Experiment 2. Das Reizdisplay wurde dahingehend verändert, dass das hinterste bisher graue Objekt nun ebenfalls eine der Farben gelb, grün, blau oder rot haben konnte (Abbildung 15). Das dritte Objekt wurde nur in der Hälfte der Fälle gezeigt. Relevantes Objekt war wieder das vordere Rechteck.

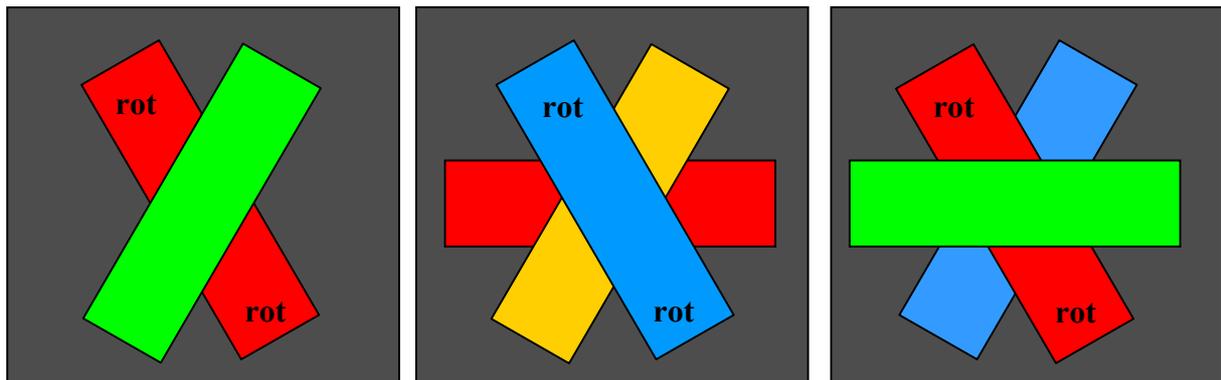


Abbildung 15

*Experiment 3: Es sind entweder zwei Objekte oder drei Objekte zu sehen. Irrelevante Farbwörter (blau, grün, rot oder gelb) können im relevanten Objekt (= vorderes Objekt) oder im irrelevanten Objekt 1 (= zweites Objekt von vorne) gezeigt werden. Dabei ist das Farbwort entweder kongruent oder inkongruent zum relevanten Objekt. Alle drei Objekte wechseln die Farben (rot, grün, gelb oder blau), der Hintergrund ist konstant schwarz.*

**Versuchsablauf.** Der Versuchsablauf war gleich wie in Experiment 2.

**Versuchsplan.** Dem Experiment lag ein dreifaktorieller Versuchsplan mit Messwiederholung zugrunde. Es gab die Faktoren Kongruenz, die Objektzugehörigkeit der Wörter und die Anzahl der irrelevanten Objekte.

Sowohl die jeweilige Ausprägung der Faktoren, als auch die Farbe und die Orientierung der Rechtecke wurden zufällig von Trial zu Trial bestimmt.

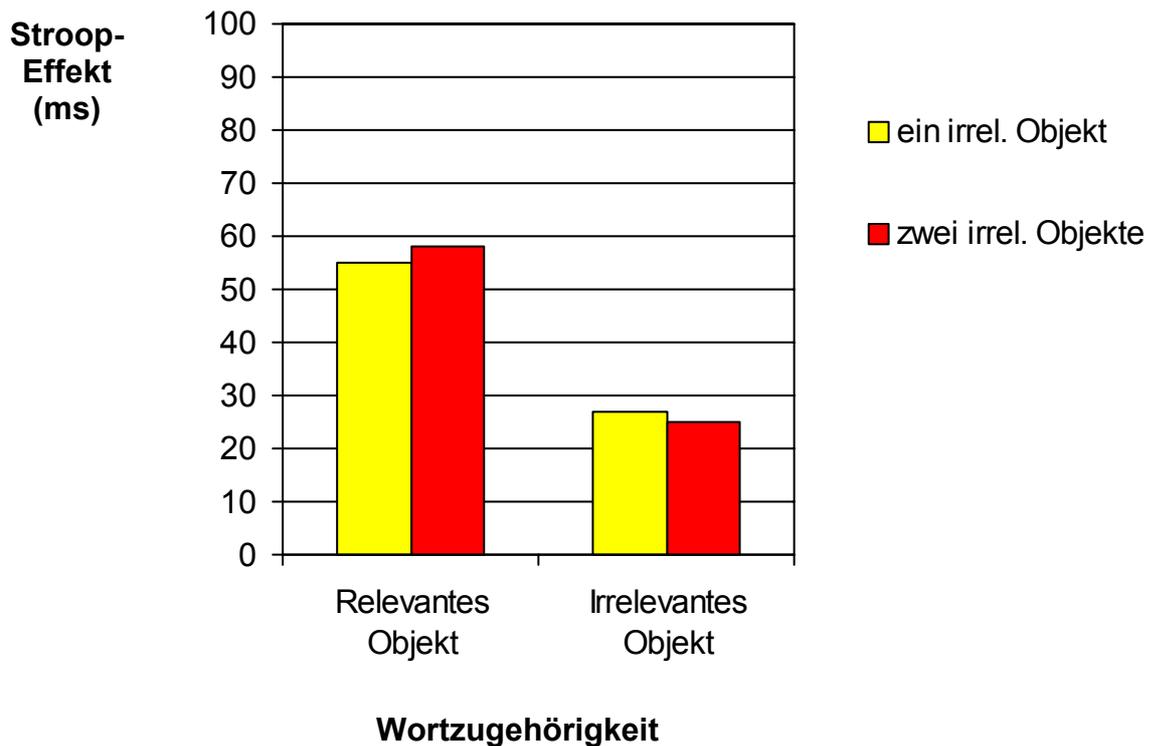
### **Ergebnisse:**

**Reaktionszeiten.** Zu Anfang wurden für jede Versuchsperson jene Durchgänge eliminiert, in denen die Reaktionszeit um mehr als zwei Standardabweichungen vom Mittelwert abwich. Auf diese Weise wurden Durchgänge mit Reaktionszeiten < 134 ms (0%) und Durchgänge mit Reaktionszeiten > 1180 ms (7.1%) von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Im Anhang IIIa/b sind Reaktionszeiten und Fehlerraten abgebildet.

Die Reaktionszeiten wurden in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse, mit den Faktoren Kongruenz (kongruent, inkongruent), Objektzugehörigkeit (relevantes oder irrelevantes Objekt) und Anzahl der irrelevanten Objekte (1 oder 2) ausgewertet. Zwei Haupteffekte zeigten sich signifikant. Inkongruente Wörter

(627 ms) führten zu längeren Reaktionszeiten als kongruente Wörter (586 ms),  $F(1,15) = 30.68$ ,  $MSE = 1772.29$ ,  $p < .001$ . Außerdem führten Farbwörter im relevanten Objekt (614 ms) zu längeren Reaktionszeiten als Farbwörter im irrelevanten Objekt (599 ms),  $F(1,15) = 8.25$ ,  $MSE = 939.06$ ,  $p < .05$ . Die Zweifachinteraktion der Faktoren Kongruenz und Objektzugehörigkeit zeigte sich ebenfalls signifikant,  $F(1,15) = 7.61$ ,  $MSE = 994.43$ ,  $p < .05$ . Die Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und der Objektzugehörigkeit besagt, dass der Stroop-Effekt im relevanten Objekt ( $D = 56$  ms) stärker auftrat als im irrelevanten Objekt ( $D = 26$  ms; Abbildung 16). Der Haupteffekt der Anzahl der irrelevanten Objekte, die Zweifachinteraktionen Objektzugehörigkeit und Anzahl der irrelevanten Objekte, Kongruenz und Anzahl der irrelevanten Objekte, wie auch die Dreifachinteraktion aller Faktoren waren nicht signifikant (alle  $F < 2.3$ ).

**Fehlerraten.** Die Prozentwerte der Reaktionsfehler wurden ebenfalls in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren Kongruenz, Objektzugehörigkeit und Anzahl der irrelevanten Objekte ausgewertet. Es zeigte sich der Haupteffekt Kongruenz signifikant: Inkongruente Wörter führten zu höheren Fehlerraten (5.7%) als kongruente Wörter (2.3%),  $F(1,15) = 26.00$ ,  $MSE = 10.05$ ,  $p < .001$ . Die Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und Objektzugehörigkeit war signifikant,  $F(1,15) = 8.16$ ,  $MSE = 3.52$ ,  $p < .05$ . Diese Interaktion bedeutet, dass bei Betrachtung der Fehler der Stroop-Effekt im relevanten Objekt ( $D = 5.5$  %) stärker auftrat als im irrelevanten Objekt ( $D = 1.4$  %). Die Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und Anzahl der irrelevanten Objekte zeigte sich ebenso signifikant,  $F(1,15) = 8.14$ ,  $MSE = 4.60$ ,  $p < .05$ . So hatte die Anzahl der Objekte nahezu keine Auswirkung in der Bedingung mit kongruenten Stroop-Wörtern ( $D = 0.3$  %), allerdings führten inkongruente Stroop-Wörter bei drei Objekten zu mehr Fehlern ( $D = 1.0$  %). Die Haupteffekte der Anzahl der irrelevanten Objekte und der Objektzugehörigkeit sowie die Zweifachinteraktionen Objektzugehörigkeit und Anzahl der irrelevanten Objekte, wie auch die Dreifachinteraktion aller Faktoren war nicht signifikant (alle  $F < 1.7$ ).



*Abbildung 16*

*Experiment 3: Weder der Stroop-Effekt im relevanten Objekt, noch der Stroop-Effekt im irrelevanten Objekt wird durch ein weiteres irrelevantes Objekt moduliert.*

**Diskussion.** Auch in diesem Experiment sollte überprüft werden, ob ein weiteres irrelevantes Objekt die Verarbeitung des relevanten Objekts und/oder die Verarbeitung des irrelevanten Objekts beeinflusst. Dazu wurde diesmal das dritte Objekt auch in einer der potentiell relevanten Farben präsentiert, um es gegenüber den anderen Objekten „konkurrenzfähiger“ zu machen.

Das Ergebnismuster ähnelte sehr dem von Experiment 2: Die Haupteffekte Kongruenz, Objektzugehörigkeit und die Zweifachinteraktion der beiden Faktoren zeigte sich sowohl in den Fehlern, als auch in den Reaktionszeiten signifikant. Die Manipulation der Anzahl der präsentierten Objekte hatte keine Auswirkung auf den Stroop-Effekt (2 Objekte: relevantes Objekt: 55 ms, irrelevantes Objekt 27 ms; 3 Objekte: relevantes Objekt 58 ms, irrelevantes Objekt: 25 ms).

Das zusätzliche irrelevante Objekt beeinflusste also weder die Verarbeitung des relevanten Objekts, noch die Verarbeitung des irrelevanten Objekts. Eine weitere Möglichkeit, warum die Manipulation der Anzahl der irrelevanten Objekte bislang keine Wirkung zeigte, könnte daran liegen, dass die Versuchspersonen immer die Farbe des ihnen am nächsten gelegenen Objekts berichten mussten.

Downing und Pinker (1985) nahmen an, dass es leichter ist, das vordere Objekt zu selektieren. Dies könnte dazu geführt haben, dass es völlig gleichgültig war, ob nun ein irrelevantes Objekt oder zwei irrelevante Objekte präsentiert wurden. Außerdem lag zwischen dem relevanten Objekt und dem zweiten irrelevanten Objekt eine relativ große Distanz, so dass das irrelevante Objekt vielleicht aus diesem Grund keinen Einfluss auf die Verarbeitung des relevanten Objekts zeigte. Hätte das zweite irrelevante Objekt vielleicht einen Einfluss auf die Bearbeitung des relevanten Objekts, wenn beide Objekte näher zusammenliegen?

#### **6.4 Experiment 4**

Um die Aufgabe schwieriger zu gestalten und so der Stroop-Modulation mehr Raum zu geben, wurde ein weiteres Experiment entwickelt, das von seiner Reizdarbietung gleich blieb wie Experiment 2. Diesmal sollten die Versuchspersonen allerdings die Farbe des zweiten Rechtecks von vorne berichten. Dies hat den Vorteil, dass damit die Aufgabe etwas schwieriger ist, da das zweite Objekt von vorne immer durch das vordere Objekt teilweise verdeckt ist und außerdem als weiter weg wahrgenommen wird. Wieder wurden zwei oder drei Objekte präsentiert, das relevante Objekt war also in der Bedingung mit zwei Objekten das hintere, in der Bedingung mit drei Objekten das mittlere Rechteck. Dadurch, dass die Aufgabe nun schwerer für die Versuchspersonen war, wurde erwartet, dass die Manipulation der Anzahl der irrelevanten Objekte mehr Einfluss auf die Verarbeitung des relevanten und des irrelevanten Objekts haben könnte.

**Fragestellung.** Diesmal sollte die Versuchsperson die Farbe des zweiten Objekts von vorne berichten, was angesichts der teilweisen Verdeckung des Objekts und der als größer empfundenen Entfernung als schwieriger definiert wurde. Diese Faktoren könnten dazu führen, dass die Manipulation der Anzahl der irrelevanten Objekte in diesem Experiment besser greift. Die Fragestellung von Experiment 4 lautete erneut: Hat die Anwesenheit eines weiteren irrelevanten Objekts einen Einfluss auf die Verarbeitung des relevanten bzw. des irrelevanten Objekts?

### **Methode:**

**Versuchspersonen.** In Experiment 4 gab es 17 Teilnehmer, davon waren 12 weiblich und 5 männlich. 15 Versuchspersonen davon waren Studenten. Altersmäßig lagen sie zwischen 20 und 43 Jahren (Mittelwert 25 Jahre). Als Honorar erhielten sie 6 Euro. Das Experiment dauerte ungefähr 45 Minuten. Alle Versuchspersonen waren deutschsprachig. Um Farbenblindheit auszuschließen, wurden den Versuchspersonen vor dem Experiment einige Tafeln des „Ishihara Test for Color Blindness“ (15. Auflage, 1960) vorgelegt, außerdem wurden sie darauf hingewiesen, bei Bedarf eine Sehhilfe zu tragen.

**Material und Geräte.** Material und Geräte waren wie in Experiment 2. Das Reizdisplay (Abbildung 17) änderte sich ebenfalls nicht, nur sollten diesmal die Versuchspersonen die Farbe des zweiten Objekts von vorne nennen (= relevantes Objekt).

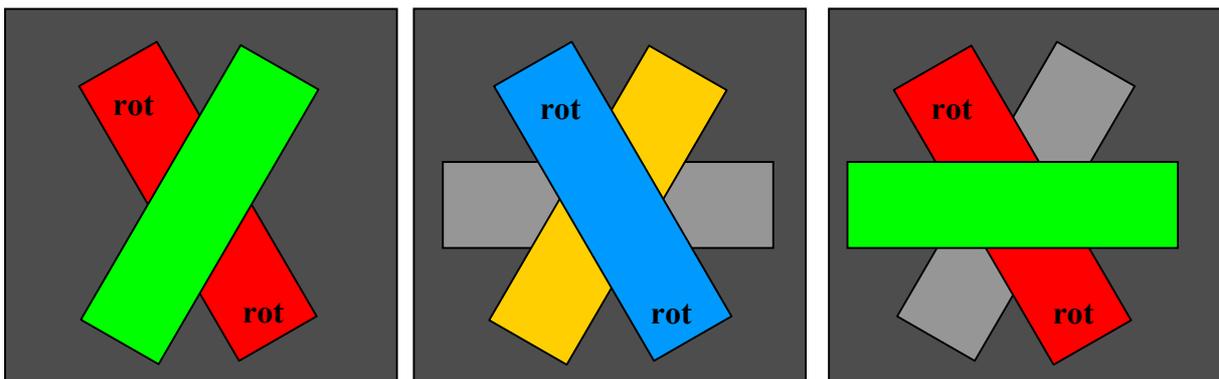


Abbildung 17

*Experiment 4: Es sind entweder zwei oder drei Objekte zu sehen. Irrelevante Farbwörter (blau, grün, rot oder gelb) können im relevanten Objekt (= zweites Objekt von vorne) oder im irrelevanten Objekt 1 (vorderstes Objekt) gezeigt werden. Dabei ist das Farbwort entweder kongruent oder inkongruent zur Farbe des relevanten Objekts. Das hinterste Objekt bleibt immer grau, der Hintergrund ist konstant schwarz.*

**Versuchsablauf.** Experiment 4 war gleich wie Experiment 2, allerdings lautete diesmal die Instruktion für die Versuchsperson, die Farbe des zweiten Objekts von vorne zu benennen.

**Versuchsplan.** Dem Experiment lag ein dreifaktorieller Versuchsplan mit Messwiederholung zugrunde. Der erste Faktor war die Kongruenz zwischen der zu benennenden Farbe des Objekts und den dargebotenen Farbwörtern (kongruent oder inkongruent). Der zweite Faktor, Objektzugehörigkeit, unterschied, ob Wörter im relevanten oder im irrelevanten Objekt präsentiert wurden und der dritte Faktor war die Anzahl der irrelevanten Objekte (1 oder 2 irrelevante Objekte).

Wieder wurde die jeweilige Ausprägung der drei Faktoren zufällig von Trial zu Trial bestimmt. Das Verhältnis von kongruenten und inkongruenten Durchgängen lag auch diesmal bei 25% zu 75%.

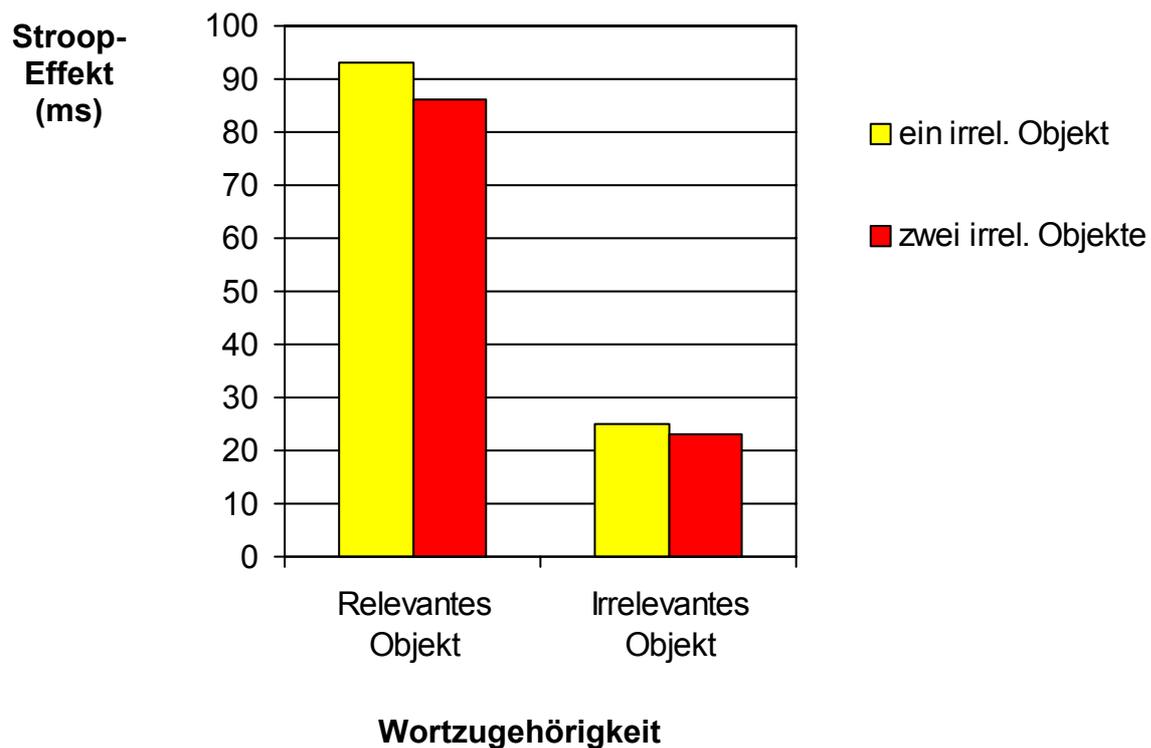
### **Ergebnisse:**

**Reaktionszeiten.** Zuerst wurden für jede Versuchsperson diejenigen Durchgänge eliminiert, in denen die Reaktionszeit um mehr als zwei Standardabweichungen vom Mittelwert abwich. Auf diese Weise wurden Durchgänge mit Reaktionszeiten  $< 415$  ms (1.3%) und Durchgänge mit Reaktionszeiten  $> 1044$  ms (3.8%) von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Anhang IVa/b zeigt Reaktionszeiten und Fehlerraten für die einzelnen Bedingungen aus Experiment 4.

Die Reaktionszeiten wurden erneut in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse, mit den Faktoren Kongruenz (kongruent, inkongruent), Objektzugehörigkeit (relevantes oder irrelevantes Objekt) und Anzahl der irrelevanten Objekte (1 oder 2) ausgewertet. Diesmal waren alle drei Haupteffekte signifikant. Inkongruente Wörter führten zu längeren Reaktionszeiten (739 ms) als kongruente Wörter (682 ms),  $F(1,16) = 80.08$ ,  $MSE = 1373.08$ ,  $p < .001$ . Außerdem führten Farbwörter im relevanten Objekt zu längeren Reaktionszeiten (718 ms) als Farbwörter im irrelevanten Objekt (703 ms),  $F(1,16) = 11.88$ ,  $MSE = 627.73$ ,  $p < .05$ . Auch der Haupteffekt der Anzahl der irrelevanten Objekte war diesmal signifikant,  $F(1,16) = 20.33$ ,  $MSE = 660.02$ ,  $p < .001$ . Das bedeutet, dass die Reaktionszeiten mit

zunehmender Anzahl von irrelevanten Objekten ansteigen (ein irrelevantes Objekt: 701 ms, zwei irrelevante Objekte: 721 ms). Die Zweifachinteraktion der Faktoren Kongruenz und Objektzugehörigkeit zeigte sich ebenfalls signifikant,  $F(1,16) = 44.69$ ,  $MSE = 798.50$ ,  $p < .001$ . Die Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und der Objektzugehörigkeit bedeutet, dass der Stroop-Effekt im relevanten Objekt ( $D = 89$  ms) stärker auftrat als im irrelevanten Objekt ( $D = 25$  ms; Abbildung 18). Die Zweifachinteraktionen Objektzugehörigkeit und Anzahl der irrelevanten Objekte, Kongruenz und Anzahl der irrelevanten Objekte, wie auch die Dreifachinteraktion aller Faktoren waren nicht signifikant (alle  $F < 1.1$ ).

**Fehlerraten.** Die Prozentwerte der Reaktionsfehler wurden ebenfalls in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren Kongruenz, Objektzugehörigkeit und Anzahl der irrelevanten Objekte ausgewertet. Es zeigten sich die Haupteffekte Kongruenz und Objektzugehörigkeit signifikant. Inkongruente Wörter führten zu höheren Fehlerraten (5.6%) als kongruente Wörter (3.4%),  $F(1,16) = 13.22$ ,  $MSE = 12.34$ ,  $p < .05$ . Wörter im relevanten Objekt (5.5 %) führten zu einer höheren Fehlerzahl als Wörter im irrelevanten Objekt (3.6 %),  $F(1,16) = 9.13$ ,  $MSE = 13.20$ ,  $p < .05$ . Auch war die Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und Objektzugehörigkeit signifikant,  $F(1,16) = 27.57$ ,  $MSE = 12.08$ ,  $p < .001$ . Diese Interaktion bedeutet, dass bei Betrachtung der Fehler der Stroop-Effekt im relevanten Objekt ( $D = 5.3$  %) stärker war als im irrelevanten Objekt ( $D = -0.9$  %). Der Haupteffekt der Anzahl der irrelevanten Objekte, sowie die Zweifachinteraktionen Objektzugehörigkeit und Anzahl der irrelevanten Objekte, Kongruenz und Anzahl der irrelevanten Objekte, wie auch die Dreifachinteraktion aller Faktoren waren auch bei der Auswertung der Fehler nicht signifikant (alle  $F < 3.7$ ).



*Abbildung 18*

*Experiment 4: Signifikant wirkt sich diesmal die Anzahl der irrelevanten Objekte auf die Reaktionszeiten aus, sowohl der Stroop-Effekt im relevanten Objekt als auch der Stroop-Effekt im irrelevanten Objekt bleiben dadurch jedoch unbeeinflusst.*

**Diskussion.** In Experiment 4 sollte die Frage untersucht werden, ob ein weiteres irrelevantes Objekt die Verarbeitung des relevanten Objekts und/oder die Verarbeitung des irrelevanten Objekts beeinflusst. Im Gegensatz zu den vorherigen Experimenten sollte die Versuchsperson die Farbe des zweiten Objekts von vorne berichten, was angesichts der teilweisen Verdeckung des Objekts und der als größer empfundenen Entfernung als schwieriger erschien. Bei den Ergebnissen zeigte sich diesmal die Manipulation der Anzahl der Objekte signifikant. Generell hatte sich also bei der schwierigeren Aufgabenstellung eine Auswirkung auf die Reaktionszeiten ergeben: Wurde ein zusätzliches irrelevantes Objekt präsentiert, verlängerten sich die Reaktionszeiten signifikant. Daraus kann man schließen, dass die Anzahl irrelevanter Objekte bei schwierigen Aufgaben grundsätzlich eine Wirkung zeigt. Anscheinend müssen mehr Ressourcen zur Bearbeitung der Aufgabe bereitgestellt werden. Die Verarbeitung des zusätzlichen Objekts beansprucht mehr Aufmerksamkeit, was zu Kosten der Reaktionszeiten geht.

Der Stroop-Effekt erfuhr jedoch die inzwischen geläufige Modulation: Inkongruente Farbwörter verursachten einen größeren Stroop-Effekt im relevanten Objekt als im irrelevanten Objekt. Die Manipulation der Anzahl der irrelevanten Objekte hatte also keinen signifikanten Einfluss auf den Stroop-Effekt (2 Objekte: relevantes Objekt: 93 ms, irrelevantes Objekt 25 ms; 3 Objekte: relevantes Objekt 86 ms, irrelevantes Objekt: 23 ms). Damit ergibt sich aus diesem Experiment, dass es für die objekt-basierte Selektion in der Stroop-Aufgabe scheinbar keine Rolle spielt, ob das zu nennende Objekt näher oder weiter entfernt scheint bzw. verdeckt oder unverdeckt präsentiert wird (siehe dazu Wühr und Waszak, 2003; Wühr und Weltle, im Druck). Die Anzahl der irrelevanten Objekte wirkt sich offensichtlich nicht auf die Verarbeitung des relevanten und des irrelevanten Objekts aus. Anscheinend werden zwar mehr Ressourcen für die Aufgabe beansprucht, was man an den gestiegenen Reaktionszeiten bei einem zusätzlichen irrelevanten Objekt sehen kann, jedoch werden diese dann wieder in dem schon bekannten Verhältnis aufgeteilt: Das relevante Objekt wird unabhängig von der steigenden Anzahl irrelevanter Objekte stärker verarbeitet als das irrelevante Objekt.

Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass zumindest in den hier vorgestellten Experimenten die Anzahl der irrelevanten Objekte keinen Einfluss auf die Verarbeitung des relevanten und des irrelevanten Objekts hat. Dieses Ergebnis unterscheidet sich damit von dem Lavies (2001). Allerdings lässt sich feststellen, dass bei Lavie die Anzahl der irrelevanten Objekte über eine viel größere Bandbreite variiert wurde (1 Objekt vs. 6 Objekte) als in den hier beschriebenen Experimenten (1 Objekt vs. 2 Objekte).

Die Ergebnisse der Experimente 2-4 lassen außerdem vermuten, dass die Modulation des Stroop-Effekts in der Hintergrund-Bedingung in Experiment 1 wohl eher durch ein Pop-Out der Wörter zu erklären ist – unabhängig von der Anzahl der präsentierten Objekte.

## 6.5 Experiment 5

In den bisher vorgestellten Experimenten wurde untersucht, wie sich die Aufmerksamkeit zwischen Objekten verteilt, und welche Rolle die An- bzw. Abwesenheit eines irrelevanten Objekts bei der Verarbeitung des relevanten Objekts und bei der Verarbeitung des irrelevanten Objekts bzw. des Hintergrunds spielt. Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Abwesenheit eines irrelevanten Objekts auf den Stroop-Effekt im Hintergrund auswirken kann bzw. die Zunahme irrelevanter Objekte den Stroop-Effekt im irrelevanten Objekt modulieren kann. Allerdings war dies nur der Fall, wenn Farbwörter allein im Hintergrund erschienen, was zu einer verstärkten Verarbeitung dieser in der Hintergrund-Bedingung führte. Die Erhöhung der Anzahl irrelevanter Objekte führte nur dann zu längeren Reaktionszeiten, wenn die Aufgabe relativ schwer war. Allerdings hatte diese Manipulation keine Auswirkung auf die Stärke der Verarbeitung des relevanten und des irrelevanten Objekts.

Interessant ist jedoch auch die Frage, wie sich die Aufmerksamkeit innerhalb von Objekten verteilt. So könnte es sein, dass sich die Aufmerksamkeit innerhalb und außerhalb von Objekten unterschiedlich verteilt. Ein bisher noch nicht berücksichtigter Gesichtspunkt ist dabei die Entfernung der Distraktorwörter vom Fixationspunkt. In den bisherigen Experimenten wurde der Abstand der Distraktorwörter vom Fixationspunkt immer konstant bei 2,5 cm (entspricht einem Sehwinkel von ca.  $2.9^\circ$ ) gehalten. Hier trat der Stroop-Effekt im relevanten Objekt am stärksten auf. Ist dies auch so, wenn Stroop-Wörter weiter weg vom Fixationspunkt dargeboten werden? Die Frage ist: Bis zu welcher Exzentrizität erzeugen Wörter im relevanten Objekt noch größere Stroop-Effekte als Wörter im irrelevanten Objekt oder Wörter im Hintergrund? Und unterliegt die Verteilung der objekt-basierten Aufmerksamkeit innerhalb von Objekten einem Gradienten oder nicht?

Vorausgegangene Studien zur räumlichen Aufmerksamkeit haben Hinweise darauf gefunden, dass die Aufmerksamkeit innerhalb einer beachteten Fläche nicht immer gleichmäßig verteilt ist, sondern einen graduellen Verlauf aufweisen kann (z. B. Eriksen & St.James, 1986; Eriksen & Yeh 1985). Die Frage ist, ob man derartige graduelle Verteilungen der Aufmerksamkeit auch innerhalb von Objekten findet. Alternativ könnte es innerhalb und außerhalb von Objekten unterschiedliche

Gradienten der Aufmerksamkeit geben. So könnte beispielsweise außerhalb eines Objekts ein gradueller Verlauf auftreten, während sich die Aufmerksamkeit innerhalb von Objekten gleichmäßig verteilt.

**Fragestellung.** Die Fragestellungen von Experiment 5 lauten:

- (1) Hat die Exzentrizität von Stroop-Wörtern innerhalb von Objekten die gleichen Effekte auf die Verarbeitung der Wörter wie außerhalb von Objekten?*
- (2) Ist Aufmerksamkeit damit innerhalb von Objekten genauso verteilt wie außerhalb von Objekten?*

Zu dieser Fragestellung wurde ein neues Reizdisplay entworfen, das es ermöglicht, Distraktorwörter in drei verschiedenen Entfernungen vom Fixationspunkt zu präsentieren. In diesen drei Entfernungen wurden wieder Farbwörter präsentiert, die entweder kongruent oder inkongruent zur Farbe des zu benennenden Objekts waren. Diesmal erschienen die Wörter in allen drei Distanzen entweder im relevanten Objekt, im irrelevanten Objekt oder aber im Hintergrund. Dabei wurde zufällig bestimmt, ob sie nahe, mittelweit oder weit entfernt erschienen (siehe Abbildung 19).

Einigen neueren Vorstellungen zufolge ist die ortsbezogene visuelle Aufmerksamkeit im Sinne eines Gradienten-Modells zu begreifen (z.B. Downing, 1988; LaBerge & Brown, 1989), demzufolge die attentionale „Auflösungskraft“ innerhalb der beachteten Region vom Maximum im Zentrum kontinuierlich zur Peripherie hin abfällt. In diesem Experiment interessiert, ob man derartige graduelle Verteilungen der Aufmerksamkeit auch innerhalb von Objekten findet.

#### **Methode:**

**Versuchspersonen.** Am Experiment nahmen 16 Studierende teil, von diesen waren 10 weiblich und 6 männlich. Altersmäßig lagen sie zwischen 20 und 32 Jahren (Mittelwert 23 Jahre). Für die Teilnahme an dem Experiment erhielten sie 6 Euro. Die Dauer des Experiments betrug ungefähr 45 Minuten. Auch in diesem Experiment waren alle Versuchspersonen deutschsprachig und bekamen

aus den schon früher erwähnten Gründen vor dem Experiment einige Tafeln des „Ishihara Test for Color Blindness“ (15. Auflage, 1960) vorgelegt.

**Material und Geräte.** Material und Geräte blieben gleich wie in den vorausgegangenen Experimenten. Als Reizanordnung wurden den Versuchspersonen zwei kreuzförmig überlappende Rechtecke gezeigt. Jedes dieser Rechtecke hatte eine der Farben rot, grün, gelb oder blau, wobei die Farben der beiden Rechtecke immer verschieden waren. Auch der Hintergrund wechselte diesmal kontinuierlich zwischen den vier Farben. Die Versuchspersonen sollten so schnell wie möglich die Farbe des vorderen Objekts benennen (= relevantes Objekt). Außerdem wurde ein Fixationspunkt in Form eines Kreuzes „+“ dargeboten, dabei waren die Linien 0.4 cm lang ( $\sim 0.45^\circ$  Sehwinkel). Die längere Seite eines Rechtecks war 14.5 cm lang und die kurze Seite 1.8 cm. Paarweise wurden mit dem Erscheinen des Reizdisplays Farbwörter (blau, rot, grün, gelb) entweder im relevanten Objekt, im irrelevanten Objekt oder im Hintergrund gezeigt. Die Wörter konnten entweder relativ nah zur Mitte (Abstand zum Fixationspunkt: 2.2 cm =  $2.5^\circ$  Sehwinkel), in einem mittleren Abstand (4.2 cm vom Fixationspunkt entfernt =  $5^\circ$  Sehwinkel), oder relativ weit vom Fixationspunkt (Abstand betrug 6.2 cm =  $7.5^\circ$  Sehwinkel) erscheinen. Dabei waren sie entweder kongruent oder inkongruent zur Farbe des relevanten Objekts.

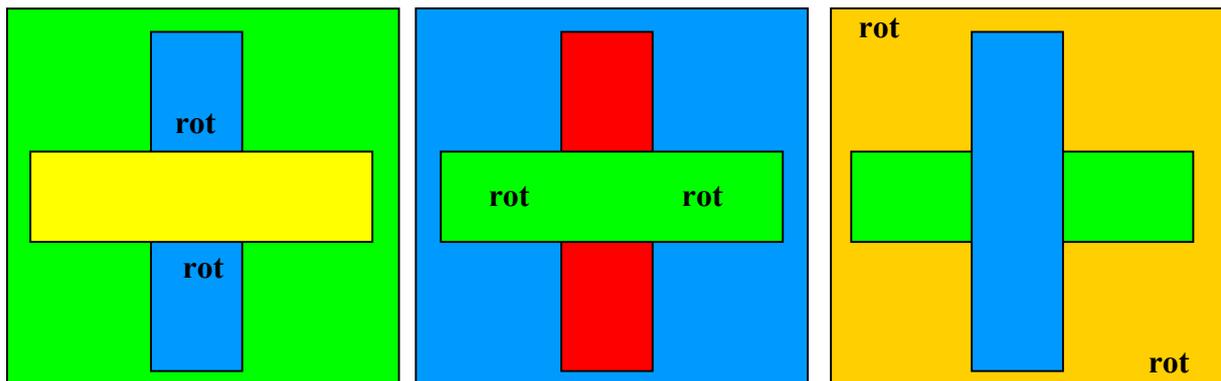


Abbildung 19

*Experiment 5: Zwei Objekte sind kreuzförmig angeordnet. Irrelevante Farbwörter (blau, grün, rot oder gelb) können im relevanten Objekt (= vorderes Objekt), im irrelevanten Objekt oder im Hintergrund gezeigt werden. Dabei ist das Farbwort entweder kongruent oder inkongruent zum relevanten Objekt. Die Wörter erscheinen entweder nah, mittel oder weit entfernt vom Fixationspunkt.*

**Versuchsablauf.** Zu Beginn des Experiments erhielten die Versuchspersonen eine schriftliche Instruktion, sie sollten bei dem folgenden Versuch die Farbe des vorderen Objekts (= relevantes Objekt) so schnell wie möglich aussprechen. Dabei sollten sie versuchen, im Experiment vorkommende Wörter zu ignorieren.

Es folgten 20 Übungsdurchgänge und danach nochmals eine kurze schriftliche Instruktion, dass das Experiment jetzt starte, und dass die Möglichkeit bestehe, jeweils nach 20 Trials eine kurze Pause zu machen. Insgesamt wurden 600 Trials dargeboten, es gab 30 Blöcke mit jeweils 20 Trials.

Ein typischer Versuchsdurchgang sah folgendermaßen aus: Als erstes erschien in der Mitte des Computermonitors ein Kreuz für 500 ms, das fixiert werden sollte. Nach einem leeren Bildschirm, der für 50 ms präsentiert wurde, erschien die Reizanordnung für 250 ms. Die Reaktionszeitmessung begann mit der Reizdarbietung. Sobald eine verbale Reaktion registriert worden war, wurde der nächste Durchgang gestartet. Der Versuchsleiter konnte im Nebenraum die Verbalreaktionen über Kopfhörer mitverfolgen und protokollierte fehlerhafte Antworten mit. Nach dem letzten Trialdurchgang erfolgte die Meldung „Ende“.

**Versuchsplan.** Das Experiment basierte auf einem dreifaktoriellen Versuchsplan mit Messwiederholung. Der erste Faktor war die Kongruenz zwischen der zu benennenden Farbe des Objekts und den dargebotenen Farbwörtern. Der zweite Faktor, Objektzugehörigkeit, unterschied, ob Wörter im relevanten, im irrelevanten Objekt oder im Hintergrund präsentiert wurden. Der dritte Faktor war der Abstand der Stroop-Wörter vom Fixationspunkt (nah, mittel, weit entfernt).

Auch in Experiment 5 wurde die jeweilige Ausprägung der drei Faktoren zufällig von Trial zu Trial bestimmt und das Verhältnis von kongruenten und inkongruenten Durchgängen lag bei 25% zu 75%.

### **Ergebnisse:**

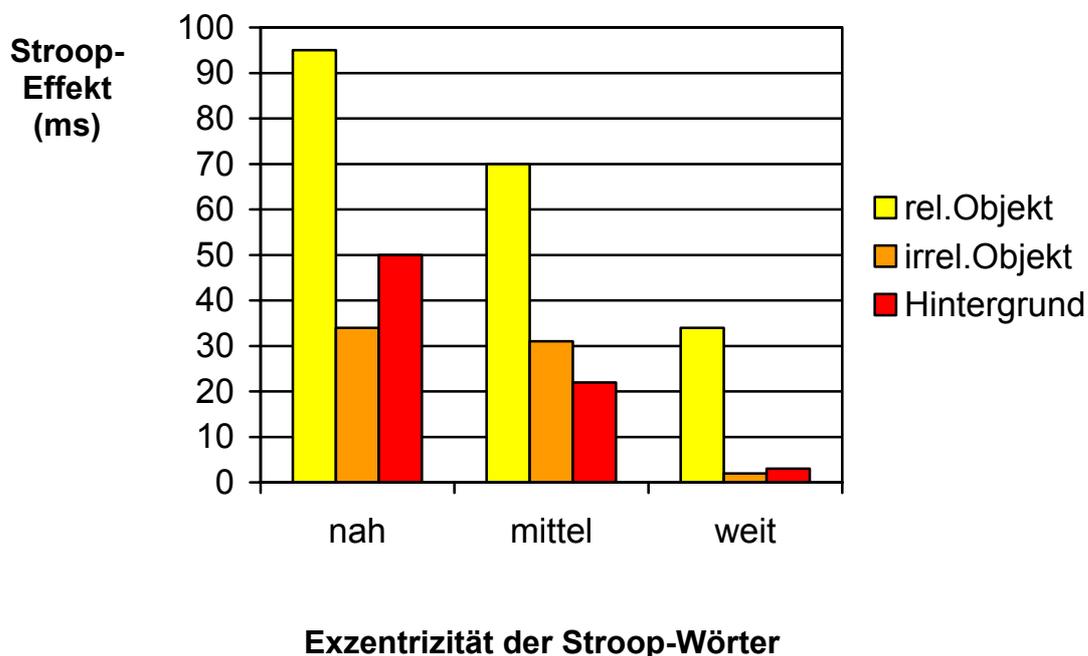
**Reaktionszeiten.** Wieder wurden als erstes für jede Versuchsperson diejenigen Durchgänge eliminiert, in denen die Reaktionszeit um mehr als zwei Standardabweichungen vom Mittelwert abwich. Auf diese Weise wurden Durchgänge mit Reaktionszeiten  $< 202$  ms (0.5%) und Durchgänge mit

Reaktionszeiten > 1070 ms (5.0%) von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Anhang Va/b zeigt Reaktionszeiten und Fehlerraten für die einzelnen Bedingungen aus Experiment 5. Diesmal musste eine Versuchsperson (Nr. 12) von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden, da sie im Vergleich zu den anderen Versuchspersonen extrem lange Reaktionszeiten hatte ( $M = 723$  ms).

Die Reaktionszeiten wurden in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse, mit den schon bekannten Faktoren Kongruenz (kongruent, inkongruent), Objektzugehörigkeit (relevantes, irrelevantes Objekt oder Hintergrund) und dem neuen Faktor Exzentrizität (nah, mittel weit) ausgewertet. Die drei Haupteffekte waren signifikant. Inkongruente Wörter (661 ms) führten zu längeren Reaktionszeiten als kongruente Wörter (619 ms),  $F(1,14) = 111.09$ ,  $MSE = 1037.35$ ,  $p < .001$ . Außerdem führten Farbwörter im relevanten Objekt (648 ms) zu längeren Reaktionszeiten als im irrelevanten Objekt (639 ms) oder im Hintergrund (633 ms),  $F(2,28) = 12.30$ ,  $MSE = 455.01$ ,  $p < .001$ . Der Haupteffekt der Exzentrizität war ebenfalls signifikant,  $F(2,28) = 3.88$ ,  $MSE = 768.81$ ,  $p < .05$ . Das bedeutet, dass die Reaktionszeiten mit zunehmender Exzentrizität der Wörter abnahmen (nah = 647 ms, mittel = 638 ms, weit = 636 ms). Zwei Zweifachinteraktionen waren signifikant; zum einen die der beiden Faktoren Kongruenz und Exzentrizität,  $F(2,28) = 36.38$ ,  $MSE = 335.84$ ,  $p < .001$ , zum anderen die der Faktoren Kongruenz und Objektzugehörigkeit.  $F(2,28) = 26.16$ ,  $MSE = 418.04$ ,  $p < .001$ . Die Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und Exzentrizität sagt aus, dass mit zunehmender Entfernung vom Fixationspunkt der Stroop-Effekt kontinuierlich abnahm (nah:  $D = 63$  ms, mittel:  $D = 45$  ms, weit:  $D = 27$  ms; Abbildung 20). Die Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und der Objektzugehörigkeit besagt, dass der Stroop-Effekt im relevanten Objekt ( $D = 67$  ms) stärker auftrat als im irrelevanten Objekt ( $D = 26$  ms) und im Hintergrund ( $D = 32$  ms). Die Zweifachinteraktion Objektzugehörigkeit und Exzentrizität sowie die Dreifachinteraktion aller Faktoren war nicht signifikant ( $F < 1.7$ ).

**Fehlerraten.** Die Prozentwerte der Reaktionsfehler wurden ebenfalls in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse, mit den Faktoren Kongruenz (kongruent, inkongruent), Objektzugehörigkeit (relevantes, irrelevantes Objekt oder Hintergrund) und Exzentrizität (nah, mittel, weit) ausgewertet. Hier zeigten sich zwei der drei Haupteffekte signifikant. Inkongruente Wörter (2.9%) führten zu mehr

Fehlern als kongruente Wörter (1.0%),  $F(1,14) = 46.82$ ,  $MSE = 5.03$ ,  $p < .001$ . Außerdem führten Farbwörter im relevanten Objekt (2.6%) zu mehr Fehlern als im irrelevanten Objekt (1.7%) oder im Hintergrund (1.6%),  $F(2,28) = 3.75$ ,  $MSE = 8.00$ ,  $p < .05$ . Auch bei der Fehlerrate waren die zwei Zweifachinteraktionen signifikant; zum einen die der beiden Faktoren Kongruenz und Exzentrizität,  $F(2,28) = 4.04$ ,  $MSE = 6.88$ ,  $p < .05$ , zum anderen die der Faktoren Kongruenz und Objektzugehörigkeit.  $F(2,28) = 10.98$ ,  $MSE = 6.06$ ,  $p < .001$ . Die Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und Exzentrizität sagt aus, dass mit zunehmender Entfernung vom Fixationspunkt der Stroop-Effekt, auch bei der Analyse der Fehler, kontinuierlich abnahm (nah:  $D = 3\%$ , mittel:  $D = 2\%$ , weit:  $D = 0.7\%$ ). Die Zweifachinteraktion zwischen Kongruenz und der Objektzugehörigkeit besagt, dass der Stroop-Effekt im relevanten Objekt ( $D = 3.8\%$ ) stärker auftrat als im irrelevanten Objekt ( $D = 1.1\%$ ) und im Hintergrund ( $D = 0.6\%$ ). Der Haupteffekt der Exzentrizität, die Zweifachinteraktion Objektzugehörigkeit und Exzentrizität sowie die Dreifachinteraktion aller Faktoren war nicht signifikant ( $F < 1.6$ ).



**Abbildung 20**

*Experiment 5: Der Stroop-Effekt nimmt zwar bei zunehmender Entfernung vom Fixationspunkt kontinuierlich ab, der objekt-basierte Mechanismus, das heißt die verstärkte Verarbeitung des relevanten Objekts, wird dadurch jedoch nicht beeinflusst.*

**Diskussion.** Die Fragen, die sich in diesem Experiment stellten, waren: Hat die Exzentrizität von Stroop-Wörtern innerhalb von Objekten die gleichen Effekte auf die Verarbeitung der Wörter wie außerhalb von Objekten? Ist damit die Aufmerksamkeit innerhalb von Objekten genauso verteilt wie außerhalb von Objekten? Es sollte außerdem überprüft werden, ob sich eine objekt-basierte Verarbeitung nachweisen lässt, und wie sich diese bei zunehmender räumlicher Distanz vom Fixationspunkt verhält. Es interessierte, ob der Stroop-Effekt im relevanten Objekt, wie auch im irrelevanten Objekt und im Hintergrund gleichermaßen mit zunehmender Exzentrizität der Wörter abnimmt, oder ob er sich auch hier im relevanten Objekt nicht modulieren lässt.

Die Ergebnisse zeigten zum einen, dass die Manipulation der Exzentrizität eine signifikante Auswirkung auf die Aufgabe hatte: Je weiter die Wörter vom Fixationspunkt entfernt präsentiert wurden, desto schwächer wurde der Stroop-Effekt. Dies würde sich ja durchaus mit der Vorstellung eines Aufmerksamkeitsgradienten (Downing, 1988; LaBerge & Brown, 1989) vereinbaren lassen: Aber wie lässt sich dann der Effekt erklären, dass auch bei der am weitesten entfernt dargebotenen Bedingung der Stroop-Effekt im relevanten Objekt deutlich stärker ausfällt als im irrelevanten Objekt oder im Hintergrund? Man beachte: Alle Wörter, die in der weit entfernten Bedingung dargeboten werden haben den gleichen Abstand zum Fixationspunkt! Analysiert man die Dreifachinteraktion aller Bedingungen, zeigt sich numerisch, dass der Stroop-Effekt kontinuierlich zur Peripherie hin abnimmt, aber immer im relevanten Objekt am deutlichsten ausgeprägt bleibt (nah:  $D = 96, 34, 50$ ; mittel:  $D = 70, 32, 22$ ; weit:  $D = 34, 2, 4$  ms). Es scheint so zu sein, dass es eine räumliche Aufmerksamkeitsverteilung gibt, die zur Peripherie hin abnimmt. Außerhalb von Objekten wird demzufolge eher raumbasiert selektiert: Die Farbwörter, die näher am Fixationspunkt liegen, werden stärker verarbeitet. Es könnte jedoch auch einen anderen Grund für die Abnahme der Stroop-Effekte mit zunehmender Exzentrizität geben: Die Sehschärfe nimmt zur Peripherie des Gesichtsfeldes hin ab. Die Tatsache, dass die Stroop-Effekte für alle Distanzen im relevanten Objekt am größten sind, lässt zwei Schlussfolgerungen zu: Zum einem wird das relevante Objekt mit all seinen Merkmalen verstärkt verarbeitet, zum anderen tritt diese Verstärkung der Verarbeitung für alle Bereiche eines Objekts in ähnlicher Stärke auf.

## 7 Gesamtdiskussion

Am Ende dieser Arbeit steht fest: Selektion ist für unser alltägliches Handeln notwendig. Wie diese Selektion vonstatten geht, darüber kann noch diskutiert werden. Es wurden zwei grundlegende Ansätze dargestellt: Ortsbasierte Selektion und objekt-basierte Selektion. Als grundsätzliches Ergebnis dieser Arbeit kann festgehalten werden: Es gibt nicht nur raumbasierte Selektion, sondern es werden auch Objekte mit all ihren Merkmalen selektiert. Wir richten unsere Aufmerksamkeit also nicht nur auf einen Ort, sondern wir sind auch in der Lage, einem Objekt unsere Aufmerksamkeit zu widmen. Die Experimente untersuchten, ob irrelevante Informationen eine Rolle für die Bearbeitung einer Aufgabe spielen. Es wurde überprüft, ob die An- oder Abwesenheit eines irrelevanten Objekts eine Auswirkung auf die Verarbeitung eines relevanten Objekts, eines zweiten irrelevanten Objekts und des Hintergrunds hat, und wie sich die Anzahl der irrelevanten Objekte bemerkbar macht. Außerdem stellte sich die Frage, ob es eine graduelle Verteilung der Aufmerksamkeit gibt. Wenn ja, findet man dann derartige graduelle Verteilungen der Aufmerksamkeit auch innerhalb von Objekten? Eine Erklärung wäre beispielsweise die Vorstellung unterschiedlicher Gradienten der Aufmerksamkeit innerhalb und außerhalb von Objekten.

In Experiment 1-4 wurde untersucht, wie sich unsere Aufmerksamkeit zwischen Objekten verteilt, während Experiment 5 untersuchte, wie sich die Aufmerksamkeit innerhalb von Objekten verteilt, und ob es Unterschiede innerhalb und außerhalb von Objekten gibt. Ein erstes Experiment sollte Aufschluss darüber geben, inwieweit ein zweites Objekt die Verarbeitung von Stroop-Wörtern im relevanten Objekt und im Hintergrund beeinflussen kann. Die Ergebnisse zeigten klar, dass inkongruente Wörter zu längeren Reaktionszeiten führten als kongruente Wörter. Wesentlich interessanter war, dass die Anzahl der Objekte einen signifikanten Effekt auf die Leistung hatte: Wenn ein weiteres Objekt präsentiert wurde, dann stiegen die Reaktionszeiten an. In der Analyse der Dreifachinteraktion stellte sich heraus, dass inkongruente Farbwörter im Hintergrund stärker interferierten, wenn kein irrelevantes Objekt gezeigt wurde. Dieses Ergebnis könnte ein erster Hinweis darauf sein, dass die Arbeitsweise eines objekt-basierten Selektionsmechanismus von der Anwesenheit

konkurrierender, irrelevanter Objekte beeinflusst wird. Dagegen spricht jedoch, dass die irrelevanten Farbwörter in der Bedingung ohne ein irrelevantes Objekt (Experiment 1b) sozusagen „heraus-poppten“, da sie allein vor der Hintergrundfläche präsentiert wurden. Möglicherweise führte dies zu der Beobachtung, dass der Stroop-Effekt im Hintergrund größer war, wenn kein irrelevantes Objekt gezeigt wurde. Diese Beobachtung führte zur Entwicklung weiterer Experimente, die klären sollten, welchen Einfluss die Anzahl der irrelevanten Objekte auf die Verarbeitung des relevanten und/oder des irrelevanten Objekt hat. Diese Fragestellungen wurden in insgesamt drei Experimenten untersucht.

In Experiment 2 interessierte, wie sich die An- oder Abwesenheit von irrelevanten Objekten auf die Verarbeitung des relevanten und des irrelevanten Objekts auswirkt. Es sollte überprüft werden, ob möglicherweise die Anwesenheit weiterer irrelevanter Objekte zu einer abgeschwächten Verarbeitung des irrelevanten Objekts führt. Wäre dies der Fall, dann sollten Stroop-Wörter im irrelevanten Objekt schwächere Effekte erzeugen, wenn andere irrelevante Objekte vorhanden sind, als in der Bedingung ohne weitere irrelevante Objekte. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin, immer das vordere Objekt zu benennen. Zufällig erschienen zwei oder drei Objekte, das hinterste war immer grau. In diesem Experiment zeigte sich zwar, dass inkongruente Wörter generell zu längeren Reaktionszeiten führten als kongruente Wörter, und dass das relevante Objekt stärker verarbeitet wurde als das irrelevante Objekt, die Anzahl der Objekte hatte jedoch keinen Einfluss auf die Verarbeitung der Stroop-Wörter, weder im relevanten, noch im irrelevanten Objekt.

In Experiment 3 wurde daraufhin überprüft, ob es einen Einfluss haben könnte, dass das hinterste Objekt immer grau präsentiert worden war. Diese Tatsache könnte nämlich zur Folge haben, dass die beiden farbigen Objekte für die Selektion als „wichtig“ gewertet werden, das graue Objekt jedoch nicht mit in die Verarbeitung eingegangen ist. Von daher könnte es also auch daran liegen, dass das Hinzufügen eines weiteren irrelevanten Objekts keinen Einfluss auf die Stroop-Modulation hat, da das zweite irrelevante Objekt nicht farbig ist und damit einfach „abgeblockt“ wird und nicht in die weitere Verarbeitung einhergeht. Aus diesem Grund wechselte nun auch die Farbe des zweiten irrelevanten Objekts von Trial zu Trial. In Experiment 3 sollte nochmals überprüft werden, ob die Anzahl der

irrelevanten Objekte einen Einfluss auf die Verarbeitung des relevanten und/oder des irrelevanten Objekts hat. Die Ergebnisse dieses Experiments waren denen von Experiment 2 recht ähnlich: Wieder hatte die Anzahl der irrelevanten Objekte keinen signifikanten Einfluss, weder auf die Verarbeitung des relevanten, noch auf die Verarbeitung des irrelevanten Objekts.

Eine weitere Möglichkeit, die Aufgabe schwieriger und damit sensibler für die Manipulation zu machen, bestand darin, dass die Versuchspersonen in Experiment 4 nunmehr das zweite Objekt von vorne benennen sollten. Wieder wurde untersucht, welche Wirkung ein weiteres irrelevantes Objekt auf die Verarbeitung des relevanten bzw. des irrelevanten Objekts haben könnte. Die Erschwerung der Aufgabe führte dazu, dass die Anzahl der Objekte eine signifikante Manipulation darstellte. Generell hatte es also bei der schwierigeren Aufgabenstellung eine Auswirkung auf die Reaktionszeiten gegeben: Wurde ein zusätzliches irrelevantes Objekt präsentiert, verlängerten sich die Reaktionszeiten signifikant. Der Stroop-Effekt im relevanten und auch im irrelevanten Objekt wurde jedoch auch in dieser Bedingung nicht moduliert. Das Vorhandensein eines weiteren irrelevanten Objekts hat also keine Auswirkung auf die Verarbeitung des relevanten und des irrelevanten Objekts, außer dass die Reaktionszeit generell anstieg.

Zusammenfassend lässt sich zu der Fragestellung, ob ein weiteres irrelevantes Objekt die Verarbeitung des relevanten und/oder des irrelevanten Objekts beeinflusst, festhalten, dass erstens die Anzahl der irrelevanten Objekte nur dann einen Einfluss auf die Aufgabe hat, wenn diese einen nicht unerheblichen Schwierigkeitsgrad aufweist. Dies hat zur Folge, dass die Reaktionszeiten insgesamt ansteigen. Eine weitere wichtige Feststellung ist: Der objekt-basierte Selektionsmechanismus in der Stroop-Aufgabe wird anscheinend davon nicht berührt. Hiermit wird auch die Fragestellung von Experiment 1 beantwortet: Die Modulation des Stroop-Effekts wurde wohl eher dadurch hervorgerufen, dass die Wörter in der Bedingung, in dem nur ein Objekt gezeigt wurde, so auffällig vor dem Hintergrund präsentiert wurden, dass sie viel Aufmerksamkeit erlangten und bevorzugt verarbeitet wurden.

Ein weiteres interessantes Thema bietet Experiment 5: Hier interessierte, in welcher Weise es eine Rolle spielt, ob dargebotene Distraktorwörter in verschiedenen Entfernungen vom Fixationspunkt gezeigt werden. Distraktorwörter konnten nah, mittel oder weit entfernt vom Fixationspunkt erscheinen. Dabei waren die Wörter entweder im relevanten (vorderen) Objekt, im irrelevanten Objekt oder im Hintergrund. Es sollte überprüft werden, ob sich für verschiedene Distanzen vom Fixationspunkt vergleichbare Unterschiede in der Verarbeitung von relevanten und irrelevanten Objekten finden lassen. Interessant war die Frage, ob ein gradueller Verlauf der Aufmerksamkeit, den Forscher wie beispielsweise Eriksen und St. James (1986) nachweisen konnten, auch innerhalb eines Objekts zu finden ist. Es zeigte sich, dass die Manipulation der Exzentrizität eine signifikante Auswirkung auf die Aufgabe hatte: Je weiter die Wörter vom Fixationspunkt entfernt präsentiert wurden, desto schwächer wurde der Stroop-Effekt. Dies ließ sich mit der Vorstellung eines Aufmerksamkeitsgradienten (Downing, 1988; LaBerge & Brown, 1989) vereinbaren. Es scheint so zu sein, dass es eine räumliche Aufmerksamkeitsverteilung gibt, die zur Peripherie hin abnimmt. Außerhalb von Objekten wird demzufolge eher raumbasiert selektiert: Die Farbwörter, die näher am Fixationspunkt liegen, werden stärker verarbeitet. Das Ergebnis, dass der Stroop-Effekt unabhängig davon, ob die Wörter nah, mittel oder weit entfernt vom Fixationspunkt dargeboten wurden, im relevanten Objekt immer stärker aufgetreten ist als im irrelevanten Objekt oder im Hintergrund, lässt vermuten, dass in dieser Stroop-Aufgabe auch ein objekt-basierter Mechanismus vorhanden ist. Die Tatsache, dass die Stroop-Effekte für alle Distanzen im relevanten Objekt am größten sind, lässt zwei Schlussfolgerungen zu: Zum einen wird das relevante Objekt mit all seinen Merkmalen verstärkt verarbeitet, zum anderen tritt diese Verstärkung der Verarbeitung für alle Bereiche eines Objekts in ähnlicher Stärke auf.

Doch welche allgemeinen Schlüsse lassen sich aus diesen Ergebnissen ziehen? Zum einen wird uns gezeigt, dass unsere Informationsverarbeitung nie ganz von eigentlich irrelevanten Reizen verschont bleibt. Der Stroop-Effekt ist ein gutes Beispiel dafür, dass es uns oft nicht gelingt, irrelevante Reize zu ignorieren. Außer in Experiment 4 scheint es so zu sein, dass es für den Stroop-Effekt im relevanten und irrelevanten Objekt – zumindest für die hier vorgestellten

Experimente – keine Rolle spielt, wie viele irrelevante Zusatzreize präsentiert werden. In Experiment 4 zeigte sich jedoch, dass in einer schwierigen Aufgabe irrelevante Reize anscheinend doch eine Auswirkung auf die Aufgabenbewältigung zeigen. Dieser Effekt könnte daher rühren, dass bei der Bewältigung schwieriger Aufgaben mehr Ressourcen zu deren Bearbeitung zur Verfügung gestellt werden. Durch diese zusätzlichen Kapazitäten kommt es anscheinend dazu, dass auch zusätzliche irrelevante Objekte verstärkt mitverarbeitet werden und so zu längeren Reaktionszeiten führen. Es könnte also sein, dass unsere Aufmerksamkeitszuwendung und -verteilung davon abhängt, wie schwierig eine Aufgabe ist.

Wir müssen bei vielen Aufgaben darauf gefasst sein, von Störreizen abgelenkt zu werden. Weiß man mehr darüber, wie diese Störreize funktionieren, so hat man die Chance, dagegenzuwirken. Dies ist zum Beispiel wichtig an Arbeitsplätzen, wo unsere Aufmerksamkeit nicht abgelenkt werden darf. Es dürfen nicht zu viele irrelevante Reize von möglicherweise wichtigen Alarmsignalen ablenken. Auch zum Thema Autofahren könnte es von Bedeutung sein, mehr über die Wirkungsweise irrelevanter Reize und die damit verbundene Aufmerksamkeitsverteilung zu wissen. Zum Beispiel stellen Unterhaltungssysteme in Autos ein Risiko für das sichere Fahrverhalten dar, da sie viele für die Fahraufgabe irrelevante Bedienelemente haben und damit zur Ablenkung der Aufmerksamkeit führen.

Ein anderer wichtiger Aspekt dieser Arbeit stellt das Vorhandensein eines objekt-basierten Mechanismus in der Selektion dar. Bisher war man eher davon ausgegangen, dass wir unsere Aufmerksamkeit im Raum verteilen und Orte selektieren, doch die Experimente zeigten durchgängig, dass man beispielsweise im Stroop-Paradigma auch objekt-basierte Mechanismen finden kann. Unsere Aufmerksamkeit kann sich also auch auf Objekte richten und diese unabhängig von ihrem Ort verarbeiten. Diese Erkenntnis bietet handlungsrelevante Aspekte: Würde man zum Beispiel in der Entwicklung von Straßenschildern diese Ergebnisse berücksichtigen, so würde man in Zukunft an Kreuzungen lieber ein großes Schild (Objekt) anbringen, auf dem Informationen gesammelt präsentiert wird, als mehrere einzelnen Schilder. So wären alle Informationen an einem

Objekt präsentiert. Auch bei Computerlernprogrammen für Kinder besteht Bedarf an Verbesserung: Hier wird die zu lernende Information bisher noch oft immer am gleichen Ort präsentiert, was dazu führt, dass die Kinder ihre Aufmerksamkeit nur auf diesen Ort richten und den Rest des Displays nicht mehr beachten. Dies hat den Nachteil, dass ein Lernprogramm schnell langweilig und damit unattraktiv wird. Geht man nun davon aus, dass wir unsere Aufmerksamkeit auf Objekte unabhängig von ihrem Ort richten können, so könnte man Lernprogramme zum Beispiel folgendermaßen gestalten: Die zu lernende Information könnte immer auf einer Figur erscheinen, die sich innerhalb des Displays bewegen kann.

Um noch einmal auf das eingangs beschriebene Einkaufsbeispiel zurückzukommen: Insgesamt kann man sagen, dass wir ständig einer Flut von Reizen ausgesetzt sind und unser Informationsverarbeitungssystem damit beschäftigt ist, Wichtiges von Unwichtigem zu trennen. Die meisten Reize, die auf uns einströmen, sind in der Regel für unser momentanes Handeln nicht wichtig, trotzdem werden sie oft versehentlich mitverarbeitet. Irrelevante Reize spielen also eine große Rolle bei der Verteilung unserer Aufmerksamkeit, und das nicht nur beim Einkaufen, wo plötzlich eine grelle Werbeinformation aufleuchtet oder viele blinkende Preisschilder Angebote versprechen. *Vielleicht denken Sie ja beim nächsten Einkauf, wenn wieder eine attraktiv blinkende Werbetafel vom rechten Weg ablenkt, ganz bewusst an die Funktionsweise irrelevanter Reize und richten Ihre Aufmerksamkeit wieder fest auf Ihre Einkaufsliste.*

## 8 Zusammenfassung

Um erfolgreich handeln zu können, ist die Selektion handlungsrelevanter Information aus dem Informationsangebot der Umwelt Voraussetzung. Eine wichtige Rolle für die Selektion spielt die Aufmerksamkeit. Diese Arbeit soll einen Überblick geben, welche Befunde es bisher aus der Forschung zur Aufmerksamkeit gibt. Dabei wird zwischen zwei wichtigen Selektionsmechanismen unterschieden: Orts-basierte Selektion und objekt-basierte Selektion. Durch neuere Studien (z. B. Wühr und Waszak, 2003) konnte gezeigt werden, dass in einem bekannten Paradigma, dem Stroop-Effekt, auch objekt-basierte Selektion stattfindet. In dieser Studie hatten irrelevante Farbwörter deutlich größere Effekte auf das Verhalten, wenn die Wörter im relevanten Objekt erschienen, als wenn die Wörter außerhalb des relevanten Objekts präsentiert wurden. Auf diesen Untersuchungen basieren die hier vorgestellten Experimente. Es soll untersucht werden, wie sich Aufmerksamkeit zwischen und innerhalb von Objekten verteilt. In den experimentellen Untersuchungen wenden wir uns den Fragen zu: Welche Bedeutung hat zusätzliche irrelevante Information für die Verarbeitung eines relevanten Objekts, eines irrelevanten Objekts und des Hintergrunds? Es soll geklärt werden, wie sich die An- oder Abwesenheit von zusätzlichen irrelevanten Objekten auf die Verarbeitung eines relevanten Objekts, eines irrelevanten Objekts und des Hintergrunds auswirkt. Außerdem wird der Frage nachgegangen, ob verstärkte Verarbeitung von selektierten Objekten zur Peripherie hin abnimmt. Oder beschränkt sich die Wirkung objekt-basierter Verarbeitung auf das Zentrum von selektierten Objekten?

Die Ergebnisse führten zu dem Schluss, dass der Stroop-Effekt ein robustes Phänomen ist und sich die objekt-basierte Modulation durch die Anwesenheit eines oder mehrerer irrelevanter Objekte nicht beeinflussen ließ. Bei zunehmender Exzentrizität von Distraktorwörtern nahm der Stroop-Effekt zwar graduell über alle Bedingungen ab, dafür könnte es jedoch auch einen einfachen Grund geben: Die Sehschärfe des Gesichtsfeld nimmt zur Peripherie hin ab. Die Tatsache, dass die Stroop-Effekte für alle Distanzen im relevanten Objekt am größten waren, lässt zwei Schlussfolgerungen zu: Zum einem wird das relevante Objekt mit all seinen Merkmalen verstärkt verarbeitet, zum anderen tritt diese Verstärkung der Verarbeitung für alle Bereiche eines Objekts in ähnlicher Stärke auf.

## 9 Literaturverzeichnis

Allport, D. A. (1980). Attention and performance. In G. Claxton (Ed.), *Cognitive Psychology. New Directions* (pp. 112-153). London: Routledge & Kegan Paul.

Allport, D. A. (1987). Selection for action: some behavioural and neurophysiological considerations of attention and action. In H. Heuer & A. F. Sanders (Eds.), *Perspectives on Perception and Action* (pp. 395-419). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Allport, D. A. (1989). Visual attention. In M. A. Posner (Ed.), *Foundations of Cognitive Science* (pp. 631-682). Cambridge, MA: MIT Press.

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.

Andersen, G. J. (1990). Focused attention in three-dimensional space. *Perception & Psychophysics*, 47, 112-120.

Andersen, G. J., & Kramer, A. F. (1993). Limits of focused attention in three-dimensional space: *Perception & Psychophysics*, 53, 658-667.

Baddeley (1986). *Working Memory*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Bauer, B., & Besner, D. (1997). Processing in the Stroop task: Mental set as a determinant of performance. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51, 61-68.

Baylis, G. C., & Driver, J. (1993). Visual attention and objects: Evidence for hierarchical coding of location. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 451-470.

Behrmann, M., Zemel, R. S., & Mozer, M.C. (1998). Object-based attention and occlusion: Evidence from normal subjects and a computational model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1011-1036.

Besner, D.; Stolz, J. A., & Boutilier, C. (1997). The Stroop effect and the myth of automaticity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4, 221-225.

Broadbent, D. (1954). The role of auditory localization in attention and memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 191-196.

Broadbent, D.E. (1958). *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.

Brown, T. L., Gore, C. L., & Carr, T. H. (2002). Visual attention and word recognition in Stroop color naming: Is word recognition automatic? *Journal of Experimental Psychology: General*, 131, 220-240.

Cheal, M., Lyon, D. R., & Gottlob, L. R. (1994). A framework for understanding the allocation of attention in location-precued discrimination. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47A, 699-739.

Cheesman, J., & Merikle, P. M. (1984). Priming with and without awareness. *Perception and Psychophysics*, 36, 387-395.

Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech with one and two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 975-979.

Cohen, J. D., Dunbar, K., & Mc Clelland, J. L. (1990). On the control of automatic processes: A parallel distributed processing account of the Stroop effect. *Psychological Review*, 97, 332-361.

Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.

Downing, C. J. (1988). Expectancy and visual-spatial attention: Effects on perceptual quality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 188-202.

Downing, P., Liu, J., & Kanwisher, N. (2001). Testing cognitive models of visual attention with fMRI and MEG. *Neuropsychologia*, 39, 1329-1342.

Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 501-517.

Egeth, H.E., & Yantis, S. (1997). Visual attention: Control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology*, 48, 269-297.

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

Eriksen, C. W., & Yeh, Y.-Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 583-587.

Eriksen, C. W., & St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, 40, 225-240.

Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2000). *Cognitive Psychology: A Student's Handbook*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.

Gatti, S. V., Egeth, H. E. (1978). Failure of spatial selectivity in vision. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 11, 181-184.

Gopher, D., & Navon, D. (1980). How is performance limited? Testing the notion of central capacity. *Acta Psychologica*, 46, 161-180.

Johnston, W. A., & Dark, V. J. (1986). Selective attention. *Annual Review of psychology*, 37, 43-75.

Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In J.B. Long & A.D. Baddeley (Eds.), *Attention & Performance IX* (pp. 187-203). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. New York: Prentice Hall.

Kahneman, D., & Henik, A. (1981). Perceptual organization and attention. In M. Kubovy & J. R. Pomerantz (Eds.), *Perceptual Organization* (pp. 181-211). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

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 & R. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp.29-61). New York: Academic Press.

LaBerge, D. (1983). Spatial extent of attention to letters and words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 371-379.

LaBerge, D., & Brown, V. (1989). Theory of attentional operations in shape identification. *Psychological Review*, 96, 101-124.

Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 451-468.  
Kowler, E., Anderson, E., Doshier, B., & Blaser, E. (1995). The role of attention in the programming of saccades. *Vision Research*, 35, 1897-1916.

- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, *109*, 163-203.
- MacLeod, C. M. (1998). Training on integrated versus separated Stroop tasks: The progression of interference and facilitation. *Memory & Cognition*, *26*, 201-211.
- MacLeod, C. M., & MacDonald, P. A. (2000). Inter-dimensional interference in the Stroop effect: Uncovering the cognitive and neural anatomy of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 383-391.
- Merikle, P. M., & Gorewicz, N. J. (1979). Spatial selectivity in vision: Field size depends upon noise size. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *14*, 343-346.
- Moray (1967). Where is capacity limited? A survey and a model. *Acta Psychologica*, *27*, 84- 92.
- Müller, H. J., & Rabbitt, P. M. A. (1989). Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*, 315-330.
- Müller, H. J., & Krummenacher, J. (2002). Aufmerksamkeit: In: J. Müsseler & W. Prinz (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (S. 118-177). Berlin: Springer.
- 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, NJ: Erlbaum.
- Neumann, O. (1984). 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. (1987). Beyond capacity: A functional view of attention. In H. Heuer & A. Sanders (Eds.), *Perspectives on Perception and Action* (pp. 361-394). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Neumann, O., & Klotz, W. (1994). Motor responses to nonreportable, masked stimuli: Where is the limit of direct parameter specification? In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and Performance XV: Conscious and Nonconscious Information Processing* (pp. 123-150). Cambridge, MA: MIT Press.X.

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* (pp. 1-18). New York: Plenum Press.

Posner, M. I. (1978). *Chronometric Explorations of Mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.

Posner, M. I., & Snyder, C. R. R. (1975). Attention and cognitive control. In R. L. Solso (Ed.), *Information Processing and Cognition. The Loyola Symposium* (pp. 55-85). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Posner, M. I., Snyder, C. R. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160-174.

Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84, 1-66.

Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1985). Categorization (restructuring) and automatization: Two separable processes. *Psychological Review*, 92, 424-428.

Scholl, B. J. (2001). Objects and attention: the state of the art. *Cognition*, 80, 1-46.

- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, *84*, 127-190.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reaction. *Journal of Experimental Psychology*, *18*, 643-662.
- Styles, E. A. (1997). *The Psychology of Attention*. Hove, UK: Psychology Press.
- Telford, C. W. (1931). The refractory phase of voluntary and associative responses. *Journal of Experimental Psychology*, *14*, 1-36.
- Theeuwes, J., Atchley, P., & Kramer, A. F. (1998). Attentional control within 3-D space. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*, 1476-1485.
- Tipper, S. P., Weaver, B., Jerreat, L. M., & Burak, A. L. (1994). Object-based and environment-based inhibition of return of visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*, 478-499.
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *12*, 242-248.
- Vecera, S. P., & Farah, M. J. (1994). Does visual attention select objects or locations? *Journal of Experimental psychology: General*, *123*, 146-160.
- Welford, A. T. (1952). The "psychological refractory period" and the timing of high speed performance – A review and a theory. *British Journal of Psychology*, *43*, 2-19.
- Wickens, C. D. (1984). Processing resources in attention, dual task performance, and work load assessment. In R. Parasuraman & D. R. Davies (Ed.), *Varieties of Attention* (pp. 63- 102). New York: Academic Press.

Wühr, P., & Waszak, F. (2003). Object-based attentional selection can modulate the Stroop effect. *Memory & Cognition*, *31*, 983-994.

Wühr, P., & Weltle, M. (im Druck). Do depth cues affect attentional modulations of the Stroop effect? *Memory & Cognition*.

Yantis, S. 1998. Control of visual attention. In H. Pashler (Ed.), *Attention*. Hove: Psychology Press, 233-256.

Yantis, S., & Jonides, J. (1990). Abrupt visual onsets and selective attention: Voluntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *16*, 121-134.

## 10 Anhang

### Ia)

#### Experiment 1: Reaktionszeiten und Fehlerraten

Objektzugehörigkeit	Kongruenz und Anzahl der Objekte			
	<i>kongruent</i> <i>zwei Objekte</i>	<i>kongruent</i> <i>ein Objekt</i>	<i>inkongruent</i> <i>zwei Objekte</i>	<i>inkongruent</i> <i>ein Objekt</i>
<i>Relevantes Objekt</i>	611 ms (0.9 %)	584 ms (0.4 %)	694 ms (6.4 %)	661 ms (6.7 %)
<i>Hintergrund</i>	621 ms (1.6 %)	583 ms (1.0 %)	664 ms (2.8 %)	637 ms (3.9 %)

### IIa)

#### Experiment 2: Reaktionszeiten und Fehlerraten

Objektzugehörigkeit	Kongruenz und Anzahl der Objekte			
	<i>kongruent</i> <i>zwei Objekte</i>	<i>kongruent</i> <i>drei Objekte</i>	<i>inkongruent</i> <i>zwei Objekte</i>	<i>inkongruent</i> <i>drei Objekte</i>
<i>Relevantes Objekt</i>	569 ms (4.5 %)	566 ms (1.6 %)	638 ms (8.6 %)	639 ms (8.6 %)
<i>Irrelevantes Objekt</i>	571 ms (0.7 %)	578 ms (1.2 %)	597 ms (2.0 %)	600 ms (3.4 %)

### IIIa)

#### Experiment 3: Reaktionszeiten und Fehlerraten

Objektzugehörigkeit	Kongruenz und Anzahl der Objekte			
	<i>kongruent</i> <i>zwei Objekte</i>	<i>kongruent</i> <i>drei Objekte</i>	<i>inkongruent</i> <i>zwei Objekte</i>	<i>inkongruent</i> <i>drei Objekte</i>
<i>Relevantes Objekt</i>	584 ms (2.1 %)	588 ms (2.9 %)	639 ms (8.2 %)	646 ms (7.8 %)
<i>Irrelevantes Objekt</i>	584 ms (1.6 %)	588 ms (2.8 %)	610 ms (3.1 %)	613 ms (4.2 %)

#### IVa)

##### Experiment 4: Reaktionszeiten und Fehlerraten

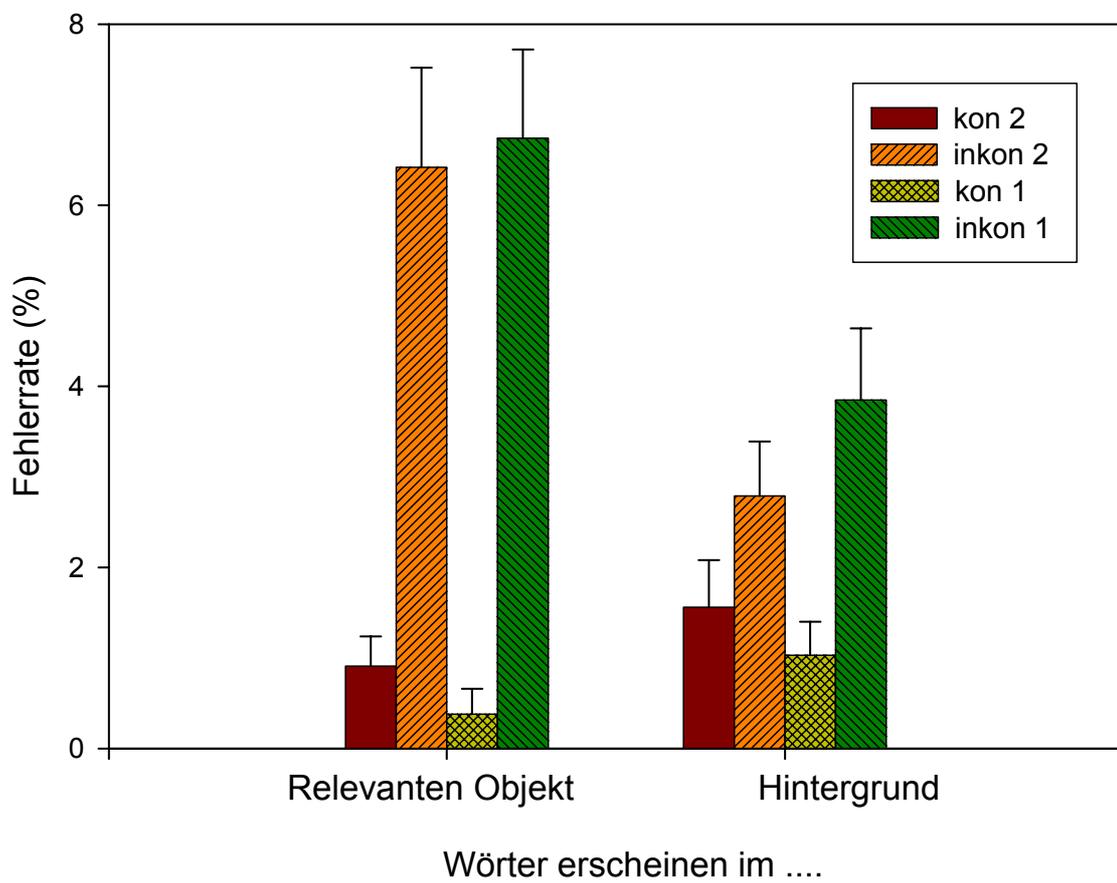
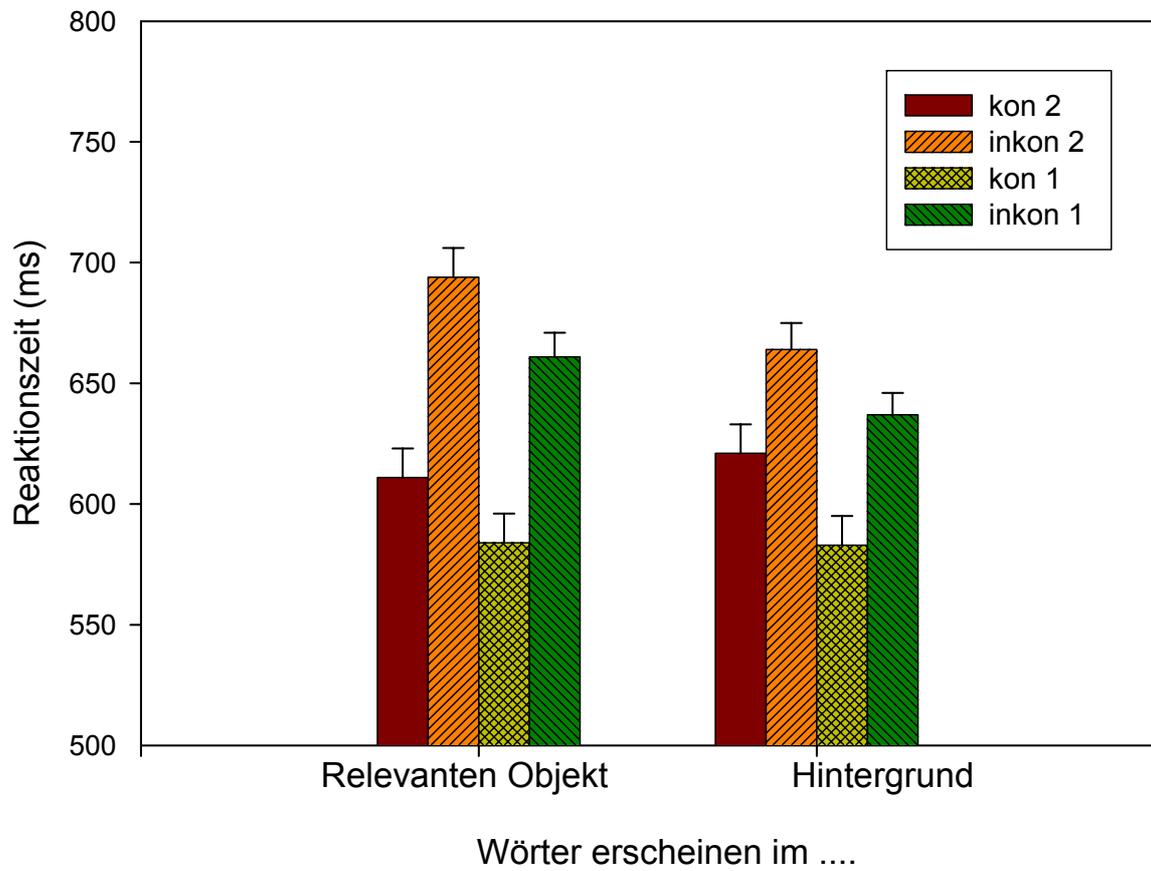
Objektzugehörigkeit	Kongruenz und Anzahl der Objekte			
	<i>kongruent</i>		<i>inkongruent</i>	
	<i>zwei Objekte</i>	<i>drei Objekte</i>	<i>zwei Objekte</i>	<i>drei Objekte</i>
<i>Relevantes Objekt</i>	660 ms (2.2 %)	687 ms (3.0 %)	753 ms (6.5 %)	773 ms (9.7 %)
<i>Irrelevantes Objekt</i>	683 ms (3.3 %)	700 ms (4.7 %)	708 ms (2.9 %)	723 ms (3.4 %)

#### Va)

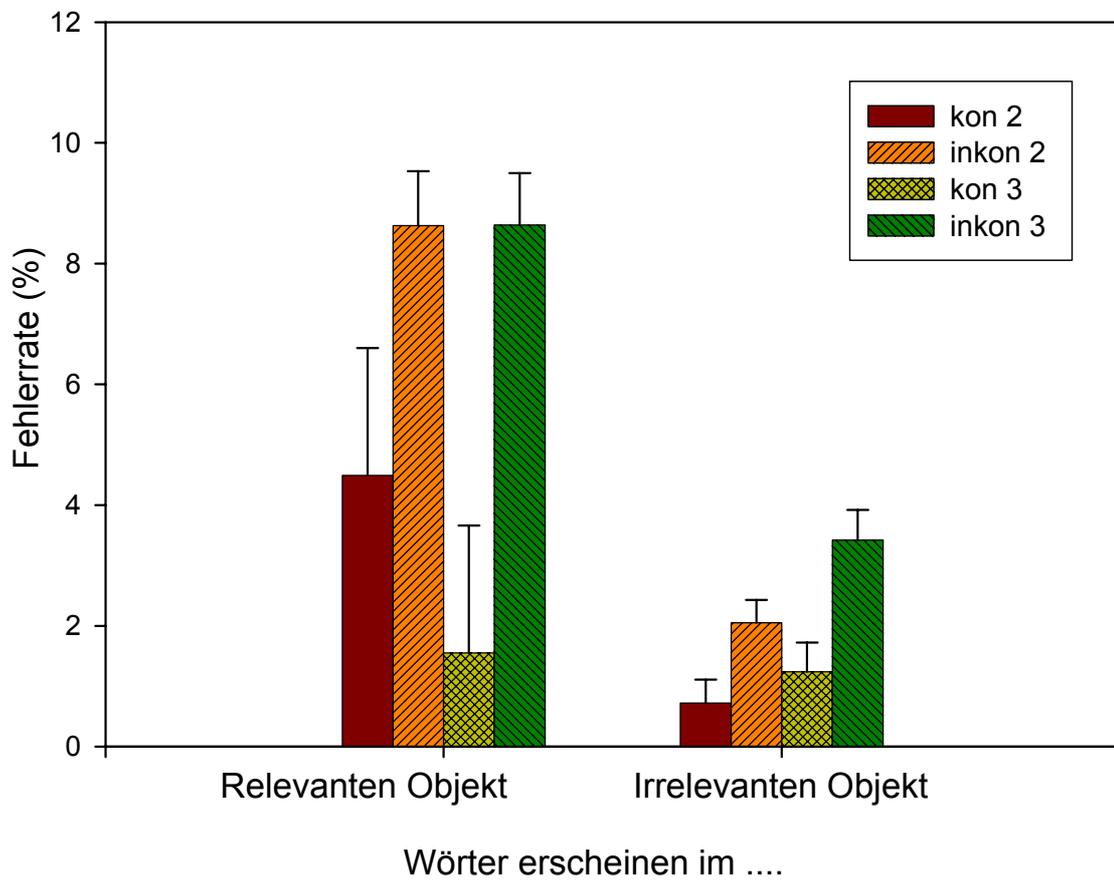
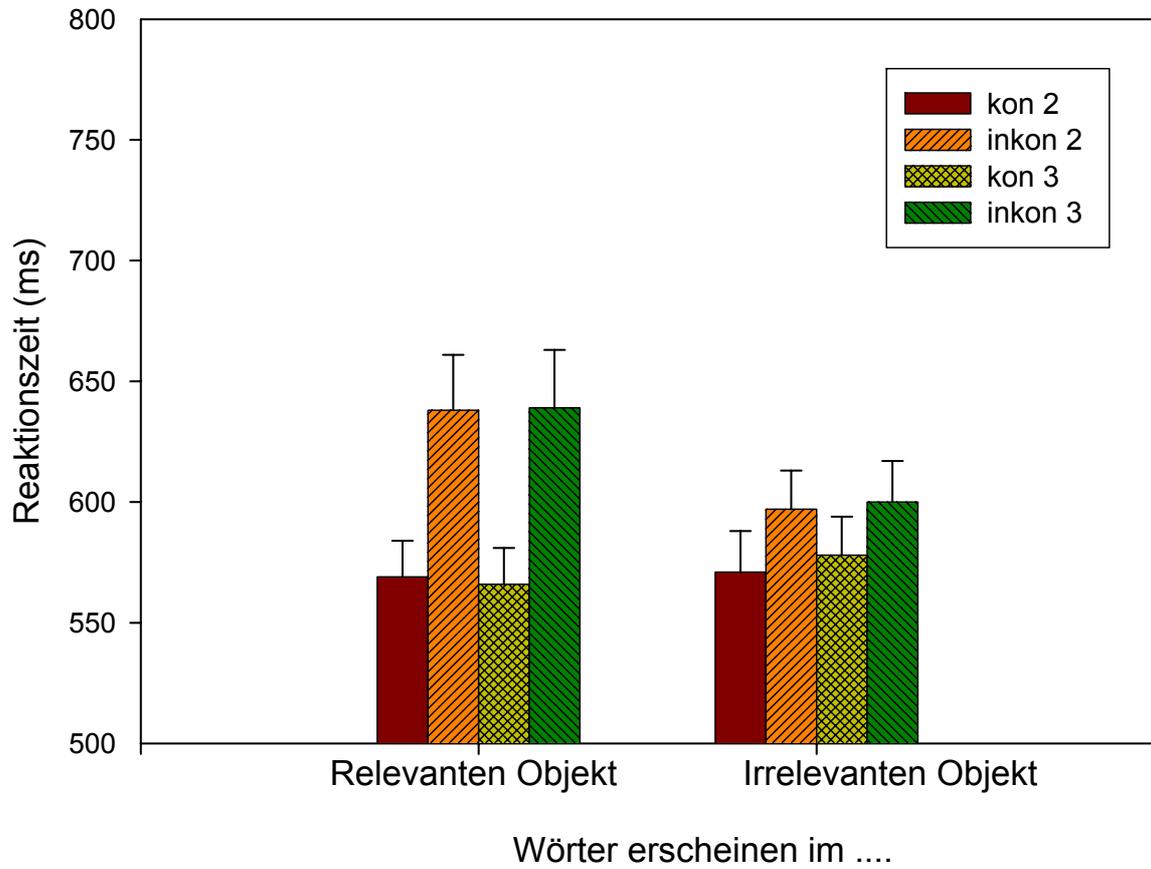
##### Experiment 5: Reaktionszeiten (ms) und Fehlerraten

Obj.keit	Kongruenz und Entfernung der Objekte					
	<i>kongruent</i>			<i>inkongruent</i>		
	<i>nah</i>	<i>mittel</i>	<i>weit</i>	<i>nah</i>	<i>mittel</i>	<i>weit</i>
<i>Rel. Obj.</i>	611 (0 %)	610 (0.4 %)	624 (1.7 %)	707 (5.8 %)	680 (4.4 %)	658 (3.4 %)
<i>Irrel. Obj.</i>	623 (1.3 %)	619 (0.7 %)	636 (1.2 %)	667 (2.0 %)	651 (1.9 %)	638 (2.7 %)
<i>Hintergr.</i>	612 (0 %)	616 (1.3 %)	623 (2.5 %)	660 (2.4 %)	649 (2.0 %)	637 (1.4 %)

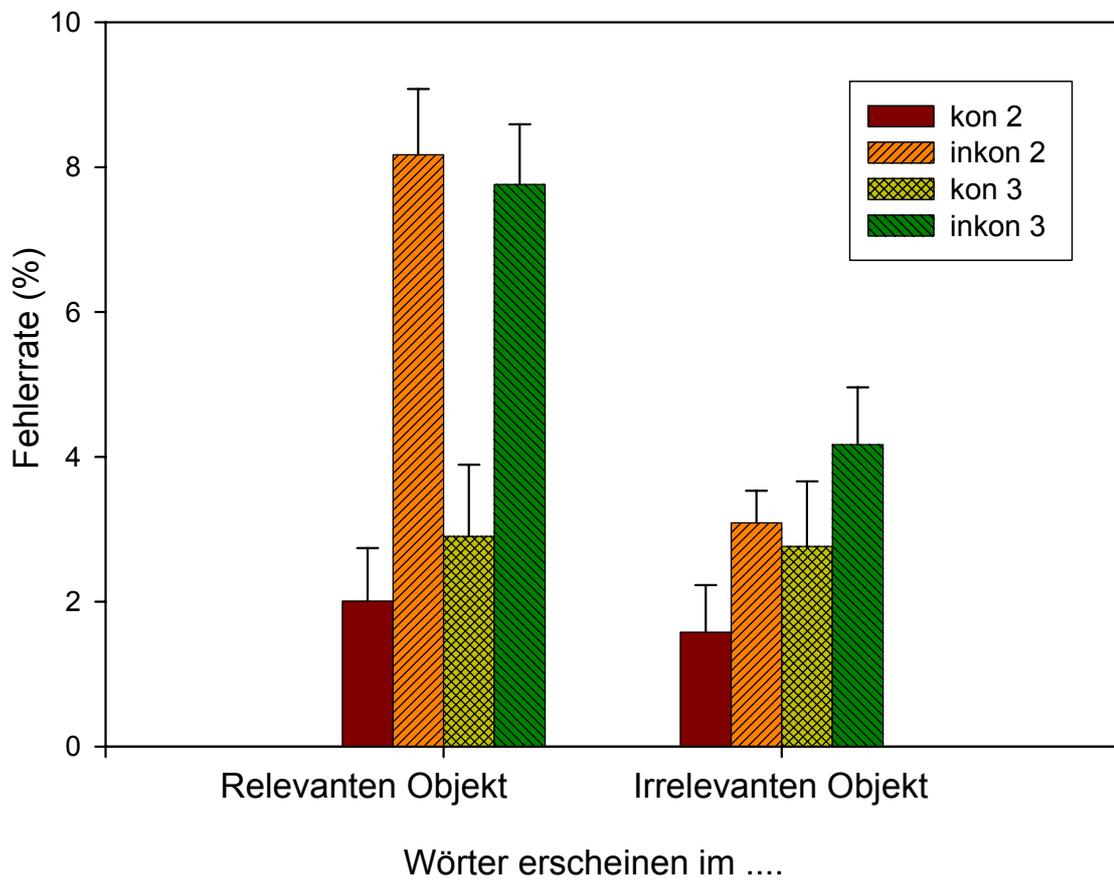
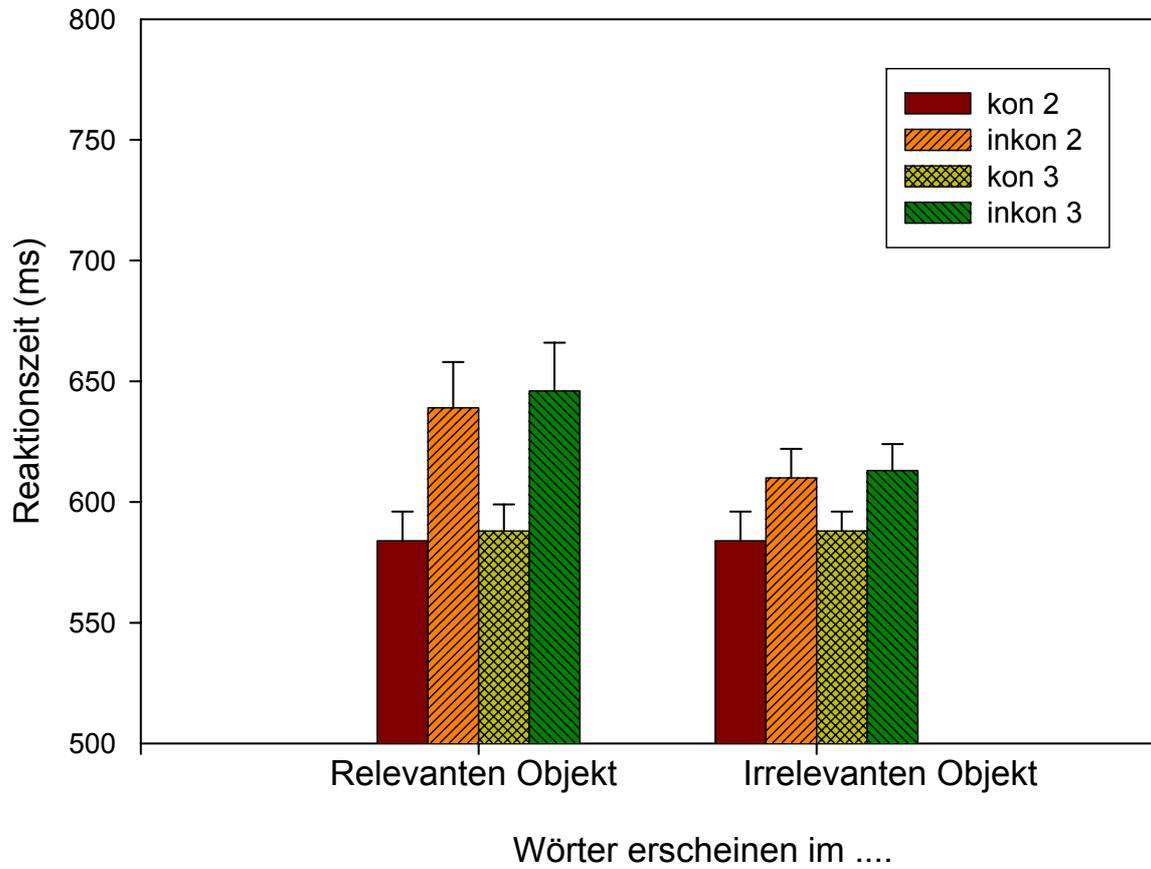
## Ib) Experiment 1



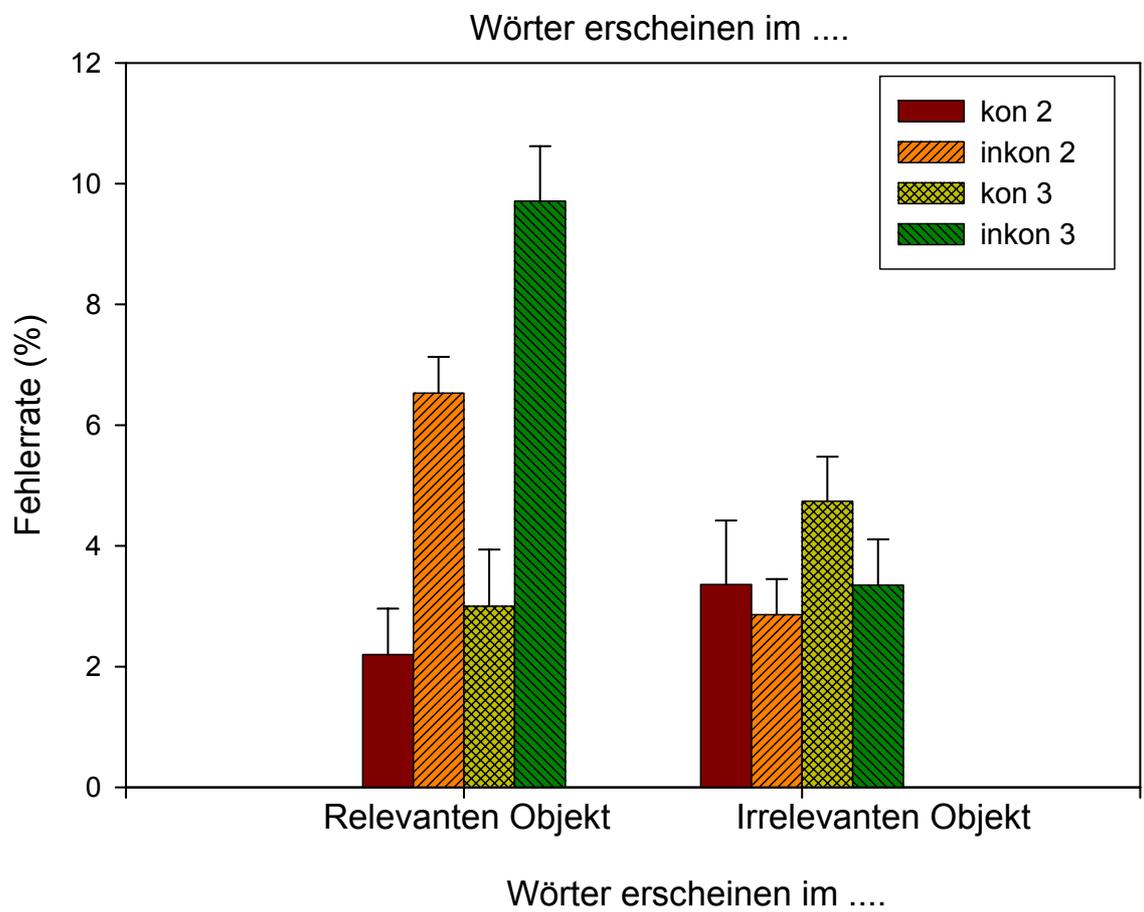
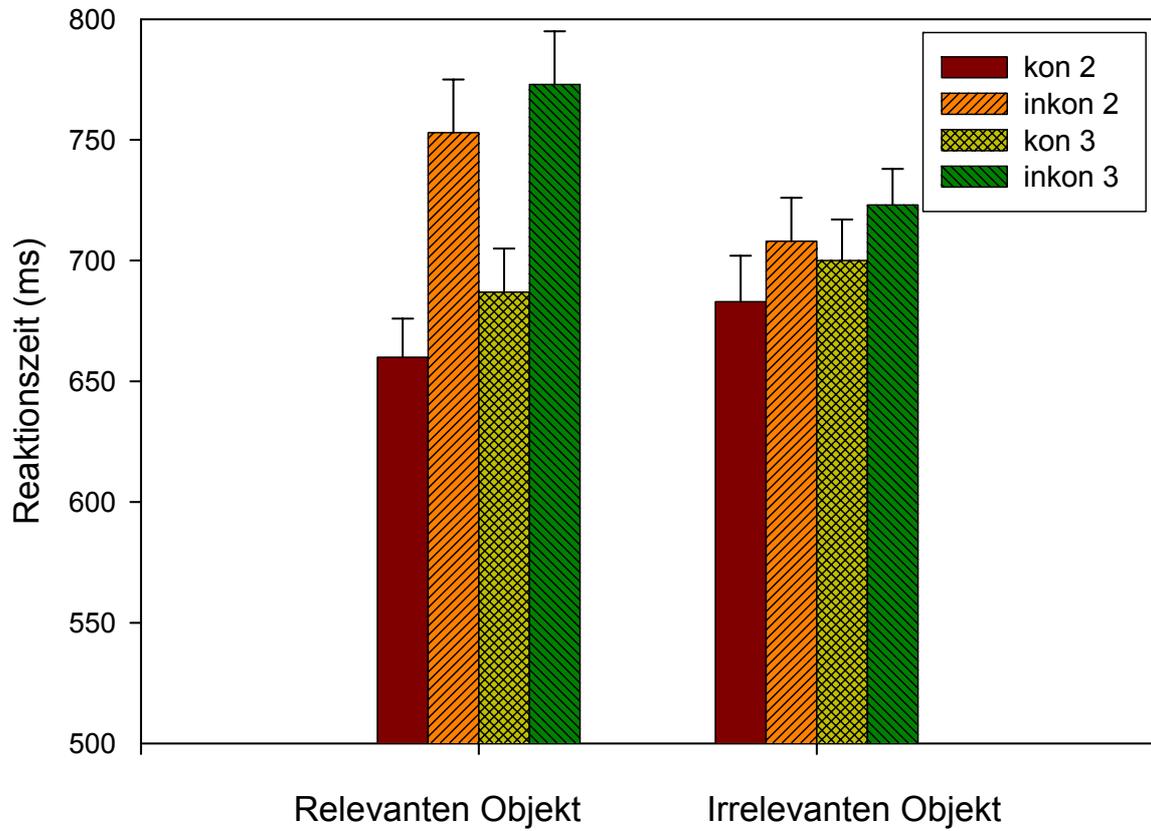
## IIb) Experiment 2



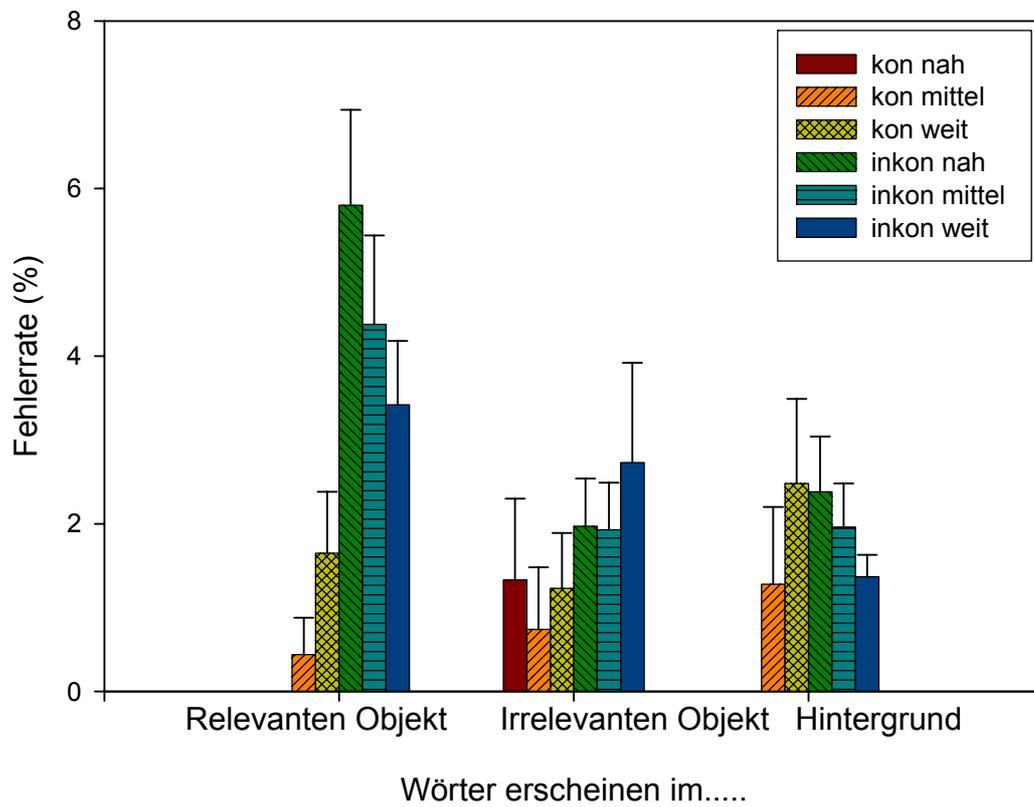
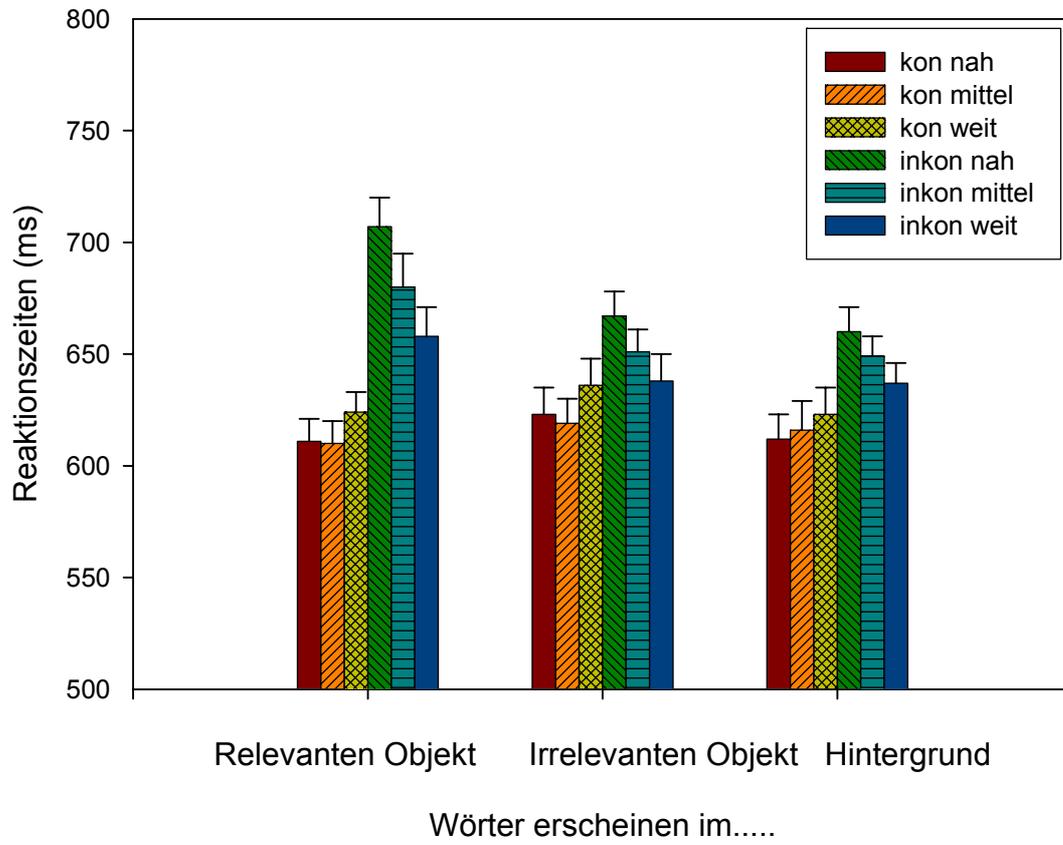
### IIIb) Experiment 3



### IVb) Experiment 4



### Vb) Experiment 5



## 11 Lebenslauf

### ***Persönliche Daten:***

Name: Martina Trini (geb. Weltle)  
Geburtsdatum: 22. März 1975  
Geburtsort: Rosenheim  
Staatsangehörigkeit: Deutsch  
Familienstand: Verheiratet

### ***Schulischer Werdegang:***

1982 – 1986: Loschgeschule Erlangen  
1986 – 1995: Gymn. Fridericianum Erlangen  
  
1995 : Abitur (1,8)

### ***Akademischer Werdegang:***

1996 - 2001: Studium der Psychologie an der  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-  
Nürnberg:

#### Anwendungsfächer:

- Arbeits- und Organisationspsychologie
- Pädagogische Psychologie
- Klinische Psychologie

#### Vertiefungsfach:

- Handlungs- und Kulturpsychologie

#### Nebenfach:

- Psychopathologie

#### Diplomarbeit:

- „Qualitative Analysen zu Lernstrategien“

2001: Diplom (1,6)

Seit 11/02: Wissenschaftliche Mitarbeiterin am  
Lehrstuhl für Allgemeine Psychologie I an der  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen; DFG-  
Projekt: „Aufmerksamkeit und Stroop-Interferenz“