

Medizinische Fakultät  
der  
Universität Duisburg-Essen

Aus der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie  
Rheinische Kliniken Essen

„Stimuluskomplexgrad-abhängige Konditionierte Hemmung und Latente Inhibition“

In a u g u r a l – D i s s e r t a t i o n  
z u r  
Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
durch die Medizinische Fakultät  
der Universität Duisburg-Essen

Vorgelegt von  
Carolin Stephanie Opgen-Rhein  
aus Düsseldorf  
2004

Dekan: Univ.- Prof. Dr. rer. nat. K.- H. Jöckel  
1. Gutachter: Univ.- Prof. Dr. med. M. Gastpar  
2. Gutachter: Priv.- Doz. Dr. rer. nat. R. Diehl  
Tag der mündlichen Prüfung: 20.Oktober 2004

## **Gliederung**

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>LERNEN</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Klassische Konditionierung</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Instrumentelle Konditionierung</b>	<b>14</b>
2.2.1	Verhaltenskontingenz	18
2.2.2	Verstärkungspläne	19
2.2.3	Diskriminative Reize	19
2.2.4	Verknüpfung von klassischem und instrumentellem Konditionieren	20
<b>2.3</b>	<b>Paradigma der erlernten Unaufmerksamkeit</b>	<b>22</b>
2.3.1	Aufmerksamkeit	22
2.3.2	Konditionierte Hemmung	26
2.3.3	Latente Inhibition	30
2.3.4	Modelle zur Entstehung von erlernter Unaufmerksamkeit	32
2.3.5	CB und LI beim Menschen	40
<b>3</b>	<b>ZIELSETZUNG UND HYPOTHESEN</b>	<b>46</b>
<b>3.1</b>	<b>Ziele der Arbeit</b>	<b>46</b>
<b>3.2</b>	<b>Hypothesen</b>	<b>51</b>
3.3.1	Hypothese 1	51
3.3.2	Hypothese 2	51
3.3.3	Erläuterung	52
<b>4</b>	<b>METHODE</b>	<b>56</b>

<b>4.1</b>	<b>Stichprobe</b>	<b>56</b>
<b>4.2</b>	<b>Reizmaterial</b>	<b>56</b>
4.2.1	Erster Komplexitätsgrad	57
4.2.2	Zweiter Komplexitätsgrad	57
4.2.3	Dritter Komplexitätsgrad	58
4.2.4	Vierter Komplexitätsgrad	58
<b>4.3</b>	<b>Angewendete Software</b>	<b>59</b>
<b>4.4</b>	<b>Durchführung</b>	<b>59</b>
<b>4.5</b>	<b>Statistische Auswertung</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>63</b>
<b>5.1</b>	<b>Kategorie Kreise</b>	<b>63</b>
<b>5.2</b>	<b>Kategorie Zahlen</b>	<b>64</b>
<b>5.3</b>	<b>Kategorie Symbole</b>	<b>65</b>
<b>5.4</b>	<b>Kategorie Gesichter</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>69</b>
<b>6.1</b>	<b>Kategorie Kreise</b>	<b>70</b>
<b>6.2</b>	<b>Kategorie Zahlen</b>	<b>73</b>
<b>6.3</b>	<b>Kategorie Symbole</b>	<b>75</b>
<b>6.4</b>	<b>Kategorie Gesichter</b>	<b>76</b>

<b>6.5</b>	<b>Limitationen der Untersuchung</b>	<b>79</b>
6.5.1	Veränderte Zielreizanzahl zwischen den Versuchsphasen	79
6.5.2	Zuordnung der Komplexitätsgrade	81
<b>6.6</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>82</b>
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>84</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>85</b>
<b>9</b>	<b>TABELLARISCHER LEBENSLAUF</b>	<b>95</b>

## 1 Einleitung

Konditionierte Hemmung und Latente Inhibition sind Phänomene des klassischen und instrumentellen Konditionierens. Der Begriff Konditionierung beschreibt den Aufbau kognitiver oder reflexhafter Verbindungen zwischen Ereignissen in der Umwelt eines Organismus und den spezifischen Reaktionen auf diese Ereignisse.

Konditionierte Hemmung (*Conditioned Blocking* = CB) bedeutet, dass die Konditionierung eines Reizes B durch die gleichzeitige Präsentation eines schon konditionierten Reizes A, vermindert wird: Reiz A „blockiert“ die Assoziationsfähigkeit von Reiz B (Kamin 1969).

Latente Inhibition (LI) beschreibt einen Prozess, bei dem die wiederholte konsequenzlose Präsentation eines Reizes die anschließende Konditionierung dieses Reizes, also seine Verbindung mit einer Konsequenz, erschwert (Lubow et al. 1976).

Besondere Bedeutung haben CB und LI innerhalb des Paradigmas der erlernten Unaufmerksamkeit erlangt. Dieses Paradigma ist ein lerntheoretisches Modell für die Untersuchung von selektiver Aufmerksamkeit, d.h. der Fähigkeit, bei der Wahrnehmung und Verarbeitung von Umweltinformation eine Auswahl zu treffen und diejenigen Reize zu ignorieren, die keine Relevanz besitzen. Seit der erstmaligen Beschreibung von CB und LI in tierexperimentellen Studien waren sie vor allem für Lerntheoretiker von Interesse, da sie viele neue Aspekte in die Erforschung von Lernprozessen einbrachten. In zunehmendem Maße wuchs das Interesse an der Übertragbarkeit der gefundenen Ergebnisse auf Aufmerksamkeitssteuerung, Reizselektion und Lernprozesse beim Menschen. Schnell wurde klar, dass diese Paradigmen für eine Vielzahl von Fragestellungen, vor allem für psychiatrische, lernpsychologische und pharmakologische, von großem Wert sind. Die wichtigsten lerntheoretischen Erklärungsansätze für CB und LI basieren auf der Annahme, dass diese selektive Aufmerksamkeit reflektieren (Lubow 1989, Mackintosh 1983). In den letzten zehn Jahren ist die Anzahl von Untersuchungen zu Paradigmen der selektiven Aufmerksamkeit sprunghaft angestiegen (Moser et al. 2000). Besonders

für die Erforschung der zentralnervösen Prozesse, die für die Entstehung des psychopathologischen Symptomenkomplexes der Schizophrenie verantwortlich sind, waren die Paradigmen der erlernten Unaufmerksamkeit von Interesse, da sie als Gradmesser für die Fähigkeit, irrelevante Reize in der Umwelt zu ignorieren und eingehende Informationen adäquat zu verarbeiten, angesehen werden. Diese Fähigkeit der Aufmerksamkeitssteuerung ist bei schizophrenen Patienten nachgewiesenermaßen defizitär und deren mögliche Kausalität für die Entstehung von Symptomen von Erkrankungen aus dem schizophrenen Formenkreis wurde betont (Hemsley 1994, Callaway und Naghdi 1982, Green 1998). Mittlerweile ist gut belegt, dass Störungen verschiedener kognitiver Funktionsbereiche, vor allem der Aufmerksamkeitsgenerierung und ihrer verschiedenen funktionalen Anteile, eines der herausragenden klinischen und auch prä-klinischen Merkmale der Schizophrenie ist (Braff 1993, Callaway und Naghdi 1982; Sobizack et al. 1999). Aktuell fokussiert die Schizophrenieforschung auf die gezielte Erfassung der Defizite der Aufmerksamkeitsgenerierung, um so mögliche Endophänotypen für die Durchführung genetischer Assoziations- und Kopplungsstudien zu erhalten (Cadenhead und Braff 2002).

Zu CB und LI als Paradigmen der Aufmerksamkeitsgenerierung im Rahmen des assoziativen Lernens wurden in der Vergangenheit zahlreiche Studien durchgeführt, um einem neuropsychologisch-basierten Modell der Schizophrenie näher zu kommen. Um die tierexperimentell gewonnenen Erkenntnisse auf den Humanbereich übertragen zu können, versuchte man - dem Tiermodell direkt vergleichbare - Versuchsdesigns zu entwickeln, die CB und LI beim Menschen erfassen. Trotz einiger Schwierigkeiten (Arcediano, Matute und Miller 1997; Lubow 1997) ist man diesem Ziel in Bezug auf LI in den letzten Jahren näher gekommen. LI ist inzwischen als reliables Modell für Aufmerksamkeitssteuerung beim Menschen akzeptiert (Moser 2000). Es wird unter anderem zur Aufklärung von Wirkungsweisen pharmakologischer Substanzen, wie z. B. typischer und atypischer Antipsychotika, auf kognitive Funktionen vielfach eingesetzt.

Jedoch stellt die Vielfalt an methodischen Umsetzungen ein großes Problem für die Entwicklung einer adäquaten Theorie zur Entstehung erlernter Unaufmerksamkeit dar. Zum Beispiel wurden CB und LI mit Hilfe unterschiedlicher Konditionierungsparadigmen untersucht; dies beeinträchtigt die Vergleichbarkeit der Ergebnisse in erheblichem Maße (Lubow und Gewirtz 1995). Des Weiteren existiert für CB im Humanbereich kein allgemein anerkanntes oder gar fest etabliertes Versuchsdesign. Um aber dieses neben LI als weiteres Modell für kognitive Dysfunktionen einzuführen und die spezifischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede beider Paradigmen aufklären zu können, müssen vergleichbare Designs für CB und LI entwickelt werden (Jones et al. 1992). Bisher vorliegende Designs im Humanbereich sind aber meist durch hohe Komplexität und schwierige Aufgabenstellungen charakterisiert (s. Kap. 3.1). Dies führt zu dem Problem, dass gesunde Probanden zwar meist in der Lage sind, komplexe Sachverhalte zu erfassen und gegebenenfalls ungewohnte motorische Bewegungsabläufe (z. B. Umgang mit einem Joystick) schnell erlernen, schizophrene Patienten aber durch solche Aufgabenstellungen häufig schnell überfordert sind. Sowohl akut als auch chronisch Erkrankte zeigen oft eine deutliche Verminderung ihrer kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit (Sobizack et al. 1999), die durch die Krankheit selbst oder teilweise durch deren medikamentöse Behandlung (Möller 1993) bedingt ist. Gerade schizophrene Patienten sind jedoch die Personengruppe, bei der die Untersuchung von Defiziten der Aufmerksamkeitssteuerung von besonderem Interesse ist. Es ist also im Hinblick auf die Durchführbarkeit und Auswertung eines Testdesigns für CB wichtig, ein Versuchsdesign zu entwickeln, das in Aufgabenstellung und allgemeiner Struktur an das aktuelle Leistungsvermögen psychisch kranker Patienten angepasst ist. Grundsätzlich besteht bei Testverfahren, die selektive Aufmerksamkeit und Lernprozesse untersuchen sollen, das Problem, dass bei ungenügender Anpassung der Aufgabenstellung an die aktuelle Leistungsfähigkeit der untersuchten Person *Boden-* oder *Decken-*Effekte (d.h. es wird entweder zu schnell oder gar nicht gelernt) die Auswertbarkeit der Ergebnisse in erheblichem Maße beeinträchtigen.



Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, dieses Problem durch Verwendung eines minimalistischen Versuchsdesigns, das sich in seinem Aufbau auf die grundlegenden experimentellen Bedingungen zur Messung von CB und LI beschränkt, zu umgehen. Dies sind a) die konsequenzlose Präsentation eines später zu konditionierenden Reizes und b) die gleichzeitige Präsentation eines schon konditionierten Reizes A während der Konditionierung eines neuen Reizes B. Diese Bedingungen werden innerhalb einer Aufgabe zur visuellen Suche erzeugt, welche das Mittel der Wahl bei Untersuchungen zur Aufmerksamkeit ist (Lubow 1997). Die geforderte Reaktion besteht in einem einfachen Tastendruck (Kriterium: Zielreiz vorhanden / nicht vorhanden). Dieses Modell stellt eine stark vereinfachte und unkonventionelle Herangehensweise an die Fragestellung dar. In der vorliegenden Arbeit wird versucht, die notwendigen methodischen Bedingungen zur Messung von CB und LI auf ein Minimum zu reduzieren um damit einen Beitrag zu erhöhter Effizienz und Einsetzbarkeit vor allem für Untersuchungen an psychiatrischen Patienten zu leisten. Weiterhin soll die Abhängigkeit beider Paradigmen von der Komplexität der präsentierten Reize und somit der zu verarbeitenden Informationsmenge untersucht werden, denn den im Humanbereich beschriebenen Gemeinsamkeiten der Paradigmen stehen eher gegensätzliche Befunde im tierexperimentellen Bereich gegenüber. Die Frage, ob die Gemeinsamkeiten auf die bei LI verwendete Maskierungsaufgabe zurückzuführen sind, und daher als eher künstlich produziert interpretiert werden müssten, lenkte die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung einer ausreichenden Menge an Reizinformation zur Darstellung beider Paradigmen. Das Ausmaß der Informationsmenge ist somit ein zentraler Aspekt des Testdesigns. Es ist daher notwendig, dieses im Rahmen experimenteller Untersuchungen festzulegen und messbar zu machen, um seinen Einfluss auf die Paradigmen gezielt erfassen zu können (vgl. Oades, 1997). Die differenzierte, gezielte Untersuchung des Einflusses verschiedener Reizkomplexitäten wird von der Annahme geleitet, dass das menschliche Aufmerksamkeitspotential Einschränkungen unterliegt (Posner 1976, s. auch Müller 2003) und Prozesse der Aufmerksamkeitssteuerung und Informationsverarbeitung unter anderem von der Menge und Anzahl

unterschiedlicher Merkmale der zu verarbeitenden Information abhängig sind (Treisman und Gelade 1980; Neisser 1974).

Im Folgenden werden zunächst die Begriffe Lernen und Aufmerksamkeit definiert. Der Erläuterung des Paradigmas der erlernten Unaufmerksamkeit - und speziell der Phänomene LI und CB – und einem Überblick über den aktuellen Forschungsstand folgt die Vorstellung des Versuchsmodells. Nach der Darlegung der gefundenen Ergebnisse werden diese in ihrer Bedeutung für das Ziel der Arbeit und für weitergehende Forschungsansätze diskutiert.

## 2 Lernen

Lernen ist ein Phänomen, das im Leben eines jeden Menschen eine große Rolle spielt. Wir können lernen, Fahrrad zu fahren, eine fremde Sprache zu sprechen, auf spezielle Geräusche mit einer Alarmreaktion zu antworten oder den Geschmack eines bestimmten Gerichts nicht zu mögen. Solchen Verhaltensmodulationen liegen immer Lernprozesse zugrunde, die es uns erleichtern und möglich machen, uns an Änderungen in unserer Umwelt anzupassen und uns auf die jeweiligen Erfordernisse einzustellen.

Seit Anfang des letzten Jahrhunderts wird das Lernen, an dem sowohl kognitive als auch instinktive Prozesse beteiligt sind, erforscht und beschrieben. Ebbinghaus (1928) führte Selbstversuche mit einfachen Silbenreihen durch und war damit der erste Wissenschaftler, der die Gedächtnisleistungen und Lernprozesse des menschlichen Gehirns untersuchte (Für das Erlernen einer Verhaltensweise oder einer Reaktion wird synonym auch der Begriff Konditionierung verwendet).

Es gestaltet sich aufgrund der Vielzahl der verschiedenen beteiligten Prozesse schwierig, eine allgemeingültige Definition zum Begriff Lernen zu formulieren. Die umfassendste Definition bietet wohl Goller (1995), der Lernen als „relativ dauernde Veränderung der Verhaltensmöglichkeiten, die durch Übung oder Beobachtung entstanden sind“, beschreibt. Diese Definition berücksichtigt mit dem Begriff „Verhaltensmöglichkeiten“ unter anderem, dass sich Lernen nicht zwingenderweise sofort in einer Handlung niederschlägt, sondern auch zu einem späteren Zeitpunkt angewendet werden kann (latentes Lernen), wenn die neu erlernte Verhaltensmöglichkeit sinnvoll einzusetzen ist. Der Begriff „relativ dauernd“ impliziert, dass Veränderungen durch Lernen zwar deutlich länger andauern als Verhaltensänderungen durch andere Einflüsse wie Ermüdung oder auch chemische Substanzen; ebenso gut kann einmal Gelerntes jedoch auch vergessen oder durch späteres Lernen verändert werden.

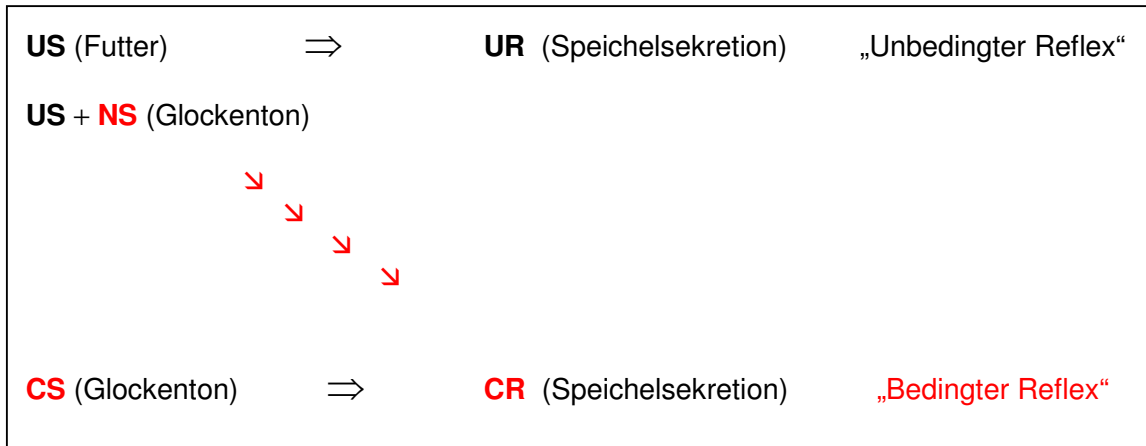
Emotionale Reaktionen wie Furcht können ebenso konditioniert werden wie die Immunreaktion des Organismus, autonome Reaktionen (galvanischer Hautwiderstand) und Reaktionen des vegetativen Nervensystems (Biofeedback).

Auch das Sozialverhalten des Menschen wird durch Konditionierungsvorgänge geformt. Einstellungen zu Ideen und emotionale Reaktionen auf Menschen, Abneigung und Zuneigung, Altruismus und Kooperation werden als konditionierte Reaktionssysteme angesehen (Lott und Lott 1985). Konditionierungsvorgänge sind also in fast alle Bereiche unseres Lebens involviert (zusammenfassend Zimbardo 1995).

Verschiedene lerntheoretische Modelle sind zur Erklärung des Lernvorgangs herangezogen worden. Mittlerweile steht fest, dass sich die komplexen Vorgänge der menschlichen Informationsverarbeitung am ehesten als „Programmsteuerung“ beschreiben lassen, an welcher die unterschiedlichsten Informationsverarbeitungssysteme beteiligt sind (Angermeier 1991). Die zwei bekanntesten Formen des Lernens, die klassische Konditionierung und die instrumentelle Konditionierung, gehören zum Assoziationslernen, also dem Erlernen von bestehenden Zusammenhängen im Umfeld des Organismus.

## **2.1 Klassische Konditionierung**

Den Grundstein zur Erforschung des klassischen Konditionierens legte der russische Physiologe Ivan P. Pavlov (1849-1936). Er machte Anfang des letzten Jahrhunderts während seiner Forschungen zu physiologischen Verdauungsvorgängen zufällig die Beobachtung, dass die Verdauungsdrüsen seiner Versuchstiere nicht nur durch Futter, sondern auch durch andere Reize, wie das Erscheinen der Wärter oder später durch das Ertönen einer Glocke, stimuliert werden konnten. Als Ergebnis der darauf folgenden Forschungsarbeit formulierte er erste grundlegende Prinzipien der klassischen Konditionierung, die er auch als die „Bildung von bedingten Reflexen“ bezeichnete. Die Abbildung 1 soll seine Annahmen zum Konditionierungsvorgang verdeutlichen.



**Abb. 1:** Schema zum Prozess des klassischen Konditionierens: US = un konditionierter Stimulus, UR = un konditionierte Reaktion, NS = neutraler Stimulus, CS = konditionierter Stimulus, CR = konditionierte Reaktion

Nach Pavlov (1927) wird beim klassischen Konditionieren eine neue Verbindung zwischen einem ehemals neutralen Reiz oder Stimulus (S) und einer autonomen Reaktion (R) des Organismus geschaffen, und zwar durch das Erlernen der Beziehung zweier Reize (S-S) zueinander. Grundlage hierfür bildet eine schon bestehende Beziehung zwischen einem biologisch relevanten, *unkonditionierten Reiz* (US) und der darauf folgenden un konditionierten Reaktion (UR), dem *Reflex* (z. B. Futtergabe - Speichelsekretion). Wird ein neutraler Reiz (NS) während mehrerer Konditionierungsdurchgänge (*trials*) mit einem US, der eine UR auslöst, gepaart, substituiert er in den darauf folgenden Durchgängen den un konditionierten Reiz und wird zum *konditionierten Reiz* (CS) für die dann *konditionierte Reaktion* (CR). Der Glockenton, der mehrere Male unmittelbar vor der Futtergabe ertönt, ist nach erfolgter Konditionierung allein - ohne dass Futter gegeben wird - in der Lage, die Speichelsekretion auszulösen. Anhand seiner Beobachtungen entwickelte Pavlov die „Reizsubstitutionstheorie“, welcher die Annahmen zugrunde lagen, dass a) der neue Reiz seine Bedeutung allein durch die mehrmalige annähernd zeitgleiche Präsentation mit dem primären Reiz erwirbt, b) der neue Reiz dieselbe Reaktion auslöst wie der primäre Reiz (d.h. CR = UR) und c) jeder beliebige Reiz, der mit dem

primären Reiz gepaart wird, Reflexauslösende Funktion erwerben kann (Pavlov 1927). Neben der von Pavlov und anderen entwickelten **S-S-Theorie**, die eine neue Verbindung zwischen zwei Reizen - CS und US - postuliert, entstand die **S-R-Theorie**, die eher davon ausging, dass beim klassischen Konditionieren eine Verbindung zwischen einem Reiz (CS) und einer Reaktion (CR) aufgebaut wird, die durch den unkonditionierten Reiz (US) verstärkt wird (Hull 1943; Spence 1956).

Obwohl diese Annahmen eine erste grundlegende Annäherung zum Verständnis des Lernprozesses darstellen, zeigte sich im Laufe der Lernforschung, dass diese in ihrer Allgemeingültigkeit nicht aufrechterhalten werden können (Angermeier 1991). Experimente zur *sensorischen Vorkonditionierung* zum Beispiel zeigten, dass eine Konditionierung auch möglich ist, *ohne* dass der CS während der Konditionierungsphase mit der CR gekoppelt wird. Beschrieben wird die Fähigkeit eines zweiten Reizes (CS2), eine CR allein aufgrund seiner vorangegangenen Assoziation mit einem ersten Reiz (CS1), der dann mit der CR assoziiert wird, auszulösen. Der Reiz CS2 wurde also nie mit der CR gekoppelt, und kann sie trotzdem auslösen (Rescorla 1980). Auch strenge zeitliche Kontingenz, also der direkte zeitliche Zusammenhang von Reiz und Reaktion, ist nicht notwendigerweise Voraussetzung für den Konditionierungsprozess. Dies beweisen Versuche mit Ratten, denen man Saccharinwasser zu trinken gab und ihnen zu einem späteren Zeitpunkt eine Übelkeit erregende Lithiumchloridinjektion verabreichte. Obwohl zwischen dem Trinken des Wassers (CS) und der Injektion (US) eine Zeitspanne von einer halben Stunde lag, lernten die Tiere, das süße Wasser zu meiden (Kalat und Rozin 1971). Einen ähnlichen Effekt konditionierter Geschmacksabneigung hat man auch bei Kindern unter Chemotherapie beobachtet, die für das Aushalten der notwendigen Injektionen mit Eiscreme belohnt wurden. Jedes der Kinder hatte bei Beendigung der Chemotherapie eine massive Abneigung gegen Eiscreme entwickelt, da nach dem Verzehr der Eiscreme die Übelkeitserregenden Nebenwirkungen der Chemotherapie wirksam wurden (Bernstein 1978).

Bis heute wird versucht, ein gültiges Konzept für das klassische Konditionieren zu entwickeln. Sicher lässt sich sagen, dass der Lernprozess innerhalb sehr komplexer

Informationsverarbeitungssysteme abläuft und sich nicht auf die bloße assoziative Verknüpfung äußerer Reizsituationen mit den vom Organismus gezeigten Reaktionen beschränken lässt. Einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung neuer Konzepte leisteten Rescorla und Wagner (1972), die sowohl die Art der entstehenden Beziehung als auch die beim klassischen Konditionieren einbezogenen wirksamen Ereignisse wesentlich weiter fassen. Ihr Modell betont die Bedeutung der Vorhersagekraft, also die prädiktive Funktion, die der CS für den US erlangt. Die entstehende Verbindung zwischen CS und US - oder zwischen CS und CR – wird als *erlernte Erwartung* interpretiert, dass der US dem CS folgen wird.

Es gibt trotz der unterschiedlichen theoretischen Interpretationen von Konditionierungseffekten einige grundlegende methodische Prinzipien, die sich als Voraussetzungen für den Aufbau einer konditionierten Reaktion formulieren lassen. Bei der Durchführung einer klassischen Konditionierung sind einige Komponenten im Versuchsaufbau von Bedeutung, die unter anderem die Anzahl der Durchgänge, die Intensität und Qualität der Reize und ihre zeitliche Aufeinanderfolge umfassen. Es können vier verschiedene Zeitmuster zur Herstellung einer Kontingenz zwischen zwei Reizen verwendet werden:

- 1) verzögerte vorwärtsgerichtete Konditionierung
- 2) vorwärtsgerichteter Spurenreflex
- 3) gleichzeitige Konditionierung
- 4) rückwirkende Konditionierung

Nur zwei dieser Zeitmuster führen im Versuch zum Aufbau stabiler konditionierter Reaktionen. Dies sind die zwei Formen vorwärtsgerichteter Konditionierung, bei welcher der konditionierte Reiz (CS) *vor* dem unkonditionierten Reiz (US) auftritt. Wenn die Darbietung des CS anhält, bis der US auftritt, und erst mit diesem gemeinsam abklingt, spricht man von *verzögerter vorwärtsgerichteter Konditionierung*. Diese zeitliche Anordnung ist die erfolgreichste Variante des

Konditionierens. Um einen *vorwärtsgerichteten Spurenreflex* handelt es sich, wenn der CS kurz *vor* Auftreten des US abklingt, und eine Art Gedächtnisspur zu diesem zieht. Die zeitliche Anordnung, bei welcher der CS dem US unmittelbar folgt, und die Anordnung, bei der beide Reize zeitgleich präsentiert werden, führen zu keinem Lernergebnis (Mackintosh 1983). In einem solchen Versuchsdesign lassen sich die wechselseitigen Einflüsse der Reize aufeinander untersuchen. Dass die gleichzeitige Präsentation von zwei Reizen unter bestimmten Bedingungen auch hemmend auf die Konditionierung wirken kann, zeigen die Blockierungsversuche von Kamin (1969), auf die später ausführlich eingegangen wird.

Nach Rescorla (1967) kann beim klassischen Konditionieren zwischen a) exzitatorischer Konditionierung, b) inhibitorischer Konditionierung und c) keiner Konditionierung unterschieden werden. Beim exzitatorischen Konditionieren wird vom Versuchsobjekt nach dem Auftreten des CS der US erwartet, da er zuvor mehrmals mit diesem zusammen präsentiert wurde; der CS wird also zum „Warnsignal“ für den Organismus, und es kommt zur konditionierten Reaktion. Beim inhibitorischen Konditionieren ist es umgekehrt, beim Auftreten des CS wird nicht erwartet, dass der US folgt, da er immer in negativer Korrelation mit diesem präsentiert wurde; der CS wird also zum „Sicherheitssignal“ für den Organismus und die CR wird nicht gezeigt. Keine Konditionierung kann nur dann angenommen werden, wenn der CS keinerlei Vorhersage über das Auftreten des US erlaubt, wenn also eine Nullkorrelation zwischen den Reizen besteht.

## **2.2 Instrumentelle Konditionierung**

Die instrumentelle Konditionierung stellt einen Lernprozess dar, der in vielen Aspekten Unterschiede zur klassischen Konditionierung aufweist. Ein zentraler Unterschied besteht darin, dass bei einer klassischen Konditionierung der US kontingent zum CS, aber unabhängig vom gezeigten Verhalten auftritt, während das Auftreten der Verstärker beim instrumentellen - oder operanten - Konditionieren ausdrücklich vom Verhalten (der Reaktion) des Versuchsobjektes abhängt.



Beim instrumentellen Konditionieren ist das zentrale Element das Erlernen eines Reizes oder Ereignisses als *Konsequenz* eines vorangegangenen Verhaltens. Wird eine Verhaltensweise wiederholt durch eine wünschenswerte Umweltveränderung belohnt, dann wird diese zum *Instrument* für das Erhalten der Belohnung und dementsprechend häufig ausgeführt. Die Wahrscheinlichkeit des gezeigten Verhaltens wird dabei als Funktion ihrer Konsequenzen verändert.

Die Untersuchungen des amerikanischen Psychologen Thorndike (1911) und seine unter dem Titel „Animal intelligence“ zusammengefassten Ergebnisse bildeten lange die Grundlage vieler gängiger Lerntheorien. Thorndike machte seine Beobachtungen zum Lernen in einem bekannten Experiment, in welchem er Katzen in Käfige sperrte und die Befreiungsversuche der Tiere beobachtete. Er stellte fest, dass Katzen durch blinden Versuch-und-Irrtum (*trial-and-error*) schrittweise die Konsequenzen ihres Verhaltens erfahren und dass auf diesem Weg solche Verhaltensweisen, die zur Befriedigung – also zum Öffnen der Käfigtür – führten, verstärkt und erlernt werden. Das von ihm postulierte Gesetz des Effektes (*law of effect*) besagt, dass Verhalten durch die ihm folgenden Konsequenzen kontrolliert wird. Verhaltensweisen, die zu „guten“ Konsequenzen führen, werden beibehalten; Verhaltensweisen, die zu „schlechten“ Konsequenzen führen, werden nicht wiederholt und zukünftig gemieden (Thorndike 1911).

Dies grenzt das instrumentelle Konditionieren auf einer zweiten Ebene vom klassischen Konditionieren ab, dessen Ergebnis *immer zu einer Erhöhung* der Reaktionsrate führt. Abhängig vom verwendeten Versuchsdesign besteht beim instrumentellen Konditionieren die Möglichkeit, Verhalten in verschiedene Richtungen zu modifizieren:

	<b>R+</b>	<b>R-</b>
<b>Präsentation</b>	POS	NEG
<b>Beendigung</b>	NEG	POS
<b>Weglassen</b>	-NEG	-POS

**Abb.2:** Möglichkeiten der Verstärkung beim instrumentellen Konditionieren (modifiziert nach Gray, 1975). R+=Erhöhung der Reaktionsrate; R-=Verminderung der Reaktionsrate; NEG=aversiver Reiz, POS=appetetiver Reiz.

Hinsichtlich der Möglichkeiten von Verstärkung kann eine Einteilung nach a) dem Ergebnis der Konditionierung, also entweder der Verstärkung des gezeigten (gewünschten) Verhaltens oder der Unterdrückung des gezeigten (unerwünschten) Verhaltens, und nach b) dem Verfahren, das zu diesem Ergebnis führt vorgenommen werden (siehe Abb.2).

Das einfachste Verfahren ist die *Präsentation* eines Ereignisses als Folge des gezeigten Verhaltens. Stellt das Ereignis einen angenehmen (appetetiven) Reiz dar, so wird es die Auftretenswahrscheinlichkeit der gezeigten Reaktion erhöhen (**R+**). Es dient als *positiver Verstärker* (Skinner, 1963) für die gezeigte Reaktion. Hierzu gehören alle Arten von *Lernen durch Belohnung* (z. B. eine Ratte, die einen Hebel drückt und Futter erhält). Stellt das Ereignis einen unangenehmen (aversiven) Reiz dar, so wird es die Auftretenswahrscheinlichkeit der Reaktion vermindern (**R-**). In diesem Fall findet *Lernen durch Bestrafung* statt (z. B. ein Kind, das an eine heiße Herdplatte fasst).

Im zweiten Verfahren ist die *Beendigung* eines Ereignisses die relevante Komponente. Wiederum hängt es von der Art des Ereignisses ab, zu welchem Ergebnis die Konditionierung führt. Folgt dem Verhalten - der Reaktion - die Beendigung eines appetetiven Reizes, dann wird das Verhalten in Zukunft weniger oft gezeigt werden (**R-**). Wenn als Folge des Verhaltens ein aversiver Reiz wegfällt, dann wird es in Zukunft vermehrt gezeigt werden (**R+**) (z. B. ein Hund, der durch Drücken eines Schalters einem elektrischen Schock entgehen kann). In diesem Fall

handelt es sich auch um eine *Verstärkung* nach Skinner, da die Auftretenswahrscheinlichkeit des Verhaltens erhöht wird. Da als Verstärkung die Beendigung der Reizdarbietung wirkt, wird sie als *negative Verstärkung* bezeichnet. Das gelernte Verhalten wird auch *erlerntes Flucht- oder Vermeidungsverhalten* genannt.

Das letzte Verfahren verwendet das *Weglassen* eines erwarteten Ereignisses (Reizes) als Verhaltensbeeinflussenden Faktor. Das Prinzip ähnelt dem des eben beschriebenen Verfahrens. Das Weglassen eines erwarteten negativen Ereignisses (aversiver Reiz) als Konsequenz eines gezeigten Verhaltens führt zur Erhöhung seiner Auftretenswahrscheinlichkeit (**R+**), und das Weglassen eines erwarteten positiven Ereignisses (appetetiver Reiz) zu einer Verminderung der Auftretenswahrscheinlichkeit (**R-**).

Prinzipiell kann jede konditionierte Reaktion wieder gelöscht werden (*Extinktion*). Dies geschieht durch wiederholte Präsentation des konditionierten Reizes, ohne dass ihm eine Verstärkung folgt.

Obwohl bis heute über die theoretischen Grundlagen der zwei Lernformen und deren prinzipielle Trennbarkeit Uneinigkeit herrscht und immer wieder die Frage gestellt werden muss, *was* im Experiment eigentlich tatsächlich gelernt wurde (Mackintosh, 1983), gibt es doch zumindest auf operationaler Ebene Übereinstimmungen darüber, welche experimentellen Bedingungen beim instrumentellen im Vergleich zum klassischen Konditionieren geschaffen werden müssen. Ein instrumenteller Lerndurchgang kann durch drei Komponenten beschrieben werden:

- 1) die vom Organismus wahrgenommene Situation (einschließlich der sie ausmachenden Reize)
- 2) das vom Organismus gezeigte Verhalten
- 3) die durch das Verhalten erzeugte Konsequenz

Als Vertreter des strikten Behaviourismus interpretierte der amerikanische Psychologe Skinner (1963) operantes Verhalten streng als Wirkreaktionsprozess,

durch den der Organismus seine Umwelt beeinflusst und die verstärkenden Reizsituationen bedingt. Er erklärte, die Voraussage und Kontrolle von Verhalten sei allein durch die Kontrolle von Konsequenzen, ohne die Berücksichtigung innerer subjektiver Zustände oder Vorgänge - physiologischer oder kognitiver Art - machbar. Skinner formulierte wichtige Komponenten des operanten Konditionierens, die auch heute noch - in eingeschränkter Form - Gültigkeit besitzen und deshalb kurz dargestellt werden sollen.

### **2.2.1 Verhaltenskontingenz**

Die Verhaltenskontingenz beschreibt die konsistente Beziehung zwischen einer (Wirk)-Reaktion und den ihr folgenden Konsequenzen („wenn X, dann Y“). Skinner war der Ansicht, dass eine starke zeitliche Kontingenz absolute Voraussetzung für das Ausbilden einer konditionierten Reaktion ist. Inzwischen ist bewiesen, dass die Kontingenz beim Konditionieren zwar eine Rolle spielt, sich diese jedoch nicht auf einen einfachen zeitlichen Zusammenhang der Reize reduzieren lässt. Vielmehr scheint die Voraussagekraft eines Reizes für ein eintretendes Ereignis eine wichtigere Rolle zu spielen. Ein entscheidender Faktor für den Erfolg einer Konditionierung ist also der Informationsgehalt des konditionierten Reizes. Der Informationsgehalt des CS hängt von der Zuverlässigkeit ab, mit der er den US vorhersagt (Rescorla 1972; Rescorla und Wagner 1972).

Auch die Beziehung des Stimulus zu seiner Umgebung spielt dabei eine Rolle. Je auffälliger sich der CS als „Signal“ vom Hintergrund abhebt, je mehr er aus dem „irrelevanten Rauschen“ aller anderen parallel laufenden Ereignisse hervortritt, desto rascher und stabiler findet die Konditionierung statt (Kalat 1974; Lubow, Rifkin und Alek 1976). Sowohl ein starker neuer Reiz als auch ein starker vertrauter Reiz führen in einem neuen Kontext zu einer guten Konditionierung. Die Bedeutung der Salienz, also der Auffälligkeit des Reizes beim Aufbau einer Konditionierung zeigt auf, dass die Aufmerksamkeit und die Tendenz eines Individuums, sich einem Reiz zuzuwenden, bei Lernprozessen eine wesentliche Rolle spielen. Die Theorie der Signalentdeckung (Green und Swets 1966) postuliert bei der Wahrnehmung von

Umweltreizen nicht nur einen alleinigen sensorischen Prozess. Sie unterscheidet zwischen a) einem anfänglichen sensorischen Prozess, der die Sensitivität einer Person für die Reizstärke deutlich macht, und b) einem danach stattfindenden Entscheidungsprozess, der Auskunft über die Antworttendenz (Reaktion / keine Reaktion) der Person gibt.

### **2.2.2 Verstärkungspläne**

Eine wesentliche Rolle für die Erwerbsgeschwindigkeit und die Stabilität einer konditionierten Reaktion spielt das zeitliche Schema, nach dem die Verstärkung erfolgt. Man unterscheidet vier verschiedene Verstärkungsmuster.

Konditionierung nach einem Intervallplan meint die Gabe eines Verstärkers nach einer festgelegten Zeitspanne und unabhängig von der Häufigkeit der gezeigten Reaktion. Diese Zeitspanne kann feststehen (*fester Intervallplan*), oder um eine durchschnittliche Dauer variieren (*variabler Intervallplan*).

Wird nach einem Quotenplan konditioniert, dann folgt die Gabe des Verstärkers nach einer festgelegten Anzahl erwünschter (oder unerwünschter) Reaktionen, unabhängig von der benötigten Zeit. Auch hier kann die Anzahl an erforderlichen Reaktionen entweder feststehen (*fester Quotenplan*), oder um eine durchschnittliche Anzahl variieren (*variabler Quotenplan*).

### **2.2.3 Diskriminative Reize**

Ein Organismus kann lernen, wann eine Reaktion erfolgsversprechend auszuführen ist und wann nicht. Er lernt, Signale zu erkennen, die das Auftreten einer verstärkenden Kontingenz ankündigen. Solche Signalreize ( $S^D$  = diskriminativer Stimulus) können das Auftreten von Reaktionen beeinflussen, indem sie zuverlässig voraussagen, ob ein Verstärker erhältlich ist oder nicht. Im ersten Fall handelt es sich um einen *positiven diskriminativen Reiz*, im zweiten Fall um einen *negativen diskriminativen Reiz*. Das Verhalten des Organismus steht damit unter *Reizkontrolle*

– es kann durch gezieltes Einsetzen wirksamer Kontingenzen und der sie ankündigenden Reize manipuliert werden.

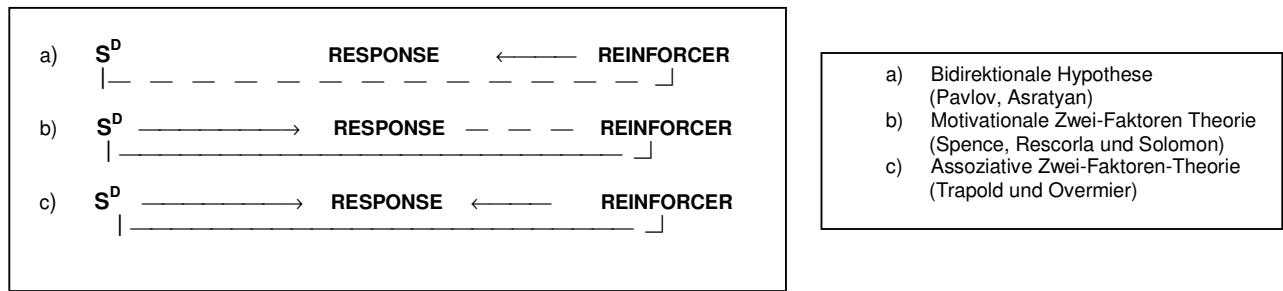
#### **2.2.4 Verknüpfung von klassischem und instrumentellem Konditionieren**

Obwohl klassische und instrumentelle Konditionierung zwei Lernprozesse sind, die sich in vielen Aspekten unterscheiden, gibt es auf theoretischer Ebene Schwierigkeiten, beide Paradigmen streng voneinander abzutrennen. „The evidence [...] has made it clear that instrumental conditioning cannot be solely a matter of the establishment of an association between  $S^D$  and instrumental response [...] some representation of the reinforcer must enter into the associations controlling responding in a way that lies quite outside the scope of any such simple view“ (Mackintosh, 1983).

##### **Der diskriminative Reiz als klassischer CS**

Vertreter der S-R-Theorie (z. B. Spence 1956) postulierten, dass in jedem instrumentellen Versuchsaufbau eine klassisch konditionierte Kontingenz zwischen  $S^D$  und dem Verstärker aufgebaut wird, die den  $S^D$  auf irgendeinem Wege befähigt, die instrumentelle Reaktion zu kontrollieren. Wann immer Futter als positiver Verstärker angewendet wird, dient es als US für den Speichelfluss; und welcher Reiz auch immer zum Zeitpunkt der Verabreichung in enger zeitlicher und räumlicher Nähe mit dem Objekt sein mag, wird er nach einer gewissen Anzahl von „Paarungen“ zu einem dem Versuchsleiter unbekanntem CS werden.

Zu dieser Theorie existieren verschiedene Erklärungsansätze, die hier nicht diskutiert werden sollen (siehe hierzu Mackintosh 1983). Allen liegt die Annahme zugrunde, dass eine klassische Assoziation zwischen  $S^D$  und Verstärker eine wichtige, jedoch nicht die einzige nötige Bedingung für instrumentelles Konditionieren darstellt (Abb.3).



**Abbildung 3:** Theorien zum instrumentellen Konditionieren, die sich auf eine klassische Konditionierung zwischen dem diskriminativen Reiz ( $S^D$ ) und dem Verstärker (*Reinforcer*) beziehen. Durchgezogene Linien und Pfeile zwischen Feldern bedeuten assoziative Verbindungen zwischen Repräsentationen von Ereignissen. Die gestrichelte Linie (M) zeigt eine motivationale Verbindung zwischen Verstärker (*Reinforcer*) und Reaktion (*Response*) an (aus: Mackintosh 1983).

In einem Versuchsdesign von Estes und Skinner (1941) wurden klassische und instrumentelle Konditionierung kombiniert, um den Einfluss klassischer Konditionierung auf instrumentelle Konditionierung zu überprüfen. Dieses Design fand zunehmend Verwendung, als man begann, sich für die Bedeutung von Aufmerksamkeit bei Lernprozessen zu interessieren. Damit ein beliebiger neutraler Reiz NS zu einem konditionierten Reiz CS werden kann, muss er beim Individuum Aufmerksamkeit erregen, so wie es beim US natürlicherweise der Fall ist:  $US \rightarrow R_a$  ( $R_a$  = Aufmerksamkeitsreaktion, vgl. Conditioned Attention Theorie (CAT) in Kapitel 2.3.4). Aus einer Reihe von Versuchen der experimentellen Psychologie (z. B. Eriksen 1962) geht hervor, dass Lernen nicht stattfinden kann, ohne dass dabei Aufmerksamkeitsprozesse beteiligt sind. „Wir haben also einigen Grund, zu glauben, dass prä-attentive Prozesse auf die unmittelbare Gegenwart beschränkt sind und dass für eine länger dauernde Speicherung von Information ein Aufmerksamkeitsakt nötig ist“ (Neisser 1974).

Diesem wichtigen Aspekt lerntheoretischer Überlegungen, der Verknüpfung und gegenseitigen Beeinflussung der Phänomene Lernen und Aufmerksamkeit, wendet sich das Paradigma der erlernten Unaufmerksamkeit zu.

## 2.3 Paradigma der erlernten Unaufmerksamkeit

Das Paradigma der erlernten Unaufmerksamkeit dient der detaillierten Untersuchung der Mechanismen, durch die eine CS-US Verbindung aufgebaut, erhalten und verändert wird. Vom Aspekt der Informationsverarbeitung aus wird eine Beschreibung der Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge von Aufmerksamkeit, Reizverarbeitung und deren Selektion beim assoziativen Lernen angestrebt.

### 2.3.1 Aufmerksamkeit

Bevor das Paradigma der erlernten Unaufmerksamkeit erläutert wird, soll kurz auf den Begriff der Aufmerksamkeit eingegangen werden. Aufmerksamkeit kann definiert werden als ein Zustand konzentrierter Bewusstheit, begleitet von einer Bereitschaft des zentralen Nervensystems, auf Stimulation zu reagieren. Carver und Scheier (1981) bezeichneten Aufmerksamkeit als eine Art Brücke, die ausgewählte Bestandteile der Außenwelt mit der subjektiven Welt des Bewusstseins verbindet und so die Kontrolle des Verhaltens ermöglicht.

Als zentraler Aspekt des Bewusstseins bildet Aufmerksamkeit eine wichtige Grundlage der sinnvollen Strukturierung, Analyse und Interpretation der Umwelt und ist damit Voraussetzung planvollen und flexiblen Handelns. Die allgemeine Theorie der Aufmerksamkeit geht von einem System mit kapazitärer Begrenzung aus, das den Zweck erfüllt, „Reaktionen zu Reizen zu wählen“ (Posner 1976).

Aufgrund der eingeschränkten Kapazitäten muss bei frühen - oder auch späteren - Stufen der Wahrnehmung eine Beschränkung vorgenommen werden, damit nur die Menge an Informationen auf das System trifft, die auch verarbeitet werden kann. So wird einer Reizüberflutung, die eine gezielte und zweckmäßige Informationsverarbeitung beeinträchtigen würde, entgegengewirkt. Nach dem *Filtermodell* von Broadbent (1958), das eine *frühe Selektion* favorisiert, wird diese Beschränkung durch das selektive Ausrichten der Aufmerksamkeit auf einen *Kommunikationskanal* realisiert. Durch diesen fließen alle Umweltreize wie durch einen Flaschenhals zur weiteren Verarbeitung hindurch. Das Wahrnehmungssystem (*perception-system*) richtet damit einen Filter ein, durch welchen Informationen nach



dem „Alles oder nichts“ - Prinzip selektiert werden. Informationen werden entweder prä-attentiv, also „vor-bewusst“ abgeblockt oder sie werden dem Bewusstsein zugeleitet und weiterverarbeitet. Zahlreiche Experimente legten jedoch den Schluss nahe, dass es sich bei Aufmerksamkeit eher um einen graduellen Prozess handelt. Das heißt, auch Informationen, die nicht gezielt beachtet wurden, finden in verminderter Form Eingang in die Verarbeitung und stehen für eine spätere Analyse zur Verfügung (Treisman 1969). Es zeigte sich, dass zurückliegende Lernerfahrungen die Reaktionen einer Person auch dann beeinflussen können, wenn diese sie sich der gemachten Erfahrungen gar nicht bewusst ist (Von Wright, Anderson und Stenham 1975). Die Bedeutung solcher bereits gemachter Erfahrungen betont vor allem eine Theorie der Informationsverarbeitung, nach der die Analyse von Informationen sowohl durch den sensorischen Input als auch durch die bereits bestehende Weltsicht einer Person geleitet wird (Corbetta und Shulman 2002). Aktueller sensorischer Input wird dabei auf der Grundlage bereits vorhandenen Wissens verarbeitet. Im Falle einer Reizüberflutung oder widersprüchlicher Reizinformation wird bevorzugt auf bereits vorhandenes Wissen zurückgegriffen, um neue Informationen und Ereignisse zu bewerten. In der Wahrnehmungstheorie spiegeln sich diese Überlegungen in der Unterscheidung von zwei wahrnehmungsrelevanten Prozessen. Die Aufnahme von sensorischer Information durch Rezeptoren und deren Weiterleitung nach „oben“ zur Filterung und Analyse wird „Bottom-up“ - Prozess genannt. Der zweite Prozess, „Top-down“ - Prozess genannt, wirkt sich durch Erfahrung, Erwartung und den kulturellen Hintergrund einer Person nach „unten“ aus, und bestimmt so in Interaktion mit dem ersten die Empfindung, Wahrnehmung und Klassifikation von Umweltinformationen.

### **Geteilte Aufmerksamkeit**

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, Aufmerksamkeit auf verschiedene Reize oder Tätigkeiten aufzuteilen. Das erlebt jeder Mensch, wenn er zwei oder mehr Tätigkeiten gleichzeitig ausführt, z. B. wenn er beim Lesen Musik hört oder beim Autofahren eine Unterhaltung führt. Diese Fähigkeit, Informationen parallel zu verarbeiten, ist jedoch

erschöpfbar. Ist die Geschwindigkeit, mit der die Reize bei einer der Tätigkeiten auf das Sinnessystem treffen, zu hoch, dann kann die Leistung der parallelen Informationsbearbeitung nicht mehr in vollem Masse erbracht werden und es kommt zu einer Verlangsamung der beteiligten Prozesse und zu einer Erhöhung der Fehlerrate (Mackworth 1948).

### **Daueraufmerksamkeit (Vigilanz)**

Unter Daueraufmerksamkeit versteht man die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum gezielt auf einen bestimmten Reiz oder eine bestimmte Aufgabe zu richten. Ein hohes Maß an Daueraufmerksamkeit erfordern monotone Tätigkeiten, bei denen z. B. über einen langen Zeitraum ein Bildschirm beobachtet oder eine bestimmte Messgröße kontrolliert werden muss. Diese Form der Aufmerksamkeit wird mehr als andere Formen von der Motivation des Individuums beeinflusst (vgl. Keller und Grömminger 1995). Auch die konstante Fähigkeit, eine allgemeine Wachsamkeit gegenüber Außenreizen aufrecht zu erhalten, kann als Daueraufmerksamkeit bezeichnet werden.

### **Selektive Aufmerksamkeit**

Der wichtigste Aspekt der Aufmerksamkeit ist die Möglichkeit der Selektion von Informationen. Bei der selektiven Aufmerksamkeit wird von den reizverarbeitenden Systemen unter den kontinuierlich einströmenden Reizen eine Auswahl getroffen. Es werden nur die Stimuli bewusst wahrgenommen und verarbeitet, die bestimmte Eigenschaften besitzen. Auf diese Art findet eine Fokussierung auf für den Organismus relevante Reize statt. Ein bekanntes, einfaches Beispiel ist das „Cocktailparty-Phänomen“ (Moray 1970), bei dem ein Mensch die ihn umgebende Geräuschkulisse zunächst ignoriert und nur den Aussagen seines Gesprächspartners Beachtung schenkt. Erst wenn er einen für ihn relevanten Reiz wahrnimmt, z. B. seinen Namen hört, wird er seine Aufmerksamkeit auf die Reizquelle lenken. Eine Störung der selektiven Aufmerksamkeit macht sich subjektiv als „erhöhte Ablenkbarkeit“ bemerkbar (Keller und Grömminger 1995). Es mangelt

dabei an der Fähigkeit, den Fokus der Aufmerksamkeit auf einen Reiz zu richten und gleichzeitig andere Reize auszublenden.

Im Gegensatz zu Broadbent (1958), der eine *frühe Selektion* von Reizinformation postuliert, gehen Theorien der *späten Selektion* davon aus, dass alle Reize bewusst wahrgenommen und analysiert werden, bevor die Selektion stattfindet (Shiffrin und Schneider 1977). Die hohe Reizverarbeitungsleistung wird dabei durch die Existenz zweier Verarbeitungsmechanismen ermöglicht. Die automatische Verarbeitung funktioniert schnell und parallel und ist der bewussten Wahrnehmung kaum zugänglich. Die kontrollierte Verarbeitung dagegen findet langsam statt. Sie benötigt bewusste Wahrnehmung und verarbeitet Reize auf serielle Art. Eine genauere Analyse der Arbeitsweise dieser Mechanismen in Abhängigkeit vom präsentierten Reizmaterial geben Treisman und Gelade mit der *Merkmalsintegrationstheorie* (1980). Sie soll in Kapitel 3.3 dargestellt werden.

Es existieren Reize, die bei einem Organismus phylogenetisch bedingt eine Aufmerksamkeitsreaktion ( $R_a$ ) auslösen. Diese „phylogenetische Programmierung“ sichert das Überleben des Organismus. Müsste ein Antilopenjunges in freier Wildbahn nach dem Schema „Versuch-und-Irrtum“ erlernen, auf den Anblick einer Löwin mit höchster Aufmerksamkeit und mit „Flucht“ zu reagieren, so könnte es unter Umständen nach dem ersten Kontakt schon zu spät sein.

Auch die Nichtbeachtung eines Reizes ist im Rahmen der Ökonomisierung des Verhaltens sinnvoll und erlernbar. Bei dieser erlernten Unaufmerksamkeit spielt die Erfahrung, die der Organismus im Laufe seines Lebens mit Umweltreizen macht, eine Rolle. Je öfter die Erfahrung gemacht wird, dass einem Reiz keinerlei Konsequenz folgt, desto weniger wird dieser Reiz in Zukunft in der Lage sein, die Aufmerksamkeitsreaktion  $R_a$  auszulösen.

Im Rahmen der Erforschung erlernter Unaufmerksamkeit wurden hauptsächlich Versuchsdesigns verwendet, die den Einfluss untersuchen, den eine gemachte Erfahrung (eine US-CS Verbindung) auf die Geschwindigkeit des Erwerbs einer *neuen* US-CS Verbindung hat. Dieser sollte experimentell kontrolliert und messbar

gemacht werden. Zwei dieser Untersuchungen – Konditionierte Hemmung und Latente Inhibition – werden im Folgenden näher erläutert werden.

### **2.3.2 Konditionierte Hemmung**

Der erste, der den Effekt der Konditionierten Hemmung beschrieb, war Kamin (1969). Er interessierte sich für die Rolle von Aufmerksamkeit und deren Einfluss auf klassisches Konditionieren und stellte die Frage, was passieren würde, wenn man einen aus zwei Reizelementen zusammengesetzten Reiz klassisch zu konditionieren versuchte. Würden die Elemente – als Einzelreize nachweislich konditionierbar – gleich stark konditioniert, oder würde eines von ihnen bevorzugt beachtet werden und somit bei der Konditionierung im Vorteil sein? Zur Untersuchung dieser Fragen verwendete Kamin einen Versuchsaufbau, der zur Erfassung von konditionierter Unterdrückung von Verhalten (*conditioned suppression*) eingesetzt wurde. Da dieses Design auch heute noch oft zur Messung von CB verwendet wird, soll es anhand von Kamins Versuchen genauer erläutert werden. Das Design, bei dem klassisches und instrumentelles Konditionieren kombiniert werden, wurde im Rahmen der Erforschung von Angst als *konditionierte emotionale Reaktion* bekannt (Estes und Skinner 1941), und wird heute als CER (*Conditioned Emotional Response*)-Paradigma bezeichnet. In Kamins Blockierungsversuchen wurde den Tieren (in diesem Fall Ratten) zunächst das instrumentelle Verhalten beigebracht. Die Tiere mussten einen Hebel drücken, um an Futter zu gelangen. War das instrumentelle Verhalten stabil gelernt, begann die Phase der klassischen Konditionierung. Diese wurde durchgeführt, *während* die Tiere das instrumentelle Verhalten zeigten (so genannte „gemischte Durchführung“; im Gegensatz dazu wird bei der „getrennten Durchführung“ die klassische Konditionierung separat durchgeführt). Zu diesem Zweck wurden CS-US-Paarungen (Ton-Schock oder Licht-Schock oder Ton+Licht-Schock) präsentiert und unregelmäßig in die instrumentelle Konditionierung eingestreut. Es zeigte sich, dass die Tiere zunächst auf den dem CS folgenden US mit dem kurzzeitigen Einstellen des instrumentellen Verhaltens reagierten. Im weiteren Verlauf stellten die Tiere ihr Verhalten schon während der CS-Präsentation

ein, und nahmen es erst nach Auftreten des US wieder auf. Sie hatten gelernt, den CS mit dem US zu assoziieren, was sich in einer Unterdrückung (Suppression) des instrumentellen Verhaltens ausdrückte. Diese Suppression wird beim CER-Paradigma als abhängige Variable gemessen und dient als Nachweis für die stattgefundene Assoziation von CS und US, also für die klassische Konditionierung. Die Suppressionsrate errechnet sich aus  $a / a+b$ , wobei „a“ die Häufigkeit des Verhaltens während der CS-Präsentation, und „b“ die Häufigkeit des Verhaltens in einem gleichen Zeitraum (z. B. 3 Minuten) kurz vor der Präsentation des CS beschreibt (Annau und Kamin 1961). Ist z. B. die Verhaltenshäufigkeit während der CS-Präsentation „a“ identisch mit der Häufigkeit im Zeitraum vor der Präsentation „b“, dann hat keine Konditionierung stattgefunden und die errechnete Suppressionsrate beträgt 0.5. Eine Suppressionsrate von 0 würde anzeigen, dass die Suppression des Verhaltens komplett ist (Kamin 1969) und der Reiz erfolgreich mit dem US assoziiert wurde. Im Versuch wurden die Ratten in eine Kontrollgruppe und eine „Blocking“-Gruppe eingeteilt. Die „Blocking“-Gruppe wurde in Phase 1 auf einen CS1 (Ton oder Licht) konditioniert. Die Kontrollgruppe erhielt keine Vorkonditionierung, sie wurde in Phase 2 direkt auf den zusammengesetzten Reiz konditioniert und dann in Phase 3 auf das einzelne Reizelement CS2 getestet (Abb.4).

	Phase 1	Phase 2	Phase 3 (Test)
Blocking-Gruppe	CS 1 → US	CS 1 + CS 2 → US	CS 2 → US
Kontroll-Gruppe	CS 1 / US	CS 1 + CS 2 → US	CS 2 → US

**Abb.4:** Aufbau eines Kamin Blocking Versuchs (aus: Jones und Gray 1992). CS1=Reiz, der den US signalisiert; US = Reiz, der signalisiert wird; CS2 = hinzukommender Reiz, der ebenfalls den US signalisiert

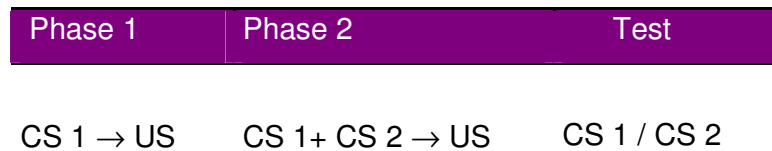
Die Ergebnisse des Versuchs zeigten, dass die Suppressionsraten für einen Reiz CS2 (Ton oder Licht) signifikant höher waren, wenn in Phase 1 der CS1 (Ton oder Licht) allein konditioniert worden war, als die Suppressionsraten für den CS2 (Ton

oder Licht), der *ohne* eine vorausgehende Konditionierung des anderen Reizes mit dem US gepaart wurde. Eine hohe Suppressionsrate bedeutet, dass der Reiz das Verhalten *nicht* stark unterdrückt. Dies zeigt, dass der Reiz CS2 nicht gut mit dem US assoziierbar war; er wurde also vom ersten Reiz „geblockt“. Kamin interpretierte dieses „Blocking“ als Ergebnis der verminderten Effektivität des US durch seine vorausgegangene Assoziation mit dem Reiz (-element) CS1. Dies erklärte er folgendermaßen: Ein neuer und unerwarteter US ist effektiv für die Assoziation mit einem CS. Wenn er aber bereits durch einen CS vorausgesagt wird, verliert er diese Effektivität und eine Assoziation mit einem neuen Reiz (-element) CS2 ist nicht mehr möglich. „[...] the CS element fails to become conditioned not because its input has become impeded but because the US fails to function as a reinforcing stimulus“ (Kamin 1969).

Der CS2 verliert seine Fähigkeit, mit dem US assoziiert werden zu können durch seine Redundanz, das heißt dadurch, dass sein Auftreten zusammen mit dem CS1 dem Versuchstier keine *neue* Information liefert über den nachfolgenden US, da dieser bereits durch das bekannte Reizelement ausreichend vorausgesagt wird. Kamin ging *nicht* davon aus, dass der geblockte Reiz nicht wahrgenommen wird: „[...] we might suppose that the animal does notice the superimposed stimulus but does not condition to it because the stimulus is redundant.“ (Kamin 1969). Diese Interpretation wurde getestet und unterstützt durch nachfolgende Versuche, in denen der CS2 eine *Änderung* des nachfolgenden US voraussagte, und seine Assoziierbarkeit dadurch wiedergewann (Kamin 1969; Mackintosh 1975; Rescorla und Wagner 1972). Nachfolgende Versuche zur konditionierten Hemmung wurden bisher mit geringfügigen Änderungen ebenfalls nach Kamins Versuchsschema aufgebaut.

Eine Alternative zu der von Kamin verwendeten so genannten *einfachen Konditionierung*, bei welcher der Unterschied in der Assoziierbarkeit des Reizes beim Vergleich von zwei verschiedenen Versuchsgruppen demonstriert wird, besteht in der *differentiellen Konditionierung*, einem Versuchsaufbau, bei dem der Blockierungseffekt innerhalb einer einzigen Gruppe gemessen wird. Diese stellt

gleichzeitig ihre eigene Kontrolle dar. Hierbei wird in einer ersten Phase das Reizelement CS1 konditioniert, und in einer zweiten Phase der zusammengesetzte Reiz CS1 / CS2. Anschließend werden beide Reizelemente einzeln getestet und der Blockierungseffekt des zuerst konditionierten Reizelementes CS1 auf das Reizelement CS2 gemessen (Abb.5).



**Abb.5:** Differentielle Konditionierung in einem Blockierungs Experiment (Kamin 1969).

Kamin geht in seinen Ausführungen auch auf den „Überschattungs“-Effekt (*Overshadowing*) ein, den schon Pavlov (1927) beschrieben hatte. Es wurde festgestellt, dass beim Konditionieren eines aus zwei unterschiedlich intensiven oder starken Reizelementen zusammengesetzten Reizes das schwächere der beiden Reizelemente dem stärkeren gegenüber im Nachteil war. Obwohl der zusammengesetzte Reiz wiederholt mit einem Verstärker gekoppelt wurde und obwohl das weniger intensive Reizelement einzeln gut konditionierbar war, konnte es beim späteren Test die CR nicht auslösen. Die entscheidenden Unterschiede zwischen *Overshadowing* und *Conditioned Blocking* sind nach Kamin a) dass *Overshadowing* ohne vorheriges Konditionieren des stärkeren Elementes erscheint, und b) *Overshadowing* grundsätzlich von einem erheblichen Unterschied der Intensitäten der beiden Reizelemente abhängt. Dies ist beim CB nicht der Fall.

Seit der Einführung des CB-Paradigmas 1969 wurden CB-Phänomene von verschiedenen Untersuchern in zahlreichen Tierversuchen mit unterschiedlichen Designs nachgewiesen (Miller und Matute 1996). Das Interesse am Effekt von CB beim Menschen wuchs mit dem Versuch, Analogien zwischen tierexperimentell gefundenen Gesetzmäßigkeiten des Lernens und menschlichem Lernverhalten zu

finden. Die verschiedenen Versuche, CB auch innerhalb menschlichen Lernverhaltens zu erfassen - und die dabei aufgetretenen Schwierigkeiten - werden im Kapitel 2.3.5 ausführlicher erläutert.

### 2.3.3 Latente Inhibition

Das Paradigma der Latenten Inhibition (LI) wurde ursprünglich tierexperimentell im Rahmen klassischer Lerntheorie entwickelt, und geht auf Lubow und Moore (1959) zurück.

Diese stellten bei der Durchführung eines Experiments zum latenten Lernen fest, dass die nicht-verstärkte Präsentation eines konditionierten Reizes vor seiner Verbindung mit einem unkonditionierten Reiz zu einer Abschwächung der angestrebten konditionierten Reaktion führte. Damit wurden zum ersten Mal die Effekte von wiederholter konsequenzloser Präsentation eines Reizes auf seine spätere Assoziierbarkeit und Konditionierbarkeit beschrieben. Lubow definierte LI als „Abschwächung der Lernleistung, die aus der nicht verstärkten Vorpräsentation des zu konditionierenden Reizes resultiert“ (Lubow 1973).

Ein typisches LI-Experiment besteht aus zwei Phasen, einer Vorpräsentationsphase (*pre-exposure*) und einer Testphase. Die Versuchstiere werden in zwei Gruppen eingeteilt; einer dieser Gruppen wird der später relevante Reiz oder Stimulus (S) in der Vorpräsentationsphase präsentiert (*pre-exposed*, PE), und der anderen nicht (*non-pre-exposed*, NPE). In der Testphase durchlaufen beide Gruppen eine Konditionierung, bei der gelernt werden muss, dass der Reiz relevant ist. Man spricht von einem Auftreten von LI, wenn die Vorerfahrung mit dem Reiz das darauf folgende Lernen hemmt, wenn also die PE-Gruppe die Bedeutung des Reizes langsamer erlernt als die NPE-Gruppe. Bei diesem Design werden die Ergebnisse *zwischen* zwei Gruppen verglichen, es handelt sich also um eine einfache Konditionierung. Als typische abhängige Variable wird die Anzahl der Versuche bis zum Erlernen der Relevanz des Reizes gemessen, das sich in einer bestimmten Anzahl aufeinander folgender richtiger Antworten zeigt (*trial-to-criterion*) (Abb.6).



Gruppe	Phase 1 (Vorpräsentierung)	Phase 2 (Test)
PE	Kontext A + S	Kontext A + S
NPE	Kontext A	Kontext A + S

**Abb.6:** Typisches Design für ein LI-Experiment. Kontext A = Kontext, in dem der Stimulus präsentiert / nicht präsentiert wird (Phase 1). S = Stimulus, der im gleichen Kontext getestet wird (Phase 2).

In ihrem ursprünglichen Experiment führten Lubow und Moore eine differentielle Konditionierung durch. Die Versuchstiere wurden nicht in zwei Gruppen eingeteilt, sondern durchliefen alle die Vorpräsentationsphase. In dieser Phase 1 wurde den Tieren entweder ein Glühbirnenlicht oder ein farbiger Rotor präsentiert. Anschließend wurde eine klassische Konditionierung durchgeführt, bei der beide Reize gleich oft und abwechselnd mit einem US (elektrischer Stromschlag am rechten Vorderbein) gekoppelt und eine konditionierte Abwehrreaktion CR (Heben des Beines) ausgebildet wurde. Die CR wurde innerhalb der Individuen jeder Gruppe auf jeweils den Reiz, der ihr zuvor als „konsequenzlos“ präsentiert worden war, signifikant schlechter gelernt als auf den neuen Reiz (Lubow und Moore 1959). LI zeigt sich bei diesem Design also als Unterschied in der Lerngeschwindigkeit auf einen bekannten Reiz *innerhalb einer Versuchsgruppe*. Schon früh sah man die Effekte von LI in Vorgängen der Aufmerksamkeitssteuerung begründet (s. Kapitel 2.3.4). Innerhalb der Theorie der erlernten Aufmerksamkeit (*conditioned attention theory*, CAT) erklärten Lubow, Schnur und Rifkin (1976) den LI-Effekt als Ergebnis einer erlernten Aufmerksamkeitsverminderung auf einen Reiz, der wiederholt ohne Konsequenzen präsentiert wurde. Während sie das Aufrechterhalten einer Aufmerksamkeitsreaktion als eine konditionierte Reaktion interpretieren, sehen sie in der Tatsache, dass die Abwesenheit eines relevanten Ereignisses, wie z. B. ein US, der dem Reiz folgt, zu einer relativ permanenten Abnahme der Assoziabilität dieses Reizes führt, in paralleler Art einen Lernprozess, der als das Erlernen von Unaufmerksamkeit auf

diesen Reiz interpretiert wird: „While one can speak of the maintenance of an attentional response to a stimulus as being a conditioned response, the fact that the absence of a significant event (such as US) following the stimulus leads to a relatively permanent decrement in associability of that stimulus also suggests a learning process, which may be conceived, in parallel fashion, as the conditioning of inattention to that stimulus [...]“ (Lubow, Schnur und Rifkin 1976)

Mackintosh bezeichnete das Paradigma der Latenten Inhibition als den in der lerntheoretischen Literatur „bestdokumentierten und gleichzeitig einfachsten Fall von Änderung der Assoziierbarkeit eines CS“ (Mackintosh 1983). LI wurde intensiv tierexperimentell untersucht und bei vielen verschiedenen Säugetierarten wie Mäusen, Ratten, Kaninchen, Katzen, Schafen und Ziegen demonstriert. Es bewies sich als starkes, ubiquitäres und wiederholbares Phänomen (Lubow 1989), das jedoch auch sensitiv gegenüber Variationen im Versuchsaufbau ist, das heißt die Stärke des LI-Effekts ist von mehreren Faktoren abhängig. Die Anzahl und Dauer der Vorpräsentationen des Zielreizes, die Intensität des US, Kontextreize, die Schwierigkeit der so genannten „Maskierungsaufgabe“, und der Zielreiz selbst beeinflussen den LI-Effekt (Moser et al. 2000). Versuche, LI beim Menschen zu demonstrieren, waren nicht immer erfolgreich. Es kamen dabei unterschiedlichste Konditionierungsparadigmen wie konditionierter Lidschlagreflex, konditionierte autonome Reaktionen, erlerntes Flucht- und Vermeidungsverhalten, CER und erlernte Geschmacksaversion zum Einsatz. Von diesen scheinen jedoch nicht alle geeignet, LI zu demonstrieren (Überblick s. Lubow und Gewirtz 1995). Zu den problematischen Aspekten der bisherigen LI-Forschung gehören vor allem die experimentellen Bedingungen, unter denen LI-Effekte messbar gemacht werden sollten. Im Kapitel 2.3.5 sollen diese Aspekte näher beleuchtet werden.

#### **2.3.4 Modelle zur Entstehung von erlernter Unaufmerksamkeit**

Es wurden viele Theorien entwickelt, um die Phänomene der erlernten Unaufmerksamkeit, zu denen CB und LI gehören, zu erklären. Bereits Kamin und

Lubow haben erste Ideen zur Entstehung der von ihnen entdeckten Verzögerungs- und Blockierungseffekte aufgestellt. Im Rahmen der intensiven Untersuchung des Paradigmas sind verschiedene Modelle für seine Erklärung entwickelt worden.

### **Andere Verarbeitung von CS2**

Ein Modell basiert auf der allgemeinen, weiter oben erläuterten Annahme, dass das Maß an gerichteter Aufmerksamkeit eines Organismus limitiert ist, und somit gleichzeitig präsentierte Reize miteinander in Konkurrenz treten. Im Falle von CB hieße dies, dass der zuvor konditionierte Reiz CS1 bevorzugt wahrgenommen wird, und der hinzutretende neue Reiz CS2 verhältnismäßig weniger Aufmerksamkeit erhält als CS1. Das führt zu einer *verminderten Verarbeitung* und somit verminderter Assoziierbarkeit des neuen Reizes. Für Mackintosh (1974) liegt hierbei die Bevorzugung des schon konditionierten Reizes in seiner Bedeutung als Prädiktor für ein relevantes Ereignis (US) begründet. Da der erste CS schon als Signal für den US etabliert ist, wird der zweite CS nicht mehr beachtet, da er keine zusätzliche Information über das nachfolgende Ereignis enthält. Lediglich zu Beginn wird er aufgrund seiner Neuheit beachtet. Mackintosh bezeichnete diese Art des Organismus, redundante Reize zu verarbeiten, als „Lernen zu ignorieren“.

### **Änderung der Effektivität des US**

Kamin (1969) betont die Bedeutung des Überraschungseffekts, der dem US im Fall von CB verloren geht; deshalb wird dieser als Verstärker für die Assoziation eines neuen CS ineffektiv. Pearce und Hall (1980) versuchten die beiden Positionen miteinander zu verbinden, indem sie postulierten, dass die Konditionierbarkeit eines CS von einem darauf folgenden überraschenden Ereignis abhängt, das eine Aufmerksamkeitsreaktion hervorruft. Somit könne der zweite Reiz in einem CB-Experiment nicht konditioniert werden, weil der US, durch den ersten CS angekündigt, seine Überraschungsfähigkeit verloren hat.

### **Kontextuelle Reize verhindern den Aufbau neuer Kontingenzen**

Wagner (1978) machte auf die Bedeutung der Kontextreize, die während einer CS-US-Konditionierung anwesend sind aufmerksam, weil sie den US seiner Ansicht nach ebenso vorhersagen wie der CS. LI entsteht nach Wagner, weil eine Assoziation zwischen dem vorpräsentierten Reiz und dem Kontext, in welchem er auftrat, gelernt wird. Der Kontext dient somit als Vorlage für die Verarbeitung des Reizes und beeinflusst den Übergang der Informationsspeicherung vom Kurz- ins Langzeitgedächtnis. Ist der CS vorhersagbar, wird er nicht weitergehend verarbeitet und schafft es nicht, in eine neue Assoziation einzutreten. Daten, die diese Annahme unterstützten, ergaben sich allerdings nicht. Stattdessen schlugen Rescorla (1986) und Lubow (1989) vor, Kontextreize als „occasion setter“ für eine erlernte Reiz-Assoziation anzusehen. Beim konsequenzlos vorpräsentierten Reiz bestünde diese in einer „Reiz-keine Konsequenz“ - Assoziation. Untersuchungen konnten diese These unterstützen. Eine Unterbrechung oder Änderung des Kontextes verzögert LI (Lubow 1989), deshalb wird angenommen, dass seine Aufrechterhaltung zur Entstehung von LI beiträgt.

Ein Modell, die *Theorie der erlernten Aufmerksamkeit (conditioned attention theory, CAT)*, zieht zur Erklärung von LI sowohl Lern- als auch Aufmerksamkeitsprozesse heran. Die CAT interpretiert Aufmerksamkeit als eine klassisch konditionierte Reaktion und spezifiziert in diesem Rahmen die Bedingungen, die diese Reaktion beeinflussen (Lubow 1989). Die Aufmerksamkeit eines Organismus zeigt sich demnach in einer natürlichen Orientierungsreaktion  $R_a$  (*attentional response*), die sich von einer klassisch konditionierten Reaktion dadurch unterscheidet, dass sie von einem CS schon bei der ersten Präsentation ausgelöst werden kann. Dies trifft für die CR in einer klassischen Pavlov'schen Konditionierung erst nach dem Training zu. Die Theorie setzt voraus, dass die Reaktion  $R_a$  auf einen Reiz schon bei der ersten Präsentation auftritt und dass die Funktion des darauf folgenden US darin besteht, das Verschwinden von  $R_a$  zu verhindern. Es ist das Aufrechterhalten dieser Reaktion, die von dem üblichen Konditionierungsprozess geleistet wird. Folglich

sollte  $R_a$ , wenn sie auf einen Reiz als Folge von dessen Kopplung mit einem zweiten Reiz aufrechterhalten werden kann, dann als *konditionierte Reaktion*  $CR_a$  angesehen werden. Für das Auftreten von LI gibt es nach der CAT-Theorie bestimmte Annahmen: 1) Zunächst ruft der untersuchte Reiz eine natürliche Antwort  $R_a$  hervor (*Orientierungsreaktion*). Bei wiederholter Reizpräsentation nimmt diese ab. 2) Die Abnahme der Reaktion folgt den Gesetzen der klassischen Konditionierung. 3) Unter bestimmten Bedingungen kann die Reaktion vorübergehend wieder verstärkt werden, wenn der Reiz von einem zweiten Reiz begleitet wird. 4) Um in eine neue Assoziation einzutreten, muss ein minimaler Grad an Aufmerksamkeit auf den Reiz sowohl in der Vorpräsentationsphase als auch in der Testphase vorhanden sein (Lubow 1989). Bezüglich CB deutet CAT die grundlegenden Mechanismen in ähnlicher Weise wie Mackintosh (1974) als Aufmerksamkeitsverminderung auf den neuen Reiz CS2, spezifiziert aber zusätzlich das Zustandekommen dieser Aufmerksamkeitsverminderung als einen „speziellen Fall von LI“. Die Basis für diese Sichtweise bietet die Annahme aus der CAT, dass der dem CS2 folgende US, der normalerweise die  $R_a$  auf CS2 aufrecht erhält, dazu nicht mehr fähig ist, da er durch CS1 angekündigt wird und somit selbst nicht fähig ist, eine  $R_a$  auszulösen. Mit jeder Präsentation von CS2 und dem US wird also nicht der prädiktive Wert des CS2 für einen relevanten US gelernt, sondern vielmehr die Assoziation von CS2 mit einem nachfolgenden, aber irrelevanten Ereignis. Dies entspricht der Situation in der Vorpräsentationsphase von LI, bei welcher die Assoziation „Reiz- keine Konsequenz“ konditioniert wird. Mit jeder Präsentation wird also gelernt, dass CS2 keine relevante Konsequenz hat. Nach der CAT besteht diese Assoziation noch nicht nach der ersten Präsentation von zusammengesetztem Reiz und nachfolgendem US, sondern entwickelt sich, den Gesetzen der klassischen Konditionierung folgend, erst im Laufe mehrerer Präsentationen.

LI und CB sind zwei der bestuntersuchten Phänomene innerhalb des Paradigmas der erlernten Unaufmerksamkeit. Schnell kam die Frage nach den Gemeinsamkeiten und Unterschieden der beiden Phänomene auf. Sowohl LI als auch CB untersuchen

den Einfluss einer CS-US-Konditionierung auf eine weitere solche Konditionierung. Bei LI wird das Erlernen der Bedeutung eines Reizes als Zielreiz verzögert, wenn er zuvor konsequenzlos präsentiert wurde. Diese Verzögerung wurde durch die Notwendigkeit erklärt, wieder zu verlernen, dass der Reiz keine Konsequenz hat, und neu zu lernen, dass er nun ein relevanter CS ist. Die zuvor stattgefundenene Konditionierung „Reiz-keine Konsequenz“ hemmt also die neue Konditionierung „Reiz-Konsequenz“. Während dieser Konditionierung „Reiz-keine Konsequenz“ konkurriert der CS mit einem anderen „Reiz“. Dies ist der *Kontext*, also die Gesamtheit aller den Organismus momentan umgebenden Reize. Der CS hat hierbei den Vorteil, dass er phasisch auftritt und somit salienter (= auffälliger) ist als der tonisch, also konstant auftretende Kontext. CB unterscheidet sich von LI darin, dass der CS *nicht* von Beginn an präsentiert wird. Parallel zur LI-Prozedur jedoch wird ein zweiter, zusätzlicher Reiz (CS2), mit denselben Konsequenzen (d.h. demselben nachfolgenden US) während der Konditionierung auf den ersten, den „Originalreiz“ (CS1) hinzugefügt und tritt mit diesem in Konkurrenz um die assoziative Verknüpfung. Der CS2 ist dabei im Nachteil und wird somit von der Versuchsperson als irrelevant ignoriert und die Konditionierung wird erschwert. Ähnlich wie bei LI verhindert dieser Effekt die Konditionierung jedoch nicht vollkommen, denn sowohl der vorpräsentierte (LI) als auch der blockierte (CB) Reiz wird schließlich als relevanter CS erlernt. Es ist die *Geschwindigkeit* des Lernens, die vermindert wird. LI wurde wie CB im Rahmen von selektiver Aufmerksamkeit erklärt und interpretiert (Mackintosh 1975; Rescorla und Wagner 1972; Lubow und Gewirtz 1995). Trotzdem wurden bisher kaum vergleichende Analysen der beiden Paradigmen durchgeführt, was sich teilweise durch die schwierige Durchführbarkeit solcher Vergleiche erklärt. Die verwendeten Konditionierungsparadigmen und Versuchsprozeduren sind vielfältig und erschweren die vergleichende Analyse der beiden Phänomene. Ergebnisse aus dem tierexperimentellen Bereich machen Unterschiede zwischen den beiden Paradigmen deutlich (z. B. Beeinflussbarkeit durch gesteigerte Monoamin-Aktivität), die experimentelle Arbeit im menschlichen Bereich und vor allem in der Schizophrenieforschung betont jedoch eher bestehende Parallelen (z. B.

Rolle der Dopamin-Aktivität, Abhängigkeit vom Krankheitsstatus). Es bleibt zu klären, ob die im Humanbereich gefundenen Gemeinsamkeiten der Paradigmen als Hinweis auf gemeinsame zugrunde liegende Mechanismen zu interpretieren sind, oder ob es sich um künstlich geschaffene Parallelen handelt (z. B. durch Verwendung einer Maskierungsaufgabe bei den LI-Versuchen). Da die Maskierungsaufgabe unter anderem die Funktion einer Erhöhung der Reizinformationsmenge hat, stellt sich die Frage nach der Relevanz der Reizinformationsmenge als Einflussvariable für die Entstehung von LI und CB.

Frühere Untersuchungen haben deutlich gemacht, dass die Erfassbarkeit von LI-Effekten von dem Schwierigkeitsgrad der gestellten Versuchsaufgabe abhängt und LI-Effekte, die bei erwachsenen Menschen unter sehr leichten Versuchsbedingungen *ohne* Maskierungsaufgabe nicht gemessen werden konnten, durch eine Erhöhung der Aufgabenschwierigkeit – also der Informationsmenge (*information load*) - darstellbar gemacht werden können. Dies war bei CB-Versuchen nicht nötig, was von Lubow durch eine bei CB „eingebaute Maskierungsaufgabe“ erklärt wurde (Lubow 1995). Es galt also unter anderem, das Maß an Informationsmenge zu bestimmen, bei dem sich der jeweilige Effekt darstellen lässt.

### **Neurobiologische Grundlagen**

Obwohl bezüglich der genauen neuronalen Mechanismen bei der Entstehung von LI und CB noch viele Fragen offen sind, konnten die Vorstellungen über die zentralnervösen biochemischen Vorgänge zur Entstehung von Aufmerksamkeit und Unaufmerksamkeit in den letzten Jahren immer mehr konkretisiert werden.

Seitdem festgestellt wurde, dass die experimentelle Erhöhung der Dopaminausschüttung bei Ratten zu stark veränderten kognitiven Funktionen führt (Weiner et al. 1981; Solomon et al. 1981; Crider et al. 1982), wuchs das Interesse an den biochemischen Grundlagen dieser Funktionen. Vor allem im tierexperimentellen Bereich sind zunehmend viele Versuche durchgeführt worden, die neuronalen Grundlagen erlernter Unaufmerksamkeit aufzudecken und somit ein prädiktives und valides Tiermodell für die Entstehung der Symptomatik vor allem des schizophrenen

Formenkreises, aber auch vieler anderer psychiatrisch-neurologischer Erkrankungen zu finden.

Die Dopamin-Hypothese (Carlsson 1988) macht eine Überaktivität in einem oder mehreren dopaminergen Systemen des Gehirns für bestimmte Aspekte der schizophrenen Symptomatik verantwortlich. Die Hypothese wurde von vielen Untersuchern aufgegriffen und im Hinblick auf defizitäre Aufmerksamkeitsgenerierungsprozesse genauer zu spezifizieren versucht. Im Rahmen von Läsionsstudien und bei der experimentellen Gabe von verschiedenen zentralnervös wirksamen Substanzen wurde gezeigt, dass dem mesolimbischen System bei der selektiven Informationsverarbeitung und der Steuerung von Aufmerksamkeit eine Schlüsselrolle zukommt.

Eine erhöhte Dopaminfreisetzung im Nucleus accumbens (NAC) verringert die normalerweise stattfindende Abnahme von Aufmerksamkeit auf redundante Umweltreize. Für die Ausbildung von CB ist ein intakter Hippocampus (Solomon und Staton 1982) und eine ausgeglichene Aktivität der mesolimbischen und mesocortikalen Dopamin-Aktivität (Oades 1985) notwendig. Die systemische Gabe von Amphetamin kann in niedrigen Dosen eine Haloperidol-reversible Abschwächung von CB und LI bewirken (Gray et al. 1992).

Einen Überblick über den Einfluss von Neurotransmitteraktivitäten auf LI präsentierten Weiner und Feldon (1997). Es wurde festgestellt, dass die Verabreichung einer niedrigen Dosis von Amphetaminen, die über das mesolimbische System den Neurotransmitter Dopamin (DA) freisetzen, LI-Prozesse unterbrechen (Solomon et al. 1981). Denselben Effekt bewirkt die Verabreichung von Phencyclidin, einer Substanz, die im Menschen psychose-ähnliche Zustände induzieren kann (Schroeder et al. 1998), und Läsionen des Gehirns im septo-hippocampalen Bereich (Kaye und Pearce 1987). Supratherapeutische Dosen von Amphetaminen, die über striatale DA-Mechanismen wirken, weisen diesen Effekt nicht auf. Zu einer Verstärkung von LI führt die Gabe des Dopaminrezeptorenblockers Haloperidol (Christison et al. 1988; Weiner und Feldon 1987).



Das neuronale Grundlagenmodell der „switching“ - Hypothese (Weiner und Feldon 1997) versucht diese Ergebnisse zu erklären. Das switching-Modell unterscheidet sich von der allgemein vorherrschenden Interpretation von LI darin, dass es zwar die Entstehung einer prädiktiven Beziehung zwischen dem Reiz und einem folgenden – oder nicht folgenden Ereignis während der *Vorpräsentierungsphase* akzeptiert, hierin jedoch nicht den entscheidenden Faktor für die Entstehung von LI sieht. Vielmehr wird die Bedeutung der Prozesse betont, die während der *Konditionierungsphase* die widersprüchlichen vom Reiz ausgehenden Informationen verarbeiten und das Verhalten des Organismus als Reaktion auf diese steuern. LI wird als erfolgreiche Verarbeitung von in der Umwelt bestehenden widersprüchlichen Kontingenzen während der Vorpräsentation (Reiz- keine Konsequenz) und der Konditionierung (Reiz-Konsequenz) interpretiert. Diese Verarbeitung wird dem Hippocampus zugeschrieben. Nach einem Modell von Schmajuk und Moore (1985) ist es die Funktion des Hippocampus, alte und neue vom Zielreiz ausgehende Voraussagen miteinander zu „verrechnen“ und somit seinen Wert für die Ausbildung einer neuen Assoziation zu bestimmen. Der Hippocampus steuert hierdurch die weitergehende Verarbeitung dieses Reizes. Indem er den switching-Mechanismus im NAC hemmt oder aktiviert, bestimmt er darüber, ob als Reaktion auf geänderte Reizinformation eine Änderung des Verhaltens stattfindet oder nicht. Der gesunde Organismus steht eher unter der Kontrolle der bereits gelernten Kontingenz als unter der Kontrolle der neuen Kontingenz (die z. B. einen Reiz plötzlich mit einem relevanten Ereignis verbindet). Dieser Mechanismus begründet die Entstehung von LI. Bei der Unterbrechung oder Verminderung von LI, die z. B. durch die Gabe von Amphetaminen induziert wird, stehen das Verhalten / die Reaktion des Organismus eher unter der Kontrolle der neuen Kontingenz. Es findet nach dem Modell ein schneller „switch“, eine Umschaltung der Reaktion während der Konditionierungsphase, statt. Neurologisches Substrat für diese Umschaltung ist das mesolimbische dopaminerge System; aus der hippocampalen Formation erhält der NAC afferenten Input von Informationen. Das Modell erhielt Unterstützung durch weitere Untersuchungen, in denen Antipsychotika und Amphetamine LI nur dann

beeinflussten, wenn ihre Verabreichung auf die Konditionierungsphase beschränkt blieb (Peters und Joseph 1993; Shadach 2000).

Auch serotonerge und glutamaterge zentralnervöse Transmittersysteme spielen bei der Generierung von Aufmerksamkeitsprozessen und bei der Informationsverarbeitung eine Rolle. LI wird durch verschiedenste, die zentralnervöse serotonerge Aktivität vermindernde Substanzen wie Serotonin-Synthese-Inhibitoren (Parachlorophenylalanin), 5-HT-Rezeptorantagonisten (Ritanserin), und durch Schädigung serotonerger Strukturen wie des Nucleus cervicalis abgeschwächt. Gleichzeitig zeigte sich, dass LI mit einer Erhöhung der serotonergen Aktivität in der Amygdala und im Striatum einhergeht (Molodtsova 2003).

In einer Arbeit von Shadach (2000) wurde gezeigt, dass sich typische und atypische Antipsychotika nicht nur in ihrer therapeutischen Wirksamkeit und in ihrem Nebenwirkungsprofil, sondern auch in ihrem Einfluss auf LI in unterschiedlichen Phasen eines LI-Versuchs unterscheiden. In einem aktuellen Überblick über neuere Ergebnisse zu den neuronalen Grundlagen von LI im tierexperimentellen Bereich wurden diese erweitert und deren Bedeutung für bisherige Theorien von LI ausführlich diskutiert (Moser et al. 2000).

### **2.3.5 CB und LI beim Menschen**

Die Untersuchung von CB und LI beim Menschen entstand ursprünglich aus dem Interesse heraus, die gefundenen Ergebnisse und daraus entwickelten lerntheoretischen Ansätze zur Aufmerksamkeitssteuerung auch auf den Menschen zu übertragen. LI-Effekte im Tierversuch wurden hauptsächlich durch Aufmerksamkeitsprozesse erklärt (Mackintosh 1975; Pearce und Hall 1980). Man wollte herausfinden, ob von den Paradigmen der tierexperimentellen Lernforschung Voraussagen über menschliche Reizverarbeitung und Aufmerksamkeitsprozesse abgeleitet werden konnten. Die in unzähligen Tierversuchen deutlichen und replizierbaren Ergebnisse (Miller und Matute 1996; Lubow 1989; Hall 1991) ließen sich beim Menschen jedoch nur mit einigen Schwierigkeiten und nur unter bestimmten Bedingungen erzielen.

Die Erfassung von LI-Effekten bei Erwachsenen gelang erst mit Einführung der so genannten *Maskierungsaufgabe*. Diese erfüllt den Zweck, dass die Aufmerksamkeit der Versuchsperson während der Vorpräsentationsphase nicht auf den später relevant werdenden Reiz gerichtet ist (Spence 1966). Durch die Maskierungsaufgabe wird die Informationsmenge und damit der Schwierigkeitsgrad einer Testaufgabe erhöht; dies verdeutlicht deren Bedeutung für die Demonstrierung von LI. Ein LI-Effekt kann - ebenso wie ein CB-Effekt - nur bei ausreichend schwieriger Testaufgabe demonstriert werden. Wenn einem Erwachsenen im Rahmen eines LI-Versuchs wiederholt ein Reiz präsentiert wird, ohne dass er eine Maskierungsaufgabe zu erfüllen hat, so ist er - anders als ein Kind oder ein Tier - in der Lage, dessen spätere Bedeutsamkeit im Verlauf des Experiments im voraus zu erahnen, die Aufmerksamkeit auf den Reiz wird erhöht und das spätere Lernen wird sogar eher erleichtert. Tatsächlich wurden solche Effekte beobachtet (Ginton et al. 1975). Die Konditionierungsarten, die in menschlicher LI-Forschung zum Einsatz kamen, umfassten unter anderem konditionierten Lidschluss (Schnur und Ksir 1969), konditionierten elektrischen Hautwiderstand (Lipp und Vaitl 1992), konditionierte Geschmacksaversion und vor allem die instrumentelle Konditionierung in verschiedenen *learning-to-criterion* Experimenten. Letztere arbeiteten sowohl mit auditorischen (Baruch, Hemsley und Gray 1988a; Gray, Hemsley und Gray 1992) als auch mit visuellen Stimuli (De la Casa, Ruiz und Lubow 1993b; Lubow 1992).

Viele LI-Experimente wiesen jedoch einige kritische Aspekte auf. Lubow (1997) fasste die konzeptuellen Schwierigkeiten der durchgeführten LI-Experimente zusammen. Diese bestanden unter anderem in aufgetretenen Decken-Effekten und in dichotomen abhängigen Variablen. Weiterhin bestand vor allem die Wahrscheinlichkeit einer Missinterpretation von Effekten, wenn eine einfache Konditionierung durchgeführt wurde, und Unterschiede zwischen zwei Versuchsgruppen - der PE- und der NPE- Gruppe – als LI-Effekt interpretiert wurden. Dieser letzte methodische Aspekt macht den Vorteil der Verwendung einer differentiellen gegenüber der weit verbreiteten einfachen Konditionierung deutlich. Die einfache Konditionierung produziert im Versuch zwar oft deutlichere Effekte, ist

hinsichtlich der Zuweisung dieser Effekte jedoch problematisch. Die differentielle Konditionierung ermöglicht weiterhin die Beobachtung von LI-Effekten auch bei sehr kleinen Versuchsgruppen, was gerade bei der Arbeit mit Patienten von praktischer Relevanz ist.

Zur Umgehung der oben genannten Schwierigkeiten entwickelten Lubow und Kaplan (1997) ein Design der differentiellen Konditionierung, welches der Beantwortung verschiedener Fragestellungen zur Entstehung und Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit dienen sollte. Im Versuch wurden den Probanden verschiedene visuelle Stimuli in Form von einfachen Figuren präsentiert. In einer Aufgabe zur visuellen Suche sollte von der Versuchsperson unter 19 verschiedenen homogenen Figuren jeweils eine bestimmte Figur (Zielreiz) gesucht und via Tastendruck das Urteil „Anwesenheit / Abwesenheit des Zielreizes“ gefällt werden. Wie in anderen LI-Experimenten besteht der Versuch aus einer Vorpräsentationsphase mit Maskierungsaufgabe und einer anschließenden Testphase. Durch die gezielte Variation der Präsentation von Zielreizen und Distraktoren wurden für jeden in der Testphase präsentierten Reiz genau definierte Bedingungen geschaffen, welche die bis zur Testphase mit diesem Reiz gemachten Erfahrungen betrafen. Von Interesse für das LI-Paradigma sind die beiden Versuchsbedingungen, welche die PE-Gruppe und die NPE-Gruppe des normalerweise verwendeten, typischen LI Experiments beim Menschen repräsentieren.

In der Vorpräsentationsphase der PE-Bedingung sind die Reize der Maskierungsaufgabe die Zielreize T (*target*), und die momentan irrelevanten, aber später relevant werdenden Reize sind die Distraktoren D. In der Testphase ist es genau umgekehrt; die vormals als irrelevant präsentierten Reize sind nun relevante Zielreize, und die ehemaligen Zielreize sind nun Distraktoren. Reizbedingungen (PE) für die Probanden in der Testphase:  $D \rightarrow T : T \rightarrow D$

Für die „NPE -Bedingung“ gilt, dass in der Testphase eine Reaktion auf einen neuen Zielreiz (N) gelernt werden muss. Die ehemaligen Zielreize werden auch hier zu Distraktoren D.

Reizbedingungen (NPE) für die Probanden in der Testphase:  $N : T \rightarrow D$

Nach diesem Schema aufgebaute Versuche konnten signifikante LI-Effekte demonstrieren (Lubow und Kaplan 1997). Das verwendete Design wurde in modifizierten Versionen häufig als LI-Paradigma verwendet. Am ehesten haben sich dabei Versuche etabliert, die die visuelle Suche als abhängige Variable verwendeten (Lubow et al. 1998, 2000).

Im Vergleich zum etablierten Paradigma der Latenten Inhibition sind zur Konditionierten Hemmung bisher deutlich weniger Versuche im Humanbereich durchgeführt worden. Erste Versuche zu CB beim Menschen führten Dickinson, Shanks und Evenden (1984) durch. Sie untersuchten die menschliche Kategorisierung von Kausalzusammenhängen als Analoga zu tierischen Lernprozessen und setzten vorausgehende Ereignisse beim menschlichen Assoziationslernen dem CS und nachfolgende Ereignisse dem US beim Tierversuch gleich. Dieser theoretische Analogieschluss lag auch nachfolgenden Untersuchungen zugrunde (Chapmann und Robbins 1990; Shanks 1985). Problematisch an solchen Untersuchungen war jedoch die Verwendung von verbalen Reaktionen als abhängige Variable. Im Gegensatz zur ursprünglich von Annau und Kamin verwendeten Prozedur der konditionierten Unterdrückung *nichtverbaler* Verhaltens (CER), wurde in den meisten Versuchen über menschliches Lernverhalten eine *verbale* Reaktion als zu unterdrückendes Verhalten untersucht. Der Einsatz verbaler Reaktionen als abhängige Variable bringt jedoch einige Probleme mit sich, da einige Autoren voneinander unabhängige Lernsysteme bei der Entwicklung verbaler und nichtverbaler Reaktionen in Betracht ziehen. Diese Frage wird kontrovers diskutiert (Shanks und St. John 1994), jedoch wurden die Schwierigkeiten bei der Demonstration von CB unter Verwendung nichtverbaler Reaktionsmodalitäten oft als Unterstützung für diese Idee von verschiedenen existierenden Lernsystemen beim Menschen interpretiert (Vila 1996). Um dieses Problem zu umgehen und eine größere konzeptionelle Annäherung an die tierexperimentellen Versuche zu erreichen, wurden in CB-Versuchen nichtverbale Reaktionen als abhängige Variable verwendet. Man untersuchte CB innerhalb der Konditionierung physiologischer Prozesse, z. B. der elektrodermalen Hautreaktion

(Davey und Singh 1988; Lovibond, Siddle und Bond 1988), oder des Lidschlagreflexes (Martin und Levey 1991). Martin und Levey berichteten von einem CB-Effekt bei Durchführung einer differentiellen Konditionierung, nicht jedoch bei einfacher Konditionierung.

Ein Problem bestand darin, dass die Versuchsmethoden, die im Tierversuch zu stabilen CB- Effekten führen, im Humanbereich aus nachvollziehbaren Gründen nicht angewendet werden konnten. Zu dem im Tierversuch üblicherweise eingesetzten, sehr wirkungsvollen US (Elektrostimulation) galt es eine möglichst gleichwertige Alternative zu finden. Versuche in dieser Richtung wurden unter der Prämisse durchgeführt, dass die Versuchspersonen die Intensität der Elektrostimulation selbst bestimmen konnten. Dies führte jedoch dazu, dass der Reiz in seiner Effektivität als wirksamer US gemindert wurde (Arcediano, Ortega und Matute 1996).

Einige Autoren sahen die Schwierigkeiten beim Nachweis von CB in den verwendeten Konditionierungsparadigmen begründet. Sie wiesen darauf hin, dass die Verwendung von physiologischen Messmethoden sehr viel größere technische Probleme und Einflussvariablen mit sich bringen als die in Tierversuchen zur Anwendung kommenden Verhaltensmessungen. Ein von Arcediano et al. (1996) entwickeltes Design sollte eine möglichst große Annäherung an das Tierversuchsmodell der konditionierten Suppression (CER) bieten. Verwendet wurde ein visueller US. Dieser löste die unkonditionierte Unterdrückung nicht durch Angst aus, wie es beim tierexperimentellen Modell durch den Einsatz von Elektrostimulation (Schock) der Fall ist. Er erlangte die Fähigkeit zur Unterdrückung des Verhaltens durch verbale Instruktion. In einer modifizierten Version dieses Modells (s. Kapitel 3) demonstrierten sie CB erfolgreich (Arcediano, Matute und Miller 1997).

Bisher hat sich jedoch noch keines der entwickelten Versuchsdesigns zu CB im Humanbereich fest etabliert.

Die Parallelen zwischen tierischer und menschlicher Informationsverarbeitung sind trotz der Schwierigkeiten, die bei den Versuchen, CB und LI beim Menschen reliabel zu demonstrieren aufgetreten sind, offensichtlich. Die bisher gefundenen Ergebnisse weisen darauf hin, dass menschlichem und tierischem Lernverhalten gemeinsame

Prozesse zugrunde liegen. Die erläuterten Probleme sind daher eher methodischer denn fundamentaler Natur und geben Anlass dazu, erweiterte und verbesserte Untersuchungen anzustreben, um die Erzeugung selektiver Aufmerksamkeit beim Menschen und ihre Einflussvariablen noch genauer spezifizieren zu können.

### 3 Zielsetzung und Hypothesen

#### 3.1 Ziele der Arbeit

Versuche zum Paradigma erlernter Unaufmerksamkeit beim Menschen wurden bisher mit gesunden Probanden, aber vor allem auch - im Rahmen der Erforschung von Aufmerksamkeitsstörungen als zentraler Aspekt für die Entstehung psychopathologischer Symptomkomplexe – mit psychiatrisch erkrankten Patienten durchgeführt. Es zeigte sich, dass CB und LI bei Patienten mit der Diagnose einer Schizophrenie (Baruch, Hemsley und Gray, 1988a; Gray, Hemsley und Gray 1992; Lubow, Weiner, Schlossberg und Baruch 1987), eines Morbus Parkinson (Lubow 1997), bei Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Störungen (Oades und Müller 1997) und bei obsessiv-kompulsiven Störungen (Oades, Roepke und Schepker 1996) deutlich vermindert oder aufgehoben sind. Die Vielfalt der dabei verwendeten Konditionierungsparadigmen ist groß; viele der Untersucher setzten jedoch instrumentelle Konditionierungsparadigmen ein. Die Verzögerungs- und Blockierungseffekte wurden dabei also anhand der Zahl der Versuche gemessen, die benötigt werden, die *Bedeutsamkeit* eines Reizes zu erlernen (*trial-to-criterion*).

In einem CB-Versuch von Oades et. al (1996) beispielsweise musste von der Versuchsperson erlernt werden, verschiedene Farbsignale als Hinweisreize auf ein zu entdeckendes, angestrebtes Ziel zu interpretieren. Beim „mouse in the house“ - Spiel geht es darum, einen Bildschirmcursor – auf dem Bildschirm als kleine Maus dargestellt – innerhalb eines eingezeichneten „Houses“ von einem vorgegebenen Startpunkt aus so schnell wie möglich an einen von zwei möglichen „sicheren Plätzen“ zu bewegen. Das Bewegen der Maus erfolgt durch einen Joystick, wie er bei verschiedenen Computerspielen Verwendung findet. Welcher der zwei Plätze im jeweiligen Durchlauf der „sichere“ ist, wird dem Probanden von verschiedenen Lichtern angezeigt. Durch gezielten Einsatz und Abänderung der Farbsignale wird dabei ein CB-Effekt induziert, der anhand der Latenzzeit gemessen wird, die benötigt wird, den sicheren Platz herauszufinden und die Maus dorthin zu bewegen. Die



Motivation der Versuchsperson wird durch die Vergabe von Minus- und Pluspunkten, abhängig von der benötigten Zeit, gesichert.

In einem weiteren *trial-to-criterion*-Design von Arcediano et al. (1997) wird CB mit Hilfe eines Computerspiels innerhalb eines CER-Paradigmas gemessen. Die instrumentelle Konditionierung besteht darin, „Marsmenschen“, die als kleine Gesichtssymbole auf dem Computerdisplay erscheinen, durch Drücken der Leertaste (CR) „abzuschießen“ und so von der Landung auf der Erde abzuhalten. Dann folgt die klassische Konditionierung. Die Versuchspersonen müssen nun darauf achten, ob ein Marsmensch ein „Schutzschild“ besitzt. Das Vorhandensein eines solchen Schildes wird durch die weiß blinkende Bildschirmoberfläche (US) signalisiert. In diesem Fall darf unter keinen Umständen geschossen werden. Das Auftreten des Schutzschildes kann verhindert werden, indem man Hinweisreize (CS), die nach festgelegtem Schema zueinander und zum US in Beziehung stehen, richtig interpretiert. Die CS sind farbige Hintergründe oder Töne verschiedener Frequenz.

Diese beiden Versuchsmodelle erwiesen sich als geeignet, CB zu messen. Der Versuchsaufbau ist jedoch in beiden Fällen sehr komplex; der Versuch von Oades et al. war zudem auf eine Durchführung über zwei Tage ausgerichtet.

Eine sinnvolle strukturelle Vereinfachung des Versuchsdesigns war daher das Ziel von Jones et al. (1997). Sie erfassten CB mit Hilfe von einfachen visuellen Stimuli (farbige Quadrate), deren Vorhersagewert innerhalb einer Reaktionszeitaufgabe erlernt werden musste. Der Versuch war für die Durchführung mit schizophrenen Patienten entwickelt worden und wies eine ausreichend einfache Aufgabenstruktur auf. Leider wurde dieser Versuch mit einer einfachen Konditionierung durchgeführt. In einem späteren Beitrag wurde ein Design mit differentieller Konditionierung vorgestellt, das durch seinen Aufbau eine Basis für die bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse in LI- und CB-Versuchen bieten sollte. Hierzu wurde ein zur CB-Erzeugung bewährtes, aber wiederum sehr komplexes Konditionierungsparadigma zur Kategorisierung von Kausalzusammenhängen (Schätzungen zur Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Reizes) gewählt.

Trotz des erfolgreichen Nachweises beider Paradigmen in verschiedenen Versuchsanordnungen bleibt die Frage nach einer effektiven und breiten Verwendbarkeit dieser Designs bestehen. Ein hoher Schwierigkeitsgrad von Aufgabenstellung und Reaktionsmodalitäten, die der Versuchsperson komplexe kognitive und gezielte motorische Leistungen abverlangen, stellt für Patienten mit der Diagnose einer Schizophrenie, die in kognitiven und motorischen Bereichen starke Einschränkungen erfahren (Sobizak et al. 1999) meist eine zu hohe Anforderung dar. Dies trifft sowohl für unbehandelte Patienten als auch für Patienten unter medikamentöser Behandlung, zum Beispiel durch extrapyramidalmotorische Nebenwirkungen unter Antipsychotikatherapie (Möller 1993), zu. Es scheint also sinnvoll, den Schwierigkeitsgrad von Untersuchungen kognitiver Funktionsbereiche an die meist verminderte Leistungsfähigkeit und Motivationslage der untersuchten Patienten anzupassen. Es kann nicht Sinn einer psychologisch-diagnostischen Untersuchung sein, dem Patienten kognitive und motorische Höchstleistungen abzuverlangen. Der motivationale Aspekt (Negativ-Symptomatik) spielt hier eine große Rolle und sollte nicht durch Überforderung der Patienten noch verstärkt werden.

Trotz der vielen durchgeführten Untersuchungen zu CB und LI ist noch nie der Versuch unternommen worden, beide Paradigmen in einem Versuchsdesign zu vereinen. Dies ist in Anbetracht des großen wissenschaftlichen Interesses an beiden Paradigmen und der im Humanbereich bestehenden Parallelen erstaunlich. Eine Kombination von CB und LI innerhalb eines Versuchsdesigns trüge zur Vergleichbarkeit und Abgrenzung beider Paradigmen voneinander bei (Jones et al. 1997). Zudem wäre die Verfügbarkeit eines kombinierten CB / LI-Tests vor allem im Hinblick auf die Effizienz diagnostischer Untersuchungen an Patienten im Rahmen einer stationären, und auch einer ambulanten Therapie sinnvoll. Weder akut noch chronisch erkrankte Patienten sollten unnötigen Belastungen durch langwierige und anstrengende Funktionstests ausgesetzt werden.

Auch der Einsatz von CB und LI zu diagnostischen Zwecken im Rahmen von Ableitungen Ereigniskorrelierter Potentiale oder der funktionellen Bildgebung (z. B.

MMN = Mismatch Negativity, MRT = Magnetresonanztomographie) in denen technische Erfordernisse und Gegebenheiten kaum Raum lassen für die Problematik aufwendiger und komplizierter neuropsychologischer Tests macht es wünschenswert, Designs zu entwickeln, die eine einfache und schnelle Durchführbarkeit ermöglichen. In der vorliegenden Arbeit soll deshalb der Versuch gemacht werden, ein Design zu finden, welches die Erfassung von LI und CB innerhalb *einer* Untersuchung ermöglicht und gleichzeitig den oben erwähnten Anforderungen gerecht wird. Dieses Versuchsdesign soll im Vergleich zu vorangegangenen Versuchen sehr stark vereinfacht sein, ohne dass der Anspruch auf gezielte und stabile Erfassung von CB und LI eingebüsst wird.

Die Bemühung um eine größtmögliche Vereinfachung der Aufgabenstellung wirft die Frage auf, wie hoch der Schwierigkeitsgrad der Testaufgabe idealerweise sein sollte. Ist er zu niedrig oder zu hoch, finden die Lernprozesse möglicherweise zu schnell oder gar nicht statt (*Decken-* und *Boden-Effekte*), und die gewünschten Effekte sind nicht darstellbar (vgl. Lubow 1997). Der Schwierigkeitsgrad einer Testaufgabe wird bestimmt von den speziellen Anforderungen an die kognitive Leistung, die Ausdauer und das Reaktionsvermögen der Versuchsperson. Die erste Vereinfachung des Designs besteht darin, dass die Versuchsperson nicht im Laufe mehrerer Lerndurchgänge erfassen muss, *welcher* Reiz momentan relevant ist und wie sich die Relevanz der Reize ändert (*trial-to-criterion*). Stattdessen wird sie über die Relevanz der Reize vor jedem Testdurchgang informiert. Da die visuelle Suche eine sehr gut geeignete Testaufgabe für ein Versuchsdesign zum Paradigma der erlernten Unaufmerksamkeit darstellt (Lubow 1997), findet sie im vorgestellten Versuch Verwendung. Bei einer Versuchsaufgabe, die sich aus visueller Reizverarbeitung und deren Umsetzung in eine motorische Antwortreaktion zusammensetzt, stellt sich weiterhin die Frage nach a) der mindestens notwendigen und höchstens verarbeitbaren Menge an visueller Reizinformation, und b) einer Reaktionsmodalität, welche die Anforderungen von Einfachheit und gleichzeitig exakter Messgenauigkeit miteinander verbindet. Durch Verwendung eines größtmöglichen Spektrums an Reizkomplexitäten wird versucht, das Maß an zu

verarbeitender Informationsmenge zu finden, bei dem sich die Effekte von CB und LI am deutlichsten erfassen lassen. Die Vereinfachung der Reaktionsmodalität in Kombination mit Messgenauigkeit wird durch die Anwendung einer Tastendruckreaktion auf einer einfachen PC-Maus realisiert.

Das Ziel des Versuchs, die Anforderungen an die Versuchsperson so stark wie möglich zu vereinfachen, wird durch die Anwendung einfacher Aufgabenstellungen und Reaktionsmodalitäten realisiert. Der Test besteht aus einer Wiedererkennungsaufgabe im Rahmen einer einfachen visuellen Suchaufgabe, die mit Hilfe eines Computerbildschirms präsentiert wird. Die Versuchsperson wird also mit vertrauten oder sehr schnell zu erlernenden Anforderungen konfrontiert. Durch die Präsentation weniger einfacher oder vertrauter Stimuli stellt die Aufgabe weder zu hohe Anforderungen an die Konzentrationsfähigkeit der Versuchsperson, noch setzt sie besondere kognitive oder motorische Reaktionsleistungen voraus. Im vorgestellten Versuchsmodell wird CB *nicht* in einem CER-Paradigma gemessen. CB wird, ebenso wie LI, nicht als Hemmung eines zuvor konditionierten Verhaltens, sondern als direkte Verzögerung der Konditionierung einer motorischen Reaktion (Mausklick) auf einen Reiz erfasst. Das Versuchsdesign soll durch die Kombination aus den aufeinander folgenden Versuchsbedingungen „Vorpräsentierung des später relevant werdenden CS“ und „vorausgehende Konditionierung eines anderen Reizes CS“ die Möglichkeit bieten, sowohl LI als auch CB in einem Versuch zu messen. Die Autoren sehen im Versuchsaufbau eine rein instrumentelle Vorgehensweise, da keine klassische Konditionierung im Sinne einer CS-US oder CR-US Assoziation stattfindet; die relevanten CS erhalten ihre Reizauslösende Funktion durch verbale Instruktion durch den Versuchsleiter.

## 3.2 Hypothesen

### 3.3.1 Hypothese 1

Hinsichtlich der Reaktionszeiten:

- I) Initiale Reaktionszeit ZR2, Testphase 1 > Reaktionszeit ZR1, Vorphase
- II) Initiale Reaktionszeit ZR3, Testphase 2 > Reaktionszeit ZR1, Vorphase

In jeder Testphase werden die Reaktionszeiten der Probanden auf die jeweiligen Zielreize erfasst. Es wird von einer Abnahme der Reaktionszeiten im Verlauf jeder Versuchsphase ausgegangen (Lerneffekt). Für die Reaktion auf den in der Vorphase vorpräsentierten ZR2 in Testphase 1 (LI-Bedingung) wird eine gegenüber der Reaktion auf ZR1 in der Vorphase initial verlängerte Reaktionszeit vorausgesagt (LI-Effekt). Auch für ZR3 in Testphase 2 wird eine gegenüber der Reaktion auf ZR1 in der Vorphase initial verlängerte Reaktionszeit vorausgesagt (CB).

### 3.3.2 Hypothese 2

Hinsichtlich der Abhängigkeit der Blockierungs- und Inhibitionseffekte vom Komplexitätsgrad der visuellen Reize:

I) Geringer Komplexitätsgrad

Reaktionszeit ZR2, Testphase 1 > Reaktionszeit ZR1, Vorphase

Reaktionszeit ZR3, Testphase 2  $\geq$  Reaktionszeit ZR1, Vorphase

II) Hoher Komplexitätsgrad

Reaktionszeit ZR2, Testphase 1  $\geq$  Reaktionszeit ZR1, Vorphase

Reaktionszeit ZR3, Testphase 2 > Reaktionszeit ZR1, Vorphase

Analog zu Hypothese 1 wird für Kategorien komplexer visueller Reize (Symbole, Gesichter) für ZR3 in Testphase 2 eine gegenüber der Reaktion auf ZR1 in der Vorphase initial verlängerte Reaktionszeit vorausgesagt (CB). Eine Verlängerung der

initialen Reaktionszeit auf ZR2 in der ersten Testphase (LI) wird sich eventuell nicht erfassen lassen. Der CB-Effekt lässt sich im Vergleich zum LI- Effekt eher in Kategorien komplexer Reize messen.

### **3.3.3 Erläuterung**

Die Autorin geht davon aus, dass sich die Effekte in Abhängigkeit von der Reizkomplexität darstellen lassen und CB- und LI-Effekte durch die Änderung dieses Parameters unterschiedlich beeinflusst werden. Bei der Konditionierung einfacher Reize (z. B. farbig ausgefüllte Kreise) wird eine initiale Reaktionszeiterhöhung (LI-Effekt) für den vorpräsentierten Reiz vorausgesagt. Diese resultiert aus der in der Vorphase erlernten verminderten Aufmerksamkeit auf den Reiz und aus seiner daraus folgenden verminderten Assoziierbarkeit. Da die Unterscheidung von Reizen anhand eines einzigen Reizmerkmals, wie z. B. der Farbe, ein Prozess ist, der innerhalb der parallelen, automatischen Reizverarbeitung stattfindet (z. B. Shiffrin und Schneider 1977), werden die Kapazitäten des Informationsverarbeitungssystems durch diese Aufgabe nicht überlastet. Auch bei der gleichzeitigen Präsentation mehrerer Reize ist dies nicht der Fall, da die automatische Reizverarbeitung von der Anzahl der präsentierten Reize unabhängig ist. Die für den LI-Effekt verantwortliche Assoziation „Reiz-keine Konsequenz“ kann bei einfachen visuellen Stimuli in der Vorphase für den irrelevanten Reiz also etabliert werden. Die Etablierung dieser Assoziation wird dann erfassbar, wenn sie die Ausbildung einer neuen Assoziation hemmt. Dies ist der Fall, wenn in der folgenden Testphase (Testphase 1) einer der zuvor irrelevanten Reize plötzlich als relevanter Zielreiz erlernt werden soll. Die Konditionierung des Reizes wird erschwert und der Effekt der zuvor erlernten, verminderten Aufmerksamkeit wird anhand anfänglich erhöhter Reaktionszeiten auf diesen Reiz messbar.

Mit Zunahme des Komplexitätsgrades der präsentierten Reize ist jedoch anzunehmen, dass andere zentralnervöse Informationsverarbeitungsmechanismen aktiviert werden. Die Verarbeitung und Identifizierung von Reizen, die sich nicht nur in einer Dimension unterscheiden, wie etwa nur in ihrer Farbe, Form oder Intensität,

sondern in mehreren Merkmalen *gleichzeitig*, erfordert Aufmerksamkeit (Treisman und Gelade 1980). Die Entdeckung und Unterscheidung solcher mehrdimensionaler Reizmerkmale findet dann im Rahmen einer seriellen Verarbeitung statt (Merkmalsintegrationstheorie). Da diese Prozesse kontrollierte Aufmerksamkeit beanspruchen, unterliegen sie den Beschränkungen der Verarbeitungskapazitäten und sind nicht auf beliebig viele Reize anwendbar, sondern von der Höhe der Reizanzahl abhängig.

Die Anzahl von sieben und mehr gleichzeitig zu verarbeitenden Reizen lastet die Verarbeitungskapazitäten bei der Unterscheidung anhand von nur einer Reizdimension (z. B. Farbe) nicht vollständig aus. Bei der Unterscheidungen sehr komplexer Reize, die anhand mehrerer Reizdimensionen vorgenommen werden muss, sind die Ressourcen des kontrollierten Verarbeitungssystems jedoch bald erschöpft. Es findet eine serielle Verarbeitung statt, die Reaktionszeiten verlängern sich mit jedem hinzukommenden Reiz um ca. 50 ms (Treisman 1991).

Dies bedeutet, dass die Entscheidung über die Irrelevanz der einzelnen in der Vorphase präsentierten Reize anhand eines übergeordneten Konzeptes stattfinden muss. Die kontrollierte Aufmerksamkeit wird ganz durch die Suche nach dem einen relevanten Reiz beansprucht. Dies heißt, dass für die Selektion der übrigen Reize als Kriterium nur das Urteil „nicht-Zielreiz“ maßgebend sein kann, ohne dass die Reize im einzelnen Eingang in eine „Reiz-keine Konsequenz“-Assoziation finden. Die Bewertung „nicht-Zielreiz“ wiederum kann kapazitätssparend gefällt werden, indem die Suche des Zielreizes individuell auf ein einziges, besonders auffälliges Merkmal dieses Reizes reduziert wird, anhand dessen Fehlen ein anderer Reiz sofort als irrelevant bewertet und die Suche fortgeführt werden kann.

Da bei dieser Art der Merkmalsverarbeitung keiner der in der Vorphase präsentierten, irrelevanten Reize in die Assoziation „Reiz-keine Konsequenz“ eintritt, wird eine darauf folgende Konditionierung einer dieser Reize auch nicht durch eine solche Assoziation beeinträchtigt oder gehemmt werden. Das heißt, der LI-Effekt wird bei der Kombination von a) einer hohen Anzahl gleichzeitig zu verarbeitender Reize mit b) einer zusätzlich großen Komplexität der Einzelreize, nicht wirksam.

Mit der Abnahme des LI-Effekts bei zunehmender Reizkomplexität kommt es zu einer Bedeutungszunahme des CB-Effekts bei der Konditionierung komplexer Reize im Vergleich zur Konditionierung der einfachen, sich nur in einer Dimension unterscheidenden Reize.

Die Zunahme des CB-Effektes liegt darin begründet, dass bei einer hohen Menge an Reizinformation die beiden zu konditionierenden Reize CS1 und CS2 innerhalb der beschränkten Informationskapazität um die assoziative Verknüpfung mit dem US / der zu erlernenden Reaktion in starke Konkurrenz treten. Die Informationsverarbeitung findet innerhalb des übergeordneten Selektionsmechanismus statt, der alle anderen Reize außer dem bereits erlernten und damit salienten Reiz übergreifend ausselektiert. In diesem Rahmen ist es schwer für den neuen Reiz CS2, eine Aufmerksamkeitsreaktion auszulösen und damit assoziationsfähig zu werden. Unter der Notwendigkeit, die Informationsverarbeitung zu ökonomisieren, können nur besonders auffällige Reize oder solche, die im Vorteil sind, -wie es beim bereits konditionierten CS1 der Fall ist-, in die Assoziation eintreten.

Im Falle der parallelen Reizverarbeitung einfacher Reize, die ausreichende Ressourcen hat, jeden Reiz auf seine Relevanz zu prüfen und die Konkurrenz um Aufmerksamkeit gering ist, kann auch ein zusätzlicher Reiz CS2 in die Assoziation eintreten, sobald er mit dem US bewusst verknüpft werden kann.

Aus den ausgeführten Hypothesen ergeben sich für die Ergebnisse des Versuchs folgende Voraussagen. Im Verlauf der einzelnen Testphasen sollte sich eine Verminderung der Reaktionszeiten im Sinne einer Lernkurve ergeben, was sich in der Datenanalyse durch einen signifikanten Wert für den Faktor Messzeitpunkt darstellt. Zusätzlich wird eine initiale Erhöhung der Reaktionszeiten auf diejenigen Reize vorausgesagt, die im Versuch unter LI- oder CB-Bedingungen konditioniert werden. Diese Reize sind in der ersten Testphase ZR2 (LI-Effekt), und in der zweiten Testphase ZR3 (CB-Effekt). Beide Effekte sollten sich definitionsgemäß dadurch darstellen, dass sich die geschaffenen Konditionierungsbedingungen - also entweder die konsequenzlose Vorpräsentierung oder die zeitlich vorausgehende



Konditionierung eines anderen Reizes CS1 - auf den Verlauf der Reaktionszeiten auf diesen Reiz im Sinne einer initialen Erhöhung signifikant auswirken. Statistisch soll dies an einem Haupteffekt für den Faktor Konditionierungsbedingung und einer signifikanten Wechselwirkung der Faktoren Konditionierungsbedingung und Messzeitpunkt deutlich werden. Weiterhin wird hypostasiert, dass der LI-Effekt eher bei den Reizkategorien niedriger Komplexität (Kreise, Zahlen) zu messen sein wird als bei den Reizkategorien hoher Komplexität (Symbole, Gesichter). Bei der Verarbeitung großer Mengen von Reizinformation werden im Gegensatz zur Verarbeitung eher weniger komplexer Informationsmengen andere Verarbeitungsmechanismen wirksam.

Mechanismen der Informationsverarbeitung werden unter anderem durch Paradigmen der Aufmerksamkeitssteuerung wie CB und LI darstellbar. Daher sollten Variationen des Faktors Informationsmenge sich auf Phänomene wie LI und CB messbar auswirken. Diese Voraussagen werden von Ergebnissen aus Untersuchungen unterstützt, die eine aus der CAT (Lubow 1989) abgeleitete Annahme überprüfen sollten. Diese Annahme postulierte, dass der LI-Effekt durch eine schwierige Versuchsaufgabe, das heißt eine große Menge an einströmender Information (*high load*) während der Vorpräsentation des Reizes, vermindert wird. Dies erklärt sich dadurch, dass eine schwierige Aufgabe mit großer Informationsmenge die zur Verfügung stehenden Ressourcen gerichteter Aufmerksamkeit vollständig erschöpft und somit *jegliche* Verarbeitung des gleichzeitig präsentierten Reizes verhindert. Damit wird in der Vorphase auch die Assoziation „Reiz-keine Konsequenz“ verhindert und ein LI-Effekt kann nicht auftreten (Braunstein-Berkovitz und Lubow 1998).

## **4 Methode**

### **4.1 Stichprobe**

Es wurden 30 freiwillige Probanden (16 weiblich, 14 männlich) untersucht. Das Durchschnittsalter lag bei 26,1 Jahren (range 21-36 Jahre). Es wurden nur gesunde Probanden untersucht, d.h. Ausschlusskriterien für die Teilnahme am Experiment waren akute oder in der Vorgeschichte bekannte neurologisch-psychiatrische Erkrankungen, des weiteren war eine Rot / Grün–Schwäche Ausschlusskriterium. Bei einer vorhandenen Sehschwäche wurden die Probanden aufgefordert, während des Tests ihre Sehhilfe zu tragen. Da die Händigkeit der Versuchsperson bei Versuchen mit Reaktionszeitmessungen eine erhebliche Rolle spielt, wurde sie erfragt (Edinburgh Händigkeitsinventar, Oldfield 1971, Fragen 1-10) und entsprechend berücksichtigt (Ausführen der Reaktionen mit der bevorzugten Hand). Ausführliche Informationen über den bevorstehenden Test hatten die Probanden über ein Informationsblatt erhalten. Alter, Geschlecht, Visus, aktuelle Medikamenteneinnahme und Händigkeit der Probanden (Edinburgh Händigkeitsinventar, Oldfield 1971) wurden dokumentiert.

### **4.2 Reizmaterial**

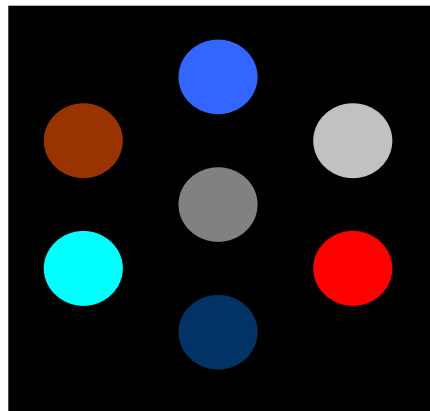
Im vorgestellten Versuch wurden ausschließlich visuelle Reize verwendet, die nach ihrem Informationsgehalt zu vier Komplexitätsgraden zugeordnet wurden. Es wurden für den ersten Komplexitätsgrad farbig ausgefüllte Kreise, für den zweiten Grad zweistellige Zahlen, für den dritten Grad Symbole und für den vierten Grad Gesichter als Reizmaterial gewählt (zur Einteilung und Zuordnung der Komplexitätskategorien siehe unten).

Für jede dieser Reizkomplexitätskategorien standen elf verschiedene Reize zur Verfügung, von denen jeweils drei als Zielreize (ZR) definiert wurden. Präsentiert wurden die Reize in Bildern, in denen jeweils sieben Reize vor schwarzem Hintergrund kreisförmig (Durchmesser ca.10 cm) angeordnet waren. Die Anzahl von Reizen, die innerhalb der Aufmerksamkeitsspanne überblickt werden können, beträgt

bei sehr kurzer Darbietungszeit und einfachen Punkten als Reizmaterial sieben (Miller 1956). Die Zielreize waren in den Bildern zu festgelegten Häufigkeiten enthalten. Ihre Position innerhalb der Kreisanordnung war zufällig.

#### 4.2.1 Erster Komplexitätsgrad

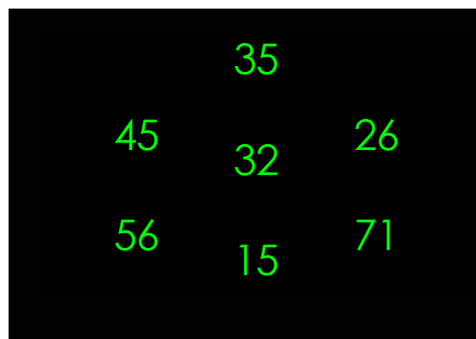
Für den ersten Grad wurden mit Hilfe des NEUROSCAN® STIM-Moduls Draw elf gleich große, farbige Kreise gewählt (Farben: dunkel- und hellblau, rosa, weiß, dunkel- und hellgrau, braun und türkis, rot, gelb und grün). (Abb.7).



**Abbildung 7:** Präsentationsbeispiel für den ersten Komplexitätsgrad. Zielreiz ist der rote Kreis.

#### 4.2.2 Zweiter Komplexitätsgrad

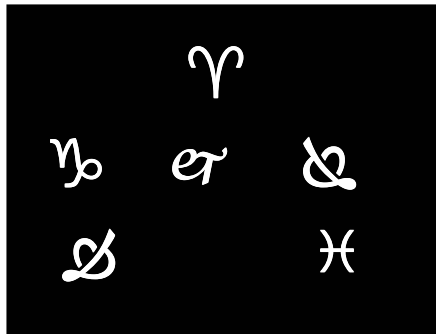
Dies waren zweistellige nach dem Zufallsprinzip ausgewählte, grüne Zahlen (Abb.8).



**Abbildung. 8:** Präsentationsbeispiel für den zweiten Komplexitätsgrad. Zielreiz ist die Zahl „45“.

### 4.2.3 Dritter Komplexitätsgrad

Hier wurden den Probanden Symbole präsentiert. Dies waren nicht solche Symbole, denen man im täglichen Leben begegnet (z. B. geläufige Piktogramme, Verkehrs- und Warnschilder etc.), sondern es sollten idealer Weise Symbole sein, die nicht sofort mit einer bestimmten Bedeutung zu verbinden sind, so dass nur ihre optische Form als Reiz wirksam ist. Die Symbole wurden dem Windows 98-Programmteil „Sonderzeichen, Wingdings“ entnommen. (Abb.9).



**Abbildung 9:** Präsentationsbeispiel für den dritten Komplexitätsgrad. Zielreiz ist das Symbol „b“.

### 4.2.4 Vierter Komplexitätsgrad

Für den vierten Grad wurden schwarz-weiße Portraitphotos von weiblichen Personen verwendet. Um einen stärkeren Kontrasteffekt zu bewirken, wurde jedes Gesicht mit einem weißen Rechteck unterlegt. Es handelte sich ausschließlich um Gesichter von Frauen. Durch die Beschränkung auf ein Geschlecht wurden extreme Unterscheidungsmerkmale, die durch geschlechtsspezifische Physiognomien bedingt sind (z. B. Kopfgröße, Bart) vermieden. Die Gesichter sollten möglichst keine emotionale Reaktion bei den Probanden auslösen; sie waren im Ausdruck freundlich-neutral. Die Gesichter wurden dem höchsten Komplexitätsgrad zugeordnet. Gesichter mit ihren vielen sehr kleinen individuellen Unterschieden sind schwer wieder zu erkennen. Der Durchmesser der einzelnen Reize betrug 2 cm, es ergab sich wie bei den anderen Kategorien ein Sehwinkel von 2,22° (Abb.10).



**Abbildung 10:** Präsentationsbeispiel für den vierten Komplexitätsgrad. Zielreiz ist das Gesicht oben links.

### 4.3 Angewendete Software

NEUROSCAN<sup>®</sup> STIM ist ein Systemstimulator für die Erfassung visuell und akustisch evozierter Potentiale. Dieses umfassende Programmsystem bietet die Möglichkeit, im Rahmen neuro- oder psychophysiologischer Fragestellungen unterschiedliche Versuchsanordnungen mit einer geeigneten Methode der Datenerfassung zu kombinieren und computergestützt durchzuführen.

Das verwendete GENTASK (*generalized task editor*) Programm steuert die Präsentation verschiedener visueller, auditorischer und motorischer Aufgabenstellungen. Die Präsentation der Aufgaben wurde unter Verwendung eines Konzept Serien PC (Intel Pentium Prozessor, 166 Mhz, 32 MB RAM) durchgeführt. Die Reizantwort der Versuchspersonen wird vom Programm über ein Tastenfeld (Maus) von dem System STIM erfasst.

### 4.4 Durchführung

Der Test besteht entsprechend den vier Komplexitätskategorien aus insgesamt vier Durchgängen. Jeder Durchgang hat drei Konditionierungsphasen (Vorphase, Testphase 1 und Testphase 2), in denen jeweils 40 Bilder in randomisierter

Reihenfolge präsentiert werden. Die Inter-Stimulus-Intervalle (ISI) wurden vorab auf 0,9 s festgelegt, die Reiz-Präsentationszeiten betragen 4,0 Sekunden. Sie blieben während des gesamten Versuchs konstant und waren an den für den höchsten Komplexitätsgrad festgelegten Zeiten orientiert.

#### Phase 1:

Auf das Entdecken *eines bestimmten Zielreizes* (ZR1) zwischen anderen Reizen soll per Mausklick so schnell wie möglich reagiert werden. Es werden 40 Bilder in randomisierter Reihenfolge präsentiert (Vorphase).

#### Phase 2:

Es soll *sowohl auf den ersten Zielreiz (ZR1) als auch auf einen zweiten Zielreiz (ZR2)* reagiert werden. Dieser zweite Reiz ist in der Vorphase präsentiert worden (LI-Bedingung), wird aber erst jetzt zum ZR2 (Testphase 1).

#### Phase 3:

In der dritten Phase kommt der vollständig neue, dritte Zielreiz (ZR3) hinzu. Es sollte *sowohl auf ZR2 als auch auf ZR3* reagiert werden (CR-Bedingung). ZR1 tritt in dieser Phase nicht mehr auf (Testphase 2).

Die Auftretenswahrscheinlichkeit der aktuellen und späteren Zielreize beträgt in jeder Phase 50%. Zielreize sind nach dem Zufallsprinzip im Bild verteilt, ebenso wurde die Reihenfolge der präsentierten Bilder für jede Phase eines Durchlaufs randomisiert.

In Durchgang 1 wurden die Reize des Komplexitätsgrades 1 verwendet, in Durchgang 2 die Reize des Grades 2 etc. Die Reihenfolge der Durchgänge wurde für jeden Probanden randomisiert ; so wirkten sich sowohl auftretende Übungeffekte als auch Ermüdungserscheinungen im Verlauf des Tests (wie Anstieg der Reaktionszeit oder der Fehlerrate), auf die jeweiligen Komplexitätsstufen gleichmäßig aus.

Jeder Durchgang wurde vor dem Start mit den Initialen des Probanden und mit seiner Zahl gekennzeichnet (z. B. XY 1 für den ersten Komplexitätsgrad), damit die

erfassten Daten anschließend dem jeweiligen Komplexitätsgrad zugeordnet und die Reaktionszeiten miteinander verglichen werden konnten. Auf diese Weise entstanden für jeden Probanden 4 Dateien. Jede Datei enthielt alle gemessenen Reaktionszeiten und Fehleranzahlen für einen Durchgang. Wir untersuchten die meisten Probanden am Nachmittag ( $n = 13$ ) und frühen Abend ( $n = 11$ ), und einige am Morgen und Vormittag ( $n = 6$ ).

Die Messungen fanden in einem Computerraum auf einem Bürostuhl in ca. 50 cm Entfernung vom Bildschirm des Computers statt. Zu Beginn der Versuchsreihe stand die erste Anweisung des durch Randomisierung ermittelten ersten Durchgangs auf dem Bildschirm. Beispiel für Durchgang 1, Kreise: *Im folgenden Durchgang soll so schnell wie möglich reagiert werden, wenn der rote Kreis erscheint.* Gleichzeitig wurde der Zielreiz auf dem Bildschirm präsentiert. Das nachfolgende Programm absolvierten die Probanden allein. Die Durchgänge dauerten jeweils 20 min. Nach jedem Durchgang gab es eine kurze Pause; die Probanden hatten Gelegenheit aufzustehen, sich zu erholen oder direkt mit dem nächsten Durchgang weiterzumachen.

#### **4.5 Statistische Auswertung**

Im Folgenden wird das Auswertungsschema beschrieben, mit dem die Daten aus den für die Fragestellung relevanten Versuchsphasen behandelt wurden.

Für die computergestützte Datenanalyse wurde das Windows-Programm SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Version 9.0) verwendet. Mit Hilfe dieses Statistik-Programms wurde mit den gewonnenen Daten eine multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholung (within-subject-MANOVA) gerechnet.

Die Reaktionszeiten wurden in der Vorphase und in den Testphasen 1 und 2 als abhängige Variable gemessen. Die Reaktionszeiten auf die jeweiligen Zielreize in den unterschiedlichen Testphasen wurden auf signifikante Unterschiede geprüft.

Für jede Kategorie wurde mit den abhängigen Variablen eine zweifaktorielle Varianzanalyse (Bedingung x Messzeitpunkt) mit Messwiederholung gerechnet. Ein Lerneffekt sollte sich in einem signifikanten Haupteffekt für den Faktor Messzeitpunkt

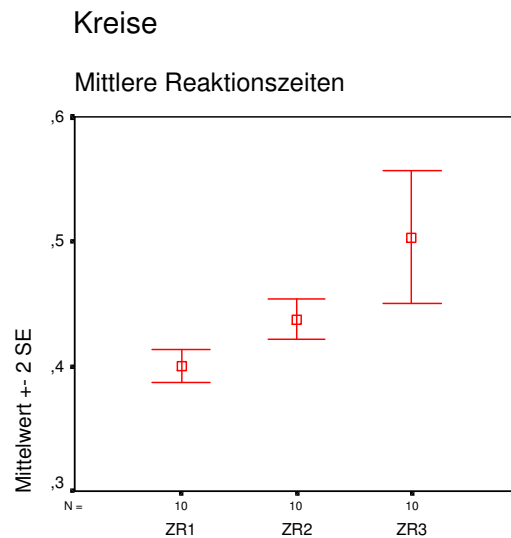
darstellen. Ergab sich eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren Konditionierungsbedingung (z. B. PE = Pre-Exposed = vorpräsentiert oder NPE = Non-Pre-Exposed) und Messzeitpunkt, wirkte sich also die Bedingung PE auf den Verlauf der Reaktionszeiten aus, wurden mit der deskriptiven Statistik die mittleren Reaktionszeiten pro Zielreiz und Darbietung dargestellt. Erwies sich die signifikante Wechselwirkung als initiale Reaktionszeiterhöhung auf den beobachteten LI / CB-Reiz, und wurde zusätzlich ein Haupteffekt für die Konditionierungsbedingung signifikant, so wurde dies als signifikanter LI-Effekt / CB-Effekt interpretiert. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < .05$  festgelegt. Nicht signifikante Wechselwirkungen ( $p > .10$ ) werden im Text des Ergebnisteils nicht aufgeführt. Bezeichnungen wie „tendenziell“ oder „Trend“ beziehen sich auf Signifikanzen, deren Wert  $p = .05 - .10$  entspricht.



## 5 Ergebnisse

### 5.1 Kategorie Kreise

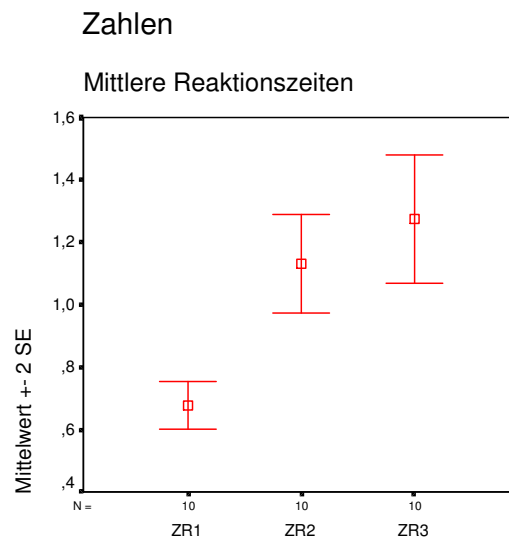
In der Kategorie Kreise zeigten sich Unterschiede zwischen den Reaktionszeiten auf die unterschiedlich konditionierten Zielreize. Beim Vergleich des ZR1 mit dem vorpräsentierten ZR2 ergab sich ein signifikanter Haupteffekt für die Konditionierungsbedingung [ $F(1;29)=7,895$  ( $p<.009$ )]. Die Reaktionszeiten auf den vorpräsentierten ZR2 waren durchgehend länger als die auf den Vorphasenreiz ZR1. Eine Verbesserung der RZ im Verlauf zeigte sich jedoch nur in Testphase 2 [ $F(9;21)=4,029$  ( $p<.004$ )]; in Testphase 1 wurde für die Reaktion auf ZR2 kein Lerneffekt deutlich. In Testphase 2 ergab sich ebenfalls ein deutlicher Unterschied der Reaktionszeiten auf den geblockten ZR3 im Vergleich zum Vorphasenreiz ZR1 [ $F(1;29)=21,897$  ( $p<.000$ )]. Eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren ergab sich in der Analyse beider Testphasen nicht (Abb.11).



**Abbildung 11:** Fehlerbalkendiagramm; Mittlere Reaktionszeiten auf die unterschiedlich konditionierten Zielreize, mit Standardfehler.

## 5.2 Kategorie Zahlen

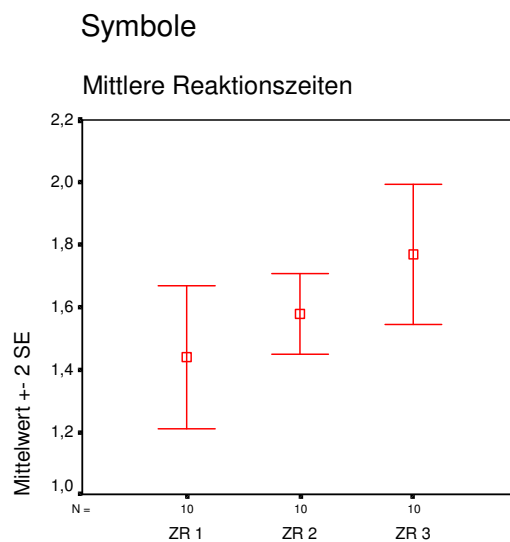
In der Kategorie Zahlen wurde auf den ZR2 der ersten Testphase deutlich langsamer reagiert als auf ZR1 [ $F(1;26)=213,590$  ( $p<.000$ )]. Auch ein Lerneffekt für beide Zielreize wurde in dieser Kategorie deutlich, d. h. die Reaktionszeiten verbesserten sich im Verlauf der Testphasen 1 und 2 signifikant [ $F(9;18)=9,830$  ( $p<.000$ ) und  $F(9;13)=12,785$  ( $p<.000$ )]. Es stellte sich in Testphase 1 eine klare Wechselwirkung der Faktoren dar, sowohl in Testphase 1 [ $F(9;18)=11,278$  ( $p<.000$ )] als auch in Testphase 2 [ $F(9;13)=8,346$  ( $p<.000$ )]. Weiterhin ergaben sich beim Vergleich des Vorphasenreizes ZR1 mit dem ZR3 der Testphase 2 deutlich erhöhte RZ auf den geblockten Reiz, der in einem Haupteffekt der Konditionierungsbedingungen statistisch signifikant wurde [ $F(1;21)=166,988$  ( $p<.000$ )] (Abb.12).



**Abbildung 12:** Fehlerbalkendiagramm; Mittlere Reaktionszeiten auf die unterschiedlich konditionierten Zielreize, mit Standardfehler.

### 5.3 Kategorie Symbole

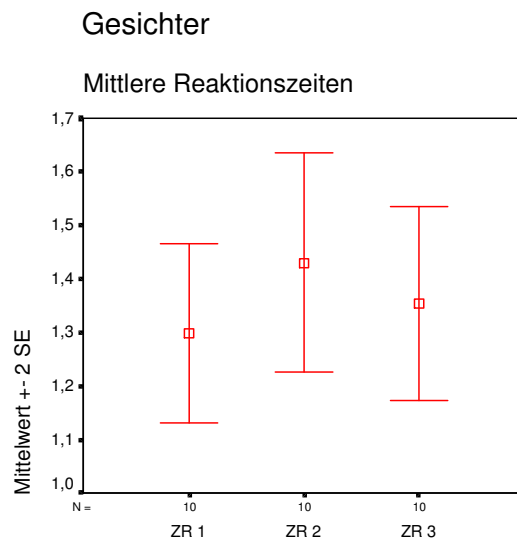
In der Kategorie Symbole zeigte sich im Vergleich ZR1 vs. ZR2 kein Haupteffekt für die Konditionierungsbedingung. Im Verlauf verbesserten sich die Reaktionszeiten, was statistisch in einem Haupteffekt für den Messzeitpunkt signifikant wurde [ $F(9;9)=5,789$  ( $p<.008$ )]. Bei Betrachtung des Verlaufs der Reaktionszeiten zeigen sich initial deutlich erhöhte RZ auf ZR2, die sich dann verbesserten. Die Wechselwirkung zwischen Konditionierungsbedingung und Verlauf wurde mit [ $F(9;9)=3,375$  ( $p<.042$ )] signifikant. Auch die Analyse der RZ auf ZR1 und ZR3 im Vergleich zeigte eine deutliche Besserung der Reaktionszeiten im Verlauf der Testphase 2 [ $F(9;12)= 5,919$  ( $p<.003$ )] mit einer signifikanten Wechselwirkung der Faktoren [ $F(9;12)=8,824$  ( $p<.000$ )]. Auch der Haupteffekt für die Konditionierungsbedingung wurde signifikant [ $F(1;20)= 0,465$  ( $p<.006$ )] (Abb.13)



**Abbildung 13:** Fehlerbalkendiagramm; Mittlere Reaktionszeiten auf die unterschiedlich konditionierten Zielreize, mit Standardfehler.

#### 5.4 Kategorie Gesichter

In der ersten Testphase der Kategorie Gesichter wurde auf ZR2 langsamer reagiert als auf ZR1 in der Vorphase. Dies zeigte sich in einem Haupteffekt für die Konditionierungsbedingung [ $F(1;19)=6,553$  ( $p<.019$ )]. Im Verlauf sanken die Reaktionszeiten auf beide ZR auch in dieser Kategorie in beiden Testphasen signifikant ab [ $F(9;11)=5,280$  ( $p<.006$ ) und  $F(9;8)=6,341$  ( $p<.008$ )]. Die Wechselwirkung der Faktoren zeigte in Testphase 1 einen signifikanten Wert [ $F(9;11)=8,138$  ( $p<.001$ )]. In Testphase 2 zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Reaktionszeiten auf die Zielreize ZR1 und ZR3 [ $F(1;16)=39,887$  ( $p<.000$ )], wobei auf ZR3 deutlich langsamer reagiert wurde als auf ZR1. Die Wechselwirkung der Faktoren wurde nicht signifikant.



**Abbildung 14:** Fehlerbalkendiagramm; Mittlere Reaktionszeiten auf die unterschiedlich konditionierten Zielreize, mit Standardfehler.

Zusammenfassend lässt sich sagen (Tabellen 1 und 2), dass sich die erwartete Abnahme der Reaktionszeiten im Verlauf einer Testphase (Lernkurve) in fast allen Kategorien beobachten und in der rechnerischen Analyse signifikant erfassen ließ. Ausnahmen hiervon bildeten die Verlaufskurve der Reaktionszeiten auf die Reize ZR1 und ZR2 bei den Kreisen in Testphase 1, und auf ZR3 in Testphase 2.

In der Kategorie der *Kreise* zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Reaktionszeiten auf die verglichenen Zielreize; die Wechselwirkung der Faktoren wurde jedoch nicht signifikant und ein Lerneffekt ließ sich nicht erkennen.

In der Kategorie *Zahlen* wurden alle gemessenen Reaktionszeitunterschiede statistisch signifikant, ebenso wie die Wechselwirkung der Faktoren; dies macht den Einfluss der Konditionierungsbedingung auf den Verlauf der Reaktionszeiten deutlich. In dieser Kategorie zeigten sich sowohl in der ersten als auch in der zweiten Testphase jeweils initial erhöhte Reaktionszeiten auf den Reiz, der im Versuch unter LI- oder CB-Bedingung konditioniert worden war.

In der Kategorie *Symbole* zeigten sich in beiden Phasen Lerneffekte, sowie signifikant höhere Reaktionszeiten auf den geblockten ZR3. In beiden Testphasen wurde außerdem die Wechselwirkung der Faktoren signifikant.

Bei den *Gesichtern* zeigte sich in beiden Testphasen ein Haupteffekt für die Konditionierungsbedingung und ein signifikanter Effekt des Faktors Messzeitpunkt – also der Nachweis eines Lernprozesses. Die Wechselwirkung der Faktoren wurde jedoch nur in der ersten Testphase signifikant.

Die beobachteten Effekte stimmten damit nicht in jeder der Kategorien mit den aus den Hypothesen abgeleiteten Voraussagen überein.

KREISE	ZAHLEN	SYMBOLE	GESICHTER
<b>B</b> $F(1;29)=7,895$ ( $p<.009$ )	<b>B</b> $F(1;26)=213,590$ ( $p<.000$ )	<b>B</b> $F(1;17)=0,829$ ( $p<.375$ )	<b>B</b> $F(1;19)=6,553$ ( $p<.019$ )
<b>M</b> $F(9;21)=1,545$ ( $p<.196$ )	<b>M</b> $F(9;18)=9,830$ ( $p<.000$ )	<b>M</b> $F(9;9)=5,789$ ( $p<.008$ )	<b>M</b> $F(9;11)=5,280$ ( $p<.006$ )
<b>B*M</b> $F(9;21)=1,239$ ( $p<.325$ )	<b>B*M</b> $F(9;18)=11,278$ ( $p<.000$ )	<b>B*M</b> $F(9;9)=3,375$ ( $p<.042$ )	<b>B*M</b> $F(9;11)=8,138$ ( $p<.001$ )
<b>B</b> $F(1;29)=21,897$ ( $p<.000$ )	<b>B</b> $F(1;21)=166,988$ ( $p<.000$ )	<b>B</b> $F(1;20)=0,465$ ( $p<.006$ )	<b>B</b> $F(1;16)=39,887$ ( $p<.000$ )
<b>M</b> $F(9;21)=4,029$ ( $p<.004$ )	<b>M</b> $F(9;13)=12,785$ ( $p<.000$ )	<b>M</b> $F(9;12)=5,919$ ( $p<.003$ )	<b>M</b> $F(9;8)=6,341$ ( $p<.008$ )
<b>B*M</b> $F(9;21)=1,487$ ( $p<.216$ )	<b>B*M</b> $F(9;13)=8,346$ ( $p<.000$ )	<b>B*M</b> $F(9;12)=8,824$ ( $p<.000$ )	<b>B*M</b> $F(9;8)=2,361$ ( $p<.120$ )

**Tab. 1:** Ergebnisse der MANOVA. B= (Konditionierungs)-Bedingung, M= Messzeitpunkt. Oberer Teil: Vergleich der mittleren Reaktionszeiten auf ZR1 vs. ZR2. Unterer Teil: Vergleich der mittleren Reaktionszeiten auf ZR1 vs. ZR3. Signifikante Werte sind rot markiert.

	Kreise	Zahlen	Symbole	Gesichter
LI	NEIN	JA	NEIN	JA
CB	NEIN	JA	JA	NEIN

**Tabelle 2:** Zusammenfassung der Ergebnisse. JA = signifikanter Haupteffekt und Wechselwirkung der Faktoren, NEIN = signifikanter Haupteffekt ohne Wechselwirkung der Faktoren / kein signifikanter Haupteffekt.

## 6 Diskussion

In der vorgestellten Arbeit sollte geklärt werden, ob sich die bisher sehr intensiv, aber ausschließlich isoliert untersuchten Phänomene Latente Inhibition (LI) und Konditionierte Hemmung (CB) im Rahmen eines stark vereinfachten Versuchsdesigns, das die Grundvoraussetzungen für die Erfassung beider Phänomene in einem Test vereint, kombiniert erfassen lassen. Dazu wurde eine Reaktionszeitaufgabe zu einem klassischen Paradigma zur Aufmerksamkeitsuntersuchung, der visuellen Suche, entwickelt. Im Rahmen des Versuchsaufbaus sollte weiterhin untersucht werden, inwieweit die CB- und LI-Effekte und ihre Darstellbarkeit von der Menge der zu verarbeitenden Reizinformation (*information load*) abhängig sind und welche Unterschiede sich diesbezüglich zwischen beiden Phänomenen darstellen lassen. Diese Parameter wurden durch die Variierung der Komplexität der präsentierten visuellen Reize untersucht. Auf der Grundlage der vorgestellten bisherigen Erkenntnisse und Annahmen zu den Phänomenen LI und CB sollte die geeignete Reizinformationsmenge für die Darstellbarkeit beider Paradigmen mit der vorgestellten vereinfachten Methode bestimmt werden.

Tatsächlich zeigten die Ergebnisse der Arbeit Unterschiede zwischen LI und CB bei Darbietung unterschiedlicher Informationsmengen. Die untersuchten Paradigmen waren in den Kategorien mittlerer Reizkomplexität gut nachweisbar, während sie sich in den Kategorien niedriger Komplexität nicht signifikant nachweisen ließen. Bei der Präsentation von Gesichtern als Reizmaterial ließ sich nur ein LI-Effekt messen.

CB und LI waren also mit der vorgestellten Methode nur im Bereich mittlerer visueller Reizinformationsmenge zu erfassen. Im Folgenden sollen die Gründe für das Auftreten von LI und CB jeweils einzeln für die unterschiedlichen Kategorien diskutiert werden.

## 6.1 Kategorie Kreise

In der einfachsten Reizkategorie, den farbigen Kreisen, ließ sich weder ein LI-Effekt und noch ein CB-Effekt nachweisen.

Ähnliche Ergebnisse unter Verwendung von sehr einfachem Reizmaterial wurden in einer Untersuchung durch Lubow erzielt, der fand, dass LI bei Erwachsenen – im Gegensatz zu Kindern – nur unter Bedingungen messbar war, die eine ausreichende Beanspruchung der Informationsverarbeitungskapazitäten sicherstellen konnten (Lubow 1997). Unterschiedliche Untersuchungen wiesen darauf hin, dass dies beim erwachsenen Menschen durch eine visuelle Suchaufgabe mit sieben verschiedenen einfachen Reizen nicht gegeben und somit auch die Aufmerksamkeitskapazität nicht erschöpft ist. Miller (1956) prägte im Rahmen ähnlicher Untersuchungen zur Aufmerksamkeitskapazität den Begriff der „magischen Zahl sieben“.

Es zeigte sich bei solchen Versuchen das unerwartete Ergebnis, dass die wiederholte, wenn auch konsequenzlose Präsentation eines Reizes die Aufmerksamkeit auf diesen Reiz sogar noch erhöhte, so dass sich die Reaktionszeiten auf diesen, als irrelevant vorpräsentierten, Reiz verminderten (*Erleichterungseffekt*, Ginton et al. 1975). Erklärungsmodell hierfür war, dass eine Erwartung oder Ahnung bei einem Erwachsenen entsteht, dass dieser spezielle präsentierte Reiz im Rahmen des Versuchs noch wichtig werden könnte und irgendeine Art von Bedeutung hat. Es wurde rückgefolgert, dass die Testaufgabe zu leicht ist, und nicht genug Aufmerksamkeitspotential verbraucht werde, um die Aufmerksamkeit auf den Reiz während der Vorpräsentation in ausreichendem Maß absinken zu lassen.

Ein Erleichterungseffekt ließ sich in vorliegender Untersuchung nicht feststellen, denn die Reaktionszeiten sowohl auf den vorpräsentierten Reiz als auch auf den geblockten Reiz waren durchgehend länger als die Reaktionszeiten auf den Vergleichsreiz. Der ausbleibende Erleichterungseffekt trotz leichten Reizmaterials könnte darauf zurückzuführen sein, dass der Reiz nicht allein vorpräsentiert wird, sondern im Rahmen einer Aufgabe, nämlich der visuellen Suche eines anderen Reizes. Solche Maskierungsaufgaben wurden bei LI-Versuchen immer dann



notwendig, wenn besonders leichtes Reizmaterial verwendet wurde und/oder wenn Erwachsene getestet wurden.

Aber auch durch den Einsatz einer Maskierungsaufgabe im Rahmen eines LI-Versuchs, also durch eine Aufgabe während der Vorpräsentation des LI-Reizes, wurde die Aufmerksamkeit unter leichten Testbedingungen bzw. bei sehr einfachem Reizmaterial - wie es im vorgestellten Testdesign bei den Kreisen Verwendung findet - nicht in einem solchen Maße in Anspruch genommen, dass der vorpräsentierte Reiz nicht beachtet werden könnte. Die Aufmerksamkeit auf den Reiz nimmt nicht in dem Maße ab, wie es für die Darstellung eines LI-Effekts notwendig wäre (Lubow 1995). Dies unterstützt die Annahme, dass es der Zweck der Maskierungsaufgabe ist, die Schwierigkeit der Testaufgabe zu erhöhen, und zwar *im Sinne einer Erhöhung der Informationsmenge*. Dadurch wird verständlich, dass es Maskierungsaufgaben gibt, die unwirksam sind und ein LI-Effekt erst ab einem bestimmten Schwierigkeitsgrad (=Informationsmenge) der Maskierungsaufgabe darstellbar wird.

Auch für die erschwerte Assoziierbarkeit eines CS2 nach vorangegangener Konditionierung eines ersten CS1 – also für den CB-Effekt, scheint nicht genug Konkurrenz um beschränkte Aufmerksamkeitskapazitäten zu bestehen. Diese Konkurrenz wäre Voraussetzung für die Darstellung eines CB-Effekts (Mackintosh 1974), der sich in dieser Kategorie jedoch nicht nachweisen lässt.

Die Darstellbarkeit von LI und CB ist abhängig von den Anforderungen an die Reizverarbeitenden Systeme. Werden die Grenzen der Verarbeitungskapazität nicht erreicht, so werden sich auch Effekte, die im Rahmen der Verarbeitungsökonomisierung -also im Rahmen von Mechanismen der selektiven Informationsverarbeitung auftreten- nicht darstellen lassen. Diese gewährleisten die Koordination der Reizverarbeitung, und zwar nur dann mit Hilfe der gezielten Selektion irrelevanter Information, wenn die Vielzahl und -gestalt der gebotenen Reize eine Konkurrenz um begrenzte Aufmerksamkeitskapazität bedingt.

Die für erwachsene Probanden für die Demonstration von LI und CB in der Reizkategorie der Kreise unzureichende Aufgabenschwierigkeit lässt sich auch an dem fehlenden Lerneffekt in dieser Kategorie ersehen. Es findet im Verlauf der

Phasen keine wesentliche Verbesserung der Reaktionszeiten statt. Stattdessen sind die Reaktionszeiten von Beginn an sehr kurz. Ein Lerneffekt in dieser Kategorie ist nur in der zweiten Testphase nachweisbar. Ein vergleichender Blick auf die Reaktionszeiten der Probanden auf die einzelnen Reize lässt jedoch Unterschiede im Sinne dauerhaft erhöhter Reaktionszeiten auf ZR2 und ZR3 erkennen. Dieser bleibt im Verlauf der gesamten jeweiligen Testphase bestehen; die Wechselwirkung der Faktoren Konditionierungsbedingung und Messzeitpunkt wird nicht signifikant ( $p < .325$  und  $p < .216$ ). Der signifikante Haupteffekt für den Faktor Konditionierungsbedingung ( $p < .004$  und  $p < .009$ ) beim Vergleich des LI- und des CB-Reizes mit dem Vorphasenreiz entspricht durchgehend höheren Reaktionszeiten auf diese Zielreize.

Da die Grundvoraussetzung für den Nachweis eines gehemmten Lerneffektes zunächst der Lerneffekt selbst ist, und sich in der Kategorie der Kreise die Reaktionszeiten auf ZR1 und ZR2 kaum bis gar nicht verbessern, muss den signifikanten Reaktionszeitunterschieden zwischen den verglichenen Reizen während der ersten Testphase eine andere Ursache zugrunde liegen. Am ehesten kommen dafür schon vorher gemachte Erfahrungen der Probanden mit den Zielreizeigenschaft der verwendeten Reize in Frage. Diese unterscheiden sich in dieser Kategorie lediglich in der Dimension „Farbe“. Zielreiz 1 präsentiert die Farbe Rot. Die meisten Menschen machen im Laufe ihres Lebens Erfahrungen mit der Farbe Rot; sie findet auf Warn- und Hinweisschildern häufige Verwendung, und wird immer dann eingesetzt, wenn die besondere Beachtung und Aufmerksamkeit des Betrachters gewonnen werden soll. Nicht zuletzt im Verkehrssystem ist die Farbe Rot mit der Bedeutung von gesteigerter Vorsicht oder gar Lebensgefahr bei Nichtbeachtung verknüpft. Somit ist für die „Signalfarbe Rot“ neben ihrer starken farblichen Saliens auch eine aus jahrelanger Erfahrung entstandene, anhaltende Aufmerksamkeitsreaktion  $R_a$  im Sinne der CAT gegeben (Lubow 1989). Diese Eigenschaften der Farbe Rot und somit des ZR1 bietet einen alternativen Erklärungsansatz dafür, dass auf ZR1 durchgehend niedrigere Reaktionszeiten

gemessen wurden als auf die anderen Zielreize mit den Farben Gelb und Grün, die deutlich weniger Signalcharakter besitzen.

## **6.2 Kategorie Zahlen**

Bei der Kategorie der Zahlen ergaben sich beim Vergleich der Reaktionszeiten auf die verschiedenen konditionierten Zielreize deutliche Unterschiede. Mit hoher Signifikanz zeigten sich die Reaktionszeiten auf sowohl den geblockten wie auch den vorpräsentierten Reiz im Vergleich zum Vorphasenreiz initial deutlich erhöht. Es zeigten sich sowohl in Testphase 1 als auch in Testphase 2 signifikante Reaktionszeitunterschiede zwischen beiden verglichenen Reizen. Diese entsprachen den aus den Hypothesen abgeleiteten Voraussagen einer initialen Reaktionszeiterhöhung für den vorpräsentierten bzw. geblockten Reiz. In Testphase 1 beeinflusste die Konditionierungsbedingung des ZR2 die Reaktionszeit der Probanden auf diesen Reiz. In der ersten Testphase sinken die Reaktionszeiten auf den vorpräsentierten Reiz im Verlauf auch signifikant ab; ein Lerneffekt wird deutlich. Die signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren zeigt, dass es sich um einen Einfluss der Konditionierungsbedingung auf den Verlauf der Reaktionszeiten handelt. Dies wird als Effekt der wiederholten Vorpräsentierung interpretiert; somit gelingt in dieser Kategorie der Nachweis von LI.

Auch in der zweiten Testphase zeigt sich bei der Konditionierung des ZR3 eine deutliche initiale Erhöhung der Reaktionszeiten auf diesen Reiz im Vergleich zum Vorphasenreiz. Der zusätzliche, geblockte ZR3 wird schlechter gelernt. Die signifikante Wechselwirkung zwischen Verlauf und Bedingung demonstriert, dass die produzierten Versuchsbedingungen zu einer initialen Hemmung des Lernprozesses führen. Als Erklärung für die beobachteten Verzögerungseffekte kommt die vorangegangene Konditionierung des ZR2 in Betracht, die nun die Konditionierung des zusätzlichen Reizes blockiert. Dies entspricht dem Verzögerungseffekt bei CB.

Zahlen als Material der visuellen und kognitiven Verarbeitung sind für die meisten Menschen eine durchaus geläufige Aufgabe – hierdurch ist es zu erklären, dass die gleichzeitige Erfassung und Verarbeitung gleich mehrerer dieser Stimuli die

Verarbeitungskapazitäten des erwachsenen Probanden nicht vollständig überfordern. Wäre dies der Fall, so würde ZR2 während der Vorpräsentationsphase überhaupt nicht verarbeitet (Bernstein-Berkovitz (1998) und träte auch nicht in die später zur Latenz führende Assoziation „nicht-Zielreiz“ ein. Dies scheint jedoch durchaus der Fall zu sein, denn die Reaktionszeiten auf diesen Reiz sind in der späteren Testphase initial deutlich erhöht. Gleichzeitig ist der Anspruch an reizverarbeitende Systeme höher als im Falle der Unterscheidung farbiger Kreise, so dass genug Konkurrenz um Aufmerksamkeit induziert wird, um einen CB-Effekt zu erzielen.

Die Tatsache, dass LI-Effekte bei Erwachsenen nur mit Hilfe einer Maskierungsaufgabe zu demonstrieren waren, und gleichzeitig für die Demonstration von CB eine solche Aufgabe nicht nötig war, hatte an der Vergleichbarkeit der beiden Paradigmen zweifeln lassen. Es stellte sich die Frage, warum CB im Gegensatz zu LI bei Erwachsenen in einfachen Versuchsanforderungen auch ohne Maskierungsaufgabe darstellbar ist und der LI-Effekt nicht. Lubow (1995) postulierte eine sinnvolle Erklärung für dieses Phänomen, nämlich die, dass CB im Vergleich zu LI eine „eingebaute“ Maskierungsaufgabe im Versuchsaufbau beinhaltet, die denselben Zweck erfüllt wie die für LI extra konstruierte Maskierungsaufgabe. Dieser Zweck besteht darin, die Aufmerksamkeit der Versuchsperson während der Vorpräsentierung vom später relevant werdenden Reiz abzulenken, und wird bei CB durch die Konditionierung des CS1 erfüllt. Man könnte auch sagen, die Versuchsperson hat im Moment der vorangehenden Konditionierung in einem CB-Versuch „mehr zu tun“, oder auch die Aufgabe ist „schwerer“ im Bezug auf die geforderte Reizverarbeitung im Vergleich zum LI-Versuch, bei dem sich ein erwachsener Mensch – im Gegensatz zu kleinen Kindern oder Tieren - während der Vorpräsentierung über das isolierte Auftreten eines scheinbar irrelevanten Reizes wundern kann, sofern er nicht durch eine Maskierungsaufgabe abgelenkt wird. Dadurch wird seine Aufmerksamkeit auf den Reiz eher gesteigert, anstatt im Verlauf abzunehmen. Die Anforderungen sind also bei CB durch den speziellen Aufbau dieses Paradigmas im Vergleich zu LI erhöht und die Demonstrierbarkeit des Effektes somit auch bei Erwachsenen mit einfachen Versuchsaufgaben gegeben.

Dadurch erklärt sich auch das Auftreten beider Effekte innerhalb der gleichen Komplexitätskategorie.

### **6.3 Kategorie Symbole**

In der Reizkategorie Symbole ergaben sich signifikant höhere Reaktionszeiten auf ZR3 im Vergleich zum Vorphasenreiz und nur leicht und nicht signifikant erhöhte Reaktionszeiten für ZR2. Es wird in beiden Phasen nachweisbar gelernt, das heißt die Reaktionszeiten nehmen im Verlauf beider Phasen signifikant ab. Die Wechselwirkung der Faktoren wird ebenfalls signifikant.

Im Gegensatz zu den Kreisen, wo der schnelle Abgleich und die Entscheidung „nicht Zielreiz“ anhand einer Dimension (der gut unterscheidbaren, kräftigen Farben) innerhalb kurzer Zeit im Rahmen der parallelen Reizverarbeitung möglich ist, ohne dass Verarbeitungskapazitäten zu sehr belastet werden, kommt es bei der visuellen Suche von deutlich komplexeren Reizen zu einer stärkeren Belastung der Verarbeitungskapazität. Im Rahmen der seriellen Suche wird nach einem übergeordneten Konzept selektiert. Wichtig ist hierbei nur, mögliche irrelevante Reize so schnell als möglich anhand des Fehlens des „Zielreiz-Merkmals“ auszusortieren, um mit der Suche fortfahren zu können. Für die assoziative Bewertung „Irrelevant“ des Reizes als Ganzem wird er zuwenig verarbeitet. Und eine minimale Verarbeitung und Aufmerksamkeit ist notwendig, um die für den LI-Effekt notwendige Assoziation „nicht-Zielreiz“ zu knüpfen (Bernstein-Berkovitz und Lubow 1998).

Die Verschiedenartigkeit der unbekannteren, in unserem Kulturkreis nicht gängigen Symbole erfordert die Selektion der irrelevanten Reize, und die Suche des relevanten Reizes erfolgt anhand einiger weniger charakteristischster Strukturen. Es besteht Konkurrenz um begrenzte Aufmerksamkeitskapazitäten, und Selektion von Information ist notwendig. Diese Weise der Reizverarbeitung erschwert den Vorgang, dass neben einem ersten, schon als relevant etablierten Zielreiz, einen zweiten Zielreiz in die Assoziation eintreten kann. Dies ist die Grundlage für den Effekt der konditionierten Blockierung, der hier nachweisbar ist.

Für die Erzeugung und signifikante Nachweisbarkeit eines CB-Effekts bei erwachsenen Menschen weisen die Symbole also ein geeignetes Maß an Informationsmenge auf.

In einer Demonstration von LI durch Lubow et al. (2000) werden ebenfalls Symbole als Reizmaterial verwendet. Die Anzahl der gleichzeitig präsentierten Reize liegt hier bei einer Zahl von zwanzig; durch Analyse und den Vergleich von Bildpräsentationen mit und ohne jeweiligen Zielreiz wurde festgestellt, dass die visuelle Suche seriell stattfindet.

Bei der visuellen Suche lassen sich also - wie bei anderen Formen der Reizverarbeitung - zwei verschiedene Prozesse unterscheiden. Die serielle und die parallele Verarbeitung. In einem Versuch von Lubow (2000) zur latenten Inhibition wurden zum Nachweis der seriellen Reizverarbeitung die Reaktionszeiten der Probanden in den Durchgängen *ohne* Zielreize mit den Durchgängen *mit* Zielreizen verglichen. Das Ergebnis zeigte deutlich höhere Reaktionszeiten für die Durchgänge *ohne* enthaltene Zielreize; dadurch ließ sich nachweisen, da die Probanden wie erwartet die dargebotenen visuellen Stimuli seriell, also Reiz für Reiz einzeln verarbeiteten. Dadurch entstehen längere Reaktionszeiten für die Entscheidung „kein Zielreiz vorhanden“, die sich erst nach Erfassung jedes Einzelreizes fällen lässt, im Vergleich zur durchschnittlich schnelleren Reaktion bei Durchgängen mit Zielreiz, sobald dieser entdeckt ist.

#### **6.4 Kategorie Gesichter**

Entgegen den Voraussagen zeigte sich bei der Reizkategorie der Gesichter ein LI-Effekt. Der Vergleich des vorpräsentierten Zielreizes ZR2 mit dem Vorphasenreiz zeigt initial signifikant höhere Reaktionszeiten auf den vorpräsentierten Reiz, und die Wechselwirkung der Faktoren wird ebenfalls signifikant. Somit ist LI nachweisbar. Beim Vergleich der Reaktionszeiten auf den geblockten ZR3 mit dem Vorphasenreiz zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt, die Wechselwirkung der Faktoren wurde jedoch nicht signifikant. Es zeigten sich signifikante Reaktionszeitverminderungen im Verlauf, was den stattgefundenen Lernprozess verdeutlicht.

Eine Erklärung für den unerwarteten LI-Effekt und den gleichzeitig fehlenden CB-Effekt in dieser Kategorie findet sich bei der kritischen Beurteilung des verwendeten Reizmaterials „Gesichter“ und dessen Einteilung als Kategorie des höchsten visuellen Informationsgehalts und somit als Kategorie höchster Reizkomplexität mit dem höchsten Schwierigkeitsgrad.

Der Schwierigkeits- und auch Effektivitätsgrad, den das Wiedererkennen von Gesichtern im Vergleich zum Wiedererkennen anderer visueller Reize repräsentiert, ist nicht nur anhand der Summe ihrer visuellen Informationen und der verschiedenen Dimensionen zu erfassen, so dass diese Reizkategorie nicht unkritisch als letzte Stufe eines Kontinuums zunehmender Informationsdichte verschiedener visueller Reize interpretiert werden kann.

Da im Rahmen der Untersuchung geprüft werden sollte, welchen Einfluss die Höhe der Informationsmenge der visuellen Stimuli auf LI und CB hat, sollte die Verwendung verschiedener Reizkategorien, die sich in ihrem Informationsgehalt unterscheiden, diesem Untersuchungsaspekt Rechnung tragen. Gesichter als Reizmaterial beinhalten bei ihrer Verarbeitung jedoch viele Aspekte, die bislang noch nicht ausreichend untersucht sind.

Gesichter nehmen unter den visuellen Reizen eine Sonderstellung ein, da sie einerseits eine sehr homogene Reizklasse darstellen. Gesichter bestehen aus immer gleichen Einzelstrukturen ( Nase, Augen, Mund) in der immer gleichen Anordnung (Nase zentriert unter den Augen, dabei über dem Mund). Andererseits ist fast jeder Mensch trotz dieser grundlegenden starken Ähnlichkeit in der Lage, Hunderte von Gesichtern zu unterscheiden und wieder zu erkennen. Diese Fähigkeit hat zu der Annahme geführt, dass der Gesichtererkennung holistische perzeptuelle und encodierende Reizverarbeitungsprozesse zugrunde liegen (z. B. Bartlett und Searcy 1993). Es scheint sinnvoll und notwendig, im Laufe des Lebens für die Wiedererkennung von Gesichtern besondere neuronale Verarbeitungsmechanismen zu entwickeln, die ein schnelles und effektives Wiedererkennen eines Gesichts auch unter einer sehr großen Anzahl anderer Gesichter möglich machen. Tatsächlich bestätigt eine Vielzahl von Untersuchungen die Existenz distinkter neuronaler

Verarbeitungsmechanismen bei der Gesichtererkennung im Gegensatz zur Identifizierung anderer visueller Objekte.

Einen Hinweis dafür, dass ein domänen-spezifischer Verarbeitungsmechanismus für die Gesichtererkennung verantwortlich ist, liefert die neuropsychologische Dissoziation zweier komplementärer neuronaler Defizite, der Prosopagnosie (verminderte oder fehlende Fähigkeit der Gesichtererkennung) und der objektbezogenen Agnosie (verminderte oder fehlende Fähigkeit der Objekterkennung). Durch umschriebene Läsionen von Gehirnstrukturen, z. B. des Gyrus fusiformis, kann es zu differenzierten Einschränkungen der Fähigkeit der Gesichtererkennung kommen, während die Erkennung und Identifizierung anderer visueller Objekte unbeeinträchtigt bleibt (McNeil und Warrington 1993). Obwohl eine solche klinische Dissoziation nicht zwingender Beweis für die Existenz spezieller, für die Gesichtererkennung verantwortlicher neuronaler Elemente innerhalb des visuellen reizverarbeitenden Systems ist, unterstützt sie jedoch die Annahme, dass die Gesichter- und die Objekterkennung mehr oder weniger auf verschiedenen neuronalen Mechanismen beruhen, die miteinander in Interaktion stehen, aber trotzdem eigenständige „Module“ der Reizverarbeitung präsentieren (Plaut 1995).

Erwähnenswert ist weiterhin die Beobachtung, dass bei der Gesichtsidentifikation zwischen Verarbeitung bekannter und der Verarbeitung unbekannter Gesichter vermutlich unterschieden werden muss. So schneiden Menschen bei der Identifizierung unbekannter Gesichter eher schlecht ab (Hancock et al. 2000). Im Gegensatz dazu steht die exzellente Wiedererkennung bekannter Gesichter, die im Allgemeinen trotz großer Variationsbreite in Helligkeit, Blickwinkel oder Gesichtsausdruck mühelos und auch unter ungünstigen Umständen schnell identifiziert werden. In früheren Studien zur Informationsverarbeitung wurden Gesichter jedoch ebenfalls als eher einfaches, im Sinne von „vertrautes“ Reizmaterial eingeordnet (Posner 1976).

Gesichter stellen daher bei der Anwendung als Quelle visueller Information, deren Informationsgehalt fest definiert sein soll, im Rahmen von Untersuchungen der Aufmerksamkeitssteuerung ein eher problematisches Material dar. Auf dem Gebiet



der Gesichtererkennung sind noch viele Fragen offen und es bestehen, wie oben erläutert, verschiedene Theorien über die zentralnervösen Mechanismen, die bei der sensorischen und kognitiven Verarbeitung und Erkennung von Gesichtern wirken.

Die gefundenen Ergebnisse in Kombination mit den eben erläuterten Grundlagen der Gesichtererkennung als von anderen Informationsverarbeitungsmechanismen distinkt zu betrachtenden Verarbeitungsmechanismus machen deutlich, dass das Reizmaterial „Gesicht“ die für den Versuchsaufbau geforderte hohe Komplexität im Sinne der Reizinformationsdichte aufweist, die Verwendbarkeit im Rahmen des vorgestellten Versuches jedoch eher kritisch zu betrachten ist.

Der messbare LI-Effekt in dieser Kategorie wird im Rahmen der Neubewertung des Reizmaterials Gesichter als letztendlich „leichtere“ Reizkategorie verständlich. Somit lässt sich auch der fehlende, obwohl hypostasierte, CB-Effekt in dieser Reizkategorie erklären.

## **6.5 Limitationen der Untersuchung**

### **6.5.1 Veränderte Zielreizanzahl zwischen den Versuchsphasen**

Im vorliegenden Versuch wurde in jeder Reizkategorie in der Vorphase ein Zielreiz präsentiert, auf den reagiert werden sollte. In Testphase 1 wurde zusätzlich ein zweiter Reiz ZR2, der zuvor als irrelevant präsentiert worden war, relevant; die Versuchsperson musste nun also auf zwei Zielreize reagieren. Ebenso verhielt es sich in Testphase 2. Auch hier musste auf zwei Zielreize – auf den schon konditionierten aus Testphase 1 und auf den neu hinzukommenden Reiz – reagiert werden. Die Tatsache, dass sich die Anforderungen an die Versuchsperson in Testphase 1 und Testphase 2 durch die Präsentation *zweier* gegebener Zielreize im Vergleich zur Vorphase erhöht, ist für die Auswertung der gemessenen Reaktionszeiten problematisch. Ein Anteil der Reaktionszeiterhöhung und somit des signifikanten Haupteffektes für die Konditionierungsbedingung in den beiden relevanten Testphasen ist zweifellos auf die gestiegene Anforderung an die Versuchspersonen zurückzuführen. Die geforderte Reaktion auf zwei verschiedene

Zielreize führt in der Notwendigkeit zweier Suchziele pro Reaktion zu höheren Reaktionszeiten. Diesem Umstand muss bei der Auswertung der Ergebnisse Rechnung getragen werden. Aufgrund dieser Schwierigkeit der Dateninterpretation wurde ein Vergleich der untersuchten ZR innerhalb einer Testphase durchgeführt. Innerhalb der Testphasen 1 und 2 ist der Schwierigkeitsgrad konstant. Ein Effekt durch gesteigerte Anforderungen an die Versuchsperson würde sich hier auf *beide* Reize auswirken und nicht nur auf einen einzelnen. Eine vergleichende Analyse der Zielreize *innerhalb einer Testphase* ergab jedoch auch hier deutlich höhere Reaktionszeiten auf den vorpräsentierten bzw. geblockten Reiz als auf den Vergleichsreiz derselben Testphase ( $p < .032$ ); hierfür kann die erhöhte Aufgabenschwierigkeit nicht zur Erklärung herangezogen werden. Die höheren Anforderungen an die Probanden in den jeweiligen Testphasen können also nur zum Teil für die gemessenen höheren Reaktionszeiten auf die untersuchten Zielreize verantwortlich sein. Auch erklärt sie nicht, warum es sich nur um eine anfängliche Erhöhung der Reaktionszeiten handelt. Der Schwierigkeitsgrad der Testphase würde eine andauernde, stabile Erhöhung der Reaktionszeiten erklärbar machen, nicht jedoch eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren Konditionierungsbedingung und Messzeitpunkt. Hierfür können daher am ehesten die durch den Versuchsaufbau gegebenen Konditionierungsbedingungen, also die Effekte der latenten Inhibition und der konditionierten Hemmung verantwortlich gemacht werden.

Es scheint jedoch sinnvoll, das Versuchsdesign in diesem Aspekt zu überarbeiten, damit die genannten Effekte durch Anhebung der Aufgabenschwierigkeit als Einflussvariablen auszuschließen sind und somit die Analyse der Ergebnisse nicht erschwert wird. Um zu verhindern, dass Effekte, die sich durch eine höhere Aufgabenschwierigkeit in der ersten und zweiten Testphase im Vergleich zur Vorphase erklären, sich mit LI- und CB-Effekten überschneiden, sollte der Versuchsaufbau dahingehend verändert werden, auch in den jeweiligen Testphasen nur einen Zielreiz zu verwenden. Die im Versuchsaufbau gültigen Bedingungen zur Erfassung von LI und CB würden durch eine solche Änderung der geforderten

Reaktionen nicht beeinträchtigt. Es würden jedoch die eben genannten unerwünschte Einflussfaktoren ausgeschaltet werden.

### **6.5.2 Zuordnung der Komplexitätsgrade**

Die Bestimmung und Zuordnung verschiedener, sich in der Menge ihrer visuellen Information unterscheidender Reizkategorien zu fest definierten Komplexitätsgraden stellte eine notwendige Grundlage des vorgestellten Versuchsaufbaus dar. Eine solche willkürliche Zuordnung weist jedoch problematische Aspekte auf. Es ist dabei zu beachten, dass nicht ausschließlich die optischen Eigenschaften und geometrischen Besonderheiten ausgewählter visueller Reize als grundlegende Kriterien für eine Zuordnung zu definierten Reizkomplexitäten herangezogen werden können.

Bei der Zuordnung der Reize zu den jeweiligen Kategorien wurde daher nicht nur die unterschiedliche Anzahl von Reizdimensionen berücksichtigt, in denen sich die Reize einer Kategorie unterscheiden. Diese betrüge bei der Reizkategorie der Kreise die Anzahl eins, denn die Reize unterscheiden sich nur in der Dimension „Farbe“; innerhalb der Dimensionen „Form“ und „Größe“ sind sie vollkommen identisch. In der Kategorie der Symbole unterscheiden sich die Einzelreize in verschiedenen Dimensionen. Durch die Verwendung der unterschiedlichen Komplexitätsgrade soll dadurch die Menge der von den Reizen ausgehenden visuellen Information und somit der Schwierigkeitsgrad der Testaufgabe objektiv erhöht werden. Da jedoch die Versuchspersonen für die Verarbeitung der Reizkategorien unterschiedliche, teilweise sehr gut und teilweise weniger gut ausgebildete Mechanismen entwickelt haben könnten, gestaltet sich die genaue Festlegung der Informationsmenge im Zusammenhang mit dem jeweils für die Verarbeitung benötigten Aufmerksamkeitspotential schwierig. So ist es wahrscheinlich, dass für die visuelle Verarbeitung von Zahlen im Laufe des Lebens sehr viel effektivere und automatisierte Mechanismen entwickelt wurden, als für die Verarbeitung unbekannter Symbole. In noch größerem Maße gilt dies – wie im vorherigen Abschnitt erläutert – für die Reizkategorie der Gesichter.

Im Sinne einer genaueren, eindeutigen Festlegung der präsentierten Informationsmenge wäre es daher sinnvoll, für die Kategorie der höchsten Reizkomplexität und Informationsmenge ein anderes Material zu wählen. Die Grundlagen der Gesichtererkennung sind weiterhin Gegenstand intensiver Erforschung, und die zugrunde liegenden Mechanismen sind bislang nicht vollständig aufgeklärt. Dies erweist sich im Rahmen eines neuen Versuchsdesigns zur Produzierung valider, reproduzierbarer Ergebnisse als problematisch.

## **6.6 Schlussfolgerungen**

Die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchung machen deutlich, dass es möglich und notwendig ist, gemeinsame und vergleichbare Untersuchungsmethoden für die untersuchten Paradigmen latente Inhibition und konditionierte Hemmung zu entwickeln. Es zeigt sich, dass ein gemeinsames Untersuchungsmodell für beide Phänomene realisierbar ist. Hierdurch werden die notwendigen vergleichbaren Untersuchungsmethoden geschaffen, die für die Grundlagenforschung im Humanbereich notwendig sind. Nur durch den konkreten Vergleich der Paradigmen unter identischen Umständen kann eine Annäherung an die theoretischen Grundlagen der zugrunde liegenden Mechanismen der erlernten Unaufmerksamkeit realisiert werden (Jones 1997).

Es ergeben sich Hinweise auf die Informationsmenge, die zur Darstellung der untersuchten Phänomene erforderlich ist. Hinsichtlich der Beeinflussbarkeit durch die Variation der visuellen Informationsmenge zeigten sich die erwarteten Unterschiede. Das Grundmodell des Versuches präsentiert eine vereinfachte Möglichkeit, CB und LI, und somit Mechanismen selektiver Aufmerksamkeit beim Erwachsenen zu messen. Die Ergebnisse sind Einflüssen wie z. B. Bodeneffekten ausgesetzt, die durch zu schnelles Lernen induziert werden. Dies zeigt sich am fehlenden LI-Effekt und CB-Effekt in der Reizkategorie Kreise, wenn zum einfachen Versuchsaufbau auch noch die Verwendung einfachen Reizmaterials hinzukommt. Bei steigender Komplexität des Reizmaterials jedoch steigt auch die Schwierigkeit der gestellten Aufgabe und die Effekte werden darstellbar. Die Tatsache, dass sich bei sehr

einfachen Reizen kein LI-Effekt darstellen lässt, bestätigt die Ergebnisse anderer Untersuchungen, dass für die Messung von LI auch unter Verwendung einer Maskierungsaufgabe ein bestimmter Schwierigkeitsgrad nötig ist, da die Aufgabenstellung ansonsten für die Durchführung mit Erwachsenen zu leicht ist.

Das gefundene Ergebnis, dass die Darstellung des LI-Effekts tatsächlich eine Funktion des Schwierigkeitsgrades der während der Vorpräsentierung gestellten Aufgabe ist, zeigt sich kongruent mit Ergebnissen anderer Studien, die die Abhängigkeit des LI-Effekts von der Informationsmenge untersuchten (Bernstein-Berkovitz 1998). Gleichzeitig ergibt sich hiermit ein weiterer Hinweis darauf, dass der LI-Effekt die bei der Aufmerksamkeitssteuerung wirksamen Mechanismen valide repräsentiert.

Es konnte gezeigt werden, dass sich die Effekte der latenten Inhibition und der konditionierten Hemmung nicht nur bei instrumentellen *learning-to-criterion* Experimenten darstellen lassen, sondern sich auch auf die Konditionierung einer motorischen Reaktion, also auf das Übungslernen, in darstellbarem Ausmaß auswirken. Dies wurde auch von Lubow (2000) in LI-Versuchen realisiert und stellt eine deutliche Vereinfachung von LI-Versuchen dar.

Weiterhin konnte eine genauere Spezifizierung des nötigen Schwierigkeitsgrades vorgenommen werden, und zwar vergleichend für CB und LI.

Die aufgestellten Hypothesen ließen sich durch die Ergebnisse des durchgeführten Versuchs nicht eindeutig widerlegen. Die diskutierten problematischen Aspekte des Versuchsdesigns lassen weitere Untersuchungen in modifizierter Form des Versuchsdesigns - für eine eindeutigere Interpretation der Ergebnisse - jedoch sinnvoll scheinen.

## 7 Zusammenfassung

Paradigmen erlernter Unaufmerksamkeit, wie Latente Inhibition (LI) und Konditionierte Hemmung (*conditioned blocking* = CB) wurden vielfach zur Erfassung von Aufmerksamkeitsmechanismen und deren Defiziten sowohl im Tiermodell als auch bei gesunden und psychiatrisch erkrankten Menschen untersucht und dienen in der Grundlagenforschung als Modell für die Aufmerksamkeitsgenerierung. In beiden Fällen wird Aufmerksamkeitszuwendung zu einem Reiz hin, und damit die Erlernung seiner Bedeutsamkeit – durch vorherige mehrfache konsequenzlose Präsentation oder durch vorherige Konditionierung eines anderen, relevanten Reizes – verzögert. Die bisher stets isoliert untersuchten Paradigmen werden in der vorliegenden Arbeit in einem gemeinsamen Versuchsdesign erfasst, um klinische Untersuchungen defizitärer Bereiche der Aufmerksamkeitssteuerung, z. B. bei schizophrenen Patienten, effizienter durchführen zu können und die Abhängigkeit der Phänomene von der Komplexität der visuellen Reizinformationsmenge zu untersuchen. Bei Verwendung sehr einfacher visueller Reize (Kreise) ließen sich in der verwendeten Reaktionszeitaufgabe keine Lerneffekte nachweisen. Bei Verwendung von Reizen mittlerer Informationsmenge (Zahlen) waren sowohl der LI-Effekt als auch der CB-Effekt anhand signifikant erhöhter Reaktionszeiten demonstrierbar. Bei größerer Reizkomplexität (Symbole) war ein CB-Effekt, jedoch kein LI-Effekt nachweisbar. Bei der Kategorie der höchsten Komplexität (Gesichter) fand sich ein statistisch signifikanter LI-Effekt, jedoch kein CB-Effekt. Die Verwendung dieser Reizkategorie als höchste Komplexitätsstufe ist aufgrund der wahrscheinlich distinkten neuronalen Verarbeitungsmechanismen kritisch zu betrachten. Effekte erlernter Unaufmerksamkeit konnten mit dem vorgestellten Versuchsdesign dargestellt werden. Unterschiede ergeben sich in der Darstellbarkeit der Phänomene in Abhängigkeit vom Informationsgehalt des zu verarbeitenden Reizmaterials. Dessen überarbeitete Kategorisierung im Rahmen der Weiterentwicklung des Versuchsdesigns scheint sinnvoll. In modifizierter Form böte sich der Test für die Untersuchung von Aufmerksamkeitsdefiziten z. B. bei schizophrenen Patienten an.

## 8 Literaturverzeichnis

- (1) Angermeier, W.F. (1991): Lernpsychologie. München: Reinhardt.
- (2) Annau, Z., Kamin, L.J. (1961): The conditioned emotional response as a function of intensity of the US. *J Comp Psychol* 54, 428–432.
- (3) Arcediano, F., Ortega, N., Matute, H. (1996): A behavioural preparation for the study of human Pavlovian conditioning. *Q J of Exp Psychol B* 49, 270–283.
- (4) Arcediano, F., Matute, H., Miller, R.R. (1997): Blocking of pavlovian conditioning in humans. *Learn Motiv* 28, 188-199.
- (5) Bartlett, J.C., Searcy, J. (1993): Inversion and configuration of faces. *Cog Psych* 25, 281-316.
- (6) Baruch, I., Hemsley, D.R., Gray, J.A. (1988a): Differential performance of acute and chronic schizophrenics in a latent inhibition task. *J Nerv Ment Dis* 176, 598-606.
- (7) Bernstein, I.L. (1978): Learned taste aversion in children receiving chemotherapy. *Science* 200, 1302.
- (8) Braff, D.L. (1993) : Information processing and attention dysfunctions in schizophrenia. *Schizophr Bull* 19, 233-259.
- (9) Braunstein-Berkovitz, H., Lubow, R.E. (1998): Latent inhibition as a function of modulation of attention to the pre-exposed irrelevant stimulus. *Learn Motiv* 29, 261-279.
- (10) Broadbent, D.E. (1958): Perception and communication. London: Pergamon Press.
- (11) Cadenhead, K.S., Braff, D.L. (2002): Endophenotyping schizotypy: a prelude to genetic studies within the schizophrenia spectrum. *Schizophr Res* 54 (1-2), 47-57.
- (12) Callaway, E., Naghdi, S. (1982): An information processing model for schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry* 39, 339-347.

- (13) Carver, C.S., Scheier, M.P. (1981): Attention and self-regulation: a control theory approach to human behaviour. New York: Springer-Verlag.
- (14) Chapman, G.B., Robbins, S.J. (1990). Cue interaction in human contingency judgment. *Mem Cognit* 18, 537–545.
- (15) Corbetta, M., Shulman, G.L. (2002): Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Neuroscience* 3, 201-214.
- (16) Crider, A., Solomon, P.R., McMahon, M.A. (1982): Disruption of selective attention in the rat following D-amphetamine administration: relationship to schizophrenic attention disorder. *Biol Psychiatry* 17, 351-361.
- (17) Christison, G.W., Atwater, G.E., Dunn, L.A., Kilts, C.D. (1988): Haloperidol enhancement of latent inhibition: relation to therapeutic action? *Biol Psychiatry* 23, 746-749.
- (18) Davey, G.C.L., Singh, J. (1988). The Kamin “blocking” effect and electrodermal conditioning in humans. *Int J Psychophysiol* 2, 17–25.
- (19) De la Casa, L.G. Ruiz, G., Lubow, R.E. (1993b): Amphetamine-produced attenuation of latent inhibition is modulated by stimulus pre-exposure duration: Implications for schizophrenia. *Biol Psychiatry* 33, 707–711.
- (20) Dickinson, A., Shanks, D., Evenden, J. (1984): Judgement of act-outcome contingency: the role of selective attribution. *Q J Exp Psychol A* 36, 29-50.
- (21) Ebbinghaus, H. (1928): Über das Gedächtnis. Untersuchungen zur experimentellen Psychologie. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1971 (Nachdruck der Erstausgabe von 1885).
- (22) Eriksen, C.W. (Ed.) (1962): Behaviour and awareness. Durham, N.C.: Duke University Press.
- (23) Estes, W.K., Skinner, B.F. (1941): Some quantitative properties of anxiety. *J Exp Psychol* 29, 390-400.
- (24) Fan, J., Wu, Y., Fossella, G.A., Posner, M.I. (2001): Assessing the heritability of attentional networks. *BMC Neuroscience* 2,14-20.



- (25) Goller, H. (1995): Psychologie. Emotion, Motivation, Verhalten. Kon -Texte 1: Wissenschaften in philosophischer Perspektive. Stuttgart, Berlin, Köln: Kohlhammer.
- (26) Gray, J.A. (1975): Elements of a two-process theory of learning. London: Academic Press.
- (27) Gray, N.S., Hemsley, D.R., Gray, J.A. (1992): Abolition of latent inhibition in acute, but not chronic schizophrenics. *Neurology, Psychiatry and Brain Research* 1, 83-89.
- (28) Gray, N.S., Pickering, A.D., Hemsley, D.R., Dawling, S., Gray, J.A. (1992): Abolition of latent inhibition by a single 5 mg dose of d-amphetamine in man. *Psychopharmacology* 107, 425-430.
- (29) Ginton, A., Urca, G., Lubow, R.E. (1975): The effects of pre-exposure to a nonattended stimulus to subsequent learning: Latent inhibition in adults. *Bulletin of the Psychonomic Society* 5, 5-8.
- (30) Green, M.F. (1998): Probing the impenetrable darkness. *In*: Schizophrenia from a neurocognitive perspective. Needham Heights: Allyn and Bacon.
- (31) Green, D.M., Swets, J.A. (1966): Signal detection theory and psychophysics. New York: Wiley.
- (32) Hall, G. (1991): Perceptual and associative learning. Oxford: Clarendon Press.
- (33) Hemsley, D.R. (1994): Cognitive disturbance as the link between schizophrenic symptoms and their biological basis. *Neurology, Psychiatry and Brain Research* 2, 163-170.
- (34) Hull, C.L. (1943): Principles of behaviour. New York: Appleton–Century–Crofts.
- (35) Jones, S.H., Hemsley, D.R., Gray, J.A. (1997): Disruption of the Kamin blocking effect in schizophrenia and in normal subjects following amphetamine. *Behav Br Res* 88, 103-114.
- (36) Kalat, J.W. (1974): Taste salience depends on novelty, not concentration in taste-aversion learning in the rat. *J Comp Psychol* 86, 47-50.

- (37) Kamin, L.J. (1969): Predictability, surprise, attention, and conditioning. *In*: Campbell, B.A., Church, R.M. (Eds.): Classical conditioning: A symposium. New York: Appleton-Century-Crofts.
- (38) Kaye, H., Pearce, J.M (1987): Hippocampal lesions attenuate latent inhibition of a CS and of a neutral stimulus. *Psychobiology* 15, 293-299.
- (39) Keller, I., Grömminger, O. (1995): Aufmerksamkeit. *In*: Cramon von, D.Y., Mai, N., Ziegler, W. (Eds.): Neuropsychologische Diagnostik. Weinheim: VCH.
- (40) Lott, B., Lott, A.J. (1985): Learning theory in contemporary social psychology. *In*: Lindzey, G., Aronson, H. (Eds.): The handbook of social psychology. 3. Ed. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- (41) Lipp, O. V., Vaitl, D. (1992). Latent inhibition in human Pavlovian differential conditioning: Effect of additional stimulation after preexposure and relation to schizotypal traits. *Personality and Individual Differences* 13, 1003–1012.
- (42) Lovibond, P. F., Siddle, D. A. T., Bond, N. (1988). Insensitivity to stimulus validity in human Pavlovian conditioning. *Q J Exp Psychol B* 40, 377–410.
- (43) Lubow, R.E. (1973): Latent Inhibition. *Psychol Bull* 79, 389-407.
- (44) Lubow, R.E. (1989): Latent Inhibition and conditioned attention theory. New York: Cambridge University Press.
- (45) Lubow, R.E., Schnur, P., Rifkin, B. (1976): Latent inhibition and conditioned attention theory. *J Exp Psychol Anim Behav Process* 2, 163-174.
- (46) Lubow, R.E. (1997): Latent inhibition as a measure of learned inattention: Some problems and solutions. *Behav Brain Res* 88, 75–83.
- (47) Lubow, R.E., Gewirtz, J.C. (1995): Latent Inhibition in humans: Data, theory, and implications for schizophrenia. *Psychol Bull* 117, 87–103.
- (48) Lubow, R.E., Weiner, I., Schlossberg, A., Baruch, I. (1987): Latent inhibition and schizophrenia. *Bulletin of the Psychonomic society* 25, 464-467.
- (49) Lubow, R.E., Kaplan, O., Abramovich, P., Rudnick, A., Laor, N. (2000): Visual search in schizophrenia: latent inhibition and novel pop-out effects. *Schiz Res* 45, 145-156.

- (50) Mackintosh, N.J. (1974): The psychology of animal learning. Oxford: Academic Press.
- (51) Mackintosh, N.J. (1975): A theory of attention: Variations of the associability of stimuli with reinforcement. *Psychol Rev* 82, 276–298.
- (52) Mackintosh, N.J. (1983): Conditioning and associative learning. Oxford Psychology Series No. 3. Oxford: Oxford University Press.
- (53) Mackworth, N.H. (1948). The breakdown of vigilance during prolonged visual search. *Q J Exp Psychol* 1, 6.
- (54) Martin, I., Levey, A.B. (1991): Blocking observed in human eyelid conditioning. *Integrative Physiol Behav Sci* 26, 127-131.
- (55) McNeil, J.F., Warrington, E.K. (1993): Prosopagnosia: A face-specific disorder. *Q J Exp Psych* 46A, 1-10.
- (56) Miller, G.A. (1956): The magical number seven plus or minus two, or some limits on our capacity for processing information. *Psychol Rev* 63, 81-97.
- (57) Miller, R.R., Matute, H. (1996): Biological significance in forward and backward blocking: resolution of a discrepancy between animal conditioning and human causal judgment. *J Exp Psychol Gen* 125 (4), 370-386.
- (58) Molodtsova G.F. (2003): Differences in serotonin and dopamine metabolism in the rat brain in latent inhibition. *Neurosci Behav Physiol* 33 (3), 217-222.
- (59) Möller, H.J.(1993): Extrapyramidal-motorische Begleitwirkungen von Neuroleptika unter besonderer Berücksichtigung von Risperidon. In: Platz, T. (Ed.): Brennpunkte der Schizophrenie. Gesellschaft – Angehörige – Therapie. Wien, New York: Springer.
- (60) Moray, N. (1970): Attention. New York: Academic Press.
- (61) Moser, P.C., Hitchcock, J.M., Lister, S., Moran, P.M. (2000): The pharmacology of latent inhibition as an animal model of schizophrenia. *Brain Res Rev* 33, 275-307.
- (62) Müller, H. (2003) : Funktionen und Modelle der selektiven Aufmerksamkeit. In: Karnath, H.O., Thier, P. (Eds.): Neuropsychologie. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

- (63) Neisser, U. (1974): Kognitive Psychologie. Stuttgart: Klett.
- (64) Oades, R.D., Müller, B. (1997): The development of conditioned blocking and monoamine metabolism in children with attention-deficit-hyperactivity-disorder or complex tics and healthy controls: an exploratory analysis. *Behav Brain Res* 88(1), 95-102.
- (65) Oades, R.D (1985): The role of noradrenaline in tuning and dopamine in switching between signals in the CNS. *Neurosci Biobehav Rev* 9, 261-283.
- (66) Oades, R.D., Roepke, B., Schepker, R. (1996): A test of conditioned blocking and its development in childhood and adolescence: relationship to personality and monoamine metabolism. *Developmental Neuropsychology* 12(2), 207-230.
- (67) Oldfield, R.C. (1971): The assessment and analysis of handedness. The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologica* 9, 97-113.
- (68) Pavlov, I.P. (1927): Conditioned reflexes (G.V. Anrep, Übers.). London: Oxford University Press.
- (69) Pearce, J.M., Hall, G. (1980): A model of Pavlovian learning: variations in the effectiveness of conditioned but not unconditioned stimuli. *Psychol Rev* 6, 532-552.
- (70) Peters, S.L., Joseph, M.H. (1993): Haloperidol potentiation of latent inhibition in rats: evidence for a critical role at conditioning rather than pre-exposure. *Behav Pharmacol* 4, 183-186.
- (71) Plaut, D.C. (1995): Double dissociation without modularity : Evidence from connectionist neuropsychology. *J Clin Exp Neuropsych* 17 (2), 294-321.
- (72) Posner, M.I. (1976): Kognitive Psychologie. München: Juventa Verlag.
- (73) Rescorla (1972): "Configural" conditioning in discrete-trial bar pressing. *J Comp Psychol* 79 (2), 307-317.
- (74) Rescorla (1980): Simultaneous and successive associations in sensory preconditioning. *J Exp Psychol Anim Behav Process* 6 (3), 207-216.
- (75) Rescorla (1986): Extinction of facilitation. *J Exp Psychol Anim Behav Process* 12, 16-24.

- (76) Rescorla, A.R., Wagner, A.R. (1972): A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and non-reinforcement. In: Black, A.H., Prokasy, W.F. (Eds.): Classical conditioning II: Current research and theory. New York: Appleton-Century-Crofts.
- (77) Rescorla, R. A. (1967): Inhibition of delay in Pavlovian fear conditioning. *J Comp Psychol* 64, 114–120.
- (78) Rozin, P., Kalat, J.W. (1971): Specific hunger and poison avoidance as adaptive specializations of learning. *Psychol Rev* 78, 459-486.
- (79) Schnur, P., Ksir, C.J. (1969): Latent inhibition in human eyelid conditioning. *J Exp Psychol* 80, 388-389.
- (80) Schmajuk, N.A., Moore, J.W. (1985): Real-time attentional models for classical conditioning and the hippocampus. *Physiol Psychol* 13, 278-290.
- (81) Schroeder, U., Schroeder, H., Darius, J., Greksch, G., Sabel, B.A. (1998): Simulation of psychosis by continuous delivery of phencyclidine from controlled-release polymer implants. *Behav Brain Res* 97, 59-68.
- (82) Shadach, E., Gaisler, I., Schiller, D. Weiner, I. (2000): The latent inhibition model dissociates between Clozapine, Haloperidol, and Ritanserin. *Neuropsychopharmacology* 23, No.2, 151-161.
- (83) Shanks, D. R. (1985). Forward and backward blocking in human contingency judgment. *Q J Exp Psychol B* 37, 1–21.
- (84) Shanks, D. R., und St. John, M. F. (1994). Characteristics of dissociable human learning systems. *Behav Brain Sci* 17, 367–447.
- (85) Shiffrin, R.M., Schneider, W. (1977): Controlled and automatic attentional processing: Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychol Rev* 84, 127-190.
- (86) Skinner, B.F. (1963): Operant behaviour. *Am Psychol* 18, 503-515.
- (87) Sobizack, N, Albus, M., Hubmann, W., Mohr, F., Binder, J., Hecht, S., Scherer, J. (1999): Neuropsychologische Defizite bei ersterkrankten schizophrenen Patienten. *Nervenarzt* 70, 408-415.

- (88) Solomon, P.R., Crider, A., Winkelmann, J.W., Turi, A., Kamer, R.M., Kaplan, L.J. (1981): Disrupted latent inhibition in the rat with chronic amphetamine or haloperidol-induced supersensitivity: relationship to schizophrenic attention disorder. *Biol Psychiatry* 16, 519-537.
- (89) Solomon, P.R., Staton, D.M. (1982): Differential effects of microinjections of D-amphetamine into the nucleus accumbens or the caudate-putamen in the rat's ability to ignore an irrelevant stimulus. *Biol Psychiatry* 17, 743-756.
- (90) Spence, K.W. (1956): Behaviour theory and conditioning. New Haven: Yale University Press.
- (91) Spence, K.W. (1966): Cognitive and drive factors in the extinction of the conditioned eye blink in human subjects. *Psychol Rev* 73, 445-458.
- (92) Thorndike, E.L. (1911): Animal intelligence. New York: Macmillan.
- (93) Treisman, A.M. (1969): Strategies and models of selective attention. *Psychol Rev* 76, 282-299.
- (94) Treisman, A.M., Gelade, G. (1980): A feature integration theory of attention. *Cog Psych* 12, 97-136.
- (95) Treisman, A.M. (1991): Search, similarity and integration of features between and within dimensions. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 17, 652-676.
- (96) Vila, N. J. (1996):. Competición asociativa en aprendizaje humano. [Associative competition in human learning]. Unpublished doctoral dissertation. Seville, Spain: Universidad de Sevilla.
- (97) Von Wright, J.M., Anderson, K., Stenham, U. (1975): Generalization of conditioned GSRs in dichotic listening. In: Rabbit, P.M.A., Dornic, S. (Eds.): Attention and performance. New York: Academic Press.
- (98) Wagner, A.R. (1978): Expectancies and the priming of STM. In: Hulse, S.E., Fowler, H., Honig, W.K. (Eds.): Cognitive processes in animal behaviour. Hillsdale: Erlbaum.
- (99) Weiner, I., Lubow, R.E., Feldon, J, (1981): Chronic amphetamine and latent inhibition. *Behav Brain Res* 2, 285-286.

- (100) Weiner, I., Feldon, J, (1997): Neural substrates of latent Inhibition: An update. Behav Brain Res 88, 11-25.
- (101) Weiner, I., Feldon, J, (1987): Facilitation of latent inhibition by haloperidol. Psychopharmacology 91, 248-253.
- (102) Zimbardo, P.G. (1995): Psychologie. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

## **Danksagung**

Ich danke an erster Stelle meinen Eltern Katrin und Wilhelm Opgen-Rhein und meiner Großmutter Anna Theresia Imgrund für ihre langjährige Unterstützung, ohne die mir das Studium der Medizin einschließlich der vielen wertvollen Erfahrungen sicherlich nicht möglich gewesen wäre.

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Markus Gastpar und Herrn Dr. rer. nat. Dr. med. Ulrich Schall danke ich für die Überlassung des Promotionsthemas und für inhaltliche Anleitung und Unterstützung während der gesamten Promotionszeit. Frau Dipl. Psych. Alexandra Dittmann-Balcar danke ich für stets geduldige Anleitung und Korrekturarbeit.

Herr Priv.-Doz. Dr. M. Dettling hielt wertvolle Anregungen und uneingeschränkte Unterstützung während der Verfassung der Promotionsarbeit für mich bereit, wofür ich ihm an dieser Stelle danken möchte.



## **Tabellarischer Lebenslauf**

### Persönliche Daten

Name : Carolin Stephanie Opgen–Rhein

Wohnort: Berlin

Geboren: in Düsseldorf, Nordrhein-Westfalen, am 02.06.1975

Familienstand: ledig

### Ausbildung

04/94 Abitur

10/94 Beginn des Medizinstudiums an der Humboldt-Universität zu Berlin

03/97 Physikum

03/98 Erstes Staatsexamen

08/00 Zweites Staatsexamen

04/02 Drittes Staatsexamen

### Praktische medizinische Tätigkeiten

#### Famulaturen

04/98 Orthopädische Klinik und Poliklinik der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

09/98 Rheinische Landesklinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Essen

09/99	Princess Margaret Hospital Roseau, Goodwill, Commonwealth of Dominica
08/99	Allgemeinmedizinische Praxis von Frau Prof. Dr. V. Braun, Berlin
03/00	Allgemeinmedizinische Praxis von Frau Dr. G. Strunz, Berlin

#### Praktisches Jahr

02/01-04/01	Klinik für Kardiovaskuläre Chirurgie am Campus Mitte der Charité zu Berlin
04/01-06/01	Chirurgische Abteilung des Mount Sinai Hospital, New York City, USA
06/01-09/01	Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie am Campus Mitte der Charité zu Berlin
10/01-02/02	Klinik für Innere Medizin am Campus Virchowklinikum der Charité zu Berlin

Seit Oktober 2002 Ärztin im Praktikum und wissenschaftliche Mitarbeiterin am Campus Benjamin-Franklin der Charité, Universitätsmedizin Berlin, Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Beginn der Tätigkeit als Assistenzärztin im Mai 2004.

## Anhang

**Tabelle 1: Mittelwerte der Reaktionszeiten auf die Zielreizpräsentationen 1-10, Kreise und Zahlen.**

Abkürzungen: Stelle 1: Kategorie (k=Kreise, z=Zahlen, s=Symbole, g=Gesichter), Stelle 2 und 3: Konditionierung (b=baseline, li=latente inhibition, cb=konitionierte Hemmung, Stelle 4 und 5: Zielreiz (z1,z2,z3)., Stelle 6: \_sd:Stabdardabweichungen

ZR-Präs.	kbz1	kbz1_sd	kliz2	kliz2_sd	kcbz3	kcbz3_sd	zbz1	zbz1_sd	zliz2	zliz2_sd	zcbz3	zcbz3_sd
1	.4439	.1104	.4697	.2097	.7133	.4710	.9120	.5249	11.190	.3949	1.3934	.7500
2	.3949	8.5380	.4315	.1308	.5141	.1493	.7399	.2126	12.062	.4672	1.0497	.6873
3	.4261	.1759	.4803	.1584	.5784	.3459	.6901	.1726	14.487	.4172	1.4930	.6360
4	.3960	.1195	.4501	.1043	.4850	.3271	.6180	.1256	12.934	.5062	.8860	.4259
5	.3970	8.8040	.4388	.1691	.4445	7.9670	.6566	.1861	11.646	.5394	1.2249	.5337
6	.3820	6.6140	.4138	.1290	.4518	.1162	.5490	.1340	13.593	.5049	.8247	.4028
7	.4113	.1201	.4315	.1126	.4638	9.7930	.6587	.1707	.6004	.2187	.9968	.5321
8	.3957	9.9430	.3938	7.0400	.4536	9.7530	.5585	.1127	11.149	.4611	1.7662	.7937
9	.3704	8.4950	.4357	9.4590	.4482	.1229	.5652	.1941	.8308	.4087	1.5603	.6702
10	.3879	6.6910	.4344	.2053	.4824	.1405	.8411	.2676	11.968	.3622	1.5481	.5786

**Tabelle 2: Mittelwerte der Reaktionszeiten auf die Zielreizpräsentationen 1-10, Symbole und Gesichter.**

Abkürzungen: Stelle 1: Kategorie (k=Kreise, z=Zahlen, s=Symbole, g=Gesichter), Stelle 2 und 3: Konditionierung (b=baseline, li=latente inhibition, cb=konitionierte Hemmung, Stelle 4 und 5: Zielreiz (z1,z2,z3)., Stelle 6: \_sd:Stabdardabweichungen

ZR-Präs.	sbz1	sbz1_sd	sliz2	sliz2_sd	scbz3	scbz3_sd	gbz1	gbz1_sd	gliz2	gliz2_sd	gcbz3	gcbz3_sd
1	1.4061	.7578	1.5844	.9623	1.5446	.7201	2.1852	.7054	1.8305	.8368	2.2260	.6446
2	1.5714	.6395	2.0299	1.1000	1.2387	.5198	1.3518	.5943	1.3118	.9126	2.2426	.8335
3	1.0405	.4508	1.5695	.7411	1.5775	.6894	.9260	.5639	1.7241	.6786	1.8973	.6666
4	1.0283	.5046	1.6632	.8394	1.3244	.5799	1.7174	.7145	1.5104	.6958	1.4794	.6593
5	1.5455	.7402	1.3937	.5859	1.1448	.4136	1.5056	.6437	1.6103	1.6204	1.6619	.8111
6	1.5236	.6728	1.3625	.7166	1.6210	.8049	1.0952	.6756	1.6109	.7721	1.3540	.6480
7	.9763	.2745	1.2486	.8022	.8942	.3678	1.3752	.4734	1.3972	.5753	1.9962	.6911
8	1.5821	.6026	1.5188	.7218	1.6328	.4819	1.0968	.6270	1.9161	.7718	1.6424	.8240
9	1.3333	.5565	.9215	.3664	.9521	.5814	1.5979	.6464	1.3123	.4440	1.2295	.6810
10	.9720	.5258	1.0073	.6377	1.6084	.5489	1.5570	.6380	1.5610	.7893	1.9681	.4859