



Allgemeine Psychologie
Medienpsychologie
Quantitative Methoden

Universität Bern
Institut für Psychologie
Lehrstuhl Prof. Dr. Rudolf Groner
Muesmattstrasse
3000 Bern 9
<http://visor.unibe.ch>

Selektive Aufmerksamkeit

Proseminar Praxisfelder der
Wahrnehmungspsychologie

Ursula Reusser
Anna Weber

Bern, 17. Feb. 2005

Praxisfelder der Wahrnehmungspsychologie

Vorwort

Angesichts der Tatsache, dass wir in jedem Augenblick unseres Lebens mit unseren Sinnesorganen unzählige Dinge aus unserer Umwelt wahrnehmen und dank eines Aufmerksamkeitsmechanismus, die relevanten von den irrelevanten Stimuli selektieren können, ist es interessant, dieses Phänomen „Selektive Aufmerksamkeit“ genauer zu betrachten.

Im Rahmen des Proseminars „Praxisfelder der Wahrnehmungspsychologie“ bei Dr. Bernd Kersten im Institut für Psychologie der Universität Bern haben wir uns an Hand von Krummenacher, von Mühlhenn und Müller (2003) in das Thema vertieft. Bezugnehmend auf diese Autoren geben wir einen Überblick über die ersten Theorien der selektiven Aufmerksamkeit. Dabei gehen wir auf die auditive, aber vor allem auf die visuelle selektive Aufmerksamkeit ein. Die Betrachtung dieser klassischen Theorien ergänzen wir mit zwei Artikeln aus der modernen Forschung.

Bern, im Februar 2005

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| VORWORT | II |
| 1 EINLEITUNG | 1 |
| 1.1 DEFINITION | 1 |
| UNGERICHTETE AUFMERKSAMKEIT (WACHSAMKEIT) | 1 |
| GERICHTETE ODER SELEKTIVE AUFMERKSAMKEIT (KONZENTRATION) | 1 |
| LÄNGERFRISTIGE AUFMERKSAMKEITZUWENDUNG | 1 |
| GETEILTE AUFMERKSAMKEIT | 1 |
| 1.2 SELEKTIONSFUNKTION DER AUFMERKSAMKEIT | 1 |
| 1.3 AUFMERKSAMKEITSFORSCHUNG | 2 |
| 2 KLASSISCHE THEORIEN DER SELEKTIVEN AUFMERKSAMKEIT | 3 |
| 2.1 CHERRYS PARADIGMA DES DICHOTISCHEN HÖRENS | 3 |
| 2.2 FILTERTHEORIE DER AUFMERKSAMKEIT (BROADBENT, 1958) | 3 |
| 2.3 SUCHASYMMETRIE UND DIE BEDEUTUNG VON OBJEKTEIGENSCHAFTEN (NEISSER, 1963) | 4 |
| <i>METHODE</i> | 4 |
| <i>ERGEBNISSE</i> | 4 |
| <i>DISKUSSION</i> | 5 |
| 2.4 DER ORT PRIORITÄRER VERARBEITUNG | 5 |
| <i>METHODE</i> | 5 |
| <i>ERGEBNIS</i> | 6 |
| <i>DISKUSSION</i> | 6 |
| 2.5 VERDECKTE AUFMERKSAMKEITVERSCHIEBUNG | 6 |
| <i>METHODE</i> | 7 |
| <i>ERGEBNIS</i> | 7 |
| <i>DISKUSSION</i> | 7 |
| 2.6 MERKMAL- UND KONJUNKTIONSSUCHE (TREISMAN) | 8 |
| <i>METHODE</i> | 8 |
| <i>ERGEBNISSE</i> | 9 |
| <i>DISKUSSION</i> | 9 |
| 2.7 MERKMALS-INTERGRATIONS-THEORIE DER VISUELLEN AUFMERKSAMKEIT (TREISMAN 1980) | 10 |
| 3 DIE ROLLE DES ARBEITSGEDÄCHTNISSES BEI DER VISUELLEN SELEKTIVEN AUFMERKSAMKEIT | 12 |
| <i>METHODE I</i> | 12 |
| <i>ERGEBNIS I</i> | 12 |
| <i>METHODE II</i> | 13 |
| <i>ERGEBNIS II</i> | 13 |
| <i>DISKUSSION</i> | 13 |
| 4 DIE MODULATION DER MENSCHLICHEN EXTRASTRIALEN VISUELLEN VERARBEITUNG DURCH AUF FARBEN UND WÖRTER GERICHTETE SELEKTIVE AUFMERKSAMKEIT | 14 |
| <i>METHODE</i> | 14 |
| <i>ERGEBNISSE</i> | 15 |
| <i>DISKUSSION</i> | 16 |
| 5 SCHLUSSWORT | 18 |
| LITERATURVERZEICHNIS | 20 |

1 Einleitung

1.1 Definition

Aufmerksamkeit kann in verschiedene Unterbereiche differenziert werden. Folgende Gliederung macht in einem alltagsbezogenen Kontext Sinn.

Ungerichtete Aufmerksamkeit (Wachsamkeit)

Tonische Wachheit: dauerndes Aktivierungsniveau, abhängig von Tageszeit und z.B. von Medikamenten

Phasische Wachheit: kurzfristige Anhebung des Aufmerksamkeitsniveaus im Sinne einer Alarm- oder Orientierungsreaktion.

Gerichtete oder selektive Aufmerksamkeit (Konzentration)

Fokussierte Aufmerksamkeit auf relevante Reize bei gleichzeitiger Unterdrückung von Störreizen. Dies kann bewusst/kontrolliert geschehen oder unbewusst/automatisch.

Längerfristige Aufmerksamkeitszuwendung

Umfasst nach der Häufigkeit der relevanten Reize zwei Aspekte:

Vigilanz: längerfristige Aufmerksamkeit unter monotonen Reizsituationen (niedrige Reizfrequenz). Wichtig für zahlreiche Überwachungstätigkeiten (z.B. Radarschirmüberwachung, LKW-Fahrer bei monotonen Autobahnfahrten).

Daueraufmerksamkeit: längerfristige Aufmerksamkeit bei hoher Reizfrequenz (z.B. Fließbandarbeit, Autofahren bei Gegenverkehr).

Geteilte Aufmerksamkeit

Simultanes Beachten verschiedener Reize in einer oder verschiedenen Sinnesmodalitäten. Das Konzept der geteilten Aufmerksamkeit ist eng mit der Vorstellung einer beschränkten Aufmerksamkeitskapazität gekoppelt. Die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitssteilung ist von Verarbeitungsressourcen und von der Qualität der verschiedenen Aufgaben, welche miteinander kombiniert werden sollen, bestimmt. Je ähnlicher die Aufgaben sind, umso mehr Interferenz entsteht zwischen ihnen.

1.2 Selektionsfunktion der Aufmerksamkeit

Allport (1987) illustriert das Selektionsproblem anhand einer Reihe von einfachen Situationen: „Viele Früchte sind in Reichweite und klar zu sehen; aber für jedes individuelle Hinreichen der Hand, für jeden Akt des Pflückens muss Information über genau eine von diesen, das spezielle Muster und die Richtung der Bewegungen steuern. Die Anordnung der

anderen Äpfel, schon vom Gehirn enkodiert, muss irgendwie vorübergehend von der direkten Steuerung des Greifvorgangs entkoppelt werden, obgleich sie natürlich noch die Handlung beeinflussen kann, zum Beispiel als Repräsentation eines Hindernisses, um das herum gegriffen werden muss, das aber nicht entfernt werden soll, und so weiter“ (S. 396).

„Ein Raubtier (ein Sperber zum Beispiel) trifft auf einen Schwarm von untereinander ähnlichen Beutetieren, aber er muss seinen Angriff selektiv auf eines von ihnen richten; das fliehende Opfer muss mit gleicher Geschwindigkeit, genau einen der möglichen Fluchtwege auswählen“ (ebd.).

In solchen Situationen gibt es also eine biologische Notwendigkeit für einen attentionalen Mechanismus der sensorischen Kontrolle zielgerichteter Handlungen, d.h. einen „Mechanismus [...] der selektiv eine Untermenge der verfügbaren und potentiell relevanten Informationen bezeichnen kann, [...] Diese Notwendigkeit [...] entsteht direkt aus den unzähligen Kombinationen möglicher Zuordnungen zwischen Domänen des sensorischen Inputs und des motorischen Outputs innerhalb der hochgradig parallel verteilten Organisation des Nervensystems“ (S. 379).

Die Selektionsfunktion der Aufmerksamkeit wird deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt eine grosse Menge von auditiven, visuellen und taktilen Reize auf unsere verschiedenen Sinnesorgane einwirkt. Allerdings werden wir uns nur eines kleinen Ausschnitts aus dieser Informationsmenge bewusst bzw. nur ein kleiner Ausschnitt aus dieser Menge beeinflusst unsere fortlaufende Interaktion mit der Umwelt. Dies heisst, aus der Gesamtmenge der eingehenden Information muss ständig die relevante Teilmenge ausgewählt werden, um effizientes und störungsfreies Handeln zu ermöglichen. Auf welche Weise die Aufmerksamkeit diese Funktion erfüllt, ist Gegenstand der Forschung zur selektiven Aufmerksamkeit.

1.3 Aufmerksamkeitsforschung

James hat sich 1890 der Aufmerksamkeit gewidmet und spricht in seiner Definition die Selektion als wesentliche Funktion der Aufmerksamkeit an. Die wissenschaftliche Beschäftigung mit diesem Thema wurde erst wieder im Kontext der Militärforschung während des Zweiten Weltkrieges intensiviert, insbesondere in Grossbritannien. Den Anstoss dafür gaben zahlreiche eklatante Bedienfehler beim Umgang mit den zunehmend komplexeren Maschinen. Welche kognitiven Prozesse ermöglichen es, sich beim Funkleitflug in einem Gewirr von Stimmen auf den eigenen Kontrollturm zu konzentrieren, und was kann unternommen werden, um diese Leistungen zu verbessern?

2 Klassische Theorien der selektiven Aufmerksamkeit

2.1 Cherrys Paradigma des dichotischen Hörens

Cherry (1953) war an dem so genannten Cocktailparty-Phänomen interessiert, d.h. der Frage, wie man es fertig bringt, einem bestimmten Gespräch in einem Raum zu folgen, in dem es einen Hintergrund anderer Gespräche gibt. Zur experimentellen Untersuchung entwickelte Cherry das Paradigma des dichotischen Hörens. In diesem Paradigma werden dem linken und dem rechten Ohr der Versuchsperson (Vp) gleichzeitig je eine „Nachricht“ zugespielt, wobei eine Nachricht zu „beschatten“, d.h. laut nachzusprechen ist. Im Anschluss an die Beschattungsdurchgänge waren die Vp kaum in der Lage, die Bedeutung der nicht beachteten Nachricht wiederzugeben oder zu berichten, ob sie von einer Sprache in eine andere wechselte. Die Vpn bemerkten jedoch, wenn die Stimme des Sprechers von der eines Mannes auf die einer Frau wechselte oder wenn ein „Beep“-Ton präsentiert wurde. Bei einer Darbietung zweier Nachrichten mit derselben Stimme in einem Ohr fanden die Vpn die Beschattung einer Nachricht äusserst schwierig.

Aus diesen Befunden zog Donald Broadbent (1958) in seinem sehr einflussreichen Buch „Perception and Communication“ folgende Schlüsse:

- aufgabenirrelevante Nachrichten werden vor ihrer vollen Verarbeitung abgeblockt
- physikalische Merkmale der Eingangsinformation sind effektive Hinweisreize (cues), um die unterschiedlichen Nachrichten auseinander zu halten
- nur physikalische Merkmale der nicht beachteten Nachricht können entdeckt werden
- folglich erfolgt die Nachrichtenselektion auf der Basis physikalischer Reizmerkmale (z.B. Reizort, Ohr, Frequenz)

Diese Schlüsse führten zum ersten modernen Modell der Informationsselektion und der Aufmerksamkeit, das die weitere Forschung auf dem Gebiet massgeblich beeinflusst hat und das wir im Folgenden erläutern werden.

2.2 Filtertheorie der Aufmerksamkeit (Broadbent, 1958)

Daniel Broadbent begründet das Dichotische Hören anhand seiner Filtertheorie der Aufmerksamkeit. Diese besagt, dass mehrere gleichzeitig dargebotene und vom einem Sinnesorgan verarbeitete Stimuli in paralleler Weise – d.h. gleichzeitig – an einen Zwischenspeicher weitergeleitet werden. Diesem Speicher nachgeschaltet befindet sich ein Filter, der die Signale aufgrund ihrer physikalischen Merkmale untersucht und eines davon durch einen Übertragungskanal zu höheren semantischen Verarbeitungsmechanismen sendet. Der Filter ist notwendig, um das kapazitätslimitierte, strikt serielle

Verarbeitungssystem (limited-capacity-channel) jenseits des Filters vor Überlastung zu schützen. Nur jene Information, die den Filter passiert, kann bewusst und Bestandteil des Langzeitgedächtnisses werden. Die Weiterleitung zu höheren Verarbeitungsstufen erfolgt nach dem Alles-oder-nichts-Prinzip. Broadbent betont, dass nur ein serieller, kapazitätslimitierter, zentraler Prozessor bestehe, so dass eine Teilung der Aufmerksamkeit schnelles Umschalten zwischen den Kanälen erfordert, was als Multiplexing bezeichnet wird. Die Filtertheorie macht also die Grundannahme, dass die Nachrichten-Selektion früh erfolgt (early selection), d.h. die Selektion erfolgt auf der Basis physikalischer Merkmale.

2.3 Suchasymmetrie und die Bedeutung von Objekteigenschaften (Neisser, 1963)

Jeder kennt wahrscheinlich die Situation, wenn er bzw. sie frühmorgens vor dem offenen Kühlschrank steht und aus dieser Menge von Lebensmitteln die Milch herausnehmen möchte. Wie gelingt es uns, innert kürzester Zeit diese Milchtüte zu finden und von den anderen Gegenständen zu abstrahieren? Mit dieser Thematik setzte sich Ulric Neisser (1963) intensiv auseinander und verfolgte die Fragestellung, wie es uns gelingt, ein bestimmtes Zielobjekt unter anderen ausfindig zu machen.

Methode

Neisser (1963) entwickelte einen Versuchsaufbau, in dem die Vpn die Aufgabe erhielten in Buchstabenlisten nach einem bestimmten Zielbuchstaben zu suchen. Dazu wurde ihnen in einem gegebenen Versuchsdurchgang rund 25 Buchstabenlisten dargeboten, von denen eine den Zielbuchstaben enthalten konnte. Eine Liste bestand aus vier bis sechs Buchstaben, wobei in der Hälfte der Durchgänge eine der Listen einen Zielbuchstaben enthielt, während in der anderen Hälfte der Durchgänge ausschliesslich Distraktor-Buchstaben dargeboten wurden. In der einen Bedingung sollte die Vp immer dann, wenn sie einen Zielbuchstaben entdeckt hatte, eine bestimmte Taste drücken, bzw. eine andere, wenn kein Zielbuchstabe enthalten war. In einer weiteren Bedingung hatten die Vpn die Aufgabe, die Listen nach der Abwesenheit eines bestimmten Buchstabens zu durchsuchen.

Ergebnisse

Es zeigte sich, dass die Suche nach der Anwesenheit eines Zielreizes viel kürzere Suchzeiten verlangte, als wenn die Vpn aufgefordert wurden die Liste nach der Abwesenheit eines Zielbuchstabens zu durchsuchen. Ebenfalls kürzere Suchzeiten zeigten sich bei Listen, deren Ziel- und Distraktortems keine oder fast keine Ähnlichkeiten aufwiesen.

Diskussion

Die starken Unterschiede in den Such-Reaktionszeiten erklärt sich Neisser dadurch, dass die Suche nach der Anwesenheit eines Zielreizes keine Identifikation der Hintergrund- bzw. Distraktoritems verlangt und somit in globalem Rahmen in paralleler Weise verlaufen kann. Die Probanden konnten die Aufgabe ohne semantisches Wissen über die Buchstaben lösen und somit mehrere Listen gleichzeitig durchsuchen. Die Suche nach der Abwesenheit eines Zielbuchstabens erfordert jedoch, dass jede Liste einzeln unter Einbezug der Hintergrund- bzw. Distraktor-Items in einem seriellen Prozess durchsucht werden muss. Eine solche Diskrepanz in der Such-Reaktionszeit in Abhängigkeit von der auszuführenden Aufgabe wird als Suchasymmetrie bezeichnet.

Weiter zeigten Neissers Versuchsergebnisse, dass die Eigenschaften oder Merkmale der Objekte die Reaktionszeiten der Suche ebenfalls stark beeinflussen können. Weisen die Ziel- und Distraktor-Items grosse Unterschiedlichkeiten auf (beispielsweise die Suche nach Z unter D, O, C) ist keine Identifikation der Items notwendig und die Liste kann in einer globalen Suche parallel verarbeitet werden. Dies führte zu viel kürzeren Entdeckungszeiten als bei der Suche in einer Bedingung, in der sich Ziel- und Distraktor-Items sehr ähneln, wie zum Beispiel die Suche nach T unter I, Z, L. Da in diesem Falle die Distraktor-Items aus sehr ähnlichen Komponenten bestehen, können die Objekte nicht holistisch (ganzheitlich) verarbeitet werden, sondern müssen in einem seriellen Prozess verglichen werden.

2.4 Der Ort prioritärer Verarbeitung

Neissers Befunde haben gezeigt, dass Interferenz zwischen einem Ziel- und Distraktor-Buchstaben auftreten kann, wenn diese dieselben Merkmale teilen. Eriksen und Eriksen (1974) gehen einen Schritt weiter mit der Frage, ob die räumliche Anordnung der Buchstaben eine weitere Ursache für die Interferenz ist. Tritt Interferenz nach dem „Alles-oder-nichts-Prinzip“ auf oder kann man einen Bereich bestimmen, innerhalb dessen Interferenz auftritt?

Methode

Eriksen und Eriksen beantworteten diese Fragen mit ihrem Flankierreiz-Paradigma:

Der Vp wird eine Liste von Buchstaben dargeboten, mit der Aufgabe, auf den zentralen Buchstaben zu reagieren und dabei die benachbarten (die Flankierbuchstaben) zu ignorieren. Die Buchstaben sind zwei Sets zugewiesen (Set 1: C, S; Set 2: H, K). Die Flankier- können also mit dem Zielbuchstaben kompatibel sein, d.h. sie gehören demselben Set an, oder sie sind inkompatibel, d.h. sie stammen aus dem anderen Set. Variiert wird zum einen das Set,

aus dem die Flankierbuchstaben stammen, und zum anderen der Abstand zwischen dem zentralen Ziel- und den Flankier-Buchstaben.

Ergebnis

Die Analyse der Reaktionszeiten zeigte, dass in der Bedingung mit inkompatiblen Flankier-Buchstaben stärkere Interferenz auftrat als in der Bedingung mit kompatiblen Flankierern. Interferenz gab es auch in den Bedingungen mit kleinem Abstand zwischen den Buchstaben, wobei diese von Bereich zu Bereich variiert. Ab Schwinkel 1 Grad und mehr entsteht keine Interferenz mehr.

Diskussion

Eriksen und Kollegen schlossen daraus, dass es möglich ist, den Bereich des visuellen Feldes einzugrenzen, aus dem eine Information genommen werden soll, und dass dieser Bereich eine Ausdehnung von ca. 1 Grad Schwinkel Durchmesser nicht unterschreiten kann. Sie gingen davon aus, dass das visuelle Feld von einer Art Selektions-Spotlight abgetastet wird, das sich wie ein Scheinwerferkegel in einem dunklen Raum bewegt. Nur Reize innerhalb des Kegels werden selektiert, wahrgenommen und können unser Handeln und Denken bestimmen. Sie nannten diese Vorstellung Spotlight-Metapher der Aufmerksamkeit.

La Berge erweiterte diese Metapher zur Gumilinsen-Metapher, da er zeigen konnte, dass die Grösse des Aufmerksamkeits-Spotlight variabel verstellbar ist. Die Aufmerksamkeit kann entweder auf einen kleinen Bereich mit einem Durchmesser von bis zu 1 Grad Schwinkel eingestellt werden und dabei eine hohe Auflösung aufweisen, oder aber sie kann auf einen grösseren Bereich eingestellt werden, wobei aber die Auflösung geringer wird.

Zusammengefasst gibt es für Eriksen und LaBerge einen Ort prioritärer Verarbeitung, der einerseits eine minimale Grösse nicht unterschreiten kann und dessen Grösse andererseits, je nach geforderter Aufgabe, variabel ist.

2.5 Verdeckte Aufmerksamkeitsverschiebung

Posner (1980) geht in seinem Paradigma davon aus, dass sich die Aufmerksamkeit im Stile von Eriksen et al. und LaBerge, wie ein Spotlight, verschieben kann, und zwar unabhängig von der Blickrichtung. Er geht in seiner Theorie von Halbseiten-Neglekt- und Extinktion-Patienten aus, welche eine Läsion im Parietalkortex aufweisen. Halbseiten-Neglekt-Patienten haben grosse Mühe, visuelle Reize wahrzunehmen und zu berichten, die sich im gegenüber, d.h. kontralateral zur Läsion gelegenen visuellen Halbfeld befinden. Eriksen und Eriksen (1974) haben als Erklärung dieser Beeinträchtigung einen Selektionsmechanismus in Form eines beweglichen Aufmerksamkeits-Spotlights vorgeschlagen. Posner hingegen vermutet, dass es Neglekt-Patienten nicht gelingt, ihre Aufmerksamkeit auf einen

bestimmten Ort des visuellen Feldes auszurichten. Bei der Extinktion liegt ebenfalls eine Vernachlässigung der kontralateralen Seite vor, allerdings nur dann, wenn sich in beiden visuellen Felder (also im intakten und im vernachlässigten) ein Objekt befindet. Das Objekt wird zwar im vernachlässigten Feld gesehen, aber nicht bewusst wahrgenommen, wenn ein weiteres Objekt im intakten Feld erscheint. Es gibt also eine Verarbeitung von Objekten, die sich nicht am Ort der aktuellen Blickposition befinden. Daraus stellt sich für Posner die Frage, ob das Aufmerksamkeits-Spotlight unabhängig von der Blickposition sein muss.

Methode

Sein Paradigma, das als räumliches Cue-ing bezeichnet wird, sieht folgendermassen aus: Auf einem Bildschirm wird ein zentraler Fixationspunkt dargestellt. Die Vp muss während des gesamten Durchgangs ihren Blick auf diesen Punkt ausrichten. Als Kontrolle dazu wird die Augenposition aufgezeichnet. An derselben Stelle wird kurze Zeit später ein Hinweisreiz präsentiert, der die Seite anzeigt, auf der mit einer hohen Wahrscheinlichkeit (.8) ein Zielreiz folgt. Der Hinweisreiz kann entweder ein Pfeil sein, was eine willentliche Reaktion auslöst (top-down), oder ein kurzes Aufleuchten eines Kästchens, in dem der Zielreiz präsentiert werden soll, was eine bottom-up Reaktion auslöst. Erscheint der Reiz, muss möglichst schnell mit einer Taste reagiert werden. Doch in 20% der Fälle ist der Hinweis falsch und der Reiz kommt auf der anderen Seite.

Neben der beschriebenen Bedingung mit 80% richtigen Cues, gab es eine neutrale Bedingung, in welcher der Cue eine Validität von 50% hatte, also nicht informativ war. An dieser neutralen Bedingung hat man die 80%- und 20%-Bedingungen ausgewertet.

Ergebnis

Die Vpn konnten in der Bedingung mit validen Cues schneller reagieren, was einen Reaktionszeit-Gewinn ist. In der Bedingung mit invaliden Cues war die Reaktionszeit (RZ) langsamer, es gab RZ-Kosten.

Diskussion

Da die Augenbewegungen kontrolliert wurden, kann man den RZ-Nutzen bzw. die RZ-Kosten nicht auf die Verschiebung der Blickposition zurückführen. Posner zeigt also, dass das Aufmerksamkeits-Spotlight unabhängig ist von der aktuellen Blickposition der Augen, und dass die Verschiebung des Aufmerksamkeits-Spotlight Zeit kostet.

Posner und Mitarbeiter schlugen aus den Befunden ein Modell, bestehend aus drei Schritten, vor:

1. Loslösung der Aufmerksamkeit von einem bestimmten Ort oder Objekt
2. Verschiebung der Aufmerksamkeit
3. Einsetzen der Aufmerksamkeit am neuen Ort

2.6 Merkmal- und Konjunktionssuche (Treisman)

Unsere Umwelt besteht aus einer Unmenge von Objekten und Orten, auf die unsere Aufmerksamkeit selektiv ausgerichtet wird. All diese Objekte lassen sich durch eine finite Menge an Eigenschaften bzw. Merkmalen beschreiben. Unter bestimmten Umständen besteht die Möglichkeit, dass ein gewisses Objekt nur anhand eines einzigen, salienten oder hervorstechenden Merkmals umschrieben werden kann, ohne alle Einzelheiten dieses Objekt bewusst zu verarbeiten. Hängt in meinem Kleiderschrank zum Beispiel nur ein einziger roter Pullover, ist es nicht nötig, dessen Form, Material, Ausschnitt oder andere Eigenschaften näher zu beschreiben, und es ist mir möglich, diesen rein aufgrund eines einzigen Merkmals (Feature) ausfindig machen. Besitze ich jedoch noch eine rote Strickjacke, einen roten Kapuzen- wie auch Wollpullover, wird es notwendig, dass ich die verschiedenen Eigenschaften meines roten Pullovers – dessen Form, Material etc – als Konjunktionen verarbeite, damit das richtige Objekt ausgewählt wird. Treisman bezeichnet deshalb die Suche nach einem Zielreiz mit einem einzigen, salienten Merkmal als Merkmalsuche und die Suche nach einem Stimulus, der durch mehrere Eigenschaften definiert ist, als Konjunktionssuche.

Methode

Um diesen Unterschied der verschiedenen Sucharten im Experiment genau zu untersuchen, bot sich das Paradigma der visuellen Suche an, welches sich als ein Testfeld für konkurrierende Theorien der selektiven Aufmerksamkeit erwiesen hat. Der Versuchsdurchgang folgte einem standardisierten Ablauf. Zur Kontrolle der Blickposition wurde in der Mitte eines Displays ein Fixationskreuz dargeboten, worauf die Vp ihren Blick richten mussten. Anschliessend erschien für eine kurze Zeit von einigen Milisekunden ein leerer Bildschirm, der gefolgt wurde vom eigentlichen Suchdisplay. Dieses Display enthielt unter einer variablen Anzahl von Distraktoritems in der Hälfte aller Durchgänge einen Zielreiz, auf den die Vp durch Tastendruck reagieren mussten. Befand sich kein Zielreiz unter den Distraktor-Items, musste dies durch das Drücken einer anderen Taste angezeigt werden. Beim Paradigma der visuellen Suche kann der Zielreiz der Vp im voraus bekannt sein (Bsp. Reaktion „Zielreiz anwesend“ wenn sich unter blauen Distraktor-Items ein gelbes Objekt befindet), wodurch die Vp ihr Wissen über den Zielreiz zur Lösung der Aufgabe einsetzen kann. In einer anderen Bedingung, die als Singleton-Zielreizsuche bezeichnet wird, wird die Identität des Zielreizes erst während des Versuchsdurchganges bekannt (Bsp. Darbietung roter oder blaue vertikale Balken, sowie grüne nach rechts und nach links geneigte Balken, immer zusammen mit grünen vertikalen Distraktoren). Bei dieser Art der

Suche ist die Reaktion massgeblich bottom-up, d.h. durch die Stimulusmerkmale beeinflusst.

Die Reaktionszeiten wurden ausgewertet in Abhängigkeit der Bedingungen „Zielreiz anwesend/ abwesend, wobei das Interesse vor allem den „Anwesend“-Reaktionen gilt und getrennt nach Anzahl der Items, die in einem Durchgang dargeboten wurden (=Displaygrösse). Setzt man diese Reaktionszeiten in Beziehung zu der jeweiligen Displaygrösse ergibt sich die Suchfunktion. Die resultierenden Suchfunktionen lassen sich meist durch folgende (lineare) Gleichung beschreiben: $RZ = a + b n$, wobei a der y-Achsenabschnitt der Suchfunktion (=Basis-RZ) ist und b die Steigung der Funktion gemessen in Zeiteinheiten pro Displayitem (=Suchrate).

Ergebnisse

Bei der Merkmalsuche zeigten sich keine Unterschiede in den Reaktionszeiten, ob nun beispielweise insgesamt 5 Items oder 20 Items dargeboten wurden; die Reaktionszeit-Funktion ist unabhängig von der Displaygrösse. Bei der Konjunktionssuche hingegen stieg die Reaktionszeit, sowohl in der „Anwesenheits-“, wie auch „Abwesenheits-Suche“ jeweils in Abhängigkeit von der Displaygrösse an. Ebenso zeigte sich, dass die Suche nach der Abwesenheit eines Zielreizes längere Suchzeiten erforderte als die Suche nach der Anwesenheit eines Zielobjekts.

Diskussion

Aufgrund der in verschiedenen Suchexperimenten beobachteten Suchfunktionen schlägt Treisman eine Unterscheidung zwischen zwei verschiedenen Verarbeitungsmodi der visuellen Suche vor: parallele und serielle Suche. Bleibt die Reaktionszeit-Funktion bei ansteigender Displaygrösse beinahe unverändert ($b \leq 10\text{ms/Item}$) – wie dies bei der Merkmalsuche der Fall ist - geht man davon aus, dass alle Items im Display simultan, d.h. parallel, abgesucht werden. Bei einer linear ansteigenden Suchfunktion ($b \geq 10\text{ms/Item}$) – wie dies bei der Konjunktionssuche aufzufinden ist – nimmt man dagegen an, dass die einzelnen Items in einem seriellen Prozess sukzessive abgesucht werden müssen. Je mehr Objekte sich in einem Display befinden, umso länger braucht eine Vp anscheinend, um zu entscheiden, ob ein Zielreiz vorhanden ist. Die serielle Suche kann „erschöpfend“ (exhaustive) sein, d.h. alle Displayitems werden abgesucht oder sie kann „selbst-abbrechend“ (serial self-terminating search) sein, sobald das Zielobjekt gefunden ist. Bestätigt wird dies mit der Tatsache, dass die Reaktionszeit-Funktion für Displays, die keinen Zielreiz enthalten, zur Funktion der Displays mit anwesendem Zielreiz in einem Verhältnis 2:1 stehen. Dieses Verhältnis weist darauf hin, dass die Suche nach der

Anwesenheit eines Zielreizes „selbst-abbrechend“ ist, wobei die Vp, sobald das Zielobjekt gefunden wurde, die Taste „Zielreiz anwesend“ drückt. Unter der Annahme, dass die Displayobjekte in zufälliger Reihenfolge verarbeitet werden, sollte ein Zielreiz im Durchschnitt nach der Verarbeitung der Hälfte aller Objekte gefunden sein (seriell-selbstabbrechend). Zur Feststellung der Abwesenheit eines Zielreizes müssen jedoch alle Displayobjekte vollständig durchsucht werden (seriell erschöpfend). Mit diesen Befunden ist jedoch noch nicht erklärt, warum manche Suchen parallel und manche seriell erfolgen. Um dies zu erklären, wurden eine Reihe Theorien der visuellen Suche entwickelt, wie zum Beispiel die folgende „Merkmals-Integrations-Theorie“ der Aufmerksamkeit von Treisman (1980).

2.7 Merkmals-Intergrations-Theorie der visuellen Aufmerksamkeit (Treisman 1980)

Anne Treisman (1980) integrierte die Befunde paralleler und serieller Suchfunktionen in ein Modell der visuellen Suche und Aufmerksamkeit, der Feature Integrations Theorie. Da sich bei der einfachen Merkmalssuche (simple feature search; Suche nach einem roten Balken unter blauen Balken) eine flache Suchfunktion aufzeigte, schloss Treisman, dass die Zielobjekt-Entdeckung auf parallelen, präattentiven Suchprozessen beruht, bei der sich das Target durch ein einfaches Merkmal (feature) von den Distraktoren unterscheidet. Die bei dieser Suche von den Displaygrößen unabhängigen Suchfunktionen erklärt sie sich dadurch, dass Merkmale wie Farbe oder Orientierung verarbeitet werden können, ohne dass der Aufmerksamkeitsfokus auf die Position eines Zielobjekts ausgerichtet muss. So werden Objektmerkmale wie Farbe, Orientierung oder Bewegung aller sich in einem Display befindlichen Objekte in spezifischen und voneinander getrennten Modulen gleichzeitig bzw. parallel verarbeitet. Das Ergebnis dieser Verarbeitung wird für jedes Merkmal auf einer topographisch organisierten Karte repräsentiert, wobei die relativen X- und Y-Positionen der Objekte im visuellen Feld aufrechterhalten werden. Beispielweise gibt es ein Modul, welches für die Verarbeitung von Farbe zuständig ist, ein anderes Modul kümmert sich um die Verarbeitung der Orientierung etc. Ist jedoch nach einer Konjunktion zu suchen (feature conjunction search; z.B. Suche nach bestimmter Farbe und Orientierung einem roten vertikalen Balken unter blauen vertikalen und roten horizontalen Balken), muss die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Lokation in der so genannten Hauptkarte der Lokation ausgerichtet werden. Durch diese Aufmerksamkeitszuweisung werden alle an den entsprechenden Stellen in den verschiedenen merkmalspezifischen Karten repräsentierten Objekteigenschaften zu einer kohärenten Objektrepräsentation integriert, wobei dies nur in einem seriellen Prozess stattfinden kann. Laut der Feature-Integration-Theorie durchläuft die

Objekterkennung also zwei Stufen: Auf der ersten Stufe werden die einzelnen Merkmale im visuellen Feld parallel registriert (Merkmalsverarbeitung) und dann auf der zweiten Stufe durch die serielle Allokation von Aufmerksamkeit zu einer kohärenten Objektrepräsentation gebunden (Merkmalintegration). Die zentrale Aufgabe der Aufmerksamkeit besteht also darin, durch ortsbasierte Bahnung einzelne Objekteigenschaften zu einer kohärenten Objektrepräsentation zu integrieren, wobei die Hauptkarte der Lokation den Zugang zu höheren kognitiven Verarbeitungsschritten ermöglicht.

Als einen weiteren Beleg dieser Theorie werden so genannte „illusionäre Konjunktionen“ angeführt, welche entstehen, sobald einer Vp Objekte nur kurzzeitig dargeboten werden. Da die Vp bei dieser kurzen Displaydarbietung nicht fähig ist, ihre Aufmerksamkeit auf die entsprechenden Positionen zu richten, können die Objekteigenschaften nicht richtig integriert werden und gehen falsche Bindungen ein. So kann beispielsweise ein dargebotenes rotes Dreieck plötzlich als gelb und ein ursprünglich gelber Kreis als rot beschrieben werden.

3 Die Rolle des Arbeitsgedächtnisses bei der visuellen selektiven Aufmerksamkeit

Fockert und Kollegen (2001) untersuchten die Hypothese, ob das Arbeitsgedächtnis in den Prozess der selektiven Aufmerksamkeit involviert ist, das heisst, ob das Arbeitsgedächtnis den Prozess der Reizreduzierung von irrelevanten Stimuli, bei gleichzeitiger Fokussierung relevanter Stimuli, unterstützt.

Methode I

Es wurden zwei unabhängige Aufgaben kombiniert – die eine soll die visuelle selektive Aufmerksamkeit erfordern, die andere das Arbeitsgedächtnis – mit der Vermutung, dass erhöhte Leistung des Arbeitsgedächtnisses eine reduzierte Verarbeitung von visuellen Distraktors zur Folge hat. Um die Hypothese zu prüfen führten Lavie und Fockert mit 10 Versuchspersonen (Vpn) ein Verhaltensexperiment durch. In der Aufmerksamkeits-Aufgabe wurde einer Vp auf einem Bildschirm Namen von Popstars und Politikern gezeigt, mit der Aufforderung, den gelesenen Namen dem entsprechenden Berufsfeld (Popstar/Politiker) zuzuordnen. Gleichzeitig zu den Namen wurde der Vp auch Distraktor-Gesichter gezeigt, welche sie zu ignorieren hatten. Diese Distraktor-Gesichter konnten mit dem geschriebenen Namen i) kongruent, ii) inkongruent oder iii) anonym sein. Es wurden dabei die Reaktionszeiten der Berufsklassifizierung zwischen der kongruenten und inkongruenten Bedingung gemessen.

Zuvor wurde der Vp eine Gedächtnisaufgabe gestellt, welche also das Arbeitsgedächtnis beanspruchen soll. Bei dieser Aufgabe ging es darum, sich eine Zahlen-Reihenfolge zu merken, welche nach der letzten Aufmerksamkeitsaufgabe wiedergegeben werden musste. Die Leistung wurde bei jedem Durchgang variiert, indem die Zahlenreihenfolge entweder stetig (0 1 2 3 4) oder randomisiert (0 3 4 2 1) war.

Ergebnis I

Bei der Manipulation der Arbeitsgedächtnis-Leistung resultierte ein Effekt. Eine stetige Reihenfolge konnten sich die Vpn merken, ohne das Arbeitsgedächtnis zu strapazieren und konnten dadurch die Namen gleich schnell klassifizieren wie bei der Bedingung ohne Erinnerungsaufgabe. Die randomisierte Reihenfolge mussten die Vpn während eines Durchgangs ständig innerlich aufsagen, das heisst, dass das Arbeitsgedächtnis stärker beansprucht wurde und somit die Vpn in dieser Bedingung eine höhere Reaktionszeit aufwiesen. Einen weiteren Effekt gab es zwischen der Distraktor-Bedingung und der Arbeitsgedächtnis-Leistung. Der Interferenz-Effekt des Distraktors war signifikant höher

während der hohen (78 ms) im Vergleich zur tiefen (46 ms) Leistung des Arbeitsgedächtnisses.

Methode II

Wenn die Verarbeitung irrelevanter Stimuli abhängig ist von der Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses, dann sollte erhöhte Aktivität, ausgelöst durch die Distraktor-Gesichter, auch im visuellen Cortex zu finden sein. Lavie und Fockert schlossen sich deshalb mit den Gedächtnis-Imaging-Experten Frith und Rees zusammen, um an Hand von fMRI (Functional Magnetic Resonance Imaging) die Gedächtnisaktivität von sechs Vpn während der beiden Aufgaben (Aufmerksamkeit- und Gedächtnisaufgabe) zu messen.

Ergebnis II

Wie vermutet, entdeckte man mehr Aktivität im präfrontalen Cortex, wenn das Arbeitsgedächtnis stark strapaziert, als wenn es nicht belastet wurde. Weiter fand man heraus, dass durch die Distraktor-Gesichter ausgelöste Aktivierung in einer posterioren Gedächtnisarea stärker ist, wenn das Arbeitsgedächtnis ausgelastet ist, als wenn es unbelastet ist. Anders gesagt, wenn das Gedächtnis intensiv am Denken ist, muss es mehr Arbeit leisten, um die irrelevante, visuelle Information zu verarbeiten.

Diskussion

Die Resultate des Verhaltensexperimentes und der funktionellen Bilder zeigen eine Interaktion zwischen Arbeitsgedächtnis und selektiver Aufmerksamkeit. Hohe Leistung im Arbeitsgedächtnis bewirkt einerseits einen erhöhten Interferenzeffekt bei der Distraktor-Gesichter-Aufgabe und andererseits eine erhöhte Aktivierung in visuellen Areas der selektiven Gesichterverarbeitung. Auch wenn das Arbeitsgedächtnis und die selektive Aufmerksamkeit in zwei verschiedenen, voneinander unabhängigen Aufgaben manipuliert wurden, haben sie dennoch interagiert, wie die Hypothese vorausgesagt hat. Diese Befunde unterstützen die Evidenz für die theoretische Annahme, dass das Arbeitsgedächtnis der Kontrolle der visuellen selektiven Aufmerksamkeit im menschlichen Gehirn dient. Diese Studie gibt nicht nur neue Erkenntnisse in der Aufmerksamkeitsforschung, sondern zeigt auch neue Wege für die Behandlung bei Gedächtnisstörungen. Schizophrenie, Parkinson, aber auch normale Alterserscheinungen weisen eine verminderte Leistung des Arbeitsgedächtnisses und eine reduzierte Fähigkeit, Distraktoren zu selektieren, auf. Die erwähnten Symptome können während des Kontrollprozesses des Arbeitsgedächtnisses über die visuelle Aufmerksamkeit die neuronale Verbindung zwischen präfrontalen Cortex und visuellen Gehirnregionen beeinträchtigen oder stören vielleicht einzig innerhalb des präfrontalen Cortex. Lavie und Kollegen wollen weiterführend die Auswirkungen ihrer Befunde auf Schizophrenie-Patienten untersuchen.

4 Die Modulation der menschlichen extrastriellen visuellen Verarbeitung durch auf Farben und Wörter gerichtete selektive Aufmerksamkeit

Das Gehirn ist fähig, seinen Aufmerksamkeitsfokus selektiv und dynamisch auf jene Prozesse zu richten, die für den Organismus relevant sind. Verhaltensstudien zeigen, dass Objekte, die im Fokus der Aufmerksamkeit liegen, besser wahrgenommen und unterschieden werden können (Posner 1980 in Nobre et al. 1998). Studien an Patienten mit Gehirnläsionen und an Primaten weisen auf, dass bestimmte Regionen innerhalb der parietalen und frontalen Hirnrinde ein kortikales Netzwerk bilden, welches die Aufmerksamkeitslenkung im Raum kontrolliert. In der Studie von Nobre et al. wird der Effekt untersucht, den die auf Farben und Wörter gerichtete selektive Aufmerksamkeit auf die Gehirnaktivität innerhalb denjenigen Regionen des visuellen Kortexes ausübt, die normalerweise für die Verarbeitung von Objekten und Wörter verantwortlich sind.

Frühere Studien an Primaten und Menschen mit Gehirnläsionen zeigten, dass die Transduktion der externen visuellen Welt eine Menge funktional spezialisierte Gehirnregionen involviert. Während sich ein Strang von mehr dorsal gelegenen Gehirnregionen um die Orientierung und Bewegung von Objekten im visuellen System kümmert, ist ein Strang von ventral gelegenen Gehirnregionen für die Objekterkennung spezialisiert.

Methode

Insgesamt nahmen neunzehn Personen am Experiment teil, welche alle Patienten des Yale-West-Haven Veterans Administration Medical Center waren und dort mit medizinisch schwer behandelbarer Epilepsie an einem Epilepsie-Chirurgie-Programm teilnahmen. Um den Herd des Anfalls zu lokalisieren, wurden an der posterior inferioren Oberfläche des Temporallappens Elektroden befestigt. Drei bis vierzehn Tage nach der Implantation der Elektroden wurden die experimentellen Daten per Monitore gleichzeitig mit den medizinischen Beobachtungen erfasst. Die Versuchspersonengruppe bestand aus neun Frauen und zehn Männern, mit einem Durchschnittsalter von 31 Jahren (zwischen 19 und 44 Jahre). Ihr verbaler IQ wies einen Durchschnitt von 91 auf (zwischen 75 und 124) und ihr handlungsbezogener IQ war im Durchschnitt 96 (zwischen 79 und 123). Die meisten Vpn waren Rechtshänder (15/19) und zeigten im „amobarbital test“, dass ihre linke Hemisphäre bei Sprachen dominant wirkte (18/19).

Den Vpn wurden zwei randomisiert durchmixte Texte mit Wörtern entweder in grüner oder roter Farbe dargeboten. Die Wörter erschienen nur kurz (100ms) in kleinen Abständen und

ausschliesslich im Zentrum des Monitors. Der Bildschirm befand sich 70cm von der Vp entfernt und die Durchschnittswortlänge betrug 5 Buchstaben. Die Texte wurden aus Büchern und Zeitschriften entnommen (sixth-grade reading level) und umfassten zwischen 250 und 350 Wörter. Paare von Texten mit gleicher Wortlänge wurden randomisiert vermischt. Die Reihenfolge der Wörter innerhalb der Texte wurde beibehalten und die Randomisation wurde soweit eingeschränkt, dass nie mehr als drei aneinander gereihete Wörter eines Textes verwendet wurden. Aus insgesamt vierzig Texten wurden zwanzig Textkombinationen geformt. Jede Vp wurde mit fünf Textkombinationen getestet, wobei eine davon als Übungsdurchlauf genutzt wurde. Die verwendeten Texte und die Textfarbe wurden über die Vpn hinweg randomisiert. Die Validität der Aufgabenstellung bezüglich der selektiven Aufmerksamkeit, wurde bereits in früheren Studien an gesunden Freiwilligen getestet.

Das Experiment fand im Spitalzimmer der Vp statt. Licht und Lärm wurden während des Versuchsablaufs so gut wie möglich reduziert. Die EEG wurden von 32 bis 64 Elektroden gleichzeitig erfasst (mit einem Bandpass von 0.1 –100 Hz gefiltert und mit 170-250 Hz digitalisiert).

Die Vpn sassen aufrecht in ihrem Bett und schauten in den rechtwinklig zu ihrer Blickposition platzierten Monitor. Sie hatten die Aufgabe, entweder den roten (the „attend-red condition“) oder grünen (the „attend-green condition“) Text leise zu lesen und dessen Inhalt zu verstehen. Nach mindestens einem Übungsdurchlauf folgten im Minimum vier Testdurchläufe, wobei sich je zwei in jeder Bedingung befanden. Jeder Block dauerte zwischen fünf und sieben Minuten. Am Schluss jedes Blockes hatten die Vpn Multiple-choice-Fragen zum relevanten (attended) Text zu beantworten. Die Fragen waren textspezifisch und somit nicht durch Allgemeinwissen beantwortbar.

Ergebnisse

Die Vpn wiesen einen hohen Verständnisgrad für den relevanten (bewusst verarbeiteten) Text auf. Das durchschnittliche Resultat betrug 90% und variierte zwischen 67 und 100%. Die Überprüfung des Verständnisses der irrelevanten Texte war nicht möglich, da dies die bewusst eingesetzte „ignore“-Bedingung verändert hätte. Bei der Post-Test-Phase stellte sich jedoch heraus, dass die meisten VPn die irrelevanten Texte nicht wahrgenommen haben.

Die Wirksamkeit von dieser Bedingung der selektiven Aufmerksamkeit wurde in Studien mit gesunden Freiwilligen validiert, wobei diese Vpn umfassendere Experimente und den Gebrauch von standardisierten Texten und Datenerfassungen ermöglichten. In solchen Studien zeigten sich signifikant höhere Verständniswerte, wenn die Vp ihre Aufmerksamkeit

auf einen Text richteten, als wenn sie diese gleichzeitig auf beide Texte verteilten (Nobre 1993 in Nobre et al.1998).

Effekte von selektiver Aufmerksamkeit wurden konsistent bei ERP's beobachtet, welche im hinteren Teil des gyrus fusiformis ausgelöst wurden. Sowohl die ERP's von beachteten Worten wie auch von den ignorierten Worten zeigten, dass die selektive Aufmerksamkeit unabhängig von der Wortfarbe ist. Die Wellenformen divergierten in Abhängigkeit davon, ob die Aufmerksamkeit auf den Text gerichtet wurde (attended-condition) oder nicht (ignored-condition). Der Aufmerksamkeitseffekt trat erwartungsgemäss spät auf (400-500ms). Wörter, die im ignorierten Text erschienen, erzeugten Wellen mit einer langen negativen Krümmung zwischen 350 und 800 ms, wobei bei beachteten Wörtern die Welle im späteren Teil positiver blieb.

Fünfzehn der 19 Vp hatten Elektroden über dem gyrus fusiformis posterior oder dem sulcus occipitalis implantiert. Vierzehn von ihnen zeigten ERP's, die durch Aufmerksamkeit moduliert wurden. Aufmerksamkeitseffekte wurden definiert als eine klare, über die Farben hinweg konsistente, Abweichung zwischen ERP's, die durch beachtete oder unbeachtete Wörter ausgelöst wurden. Der Aufmerksamkeitseffekt war hiermit unabhängig von physikalischen Unterschieden zwischen den Stimuli, d.h. unabhängig von der Wortfarbe. Die zwei Farben dienten ausschliesslich als eine „within-subject“-Replikation.

Diskussion

Die Studie zeigt auf, dass neuronale Aktivität innerhalb spezialisierter Regionen des extrastrialen visuellen Kortexes durch selektive Aufmerksamkeit verändert werden kann, unabhängig von den physikalischen Attributen des Stimulus. Aufmerksamkeit ist hiermit fähig, visuelle Prozesse zu beeinflussen, wobei dies nicht nur über visuelle Gehirnregionen geschieht, sondern auch innerhalb von kortikalen Gebieten, die für bestimmte Attributionsprozesse spezialisiert sind. Diese Ergebnisse unterstützen und erweitern die Resultate früherer „neuroimaging“ und neurophysiologischen Studien zur selektiven Aufmerksamkeit. Die unterschiedliche Aktivierung von Regionen des extrastrialen Kortexes äusserte sich, wenn Vp ihre Aufmerksamkeit selektiv auf Farbe, Form oder Bewegungsgeschwindigkeit richteten.

Die Studie zeigt auch, dass die Modulation der visuellen Verarbeitung innerhalb der extrastrialen Regionen ohne die Anwesenheit jeglicher räumlicher Hinweisreize stattfinden kann.

Die Resultate zeigen auf, dass der Aufmerksamkeitseffekt hauptsächlich in jenen Teilen des gyrus fusiformis auftreten, die vorwiegend für Wörter spezialisiert sind.

Die höchsten ERP's und Aufmerksamkeitseffekte wurden im gyrus fusiformis posterior aufgezeichnet – eine Hirnregion, die besonders stark auf Buchstabenketten anspricht. Weder die Form der ERP's noch deren Modulation wurden durch die Wortfarbe ausgelöst.

Das vorliegende Aufmerksamkeitsexperiment wurde durchgeführt, bevor begonnen wurde, im gyrus fusiformis spezifische Gesichts-Verarbeitungsprozesse zu untersuchen. Daher ist die mögliche Beziehung zwischen Wort-Aufmerksamkeit und Gesichts-Aufmerksamkeit noch unbekannt und bedarf weiterer Forschung.

Der späte Beginn des Aufmerksamkeitseffekts deutet auf top-down Modulation der visuellen Verarbeitung hin. Während die Potentiale bei der Verarbeitung von Buchstabenketten ihren Höhepunkt nach 150-200ms erreichen, starten Aufmerksamkeitseffekte nach 350 ms und gipfeln erst später. Vermutlich ist die Verarbeitung von Buchstabenketten, welche sich möglicherweise auf die Wortform bezieht, bei Beginn des Aufmerksamkeitseffekts bereits abgeschlossen.

Auf die Frage, ob Aufmerksamkeitseffekte in einer Hemisphäre vermehrt aufzufinden war, zeigte sich keine Evidenz. Der Effekt wurde sowohl in der linken wie auch der rechten Hemisphäre mit gleicher Wahrscheinlichkeit und gleicher Stärke gefunden. Generell ist es eher problematisch bei intracranialen Studien Interpretationen zur Hemisphären-Dominanz zu machen, da die Elektroden oft asymmetrisch platziert sind und keine allgemein geltenden Regeln aufgestellt werden können.

5 Schlusswort

Die Befunde zur auditiven Aufmerksamkeit führten zu Ansätzen, denen zufolge man nur eine Nachricht zu einer Zeit verarbeiten kann, wobei diese Information mittels eines auf einer frühen Stufe arbeitenden Filtermechanismus (auf der Basis physikalischer Merkmale) ausgewählt wird. Andere Nachrichten werden mehr oder weniger effektiv abgeblockt. Die semantische Bedeutung spielt also bei dieser Betrachtung keine Rolle, selektiert wird eine Nachricht zum Beispiel auf Grund der Stimme, der Frequenz oder des Ortes. Einer alternativen Erklärung zufolge werden alle Nachrichten gleichermassen verarbeitet und die Auswahl erfolgt erst spät, basierend auf der Relevanz der Nachricht für die Verhaltenssteuerung (semantische Bedeutung).

Die Befunde zur visuellen Aufmerksamkeit führten zu Ansätzen, welche die Selektion als orts-, als objekt- bzw. als dimensionsbezogen konzipieren. Nach ortsbezogenen Theorien (Eriksen et al., Posner) fungiert die Aufmerksamkeit als eine Art „Spotlight“, das nur eine Stelle im Feld „beleuchten“ und damit die Informationsverarbeitung an diesem Ort bevorzugen kann. Dagegen wird nach objektbezogenen Ansätzen (Neisser) die Aufmerksamkeit auf Objekte ausgerichtet und nur ein Objekt kann zu einer gegebenen Zeit verarbeitet werden. Der Merkmalsintegrations-Theorie zufolge liegt die Aufgabe der Aufmerksamkeit darin, durch ortsbasierte Bahnung einzelne Objekteigenschaften zu einer kohärenten Objektrepräsentation zu integrieren.

Wie es Theorien an sich haben, scheinen sie im ersten Moment logisch und stimmig. Uns ist es beim Erarbeiten der Thematik nicht anders ergangen. Vor lauter Theorien fehlte uns zu Beginn der Überblick und so war unsere eigene, kritische Ansicht gefordert. Doch die eigene Meinung zu bilden war insofern schwierig, als die behandelten Theorien relativ alt sind und uns die moderne Perspektive zu diesem Thema fehlte.

Die Befunde der auditiven Aufmerksamkeitsforschung scheint uns widersprüchlich, wenn sie davon ausgehen, dass Selektion auf der Basis von physikalischen Reizmerkmalen erfolgt und in ihrem ursprünglichen Cocktailparty-Phänomen spricht Cherry davon, dass wir unseren Namen aus einer undifferenzierbaren Geräuschkulisse heraushören können. Dieses Phänomen bestätigt unserer Ansicht nach gerade die semantische Bedeutung bei der Selektion.

Bei den visuellen, selektiven Aufmerksamkeits-Theorien bieten uns sowohl die objektbasierte, wie auch die ortsbasierten Theorien nachvollziehbare und überzeugende Ansätze. Gerade deshalb scheint uns Treisman's integrierende Theorie eine optimale

Lösung. Die Literatur bestätigt unsere Meinung insofern, als Treisman in neueren Studien häufig zitiert wird.

Die Untersuchung von Fockert et al. (2001) zeigt uns eine Interaktion zwischen dem Arbeitsgedächtnis und der selektiven Aufmerksamkeit. Die Kontrollfunktion des Arbeitsgedächtnisses über die selektiven Aufmerksamkeitsprozesse wird mit dem Verhaltensexperiment und den funktionellen Bilder bestätigt. Doch was uns skeptisch lässt bei dieser Studie ist die doch sehr kleine Stichprobe (N=10).

Aufmerksamkeit ist ein sehr komplexer Mechanismus, bei welchem viele Faktoren zusammen spielen. Die Kapazitätsbegrenzung unseres Gedächtnisses macht selektive Aufmerksamkeit notwendig. Selektion soll uns also vor Überbelastung schützen. Allport (1987) erwähnt aber auch die handlungsvermittelnde Funktion der Aufmerksamkeit, indem die Selektion dazu dient, dass ein Handlungsziel möglichst effizient und koordiniert erreicht werden kann.

Worauf wir unsere Aufmerksamkeit richten, wird zum grossen Teil von unseren gegenwärtigen Zielen (Motivation) bestimmt, in experimentellen Bedingungen jedoch in erster Linie von Instruktionen.

In dieser Arbeit konzentrierten wir uns ausschliesslich auf die Aufmerksamkeit, welche auf die äussere Umwelt gerichtet ist. Die Forschung tut dies ebenso. Interessant wäre aber sicher auch eine Betrachtung der Aufmerksamkeit auf innere Repräsentationen (Gedanken, Langzeitgedächtnis).

Literaturverzeichnis

- Allport, D. A. (1987). Selection for action: Some behavioral and neurophysiological considerations of attention and action. In H. Heuer & A. F. Sanders (Eds.), *Perspectives on Perception and Action* (pp. 395-419). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Fockert, J.W., Rees, G., Frith, D. und Lavie, N. (2001). The Role of Working Memory in Visual Selective Attention. *Science*, 291, 1803-1806.
- Krummenacher, J., von Mühlenen, A. & Müller, H. J. (2003). *Selektive Aufmerksamkeit*. In B. Kersten & M. Groner (Eds.), *Praxisfelder der Wahrnehmungspsychologie*. Bern: Huber.
- Morschitzky, H. Aufmerksamkeit. November 2004. <http://www.panickattacken.at>
- Nobre, A.C., Allison, T. und McCarthy, G. (1998). Modulation of human extrastriate visual processing by selective attention to colours and words. *Brain*, 121, 1357-1368.