

Funktionelle Gehirnasymmetrien für die Integration von Ebene und Form bei hierarchischen visuellen Reizen

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades des

Doktors der Naturwissenschaften

(Dr. rer. nat.)

an der

Universität Konstanz,

Mathematisch-Naturwissenschaftliche Sektion,

Fachbereich Psychologie

vorgelegt von

Gregor Volberg

im

August 2004

Tag der mündlichen Prüfung: 03. Dezember 2004

1. Referent: Prof. Dr. Ronald Hübner

2. Referent: PD Dr. Andreas Keil

Danksagung

Während der Entstehung dieser Arbeit haben mir viele Personen mit inhaltlichem Rat weitergeholfen oder haben mich durch ihre persönliche Zuwendung unterstützt. Ihnen gilt mein herzlich empfundener Dank:

Herrn Prof. Dr. Ronald Hübner für die sehr persönliche Betreuung dieser Arbeit und seinen Rat in allen inhaltlichen Fragen; Herrn PD Dr. Andreas Keil für seine Hilfe bei der EEG-Untersuchung und für die Übernahme der Zweitbegutachtung; Marco Steinhauser, Michel Druey, Carola Lehle, Tobias Studer und anderen assoziierten Mitgliedern der Arbeitsgruppe Kognitive Psychologie für Korrekturen, Anregungen und Geselligkeit; Franka Glöckner für ihre Hilfe bei der Datenerhebung; meinen Freunden, davon insbesondere Inge und Stefan Hünemann für die Schweizer Grillabende; meiner Schwiegermutter Edelgard Hünemann für ihren Zuspruch; meinen Geschwistern Katja und Markus Volberg und ihren Familien für die schönen Treffen; meiner Mutter Gudrun Volberg für ihre mütterliche Unterstützung. Besonders danken möchte ich schließlich meiner Frau Leonie für viele hilfreiche Diskussionen und kritische Verbesserungsvorschläge für diese Arbeit. Ihre Nähe und Zuneigung haben alle Entbehrungen während des Verfassens der Arbeit aufgewogen.

Zusammenfassung

Es wird allgemein angenommen, dass die lokale bzw. globale Ebene von hierarchischen visuellen Reizen effektiver in der linken bzw. der rechten zerebralen Hemisphäre verarbeitet wird. Jedoch sind die spezifischen Bedingungen für das Auftreten des Hemisphärenunterschiedes sowie die dem Unterschied zugrunde liegenden Mechanismen bislang weitgehend unbekannt.

Um zu einem besseren Verständnis dieser Mechanismen zu gelangen, wurden eine EKP-Studie (Studie I) und zwei Reaktionszeitstudien (Studien II und III) mit hierarchisch strukturierten Buchstaben durchgeführt. Die Aufgabe war es, die Form auf einer vorher festgelegten Ebene zu identifizieren (Studien I und II) bzw. vorher festgelegte Formen auf einer der beiden Ebenen zu kategorisieren (Studie III).

In den ersten beiden Studien zeigten sich Hemisphärenunterschiede nur dann, wenn die Formen auf den Ebenen desselben hierarchischen Reizes einen Antwortkonflikt produzierten. Als Erklärung dafür wurde angenommen, dass die Formen auf einer frühen Stufe der Verarbeitung unabhängig von ihren Ebenen repräsentiert sind, und dass die Hemisphären sich nur im Bezug auf die spätere Integration dieser Informationen unterscheiden. Folglich treten Hemisphärenunterschiede vor allem mit konfligierenden Reizen auf, bei denen für die korrekte Antwortselektion eine höherwertige, d. h. integrierte Repräsentation erforderlich ist. In Übereinstimmung mit dieser Interpretation zeigten die Ergebnisse der dritten Studie einen positiven Zusammenhang zwischen der Reaktionszeit und den assoziierten Hemisphärenunterschieden: Schnelle Reaktionen anhand früher Formrepräsentationen führten zu weniger Hemisphärenunterschieden als langsamere Reaktionen auf der Basis von späten integrierten Repräsentationen.

Die Resultate aller drei Studien unterstützen somit die Annahme, dass sich die Hemisphären im Bezug auf die Integration von Ebene und Form bei hierarchischen Reizen unterscheiden: Die linke Hemisphäre hat einen Vorteil bei der Integration von Formen an die lokale Ebene, und die rechte Hemisphäre ist effizienter bei der Integration von Formen an die globale Ebene.

Summary

It is generally assumed that the local and global levels of hierarchically structured visual stimuli are processed with a higher efficiency in the left and right cerebral hemispheres, respectively. However, the specific conditions under which the hemispheric difference shows up, as well as the underlying mechanisms for this effect, are yet largely unknown.

In order to attain a better understanding of these mechanisms, one ERP study (study I) and two response time studies (studies II and III) with hierarchically structured letters were conducted. The task was to identify a form on a pre-specified level (studies I and II) or to categorize a pre-specified form on either level of the stimulus (study III).

In the first two studies hemispheric differences only occurred if the forms on the levels of the same stimulus produced a response conflict. As an explanation, it was assumed that the forms are represented independently of their levels on early stages of processing, and that the hemispheres only differ with respect to the later integration of these information. Accordingly, hemispheric differences mainly show up with conflicting stimuli, where a highly elaborated (i.e., integrated) representation is needed for the response selection. In line with this interpretation, the results of study III showed a positive relation between the response times and the associated hemispheric differences: Fast responses by means of early form representations led to less hemispheric differences than slower responses based upon later, integrated representations.

Thus, the results of all three studies support the assumption that the hemispheres differ with respect to the integration of level and form of hierarchically structured stimuli: The left hemisphere has an advantage for the integration of forms with the local level, and the right hemisphere has a higher capacity for integrating forms with the global level.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

I. Einführung: Hierarchische Reizverarbeitung und die damit verbundenen Hemisphärenunterschiede	1
1. Die Verarbeitung hierarchisch strukturierter Reize	4
1.1. Die Theorie der globalen Präzedenz	6
1.2. Mechanismen der hierarchischen Verarbeitung	10
2. Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung	15
2.1. Perzeptuelle Faktoren	22
2.2. Attentionale Faktoren	31
2.3. Zusammenfassung	38
II. Studie I: Zur Rolle von Stimulusposition und Antwortkonflikten für Hemisphärenunterschiede in der hierarchischen Verarbeitung: Eine EKP-Untersuchung	39
1. Methode	44
1.1. Versuchspersonen	44
1.2. Stimuli	45
1.3. Geräte und Prozedur	45
2. Ergebnisse	47
2.1. Verhaltensdaten	47
2.2. EKP-Daten	49
3. Diskussion	53
III. Studie II: Hemisphärenunterschiede für die Integration von Ebene und Form	57
1. Experiment 1	60
1.1. Methode	63
1.2. Ergebnisse	66
1.3. Diskussion	68
2. Experiment 2	69
2.1. Methode	72
2.2. Ergebnisse	73
2.3. Diskussion	78
3. Experiment 3	79
3.1. Methode	81
3.2. Ergebnisse	82
3.3. Diskussion	84
4. Generelle Diskussion	85
IV. Studie III: Hemisphärenunterschiede bei verteilter und selektiver Aufmerksamkeit auf die Ebenen	90
1. Experiment 1	96
1.1. Methode	97

1.2.	Ergebnisse.....	99
1.3.	Diskussion.....	100
2.	Experiment 2.....	103
2.1.	Methode.....	104
2.2.	Ergebnisse.....	105
2.3.	Diskussion.....	107
3.	Experiment 3.....	108
3.1.	Methode.....	109
3.2.	Ergebnisse.....	110
3.3.	Diskussion.....	114
4.	Generelle Diskussion.....	116
V.	Gesamtdiskussion.....	120
VI.	Literaturverzeichnis.....	129
Anhang		
Anhang A.....		ii
Anhang B.....		xvii
Anhang C.....		xxv

Abkürzungsverzeichnis

In den Abbildungen und Tabellen dieser Arbeit finden die folgenden Abkürzungen Verwendung:

RT	Reaktionszeit
ER	Fehlerrate
VF	visuelles Feld
LVF	linkes visuelles Feld
RVF	rechtes visuelles Feld
ZVF	zentrales visuelles Feld
LH	linke Hemisphäre
RH	rechte Hemisphäre
UU	unterschiedlicher Stimulus / unterschiedliche Ebene
US	unterschiedlicher Stimulus / selbe Ebene
SU	selber Stimulus / unterschiedliche Ebene
FM	frontal medial
FL	frontal lateral
P	parietal
O	okzipital

Die im Fliesstext verwendeten Abkürzungen werden an geeigneter Stelle eingeführt.

I.

Einführung:
Hierarchische Reizverarbeitung und die
damit verbundenen Hemisphären-
unterschiede

Der Begriff „hierarchischer Reiz“ bezeichnet eine Klasse von visuellen Szenen oder visuellen Objekten, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie mehrere Detailebenen aufweisen. Solche zusammengesetzten Reize sind im Alltag sehr häufig zu finden. Betrachten wir als Beispiel für eine zusammengesetzte Szene einen Arbeitstisch in einem typischen Büro. Auf diesem Tisch befinden sich in der Regel mehrere einzelne Objekte, etwa ein Telefon, eine Schreibtischlampe, einige Kugelschreiber sowie diverse Arbeitsunterlagen. Die meisten dieser Objekte lassen sich wiederum in kleinere Teilobjekte zerlegen. Beispielsweise gehören zu dem Telefon die Teilobjekte „Wahltasten“ und „Telefonhörer“, und zu einer Lampe gehören die Teilobjekte „Glühbirne“, „Lampenschirm“ und „Schalter“. Um diese Geräte ihrem Zweck entsprechend nutzen zu können, ist es auf der einen Seite notwendig, das Objekt im Ganzen als „Telefon“ oder als „Lampe“ zu identifizieren. Gleichzeitig ist es aber auch erforderlich, die spezifischen Details der Objekte zu erkennen. So lässt sich die gewünschte Telefonnummer erst dann eingeben, wenn die Wähltasten korrekt erkannt wurden; ebenso lässt sich die Lampe erst nach der korrekten Identifikation des entsprechenden Schalters einschalten. Wie diese beiden Beispiele zeigen, ist ein in der Umwelt agierender Mensch beinahe ständig damit beschäftigt, hierarchisch strukturierte Reize zu verarbeiten und die daraus resultierenden Wahrnehmungsergebnisse für seine Handlungen zu nutzen. Es ist daher wichtig zu verstehen, wie der Mensch – beziehungsweise sein kognitiver Apparat – solche zusammengesetzten Reize wahrnimmt. Der gesamte soeben beschriebene Wahrnehmungsprozess, von der perzeptuellen Verarbeitung bis zur Selektion einer angemessenen Reaktion, ist Gegenstand der Forschung über die hierarchische Reizverarbeitung.

Interessanter Weise ist ein menschlicher Betrachter dazu in der Lage, die verschiedenen Ebenen eines hierarchischen Reizes gleichzeitig zu verarbeiten. Das heißt, er kann die *lokalen* Details eines hierarchischen Reizes wahrnehmen und erkennt zur gleichen Zeit, dass diese zu demselben übergeordneten, *globalen* Objekt gehören. Warum zerstört Aufmerksamkeit auf die lokale Ebene eines Objektes nicht die Repräsentation des Reizes in seiner Gesamtheit? Eine Antwort auf diese Frage ist, dass die globale und lokale Ebene von hierarchischen Objekten gleichzeitig in verschiedenen spezialisierten Modulen verarbeitet werden. Seit einiger Zeit gibt es sogar Belege dafür, dass diesen Funktionen unterschiedliche neuronale Strukturen in den beiden Gehirnhälften zugeordnet werden können. Die Ergebnisse der entsprechenden Studien legen nahe, dass die linke Hemisphäre einen Vorteil bei der Verarbeitung der Form auf der lokalen Ebene

hat, während die rechte Hemisphäre für die Verarbeitung der globalen Form spezialisiert ist (Delis, Robertson, & Efron, 1986; Martin, 1979a).

Jedoch entsprechen die Ergebnisse im Bezug auf den Hemisphärenunterschied nicht immer den Erwartungen. So finden zum Beispiel nur etwa 30-50% der verfügbaren Reaktionszeitstudien einen Hemisphärenunterschied in die erwartete Richtung (Van Kleeck, 1989; Yovel, Yovel, & Levy, 2001). Dies illustriert, dass die exakten Bedingungen für das Auftreten des Hemisphärenunterschiedes bis heute weitgehend unklar sind. Um zu einem besseren Verständnis des Hemisphärenunterschiedes zu gelangen, ist es daher wichtig, die förderlichen Bedingungen für diesen Effekt genauer zu spezifizieren. Die Ergebnisse könnten dabei helfen, die relevanten kognitiven Mechanismen für den Hemisphärenunterschied zu isolieren, und so schließlich zu einem vollständigeren Verständnis der hierarchischen visuellen Verarbeitung beim Menschen beitragen. Dies ist das generelle Ziel der vorliegenden Arbeit.

In den beiden folgenden Sektionen wird dafür zunächst eine tiefer gehende Einführung in die Mechanismen der globalen und lokalen Verarbeitung (Kapitel I.1) und die damit assoziierten Hemisphärenunterschiede (Kapitel I.2) gegeben. Daran schließen sich drei eigene Studien zur Hemisphärenspezialisierung in der hierarchischen Reizverarbeitung an (Kapitel II-IV). Als interpretativer Rahmen für die Ergebnisse dient eine neue Theorie über die Hemisphärenunterschiede, die *Integrationshypothese* von Hübner und Malinowski (2002), welche in der vorliegenden Arbeit aufgegriffen und geprüft wird. Abschließend soll die Integrationshypothese im Kontext der in der Einführung dargestellten Ergebnisse und Modelle diskutiert und erweitert werden (Kapitel V).

1. Die Verarbeitung hierarchisch strukturierter Reize

Um den Begriff des „hierarchischen Reizes“ noch einmal deutlicher illustrieren zu können, ist in Abbildung I-1 als weiteres Beispiel ein Mosaikbild dargestellt. Es zeigt auf der globalen Ebene einen Fisch. Auf einer untergeordneten, lokalen Beschreibungsebene weist derselbe Fisch eine Rücken-, Brust- und Schwanzflosse auf, und die Flossen sind wiederum aus einzelnen Schuppen zusammengesetzt. Rechts neben dem Mosaikbild ist ein Baumdiagramm gezeichnet, das die hierarchische Struktur des daneben stehenden Reizes verdeutlicht. Die „Globalität“ eines Merkmals bestimmt sich dadurch, welchen Knoten in der Hierarchie der Detailebenen es besetzt: Derjenige Knoten an der Spitze der Hierarchie („Fisch“) ist globaler als die darunter liegenden Knoten („Flossen“). Andererseits sind die Flossen wiederum ein globaleres Merkmal als die Schuppen. „Global“ und „lokal“ sind also immer nur relative Attribute, die die Position eines Merkmals in einer hierarchischen Struktur bezeichnen. Sie sind daher auch nur dann sinnvoll anwendbar, wenn beide interessierenden Merkmale Knoten derselben hierarchischen Struktur sind (Navon, 1977; Navon, 1981a).

In Laboruntersuchungen zur hierarchischen Reizverarbeitung ist es mittlerweile zum Standard geworden, so genannte hierarchische Buchstaben als Stimulusmaterial zu verwenden (Kinchla, 1974; Kinchla, Solis-Macias, & Hoffman, 1983). Bei diesem Stimulus-Typ werden mehrere identische Buchstaben so zusammengesetzt, dass sie einen weiteren, übergeordneten Buchstaben formen. Zwei Beispiele für diese Art von Stimuli sind in Abbildung I-2 dargestellt. Die Verwendung solcher künstlicher hierarchischer Reize hat gegenüber natürlichen Reizen den Vorteil, dass die Identität der globalen Reizebene nicht aus der Identität der lokalen Elemente vorhergesagt werden kann. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass diese Art von Stimuli den Versuchspersonen in der Regel unbekannt ist. Daher ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass die unterschiedliche Vertrautheit der Probanden mit dem Stimulusmaterial in die Ergebnisse einfließt. Schließlich können bei künstlichen Stimuli bestimmte Reizeigenschaften wie etwa die relative Größe der Ebenen über einen breiten Bereich variieren, ohne dass dadurch die Erkennbarkeit einer der Ebenen zerstört wird. Solche Manipulationen sind mit natürlichen Reizen nur beschränkt durchführbar.

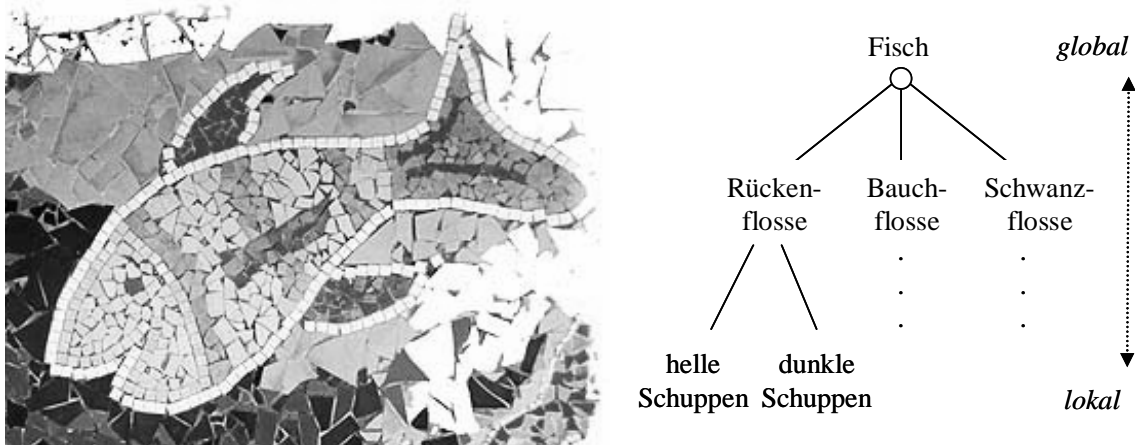


Abbildung I-1 Die visuellen Merkmale des abgebildeten Fisches lassen sich in eine Detailhierarchie ordnen. Die Knoten an der Spitze der Hierarchie repräsentieren globale Merkmale, und diejenigen am unteren Ende repräsentieren lokale Merkmale

Der Beginn der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit der hierarchischen Reizverarbeitung wird im Allgemeinen auf das Jahr 1977 datiert, in dem D. Navon einen einflussreichen Artikel mit dem Titel „Forest before the trees: The precedence of global features in visual perception“ veröffentlichte. Darin warf Navon die Frage auf, ob die Verarbeitung einer visuellen Szene von den lokalen Einzelheiten zur globalen Struktur voranschreitet, oder ob die Verarbeitung bei der globalen Struktur beginnt und die Analyse der lokalen Details nachgeordnet ist. Navon (1977) präsentierte seinen Versuchspersonen hierarchische Buchstaben mit der Instruktion, auf eine bestimmte (Ziel-) Ebene zu achten und den Buchstaben auf dieser Ebene so schnell und so genau wie möglich durch einen entsprechenden Tastendruck zu identifizieren. Eine wichtige Variation betraf die Buchstaben auf der nicht zu beachtenden Ebene. Diese konnten entweder derselben Tastenreaktion zugeordnet sein wie die Form auf der Zielebene, oder aber einer anderen, mit der korrekten Antwort konfligierenden Reaktion. Navon (1977) bezeichnete diese beiden Stimulus-Typen als *consistent* bzw. *conflicting*. In der Literatur hat sich jedoch bislang noch kein einheitliches Begriffspaar zur Bezeichnung der beiden Stimulus-Typen durchgesetzt (vgl. *consistent* vs. *conflicting* bei Van Kleeck, 1989; *consistent* vs. *inconsistent* bei Miller, 1981; *agree* vs. *conflict* bei Hoffmann, 1980). Um der besseren Lesbarkeit willen soll in der vorliegenden Arbeit ein einheitliches Begriffspaar verwendet werden, auch wenn die Bezeichnungen in den Originalarbeiten davon abweichen. Solche Stimuli, bei denen beide Buchstaben derselben korrekten Reaktion zugeordnet sind, werden im Folgenden als *kongruent* bezeichnet. Dagegen werden solche Stimuli mit konfligierenden Informationen auf den Ebenen *inkongruent* genannt.

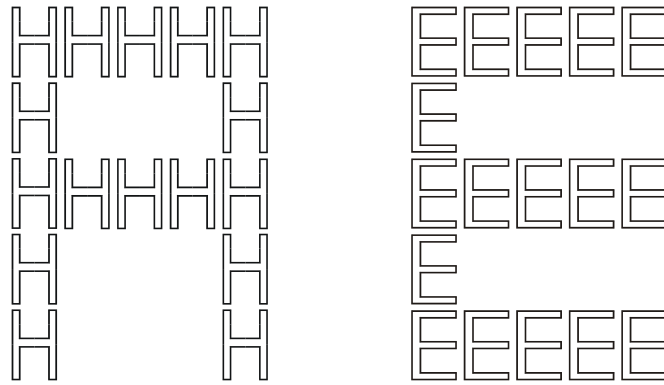


Abbildung I-2 : Zwei Beispiele für hierarchische Buchstaben: Ein globales A aus lokalen Hs und ein globales E aus lokalen Es

1.1. DIE THEORIE DER GLOBALEN PRÄZEDENZ

Zwei typische Effekte werden mit dem Navon-Paradigma in der Regel beobachtet. Zum einen sind die Antworten auf die Form auf der globalen Ebene häufig schneller und häufiger korrekt als die Antworten auf die Form auf der lokalen Ebene. Diesen Effekt bezeichnete Navon (1977) als *globalen Vorteil*. Zweitens sind die Geschwindigkeit und Genauigkeit der Antworten auf lokale Formen bei inkongruenten im Vergleich zu kongruenten Reizen häufig reduziert, während Antworten auf die globalen Formen durch inkongruente lokale Informationen kaum beeinträchtigt werden (*globale Interferenz*, Navon, 1977). Beide Effekte zusammen erklärt Navon durch seine Theorie der *globalen Präzedenz*. Nach dieser Vorstellung schreitet die Verarbeitung eines hierarchischen Reizes von der globalen Struktur zu den lokalen Details voran, d. h., die Identität der globalen Ebene eines Reizes ist zu einem früheren Zeitpunkt verfügbar als die Identität der lokalen Ebene (Navon, 1981b). Daher können Versuchspersonen die globale Form schneller identifizieren als die lokalen Elemente. Auch kann die Identifikation der Form auf der globalen Ebene nicht durch inkongruente lokale Informationen gestört werden, da diese ja erst zu einem späteren Zeitpunkt vorliegen (Navon, 1991).

Rahmenbedingungen der globalen Präzedenz

Die Theorie der globalen Präzedenz wurde jedoch schon bald nach ihrer Veröffentlichung angezweifelt. So stellte sich schnell heraus, dass der globale Vorteil kein universelles Phänomen ist, sondern dass die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Ebenen durch eine Reihe verschiedener Faktoren moderiert wird.

Einer dieser moderierenden Faktoren ist die *Exzentrizität* des Reizes, d. h., der Abstand seiner Netzhautabbildung relativ zur Fovea. Zum Beispiel präsentierten Grice, Canham und Boroughs (1983) ihren Probanden in verschiedenen Blöcken hierarchische Stimuli entweder im zentralen visuellen Feld (ZVF) oder im linken bzw. rechten visuellen Halbfeld (LVF bzw. RVF). Die Ergebnisse zeigten den erwarteten globalen Vorteil und die globale Interferenz nur in solchen Bedingungen, in denen der Stimulus an einer peripheren Position präsentiert wurde. Dagegen unterschieden sich für zentral präsentierte Stimuli die Reaktionszeiten in der globalen und in der lokalen Bedingung nicht. Entsprechende Ergebnisse treten auch dann auf, wenn die Position des Stimulus innerhalb eines Blocks zufällig zwischen dem ZVF, LVF oder RVF variiert (Lamb & Robertson, 1988). Grice et al. (1983) interpretieren die Ergebnisse so, dass bei zentraler Präsentation die Konturen der globalen Form in Netzhautbereiche mit niedrigerer Auflösung fallen, während die lokalen Formen in foveale Bereiche mit höherer Auflösung projiziert werden. Durch die kortikale Vergrößerung werden sie schließlich ebenso schnell und genau identifiziert wie die ansonsten besser verarbeitete globale Ebene. Diese Annahme ist mit der Vorstellung verwandt, dass die *relative Größe* der lokalen und globalen Ebene für die Verarbeitungsgeschwindigkeit entscheidend ist (Amirkhiabani, 1998; Amirkhiabani & Lovegrove, 1996; Amirkhiabani & Lovegrove, 1999; Navon & Norman, 1983). Kinchla und Wolfe (1979) vermuteten außerdem, dass auch die *absolute Größe* der Stimuli eine Rolle spielt. In ihrer Untersuchung fanden sie einen globalen Vorteil nur für Stimuli mit einer Größe von weniger als 7° des Sehwinkeles, während sich bei größeren Reizen ein lokaler Vorteil zeigte (vgl. Lamb & Robertson, 1990; Navon, 1981b).

Ein weiterer moderierender Faktor ist die *Anzahl der lokalen Elemente* (Kimchi & Palmer, 1982; Martin, 1979b). Martin (1979b) verwendete Stimuli, bei denen der globale Buchstabe entweder aus einer 3×5 -Matrix oder einer 5×7 -Matrix von lokalen Elementen aufgebaut war. Die Ergebnisse zeigten für Stimuli mit vielen lokalen Elementen einen Reaktionszeitvorteil auf die globale Ebene. Für Stimuli mit wenigen lokalen Elementen ergab sich dagegen ein Reaktionszeitvorteil auf die lokale Ebene. In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen berichteten die Probanden auch, dass die Identifikation der globalen Ebene bei Stimuli mit vielen lokalen Elementen leichter sei als bei solchen mit wenigen lokalen Elementen, während die Identifikation der lokalen Form bei Stimuli mit vielen Elementen schwieriger sei (Han, He, Yund, & Woods,

2001; Han & Humphreys, 2002; siehe auch Han, Humphreys, & Chen, 1999; Martin, 1979b, Experiment 2).

Der globale Vorteil hängt auch davon ab, wie gut sich die lokalen Elemente gruppieren, oder anders formuliert: ob sie eine *gute Gestalt* bilden (LaGasse, 1993; Ninose & Gyoba, 2003; Wertheimer, 1922). Dies zeigen z. B. die Ergebnisse von LaGasse (1993). Sie verwendete hierarchische Stimuli von unterschiedlicher Größe und mit einer unterschiedlichen Anzahl von lokalen Elementen. Wie schon in vorangegangenen Studien (Martin, 1979b) zeigte sich nur in der Bedingung mit vielen lokalen Elementen ein globaler Vorteil. Gleichzeitig war die subjektiv von den Probanden wahrgenommene Güte der Gestalt bei diesen Stimuli höher als in den anderen Bedingungen.

Kimchi (1994) spekulierte, dass das visuelle System nicht nur einen Vorteil bei der Verarbeitung der globalen Reizebene hat, sondern auch bei der Extraktion von *konfiguralen Eigenschaften* eines hierarchischen Reizes wie z. B. dessen Geschlossenheit oder Orientierung (siehe auch Rauschenberger & Yantis, 2001; Love, Rouders, & Wisniewski, 1999; vgl. Boucart & Humphreys, 1992; Boucart, Humphreys, & Lorenceau, 1995). Der Unterschied zwischen globalen und konfiguralen Eigenschaften besteht darin, dass erstere sich ausschließlich auf die Position innerhalb einer Detailhierarchie beziehen. Letztere bezeichnen dagegen emergente Eigenschaften des hierarchischen Objektes, die sich aus der speziellen Anordnung der einzelnen Elemente ergeben. Um die relative Dominanz für die globale bzw. konfigurale Verarbeitung zu untersuchen, verwendete Kimchi vier Typen von Stimuli, bei denen die konfiguralen Eigenschaften der Formen und die Zielebene orthogonal variiert waren. Die Ergebnisse zeigen nur in solchen Situationen einen globalen Vorteil, in denen eine Klassifikation nach nicht-konfiguralen Eigenschaften erfordert war.

Schließlich variiert die relative Verarbeitungsgeschwindigkeit der globalen und lokalen Formen auch im Bezug auf die *Qualität der Information* auf den Ebenen. Hoffmann (1980, Experiment 2) verwendete zwei Arten von Buchstaben, bei denen die Umrisslinien entweder gerade („gute Qualität“) oder durchbrochen („schlechte Qualität“) waren. Es ergab sich generell ein Verarbeitungsvorteil für diejenige Ebene, auf welcher der Buchstabe mit der besseren Qualität gezeigt wurde (siehe auch Blanca, Luna, Lopez-Montiel, Zalabardo, & Rando, 2002; vgl. Luna, Merino, & Marcos-Ruiz, 1990).

Kovariation von globalem Vorteil und globaler Interferenz

Nach der Theorie der globalen Präzedenz ist die globale Interferenz eine direkte Folge des globalen Vorteils: Die früher verfügbare globale Information interferiert mit der Verarbeitung der Form auf der später verfügbaren lokalen Ebene. Wenn diese Annahme korrekt ist, dann sollten der globale Vorteil und die globale Interferenz stets gemeinsam variieren.

Tatsächlich stellte sich jedoch heraus, dass der Reaktionszeitunterschied und die Interferenz zwischen den Ebenen unabhängig voneinander manipuliert werden können (Amirkhiabani & Lovegrove, 1999; Lamb & Robertson, 1989; May, Gutierrez, & Harisin, 1995; vgl. Pomerantz, 1983; Ridderinkhof & van der Molen, 1995). Zum Beispiel verwendeten May et al. (1995) eine Aufgabe, bei der die globale Information erst mit einer kurzen zeitlichen Verzögerung nach der lokalen Information eingeblendet wurde. Mit dieser Prozedur konnte der globale Vorteil vollständig eliminiert werden. Trotzdem zeigt sich eine einseitige Interferenz von der globalen auf die lokale Ebene. Zu den gleichen Ergebnissen kommen auch Lamb und Robertson (1989). Sie präsentierten ihren Probanden hierarchische Buchstaben in vier verschiedenen Größen. Bei den kleineren Reizen zeigte sich ein Vorteil für die Identifikation von Buchstaben auf der globalen Ebene, und bei den größeren Reizen zeigte sich ein lokaler Vorteil. Trotzdem zeigte sich in allen Bedingungen eine globale Interferenz.

Die Ergebnisse aus neuropsychologischen Untersuchungen legen außerdem nahe, dass die Reaktionsgeschwindigkeit auf die Ebenen und die Interferenz zwischen ihnen durch verschiedene neuronale Strukturen kontrolliert wird (Lamb, Robertson, & Knight, 1989; siehe auch Robertson & Lamb, 1991). Die Teilnehmer der Studien waren sowohl gesunde Probanden als auch Patienten mit Schädigungen im inferioren parietalen Kortex (IPL) bzw. superioren temporalen Kortex (STG). Alle Probanden verarbeiteten die globalen Formen schneller als die lokalen Formen. Jedoch zeigte sich nur in der Kontrollgruppe und in der IPL-Gruppe eine Interferenz von der globalen auf die lokale Ebene. Dies weist darauf hin, dass dem globalen Vorteil und der globalen Interferenz unterschiedliche neurokognitive Mechanismen zugrunde liegen, und dass Neuronenpopulationen im STG eine besondere Rolle für den Interferenzeffekt zukommt. Eine Studie an *Split-Brain*-Patienten, bei denen das *Corpus Callosum* operativ durchtrennt wurde, deutet außerdem darauf hin, dass die Interferenz zwischen den Ebenen von der Integrität dieser Faserverbindung zwischen den Hemisphären abhängt (Robertson, Lamb, & Zaidel, 1993). Eine Nachuntersuchung mit denselben Patienten ergab jedoch exakt

die gegenteiligen Ergebnisse (Weekes, Carusi, & Zaidel, 1997), so dass die Rolle des Corpus Callosum für die Interferenz zwischen den Ebenen vorerst offen bleiben muss.

Es zeigt sich also zusammenfassend, dass die globale Präzedenz kein generelles Phänomen ist. Auch lassen sich der Reaktionszeitunterschied und die Interferenz zwischen den Ebenen unabhängig voneinander manipulieren. Insgesamt sprechen die Daten also gegen Navons (1977) Modell, nach dem die Verarbeitung von hierarchischen Reizen generell von der globalen zu der lokalen Ebene voranschreitet.

1.2. MECHANISMEN DER HIERARCHISCHEN VERARBEITUNG

Eine weitere Schwäche der Theorie der globalen Präzedenz ist, dass sie lediglich die empirischen Phänomene des globalen Vorteils bzw. der globalen Interferenz vorhersagt, jedoch nicht die zugrunde liegenden Mechanismen für diese Effekte benennt (Navon, 1981b). Um zu einem vollständigeren Bild der hierarchischen Reizverarbeitung zu gelangen, sollen daher in den folgenden Abschnitten mögliche Mechanismen der hierarchischen Verarbeitung und des globalen Vorteils dargestellt werden.

Ortsfrequenzen als Medium der globalen und lokalen Information

Ein populäres Modell des globalen Vorteils basiert auf dem Befund, dass im visuellen Kortex Neuronenpopulationen existieren, die unterschiedlich sensitiv für höhere bzw. niedrigere Ortsfrequenzen sind, d. h. für visuelle Informationen mit relativ vielen bzw. wenigen Hell-Dunkel-Wechseln pro Raumeinheit (Campbell & Robson, 1968). Weitere Untersuchungen zeigten, dass die Kanäle für tiefe Ortsfrequenzen im Vergleich zu solchen für hohe Ortsfrequenzen eine höhere Leitungsgeschwindigkeit aufweisen (z. B. Breitmeyer, 1975). Da die Informationen auf der globalen bzw. lokalen Ebene stärker in den tieferen bzw. höheren Ortsfrequenzkomponenten repräsentiert sind, liegt der Gedanke nahe, dass der globale Vorteil durch die unterschiedliche Übermittlungsgeschwindigkeit der beiden Neuronengruppen zustande kommt (Kinchla & Wolfe, 1979).

Entsprechende Ergebnisse wurden tatsächlich in einer Reihe von Studien berichtet. Beispielsweise präsentierten Badcock, Whitworth, Badcock und Lovegrove (1990) ihren Probanden sowohl ungefilterte Reize als auch solche Stimuli, bei denen selektiv die hohen Ortsfrequenzen entfernt wurden. Es zeigten sich ein globaler Vorteil und eine globale Interferenz nur für den ersteren Stimulustyp. Bei solchen Stimuli dagegen, bei denen die Informationen aus beiden Ebenen in demselben tiefen Band von Ortsfrequenzen repräsentiert waren, zeigte sich kein Vorteil für die globale Ebene (siehe auch Hug-

hes, Nozawa, & Kitterle, 1996; Lamb & Yund, 1993; Lovegrove, Lehmkuhle, Baro, & Garzia, 1991; Lovegrove & Pepper, 1994). Eine andere Methode verwendeten Shulman, Sullivan, Gish und Sakoda (1986; vgl. Shulman & Wilson, 1987). Sie ließen ihre Versuchspersonen an ein Sinuswellengitter mit einer bestimmten Ortsfrequenz adaptieren. Anschließend präsentierten sie ihnen einen hierarchischen Buchstaben mit der Aufgabe, die Form auf einer bestimmten Ebene zu kategorisieren. Es zeigte sich, dass bei Adaptation an tiefe Ortsfrequenzen die Reaktionszeiten auf die globale Ebene erhöht waren, während bei Adaptation an hohe Ortsfrequenzen die Antworten auf die lokale Ebene verlangsamt waren. Auch diese Ergebnisse sind kompatibel mit dem Ortsfrequenzmodell des globalen Vorteils (für weitere positive Ergebnisse siehe Cassia, Simion, Milani, & Umiltà, 2002; Sergent, 1982).

Jedoch zeigte sich nicht in allen Studien ein Zusammenhang zwischen dem Ortsfrequenzgehalt und dem globalen Vorteil. In einer Studie von Hübner (1997) führte zum Beispiel das Herausfiltern der tiefen Ortsfrequenzanteile lediglich zu einer generellen Erhöhung der Reaktionszeiten, hatte aber keinen spezifischen Effekt für die Reaktionen auf die globale oder lokale Ebene. Weitere negative Ergebnisse wurden in einer Reaktionszeitstudie von Lamb und Yund (1993) sowie in einer Studie mit ereigniskorrelierten Potenzialen (EKPs) von Han, Yund und Woods (2003) berichtet. In beiden Experimenten führte die Entfernung von tiefen Ortsfrequenzen zwar zu einer Reduktion des globalen Vorteils, hatte aber keinen Effekt auf die globale Interferenz.

Insgesamt lassen sich die Ergebnisse so zusammenfassen, dass der globale Vorteil zumindest teilweise durch sensorische Mechanismen zustande kommt (Hübner, 1997). Jedoch zeigen die zuletzt aufgeführten Ergebnisse auch, dass ein solcher rein perzeptueller Mechanismus nicht alle Effekte im Zusammenhang mit dem globalen Vorteil erklären kann. Vielmehr müssen auch *attentionale* Prozesse betrachtet werden, d. h. solche Mechanismen, die der Selektion der Information auf der globalen oder lokalen Ebene zugrunde liegen (Boer & Keuss, 1982; Miller, 1981).

Selektion durch regionale Aufmerksamkeit

Eine Möglichkeit, um aus einer Vielzahl von Reizen im Blickfeld die relevanten Informationen zu selektieren, besteht darin, nur solche Informationen in einer bestimmten räumlichen Region zu beachten. Diese Idee wird häufig mit der Scheinwerfer-Metapher ausgedrückt. Danach kann die visuelle Aufmerksamkeit wie der Kegel eines Scheinwerfers auf kleine, kontinuierliche Regionen des visuellen Feldes gerichtet bzw.

verschoben werden. Stimuli, die in den Scheinwerferkegel hineinfallen, werden bevorzugt verarbeitet, während solche Stimuli außerhalb des Kegels ignoriert werden (Posner, Snyder, & Davidson, 1980). Eine verwandte Vorstellung ist die von visueller Aufmerksamkeit als einer Zoom-Linse (Eriksen & St. James, 1986). Die Vorstellung ist hierbei, dass der beachtete Bereich auch durch eine Vergrößerung und Verkleinerung des Scheinwerferkegels eingestellt werden kann. Beiden Vorstellungen ist gemeinsam, dass dem *Ort* eine zentrale Rolle bei der Reizselektion zukommt (Lamy & Tsal, 2001). Eine solche Selektion nach dem Ort wird häufig auch als *regionale Aufmerksamkeit* bezeichnet (Lamb & Yund, 1993).

Da die Ebenen eines hierarchischen Reizes unterschiedlich groß sind, könnte regionale Aufmerksamkeit auch bei der Selektion von globalen und lokalen Informationen eine Rolle spielen. Diese Annahme wird zum Beispiel durch die Ergebnisse einer jüngeren Neuroimaging-Studie unterstützt (Weber, Schwarz, Kneifel, Treyer, & Buck, 2000). Die Autoren ließen ihre Probanden auf eine vorher festgelegte Ebene achten mit der Aufgabe, die Information auf dieser Ebene intern zu verbalisieren. Es stellte sich heraus, dass bei Aufmerksamkeit auf die globale Ebene große Bereiche des primären visuellen Kortex aktiviert waren und gleichzeitig kaum Augenbewegungen durchgeführt wurden. In der lokalen Bedingung war dagegen der aktivierte Bereich des visuellen Kortex kleiner, und die Probanden zeigten deutlich mehr Augenbewegungen. Die Daten weisen darauf hin, dass die Probanden in der lokalen Bedingung einen relativ kleinen Aufmerksamkeitskegel verwenden und diesen häufig über das visuelle Feld verschieben. In der globalen Bedingung beachten die Probanden dagegen einen größeren Bereich und verschieben diesen Kegel nicht. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich auch in einer zweiten Neuroimaging-Studie (Sasaki et al., 2001). Hier aktivierte Aufmerksamkeit auf die lokale Ebene von zentral präsentierten hierarchischen Reizen kleinere kortikale Bereiche mit fovealen Projektionen, während bei globaler Aufmerksamkeit auch extrafoveale Projektionsbereiche im Okzipitallappen aktiv waren.

Auch die Ergebnisse aus EKP-Studien weisen auf einen räumlichen Selektionsmechanismus hin. Es wird häufig angenommen, dass die räumliche Selektion von visuellen Reizen mit Veränderungen der ersten positiven Komponente des Potenzials (*PI*) korreliert ist (Luck, Woodman, & Vogel, 2000; Mangun & Hillyard, 1991; Yeshurun & Carrasco, 1998), und dass die Amplitude der Komponente mit der Größe des attentionalen Fensters bzw. der Menge der zu diesem Fenster allokierten Ressourcen zunimmt (Heinze, Luck, Münte, & Goes, 1994; Luo, Greenwood, & Parasuraman, 2001). Wenn

die Probanden also die Größe des attentionalen Fensters variieren, um die globale bzw. lokale Information zu selektieren, dann sollten die P1-Amplituden in der globalen gegenüber der lokalen Bedingung erhöht sein. Entsprechende Ergebnisse wurden z. B. von Heinze et al. (1998) sowie Evans, Shedden, Hevenor und Hahn (2000) berichtet. In solchen Studien, in denen die relevante Ebene erst kurz vor der Präsentation des Stimulus durch einen Hinweisreiz angezeigt wurde, blieben entsprechende Effekte dagegen aus (Malinowski, Hübner, Keil, & Gruber, 2002; Yamaguchi, Yamagata, & Kobayashi, 2000). Vermutlich konnte hier durch die Kürze der Vorbereitungszeit die Zoom-Linse nicht optimal justiert werden, so dass keine P1-Modulationen auftraten (Eimer, 2000). Insgesamt weisen also die EKP-Ergebnisse ebenso wie die Ergebnisse aus den Neuroimaging-Studien darauf hin, dass regionale Aufmerksamkeit ein möglicher Selektionsmechanismus in der globalen und lokalen Verarbeitung ist (siehe auch Stoffer, 1993, 1994).

Selektion durch kategoriale Aufmerksamkeit

Neben der regionalen Aufmerksamkeit existieren aber vermutlich noch weitere, nicht-räumliche Selektionsmechanismen für die globale oder lokale Ebene. Die deutlichste Evidenz hierfür stammt aus Studien, in denen die Reaktionsgeschwindigkeit auf die Ebenen in Abhängigkeit von der zu beachtenden Ebene des jeweils vorhergehenden Durchgangs untersucht wurde (Robertson, 1996; Ward, 1982). In diesen zeigte sich generell ein Reaktionszeitvorteil bei Ebenenwiederholungen (z.B. lokal – lokal) im Vergleich zu Situationen mit einem Ebenenwechsel (z.B. global – lokal). Eine mögliche Interpretation hierfür ist, dass die regionale Aufmerksamkeit bei Ebenenwiederholungen bereits optimal auf die zu bearbeitende Ebene fokussiert ist, so dass die relevante Information im zweiten Durchgang schneller selektiert werden kann (siehe Ward, 1982). Wenn diese Annahme korrekt wäre, dann sollte der Wiederholungsvorteil eliminiert sein, wenn die Stimuli in aufeinander folgenden Durchgängen an verschiedenen Positionen präsentiert werden, da in diesem Fall auch bei einer Ebenenwiederholung das attentionale Fenster neu adjustiert werden müsste. Tatsächlich tritt der Wiederholungsvorteil jedoch auch bei wechselnden Stimuluspositionen auf (Lamb & Yund, 1996; Robertson, 1996). Auch bleibt der Vorteil bestehen, wenn die zu identifizierende Form oder die mit der zu identifizierenden Form assoziierte Antwort wechselt (Lamb & Yund, 1996). Diese Ergebnisse zeigen, dass auch nicht-räumliche Attribute zur Selektion der Information auf den Ebenen genutzt werden können. Die Selektion aufgrund solcher

nicht-räumlichen Attribute wird auch als *kategoriale Aufmerksamkeit* bezeichnet (Lamb & Yund, 1996; Robertson, Egly, Lamb, & Kerth, 1993).

Während der Ebenenwiederholungseffekt in nachfolgenden Studien häufig repliziert werden konnte (Hübner, 2000; Lamb & Yund, 1996, 2000), gibt es einen andauernden Disput darüber, welche kategorialen Stimulusmerkmale der Ebenenselektion zugrunde liegen. Robertson (1996) schlug als einen möglichen Kandidaten den Ortsfrequenz-Gehalt der Ebenen vor. Sie verwendete zur Untersuchung des Ebenenwiederholungseffektes neben ungefilterten Reizen auch solche Stimuli, bei denen die tieferen Ortsfrequenzanteile entfernt waren, und fand heraus, dass der Wiederholungsvorteil in der letzteren Bedingung vollständig verschwunden war (vgl. Kim, Ivry, & Robertson, 1999). Robertson (1996) vermutete, dass die Selektion der lokalen bzw. globalen Form im ersten Durchgang einen attentionalen Abdruck hinterlässt, der zu einer stärkeren Beachtung der entsprechenden höheren bzw. tieferen Ortsfrequenzkomponenten im darauf folgenden Durchgang führt. Folglich treten mit gefilterten Stimuli, bei denen zur Ebenenselektion keine Ortsfrequenzunterschiede genutzt werden können, keine Wiederholungsvorteile auf. In zwei weiteren Studien konnte diese Hypothese jedoch nicht bestätigt werden. Zum Beispiel produzierten Lamb und Yund (1996) einen Wiederholungseffekt mit Stimuli aus kontrastbalancierten Punkten, bei denen die tiefen Ortsfrequenzen eliminiert waren. Zu positiven Ergebnissen kommt auch Hübner (2000) mit Stimuli, bei denen die hohen Ortsfrequenzen entfernt waren. Lamb und Yund (1996) schlugen daher eine allgemeinere Erklärung für den Wiederholungsvorteil vor, die sie *Mechanism Activation Model* nannten. Nach diesem Ansatz bewirkt die Identifikation einer Form auf einer gegebenen Ebene ein Priming der entsprechenden kortikalen Mechanismen. Die Identifikation einer Form auf derselben Ebene in einem nachfolgenden Durchgang kann dann schneller durchgeführt werden, da die entsprechenden kortikalen Mechanismen noch in einem aktiven Zustand sind.

Zusammenfassend scheint es also zwei verschiedene Mechanismen zur Selektion der Information auf einer bestimmten Ebene zu geben: Einen *regionalen* Mechanismus, durch den Elemente an einer bestimmten Position des visuellen Feldes selektiert werden, und einen *kategorialen* Mechanismus, bei dem eine nicht-räumliche Repräsentation der Ebene zur Selektion verwendet wird. In neuropsychologischen Studien konnten auch die entsprechenden neuronalen Substrate dieser beiden Mechanismen identifiziert werden. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Strukturen im inferioren Parietallappen für die Allokation von kategorialer Aufmerksamkeit zu den Ebenen relevant sind

(Rafal & Robertson, 1995; Robertson et al., 1993). Die Ausrichtung der regionalen Aufmerksamkeit (d. h. das Einstellen der Zoom-Linse) ist dagegen vermutlich mit thalamisch-kortikalen Verbindungen assoziiert (LaBerge & Brown, 1989; LaBerge & Buchsbaum, 1990).

2. Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung

Bereits zwei Jahre nach der Veröffentlichung von Navons Theorie der globalen Präzedenz gab es die ersten Hinweise darauf, dass die globale und lokale Ebene von hierarchischen visuellen Reizen mit unterschiedlicher Effektivität in den beiden zerebralen Hemisphären verarbeitet werden (Martin, 1979a). Die Ergebnisse wiesen darauf hin, dass die linke Hemisphäre (LH) für die Verarbeitung der lokalen Reizelemente spezialisiert ist, während die rechte Hemisphäre (RH) einen Vorteil bei der Verarbeitung der globalen Reizform hat. In den letzten 25 Jahren ist dieser Hemisphärenunterschied mit Hilfe verschiedener experimenteller Techniken untersucht worden.

Techniken zur Untersuchung von Hemisphärenunterschieden

In *Läsionsstudien* wurde zum Beispiel untersucht, welchen Effekt fokale Gehirnschäden in der LH oder RH auf die Verarbeitung der Informationen auf den Ebenen haben. Entsprechend der Hemisphärenspezialisierung wird erwartet, dass Schädigungen in der RH zu einer Beeinträchtigung der Verarbeitung von Formen auf der globalen Ebene führen, während Läsionen in der LH eine selektive Beeinträchtigung der lokalen Verarbeitung nach sich ziehen sollten. Entsprechende Ergebnisse finden sich zum Beispiel bei Delis, Robertson und Efron (1986; bzw. Robertson & Delis, 1986) und Robertson, Lamb und Knight (1988).

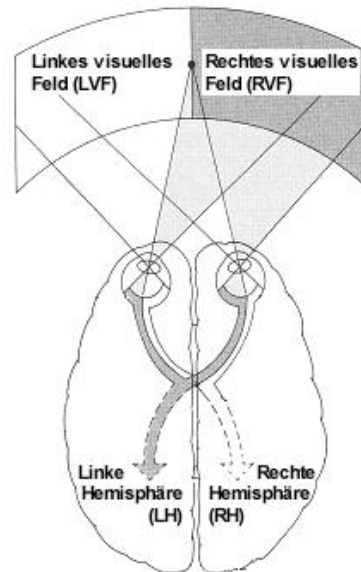


Abbildung I-3 Schematische Darstellung der Sehbahn beim Menschen. Visuelle Informationen im LVF werden in die RH projiziert, und solche Informationen im RVF werden zunächst in die LH geleitet

Eine andere Methode zur Untersuchung von Hemisphärenunterschieden sind *Reaktionszeitstudien*. Bei dieser Methode macht man sich zunutze, dass das visuelle System des Menschen teilweise gekreuzt ist (für eine schematische Darstellung der Sehbahn siehe Abbildung I-3). Informationen im LVF werden auf den innen liegenden Netzhautbereich des linken Auges bzw. auf den äußeren Bereich des rechten Auges projiziert, während solche Informationen im RVF auf dem inneren Netzhautbereich des rechten Auges und dem äußeren Bereich des linken Auges abgebildet werden. Die jeweils innen liegenden Netzhautbereiche des linken und rechten Auges kreuzen im *Chiasma Opticum* und projizieren in den visuellen Kortex der gegenüberliegenden (kontralateralen) Hemisphäre. Die zu den äußeren Netzhautbereichen gehörenden Nervenbahnen ziehen dagegen in die gleichseitige (ipsilaterale) Hemisphäre. Folglich werden visuelle Informationen aus dem RVF in die LH geleitet, und solche Informationen aus dem LVF gelangen zunächst in die RH. Bei Reaktionszeitstudien werden hierarchische Reize kurzzeitig im LVF oder im RVF präsentiert mit der Aufgabe, die Form auf einer bestimmten Ebene zu identifizieren oder zu entdecken. Wenn die Hemisphärenspezialisierung existiert, dann sollten die Reaktionen auf die lokale Ebene von RVF-Stimuli – welche in die LH geleitet werden – schneller und genauer sein als diejenigen auf LVF-Stimuli, welche in die RH projiziert werden. Die globale Ebene sollte entsprechend besser bei LVF/RH-Stimuli verarbeitet werden im Vergleich zu RVF/LH-Stimuli. Man erwartet also, dass die Geschwindigkeit und die Genauigkeit der Reaktionen auf die

globale und lokale Ebene im Bezug darauf variieren, in welchem visuellen Feld die Stimuli präsentiert wurden. Aus diesem Grund bezeichnet man entsprechende Ergebnisse häufig auch als *Visuelle Feld (VF)-Effekte*. Solche finden sich zum Beispiel in den Untersuchungen von Van Kleeck (1989) oder Hübner und Malinowski (2002).

Häufig wurden auch *EKPs* zur Untersuchung der Hemisphärenunterschiede in der hierarchischen Reizverarbeitung verwendet. Diese entstehen durch die synchrone Aktivität von Neuronenverbänden, die an der Bearbeitung der aktuellen Aufgabe beteiligt sind (Rugg & Coles, 1995). Im Bezug auf die hierarchische Verarbeitung wird erwartet, dass die Gehirnaktivität und die entsprechenden EKP-Amplituden in der LH bei der lokalen Verarbeitung größer sind als in der globalen Bedingung, und in der RH sollte die Aktivität größer sein bei der globalen im Vergleich zur lokalen Bedingung. Solche Amplitudenunterschiede in EKP-Untersuchungen werden in der vorliegenden Arbeit *Gehirnasymmetrien* genannt. Entsprechende Ergebnisse finden sich etwa bei Heinze und Münte (1993) oder Yamaguchi, Yamagata und Kobayashi (2000).

In den späten 90er Jahren haben *bildgebende* oder auch *Neuroimaging-Verfahren* wie die Positron-Emissionstomographie (PET) oder die funktionelle Magnet-Resonanz-Tomographie (fMRT) in der kognitiven Neurowissenschaft Einzug gehalten. In diesen Methoden werden der zerebrale Blutfluss bzw. das lokale Blutsauerstoffniveau als Indikator für neuronale Aktivität herangezogen (Cabeza & Nyberg, 2000; Logothetis, Pauls, Augath, Trinath, & Oeltermann, 2001). Durch die hohe räumliche Auflösung der Techniken ist es möglich, die zur Bearbeitung einer gegebenen Aufgabe relevanten Gehirnareale zu lokalisieren. Es wird erwartet, dass lokale Aufmerksamkeit mit einer höheren Aktivität in der LH assoziiert ist, und globale Aufmerksamkeit sollte zu einer stärkeren Aktivität in der RH führen. Dies zeigte sich zum Beispiel bei Fink, Halligan, Marshall, Frith, Frackowiak und Dolan (1996) oder Martinez, Moses, Frank und Buxton (1997).

Die Effekte unilateraler Gehirnläsionen

Die deutlichsten Hinweise für die Existenz des Hemisphärenunterschiedes lieferten zunächst jedoch vor allen Dingen Läsionsstudien (z. B. Delis et al., 1986; Robertson & Delis, 1986; Robertson & Lamb, 1991; Robertson et al., 1988). Eine mittlerweile berühmte Läsionsstudie ist diejenige von Delis, Robertson und Efron (1986). Die Autoren zeigten ihren Patienten einen hierarchisch strukturierten Reiz und forderten sie anschließend auf, die Figur aus der Erinnerung aufzuzeichnen. Zwei Beispiele für diese

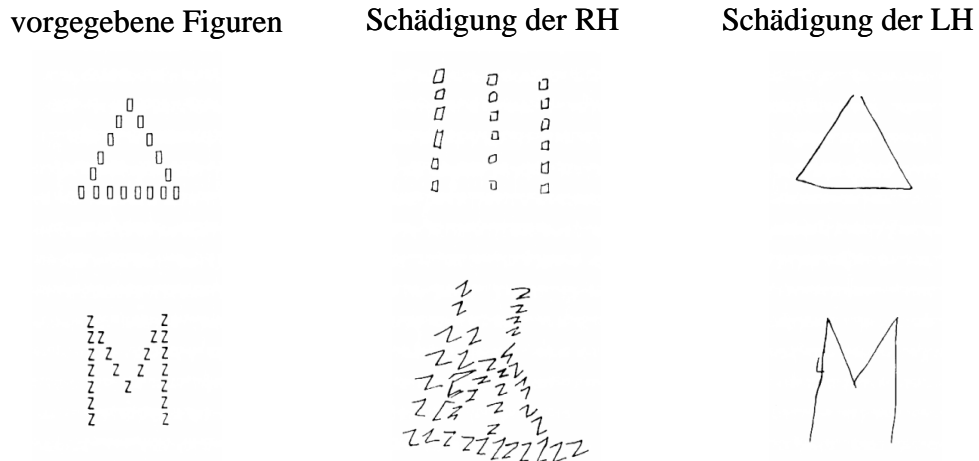


Abbildung I-4 Beispiele für die Beeinträchtigung der lokalen bzw. globalen Verarbeitung bei Patienten mit Schädigungen der LH bzw. RH. Die Aufgabe war es, die links stehenden Figuren aus dem Gedächtnis nach zu zeichnen (aus: Delis, Robertson, & Efron, 1986)

Zeichnungen sind in Abbildung I-4 dargestellt. Sie zeigen, dass Patienten mit einer Schädigung der LH sich gut an die globale Reizform erinnern konnten, jedoch Schwierigkeiten mit der Reproduktion der lokalen Elemente hatten. Umgekehrt zeichneten Patienten mit einer Schädigung der RH die lokalen Elemente korrekt nach, hatten aber Defizite bei der Reproduktion der globalen Form.

Ein Nachteil der Studie von Delis und Mitarbeitern war es, dass der Ort der Läsionen nur sehr ungenau bestimmt wurde. Zudem ließ sich das Ausmaß der Beeinträchtigungen durch die Läsionen mit der verwendeten Methode nicht genau quantifizieren. Eine in beiden Punkten besser kontrollierte Läsionsstudie wurde von Lamb, Robertson und Knight (1990) publiziert. Die Autoren untersuchten Patientengruppen mit Schädigungen des linken bzw. rechten superioren Temporallappens (LST bzw. RST) sowie eine neurologische und eine gesunde Kontrollgruppe. Als Stimuli dienten hierarchische Buchstaben, und die Aufgabe war es, eine vorher definierte Zielform auf der globalen oder lokalen Ebene zu identifizieren. Während sich in den beiden Kontrollgruppen ein Verarbeitungsvorteil für die *lokale* Ebene zeigte, reagierten solche Patienten mit Schädigungen des LST schneller auf *globale* Zielformen. Bei Patienten mit Schädigungen im RST zeigte sich dagegen ein *lokaler* Vorteil, der stärker war als derjenige in den Kontrollgruppen. Ähnliche Ergebnisse erzielten auch Robertson, Lamb und Knight (1988). In beiden Studien zeigt sich außerdem, dass der inferiore Parietallappen (IPL) eine wichtige Rolle bei der Zuweisung von attentionalen Ressourcen zu den Ebenen spielt. So variierten Robertson et al. (1988) in verschiedenen Experimentalblöcken die Wahrscheinlichkeit, mit der die

Zielform auf einer bestimmten (globalen oder lokalen) Ebene auftrat. Bei den gesunden Probanden führte dies zu einer stärkeren Allokation von Aufmerksamkeit und entsprechend zu schnelleren Antworten auf die wahrscheinlichere Ebene. Bei IPL-Patienten zeigte sich ein solcher Effekt dagegen nicht. Zusammenfassend scheinen also die Gehirnstrukturen am Übergang zwischen dem oberen Parietallappen und dem unteren Temporallappen besonders wichtig für die globale und lokale Verarbeitung zu sein (siehe auch Robertson & Lamb, 1991).

Dies zeigen auch die Ergebnisse von Filoteo, Friedrich und Stricker (2001, Experiment 4). Sie untersuchten den Ebenenwiederholungseffekt (Robertson, 1996; Ward, 1982) bei einem Patienten, bei dem nach einem Schlaganfall der rechte Temporal- und Parietallappen geschädigt waren. Es zeigte sich, dass der Proband Schwierigkeiten hatte, von der „schlechten“ globalen Ebene auf die „gute“ lokale Ebene zu wechseln. Gesunde Probanden können dagegen in der Regel leichter auf die lokale als auf die globale Ebene wechseln (Vorberg, 1992). Möglicherweise kam dieser Effekt dadurch zustande, dass für die globale Verarbeitung in der schwächeren LH mehr Ressourcen aufgewendet werden mussten als für die lokale Verarbeitung, so dass der anschließende Wechsel zu der lokalen Aufgabe erschwert war. Einen noch dramatischeren Effekt hatten Läsionen in einer Fallstudie einer 13-jährigen Patientin mit Schädigungen des rechten Temporallappens (Lassonde et al., 1999). Die Patientin war instruiert, bestimmte Zielformen auf der globalen oder lokalen Ebene von hierarchischen Buchstaben zu entdecken. Während die Entdeckungsleistung in der lokalen Bedingung nahezu perfekt war (137 von 140 Zielformen korrekt erkannt), war die Fähigkeit zur Verarbeitung der globalen Ebene vollständig zerstört (0 von 140 Zielformen korrekt).

Die bislang umfangreichste Läsionsstudie wurde von Doyon und Milner (1991) durchgeführt. Sie verwendeten eine Aufgabe, bei der die Probanden angeben sollten, ob die Form auf einer bestimmten Ebene eines hierarchischen Reizes einem vorher dargebotenen Vergleichsbuchstaben entsprach. Die Probandengruppe bestand aus 56 Patienten mit Schädigungen des linken oder rechten frontalen Kortex oder des linken oder rechten temporalen Kortex. Zusätzlich wurde eine gesunde Kontrollgruppe von 20 Probanden untersucht. Es zeigte sich, dass die globale Interferenz in der Gruppe mit Läsionen des rechten temporalen Kortex niedriger war als in allen anderen Gruppen. Dies weist darauf hin, dass diese Gruppe ein Defizit für die globale Verarbeitung hatte. Schädigungen des linken bzw. rechten Frontallappens führten dagegen nicht zu

Beeinträchtigungen der lokalen bzw. globalen Verarbeitung. Das letztere Ergebnis korrespondiert mit den Befunden von Robertson, Lamb und Knight (1991), die ebenfalls keinen ebenenspezifischen Effekt bei einseitigen Schädigungen des Frontallappens fanden.

Läsionen des linken und rechten Parietal-/Temporallappens führen jedoch nicht immer zu den erwarteten neuropsychologischen Ausfällen. Ein Beispiel hierfür ist die Fallstudie von Polster und Rapcsak (1994). Die Autoren ließen zwei Patientinnen Formen auf einer vorher festgelegten Ebene identifizieren. Beide Teilnehmerinnen wiesen nach einem Schlaganfall schwere Schädigungen in der LH auf. Entsprechend der vermuteten Hemisphärenspezialisierung wurde erwartet, dass die Probandinnen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe einen stärkeren globalen Vorteil und eine stärkere globale Interferenz aufweisen würden. Tatsächlich war jedoch beides nicht der Fall: Die Patientinnen zeigten sogar im Gegenteil einen *lokalen* Vorteil und eine *lokale* Interferenz. Zu ähnlichen Resultaten kommen auch Schatz, Craft, Koby und DeBaun (2004) in einer jüngeren und umfangreicheren Studie. Die Autoren untersuchten 14 Kinder, die nach einem Schlaganfall eine unilaterale Schädigung der LH aufwiesen. Diese waren instruiert, eine Zielform auf der lokalen oder globalen Ebene einer hierarchisch strukturierten geometrischen Figur zu entdecken. Wie auch bei Polster und Rapcsak (1994) zeigten die Patienten keine Anzeichen für eine beeinträchtigte lokale Verarbeitung.

Als Erklärung für die negativen Ergebnisse könnte argumentiert werden, dass die Probanden in den Studien von Polster und Rapcsak (1994) bzw. Schatz et al. (2004) vergleichsweise schwere Läsionen aufwiesen, die nur schlecht mit denen aus anderen Studien verglichen werden können. Möglicherweise zeigen diese beiden Studien lediglich Ausnahmefälle, bei denen die gesunde Hemisphäre den Ausfall der Funktionen der geschädigten Hemisphäre kompensiert hat. Jedoch zeigen sich auch in den Ergebnissen der anderen Läsionsstudien Widersprüche. Ein Beispiel ist der Fall einer 57-jährigen Patientin mit RH-Läsionen des Temporal-, Parietal- und Okzipitallappens (Doricchi & Incoccia, 1998). In einem aus einer Reihe von Experimenten sollte die Probandin den Buchstaben auf einer vorgegebenen Ebene eines hierarchischen Reizes identifizieren, wobei der Buchstabe auf der irrelevanten Ebene entweder kongruent, inkongruent oder neutral im Bezug auf die korrekte Antwort war. Bei kongruenten und inkongruenten Stimuli zeigte sich ein Effekt in die erwartete Richtung, d. h. eine lokale Präzedenz sowie lokale Interferenz. Dagegen konnte die Patientin die globale Ebene von neutralen Stimuli ohne einen einzigen Fehler identifizieren. Sie zeigte in dieser Situation also trotz

RH-Läsionen eine intakte globale Verarbeitung. Uneinheitliche Resultate ergaben sich auch in den bereits erwähnten Studien von Doyon und Milner (1991), Lamb et al. (1989), sowie Filoteo et al. (2001). In der ersten Arbeit führten zwar Schädigungen des rechten Temporallappens erwartungsgemäß zu einer Reduktion der globalen Interferenz, jedoch hatten Läsionen in den homologen Arealen der LH *keinen* entsprechenden Effekt auf die hierarchische Verarbeitung. In der zweiten Studie (Lamb et al., 1989) zeigten sich ebenenspezifische Effekte der Läsionsseite nur bei LH-Patienten, nicht aber bei RH-Patienten. Schließlich fanden Filoteo et al. (2001) zwar einen lokalen Vorteil bei einem Patienten mit RH-Läsionen, stellten denselben Effekt jedoch auch bei einer gesunden Kontrollgruppe fest. Es kann daher nicht geschlossen werden, dass der lokale Vorteil durch die RH-Läsion zustande gekommen ist.

Die wichtigsten Ergebnisse aus den Läsionsstudien lassen sich daher wie folgt zusammenfassen. Sie zeigen, dass insbesondere Gehirnstrukturen im inferioren parietalen Kortex und superioren temporalen Kortex für die hierarchische Reizverarbeitung wichtig sind (Doyon & Milner, 1991; Robertson et al., 1991). Links- bzw. rechtshemisphärische Läsionen dieser Areale führten häufig zu Störungen der lokalen bzw. globalen Verarbeitung (z. B. Robertson et al., 1988). Auf der anderen Seite zeigte sich aber auch, dass solche Läsionen nicht immer zu den erwarteten neuropsychologischen Beeinträchtigungen führen (Polster & Rapcsak, 1994; Schatz et al., 2004). Dies legt die Interpretation nahe, dass es keinen einfachen, „fest verdrahteten“ Hemisphärenunterschied für die hierarchische Verarbeitung gibt. Vielmehr scheinen die Hemisphärenunterschiede nur unter spezielleren, förderlichen Bedingungen aufzutreten.

Um den Hemisphärenunterschied und die diesem Unterschied zugrunde liegenden Mechanismen besser verstehen zu können, ist es daher wichtig, die genauen Bedingungen, unter denen dieser Effekt auftritt, zu isolieren und zu beschreiben. Dies soll in den folgenden Abschnitten versucht werden. Dabei bietet es sich an, zwei Gruppen von Faktoren zu unterscheiden. Solche Bedingungen, die sich auf die hierarchischen *Reize* beziehen, werden häufig auch als *perzeptuelle Faktoren* bezeichnet. Solche Faktoren, welche die mit den Reizen assoziierte *Aufgabe* betreffen, bezeichnet man dagegen häufig als *attentional* (z. B. Evans et al., 2000).

2.1. PERZEPTUELLE FAKTOREN

Im ersten Abschnitt sollen zunächst perzeptuelle Faktoren für Hemisphärenunterschiede in der hierarchischen Reizverarbeitung betrachtet werden.

Stimuluskategorie

In den meisten Studien zu Hemisphärenunterschieden in der globalen und lokalen Verarbeitung wurden hierarchische Buchstaben als Reize verwendet. Eine häufig geäußerte Kritik daran ist es, dass die Hemisphären sich nicht nur im Bezug auf die globale und lokale Verarbeitung unterscheiden, sondern dass die LH ebenfalls für die Verarbeitung von *Sprache* spezialisiert ist (Corballis, 1989). Möglicherweise produzieren daher linguistische hierarchische Buchstabenreize ein anderes Ergebnismuster als nicht-linguistische Reize.

In diese Richtung weisen zum Beispiel die Ergebnisse einer PET-Untersuchung von Fink, Marshall, Halligan, Frith und Frackowiak (1997). Die Autoren verwendeten Stimuli, bei denen stilisierte Objekte wie Tassen oder Anker so zusammengesetzt wurden, dass sie auf der globalen Ebene ein weiteres Objekt bildeten (siehe Abbildung I-5a). Interessanterweise waren die Hemisphärenunterschiede mit diesen Stimuli genau umgekehrt zu dem erwarteten Muster: Globale Aufmerksamkeit führte zu einer stärkeren Aktivierung in der LH im Vergleich zur RH, und Aufmerksamkeit auf die lokale Ebene erhöhte die Aktivität in der RH im Vergleich zur LH. Als Erklärung spekulierten Fink et al. (1997), dass die Verarbeitung der Information auf der „schwierigeren“ lokalen Ebene jeweils von der Hemisphäre übernommen wird, die für die Verarbeitung des gegebenen Reizmaterials spezialisiert ist. Bei der Verarbeitung von lokalen *Objekten* zeige sich daher eine erhöhte Aktivität in der für die Objekterkennung spezialisierten RH, während die Identifikation von lokalen *Buchstaben* in der für Sprachverarbeitung spezialisierten LH stattfindet.

Diese Hypothese von Fink et al. (1997) konnte in einer späteren und besser kontrollierten fMRT-Studie mit ähnlichem Stimulusmaterial jedoch nicht bestätigt werden. Weber, Schwarz, Kneifel, Treyer und Buck (2000) verwendeten sowohl hierarchische Objekte als auch hierarchische Buchstaben als Stimuli und ließen ihre Probanden selektiv auf eine Ebene achten. Als Ergebnis fanden sie mit beiden Stimulustypen einen Aktivitätsfokus in der LH bzw. RH für die lokale bzw. globale Verarbeitung. Übereinstimmende Resultate zeigten sich auch in einer Reaktionszeitstudie von Brown und

Kosslyn (1995). Die Autoren verwendeten als Stimuli sowohl hierarchische Buchstaben als auch stilisierte Abbildungen von Hemden und Pullovern, auf denen wiederum kleinere, lokale Hemden bzw. Pullover abgebildet waren (Abbildung I-5b). In zwei von drei Experimenten zeigten sich mit solchen Objekten die erwarteten VF-Effekte. Diese waren sogar größer als die entsprechenden Hemisphärenunterschiede mit hierarchischen Buchstaben.

Auch in solchen Studien mit hierarchisch strukturierten geometrischen Formen als Stimuli zeigten sich mehrheitlich die erwarteten Hemisphärenunterschiede. So produzierten hierarchisch strukturierte Polygone in zwei fMRT-Studien eine lateralisierte Gehirnaktivität für die lokale und globale Ebene (Martinez et al., 1997; Moses et al., 2002; vgl. Sasaki et al., 2001). Ähnliche Ergebnisse zeigen sich in Reaktionszeitstudien. Beispielsweise verwendeten Bedson und Turnbull (2002) geometrische Formen und Buchstaben und konstruierten daraus vier verschiedene Stimulustypen (Formen aus Formen, Formen aus Buchstaben, Buchstaben aus Formen, und Buchstaben aus Buchstaben). Als Ergebnis zeigten sich in allen vier Bedingungen die erwarteten VF-Effekte. Weitere positive Ergebnisse wurden zum Beispiel auch mit Vier- und Rechtecken erzielt (Christman & Weiner, 1997; Kimchi & Merhav, 1991; vgl. aber Polich & Aguilar, 1990; Blanca & Alarcon, 2002).

Etwas anders stellt sich die Ergebnislage in EKP-Studien dar. Hier wurden in keiner der drei Untersuchungen, in denen nicht-linguistische Stimuli zum Einsatz kamen, die erwarteten Gehirnasymmetrien beobachtet (Han, Fan, Chen, & Zhuo, 1997; Han et al., 2001; Johannes, Wieringa, Matzke, & Münte, 1996). Auf den ersten Blick scheint also bei diesem Studientyp das Auftreten von Hemisphärenunterschieden von der Stimuluskategorie abzuhängen. Jedoch müssen auch die mit diesen Stimuli assoziierten Aufgaben berücksichtigt werden. In den drei relevanten ERP-Studien waren die Probanden aufgefordert, die Orientierung von hierarchisch arrangierten Pfeilen zu beur-

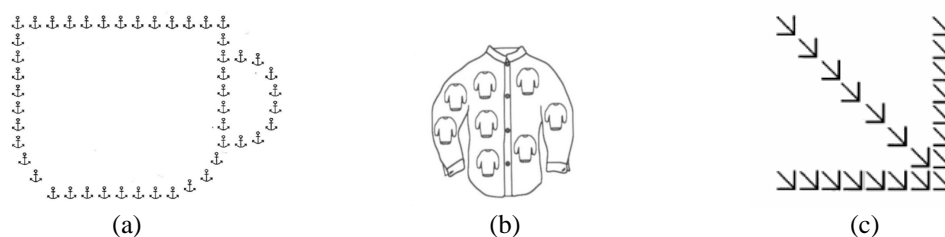


Abbildung I-5 Beispiele für hierarchische Reize aus einer PET-Studie von Fink et al. (1997, Abbildung a), einer Reaktionszeitstudie von Brown und Kosslyn (1995, Abbildung b), und einer EKP-Studie von Han et al. (2001, Abbildung c)

teilen (Han et al., 1997; Han et al., 2001, Abbildung I-5c) bzw. das Fehlen einer Seitenlinie von rotierten oder nicht-rotierten Vierecken anzuzeigen (Johannes et al., 1996). Bei Buchstabenstimuli wird dagegen typischerweise die Identifikation oder Entdeckung von Formen verlangt. Eine mögliche Erklärung für die negativen Ergebnisse bei geometrischen Stimuli könnte daher sein, dass die mit diesen Stimuli assoziierten Aufgaben eher die Extraktion von *konfiguralen* als von hierarchischen Reizeigenschaften erforderte (siehe Kapitel I-1, Kimchi, 1994). Da sich die Hemisphären für die konfigurale Verarbeitung vermutlich nicht unterscheiden, treten entsprechend keine Gehirnasymmetrien auf. Auf dieselbe Weise lassen sich auch die Ergebnisse aus einer Reaktionszeituntersuchung mit geometrischen Formen von Blanca und Alarcon (2002) erklären. Die Autorinnen präsentierten ihren Probanden zusammengesetzte Rechtecke, bei denen eine Seite ausgespart war. Die Aufgabe war es, die Orientierung dieser Öffnung anzugeben, d. h. ein konfigurales Merkmal des hierarchischen Reizes zu beurteilen. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der EKP-Studien fanden sich auch hier keine Hemisphärenunterschiede.

Salienz der globalen und lokalen Ebene

In einer jüngeren Reaktionszeitstudie von Yovel, Yovel und Levy (2001) zeigte sich, dass das Auftreten von VF-Effekte auch von der relativen Verarbeitungsgeschwindigkeit (oder *Salienz*) der Ebenen abhängt. Die Autoren verwendeten zwei verschiedene Typen von Reizen, bei denen entweder die globale Ebene salienter war als lokale Ebene („global saliency“, *GS*), oder aber beide Ebenen etwa gleich salient waren („equal saliency“, *ES*; siehe Abbildung I-6). Sie konstruierten dafür hierarchische Reize gleicher Größe entweder aus vielen kleinen oder wenigen größeren lokalen Elementen (siehe auch Kimchi & Palmer, 1982; Martin, 1979b). Es stellte sich heraus, dass ES-Stimuli größere VF-Effekte produzierten als GS-Reize. Yovel und Mitarbeiter vermuteten, dass die Selektion der globalen Ebene in der letzteren Bedingung so einfach ist, dass die „schwächere“ LH diese genauso gut durchführen kann wie die „bessere“ RH, so dass mögliche Unterschiede zwischen den Hemisphären verdeckt würden. Gleichzeitig werden Hemisphärenunterschiede für die lokale Ebene bei GS-Stimuli dadurch verdeckt, dass die Selektion der lokalen Ebene so schwierig ist, dass die „bessere“ LH sie genauso schlecht durchführt wie die „schlechtere“ RH.

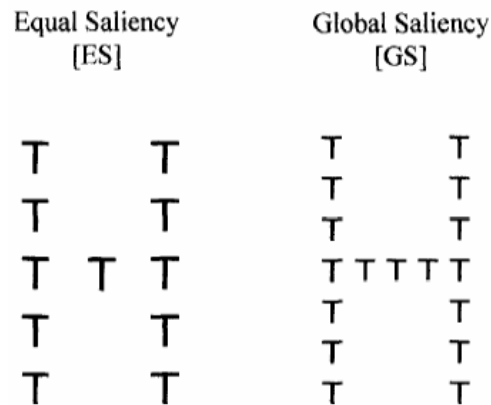


Abbildung I-6 Stimuli mit gleicher Salienz der Ebenen (ES) oder einer stärkeren Salienz der globalen Ebene (GS). Die Abbildung ist entnommen aus der Untersuchung von Yovel, Yovel und Levy (2001)

Auch die Ergebnisse von Kimchi und Merhav (1991) weisen darauf hin, dass die Salienz eine Rolle für das Auftreten von VF-Effekten spielt. Sie präsentierten ihren Probanden globale Rechtecke oder Quadrate derselben Größe, die aus wenigen oder vielen lokalen Quadraten zusammengesetzt waren. Es zeigte sich, dass beide Stimulustypen die erwarteten VF-Effekte produzierten. In einem weiteren Experiment konfrontierten die Autorinnen ihre Versuchspersonen mit Schachbrettmustern, die sowohl von der Größe als auch von der Anzahl der lokalen Elemente identisch zu den zuerst präsentierten Stimuli waren. Jedoch grenzten die (abwechselnd schwarzen und weißen) lokalen Elemente des Schachbrettmusters direkt aneinander an. Dies führte bei Stimuli mit vielen kleinen Elementen zu einem Verschwinden der VF-Effekte. Hemisphärenunterschiede treten also vermutlich nur dann auf, wenn die lokalen Elemente als eigenständige Formen wahrgenommen werden. Wenn die Elemente als *Textur* der globalen Form wahrgenommen werden, zeigen sich dagegen keine VF-Effekte. Zu denselben Ergebnissen kommen auch Christman und Weiner (1997). Die Autoren verwendeten drei verschiedene Schachbrettmuster, die aus 4, 6-10 oder 16 lokalen Elementen zusammengesetzt waren. Auch hier zeigten sich nur bei den Stimuli mit wenigen lokalen Elementen VF-Effekte. Bei Mustern mit vielen lokalen Elementen gab es keine Hemisphärenunterschiede.

Ähnliche Stimuli wurden in einer PET-Studie von Fink, Marshall, Halligan, und Dolan (1999) verwendet. Die Autoren präsentierten ihren Probanden vertikale oder horizontale Balkenmuster, die entweder aus vielen dünnen Balken (globale Salienz) oder aber aus wenigen dicken Balken (gleiche Salienz) zusammengesetzt waren. Auch hier zeigte sich, dass die Salienz der Ebenen ein wichtiger Faktor für Hemisphärenunter-

schiede in der hierarchischen Verarbeitung ist. Jedoch führte, im Unterschied zu den Ergebnissen von Yovel et al. (2001), eine ausgeglichene Salienz der Ebenen nicht generell zu stärkeren Hemisphärenunterschieden. Stattdessen produzierten die Stimuli mit der ausgeglichenen Salienz einen Hemisphärenunterschied in der lokalen Bedingung, während solche Stimuli mit größeren globaler Salienz Hemisphärenunterschiede in der globalen Bedingung produzierten. Fink et al. (1999) interpretieren daher, dass die Hemisphärenunterschiede in Antwort auf eine gegebene Ebene umso stärker sind, je salienter diese Ebene ist. Wenn diese Annahme korrekt wäre, dann hätten auch die Stimuli von Kimchi und Merhav (1991) bzw. Christman und Weiner (1997) mit ihrer hohen globalen Salienz einen starken globalen VF-Effekt produzieren sollen. Dies war jedoch nicht der Fall. Die Ergebnisse zur Rolle der Salienz unterstützen daher eher die Annahme von Yovel et al. (2001), nach der eine *ähnliche* Salienz der globalen und lokalen Ebene förderlich für das Auftreten von Hemisphärenunterschieden ist.

Exzentrizität

Ein weiterer Faktor, der möglicherweise das Auftreten von Hemisphärenunterschieden moderiert, ist die Exzentrizität der Stimulusposition. Dieser Faktor wurde in einer Übersichtsarbeit von Van Kleeck (1989) identifiziert. Der Autor verglich die VF-Effekte aus elf verschiedenen Experimenten und fand, dass in denjenigen Experimenten mit negativen Ergebnissen ungewöhnlich große Exzentrizitäten verwendet wurden. Zum Beispiel zeigten sich bei Boles (1984, Experiment 2) bei einer Exzentrizität von 2.7° des Sehwinkels keine VF-Effekte. Ebenfalls negative Ergebnisse erbrachten die Experimente von Alisivatos und Wilding (1982) mit einer Exzentrizität von 2.2° . Auch in späteren Reaktionszeitstudien, die noch nicht in Van Kleecks (1989) Übersichtsarbeit berücksichtigt wurden, zeigt sich ein negativer Zusammenhang zwischen der Exzentrizität der Stimulusposition und der Stärke der entsprechenden VF-Effekte. In allen zehn Experimenten mit einer Exzentrizität $\leq 1^\circ$ des Sehwinkels zeigten sich die erwarteten Hemisphärenunterschiede (Hübner, 1997, 1998; Hübner & Malinowski, 2002; Yovel et al., 2001). Dagegen traten nur in neun von fünfzehn Experimenten mit einer Exzentrizität $\geq 2^\circ$ VF-Effekte auf (Blanca & Alarcon, 2002; Blanca, Zalabardo, Garcia-Criado, & Siles, 1994; Blanca-Mena, 1992; Boles & Karner, 1996; Christman, 2001; Evert & Kmen, 2003). Als Erklärung vermutete Van Kleeck (1989), dass Stimuli bei großen Exzentrizitäten auf relativ schlecht auflösende Bereiche der Netzhaut projiziert werden. Solche schlecht aufgelösten Stimuli werden generell besser in der rechten als in der linken Hemisphäre verarbeitet (Hellige, 1996; Hellige, 1997), so dass der Hemisphärenun-

terschied für die globale und lokale Verarbeitung möglicherweise von dem Hemisphärenunterschied für die Verarbeitung schlecht aufgelöster Stimuli verdeckt wird.

In diesem Zusammenhang ist auch eine Beobachtung von Han, Weaver, Murray, Kang, Yund und Woods (2002) im Bezug auf EKP-Studien interessant. Sie stellten fest, dass solche EKP-Studien mit Buchstabenstimuli im ZVF beinahe einheitlich Gehirn-asymmetrien produzieren (Heinze et al., 1998; Heinze, Johannes, Münte, & Mangun, 1994, Experiment 1; Heinze & Münte, 1993; Malinowski et al., 2002; Yamaguchi et al., 2000). Dagegen zeigten sich positive Ergebnisse nur in zwei von vier EKP-Studien mit Stimuli im LVF oder RVF (Han, Fan, Chen, & Zhuo, 1999; Proverbio, Minniti, & Zani, 1998; vgl. Han et al., 2003; Heinze et al., 1994, Experiment 2). Han et al. (2002) vermuteten als Erklärung, dass bei zentral präsentierten Stimuli die Hemisphären um die Verarbeitung des Reizes konkurrieren, und dass dieser Wettbewerb eine förderliche Bedingung für Hemisphärenunterschiede ist. Bei einer exzentrischen Stimulusposition gelangt der Stimulus dagegen zuerst in die dem stimulierten VF gegenüber liegende Hemisphäre und erreicht die ipsilaterale Hemisphäre erst nach dem Transfer durch das *Corpus Callosum*. In dieser Situation kommt es nicht zu einem Wettbewerb zwischen den Hemisphären, so dass die Hemisphärenunterschiede reduziert sind.

Darbietungsdauer / Maskierung

Ein weiterer möglicher Faktor für das Auftreten von Hemisphärenunterschieden bei der global/lokal-Verarbeitung ist die Darbietungsdauer des hierarchischen Reizes. Dies wurde zum Beispiel von Blanca, Zalabardo, Garcia-Criado und Siles (1994) berichtet. Sie präsentierten ihren Probanden hierarchische Buchstaben im LVF oder RVF und ließen sie einen vorher definierten Zielbuchstaben auf der globalen oder lokalen Ebene entdecken. Dabei variierten sie die Dauer der Stimulusdarbietung zwischen 50, 100 und 200 *ms*. Es stellte sich heraus, dass nur bei der kürzesten Darbietungsdauer VF-Effekte auftraten. Blanca et al. (1994) vermuteten, dass die Stimuli in dieser Situation schlechter sichtbar sind und die Detektion der Buchstaben auf den Ebenen dadurch erschwert wird. Weiterhin nahmen sie an, dass sich die Hemisphären nur für diese „schwierigere“ Aufgabe unterscheiden. Der Befund von Blanca et al. (1994) zur Rolle der Darbietungsdauer für VF-Effekte konnte in einer späteren Studie von Evert und Kmen (2003) noch weiter präzisiert werden. Die Autoren variierten die Darbietungsdauer der Reize über einen Bereich von 27-147 *ms* und stellten fest, dass VF-Effekte hauptsächlich in einem Bereich von 40-80 *ms* auftraten. Offenbar gibt es also auch eine

untere Grenze für den Zeitbereich, der optimal für die Produktion von VF-Effekten ist. Dies würde auch ein weiteres Ergebnis zur Rolle der Darbietungszeit für VF-Effekte von Boles und Karner (1996) erklären. Die Autoren präsentierten ihren Probanden hierarchische Reize für 33 oder für 100 ms und fanden in beiden Bedingungen keine VF-Effekte. Möglicherweise lag dies daran, dass beide Präsentationsdauern nicht in dem optimalen Zeitbereich für die Produktion von VF-Effekten gelegen hatten.

In diesem Zusammenhang ist auch der Effekt von Post-Stimulus-Masken relevant. Darunter versteht man einen visuellen Stimulus, der direkt im Anschluss an den eigentlichen Zielreiz präsentiert wird und dessen Konturen teilweise überlappt. Eine Maske reduziert die Sichtbarkeit des Zielreizes und kann daher ebenfalls als Methode zur Manipulation der Darbietungsdauer betrachtet werden (Breitmeyer & Ogmen, 2000). Zur Untersuchung von VF-Effekten wurden Masken insgesamt in drei Untersuchungen verwendet, von denen zwei die erwarteten VF-Effekte produzierten (Martin, 1979a; Yovel et al., 2001; vgl. Van Kleeck, 1989). Leider wurde die Rolle von Masken für VF-Effekte bislang noch nicht direkt untersucht. Die vorliegenden Ergebnisse weisen aber darauf hin, dass die Applikation einer Post-Stimulus-Maske ebenso zu stärker-

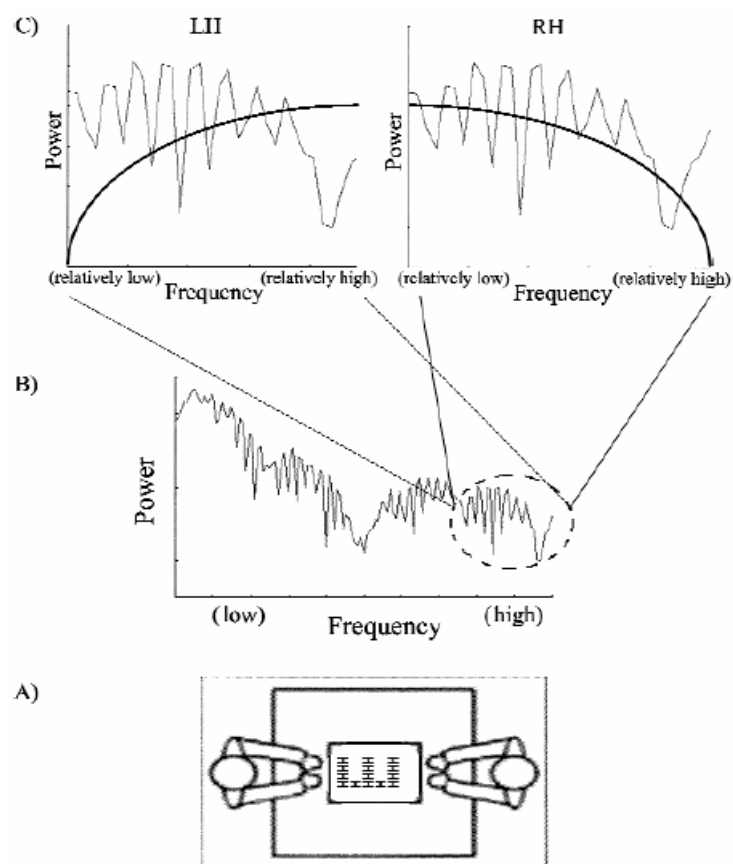


Abbildung I-7 Illustration der DFF-Theorie (aus: Robertson & Ivry, 2000)

ren VF-Effekten führt wie die Verkürzung der Präsentationsdauer. Zusammenfassend legen die Daten somit nahe, dass eine kurze Darbietungsdauer in Reaktionszeitstudien eine förderliche Bedingung für das Auftreten von Hemisphärenunterschieden ist, und dass die optimale Präsentationsdauer für die Produktion von VF-Effekten zwischen 40 und 80 ms liegt (vgl. Christman & Weiner, 1997; Kimchi & Merhav, 1991).

Gehalt an hohen und tiefen Ortsfrequenzen

Ein weithin anerkanntes Modell der Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung ist die *Ortsfrequenzhypothese* (Sergent, 1982). Nach diesem Ansatz kann die LH effektiver auf die Verarbeitungsergebnisse von Kanälen für hohe Ortsfrequenzen zugreifen, während die RH effektiver auf Verarbeitungsergebnisse aus Kanälen für tiefe Ortsfrequenzen zugreifen kann (Grabowska & Nowicka, 1996). Dadurch ist die hochfrequente lokale Information in der LH früher und/oder in einer besseren Qualität repräsentiert als in der RH, und die niederfrequente globale Information ist in der RH früher und/oder besser repräsentiert als in der LH (Robertson, 1996; Sergent, 1982). Der Hemisphärenunterschied für die globale bzw. lokale Verarbeitung ist demnach eine direkte Folge der Hemisphärenspezialisierung auf tiefe bzw. hohe Ortsfrequenzen.

Eine Erweiterung der Ortsfrequenzhypothese ist die *Double Filtering by Frequency (DFE)*-Theorie von Ivry und Robertson (1998; siehe auch Robertson & Ivry, 2000). Die Theorie berücksichtigt, dass die Hemisphären sich nicht für die Verarbeitung von Ortsfrequenzen einer *absoluten* Höhe unterscheiden, sondern nur in der Effizienz für die Verarbeitung von *relativ* hohen bzw. tiefen Frequenzkomponenten. Dies zeigt zum Beispiel die Studie von Christman, Kitterle und Hellige (1991; siehe auch Christman, 1989; Christman, 1993; Hellige, 1996). Die Autoren präsentierten ihren Probanden Sinuswellengitter im LVF oder RVF und ließen sie selektiv auf Stimuli mit einer Frequenzkomponente mit 2 Kontrastwechseln pro Grad des Schwinkels (cycles per degree, *cpd*) reagieren. Wenn die Zielstimuli gleichzeitig Frequenzkomponenten enthielten, die höher als 2 *cpd* waren, zeigten die Probanden schnellere Reaktionen auf LVF/RH-Stimuli. Waren die anderen Frequenzkomponenten dagegen niedriger als 2 *cpd*, dann zeigte sich ein RVF/LH-Vorteil. Die Effizienz der Verarbeitung variierte also im Bezug darauf, ob das für die Lösung der Aufgabe relevante Band an Ortsfrequenzen im Vergleich zu den nicht-relevanten Ortsfrequenzen *relativ* hoch oder *relativ* niedrig war.

In der DFF-Theorie werden daher zwei sukzessiven Filterstufen angenommen. In der ersten Stufe wird aus dem gesamten Spektrum der eingehenden Ortsfrequenzen derjenige Frequenzbereich herausgefiltert, der für die Bearbeitung der aktuellen Aufgabe relevant ist (siehe Abbildung I-7a+b). Auf dieser Filterstufe unterscheiden sich die Hemisphären *nicht*, d. h., der Prozess wird mit der gleichen Effektivität in der LH und der RH durchgeführt. Die Verarbeitungsergebnisse aus der ersten Filterstufe bilden die Eingangssignale für die darauf folgende zweite Filterstufe. An dieser Stelle kommen die Hemisphärenunterschiede zum Tragen: Die RH schwächt die höheren Ortsfrequenzen ab und fungiert so als Tiefpass-Filter, und die LH schwächt die tiefen Ortsfrequenzen ab und wirkt daher wie ein Hochpass-Filter (Abbildung I-7c). Die Folge davon sind asymmetrische Repräsentationen der Ortsfrequenz-Informationen in den Hemisphären, die schließlich zu den bekannten Hemisphärenunterschieden bei der Verarbeitung von globalen oder lokalen Formen führen.

Die Ortsfrequenzhypothese (bzw. die DFF-Theorie) ist zurzeit vermutlich das dominante Modell zur Erklärung von Hemisphärenunterschieden in der globalen und lokalen Verarbeitung (für Imaging-Studien siehe z. B. Han et al., 2002; für EKP-Studien siehe z. B. Heinze et al., 1998; Evans et al., 2000; für Reaktionszeitstudien siehe z. B. Sergent, 1982; Christman & Weiner, 1997). Umso erstaunlicher ist es, dass die Rolle von hohen und tiefen Ortsfrequenzen für die Hemisphärenunterschiede bisher noch kaum direkt untersucht wurde. Derzeit existieren lediglich drei Studien, in denen der Ortsfrequenzgehalt von hierarchischen Reizen direkt manipuliert und der Effekt auf die Hemisphärenunterschiede gemessen wurde (Han et al., 2002; Han et al., 2003; Hübner, 1997).

In der Studie von Hübner (1997) wurden hierarchische Stimuli verwendet, bei denen selektiv die hohen Ortsfrequenzbänder herausgefiltert waren. Wenn die Ortsfrequenzen der Ebenen entscheidend wären für den Hemisphärenunterschied, dann sollten sich mit diesen Stimuli keine VF-Effekte zeigen. Tatsächlich ergaben sich jedoch Hemisphärenunterschiede in die erwartete Richtung. Das Hochpass-Filtern führte lediglich zu einer allgemeinen Erhöhung der Reaktionszeiten im Vergleich zu ungefilterten Reizen. Auch die Ergebnisse von Han et al. (2003) zeigten keinen moderierenden Effekt des Ortsfrequenzgehaltes auf die Hemisphärenunterschiede. In einer kombinierten Reaktionszeit- und EKP-Studie präsentierten sie ihren Probanden sowohl normale hierarchische Reize („Breitband-Stimuli“) als auch kontrastbalancierte Reize, bei denen die tieferen Ortsfrequenzen entfernt waren. Die Aufgabe war es, einen Zielreiz auf einer

vorgegebenen Ebene zu identifizieren. In beiden Bedingungen zeigten sich VF-Effekte in die erwartete Richtung. Die gleichen Reize verwendeten Han et al. auch in einer fMRT-Studie (2002). Bei dieser Untersuchung produzierten ebenfalls beide Stimulustypen Hemisphärenunterschiede, wenn auch in etwas stärkerem Maße für Breitband-Stimuli. Zusammenfassend bieten diese Ergebnisse also keine Unterstützung für die Annahme, dass Ortsfrequenzunterschiede entscheidend sind für Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung. Entsprechend bieten die Daten auch nur wenig Evidenz für die Ortsfrequenzhypothese bzw. DFF-Theorie (Ivry & Robertson, 1998).

2.2. ATTENTIONALE FAKTOREN

Studien zu Hemisphärenunterschieden in der globalen und lokalen Verarbeitung unterscheiden sich nicht nur im Bezug auf die verwendeten Reize, sondern auch im Hinblick auf attentionale Faktoren, d. h. auf die mit den Stimuli assoziierten Aufgaben.

Entdeckungs- vs. Identifikationsaufgaben

Eine mögliche Variation besteht darin, von den Probanden die *Entdeckung* oder die *Identifikation* einer vorher festgelegten Form zu fordern. Bei Entdeckungsaufgaben sind die Probanden instruiert anzugeben, ob eine vorher festgelegte Zielform in dem hierarchischen Zielreiz aufgetreten ist oder nicht (ja/nein-Antwort). Für die Antwortselektion ist es hierbei ausreichend, die Formen des präsentierten Stimulus auf Übereinstimmungen mit der vordefinierten Zielform zu prüfen. Bei Identifikationsaufgaben sollen die Probanden dagegen angeben, *welche* von zwei oder mehr vorher definierten Formen in dem hierarchischen Reiz aufgetreten ist. Dazu müssen die Formen nicht nur korrekt erkannt werden, sondern es ist außerdem eine Zuordnung der Formen zu ihren entsprechenden Antwortkategorien erforderlich. Anders formuliert müssen die Probanden bei Identifikationsaufgaben im Unterschied zu Entdeckungsaufgaben auch die *Bedeutung* der Formen im Bezug auf die Antwortreaktion repräsentieren. Da zum Beispiel für die Verarbeitung von Ortsfrequenzen bekannt ist, dass Identifikationsaufgaben häufiger zu Hemisphärenunterschieden führen als Entdeckungsaufgaben (Grabowska & Nowicka, 1996; Peterzell, Harvey, & Hardyck, 1989), könnte vermutet werden, dass ein entsprechender Unterschied zwischen den Aufgabentypen auch für die Verarbeitung von hierarchischen Reizen existiert (Malinowski, 2001; Yovel et al., 2001).

Für einen solchen Unterschied gibt es jedoch bislang nur wenig Evidenz. Zum Beispiel verwendeten Yovel et al. (2001) in ihrer Reaktionszeitstudie sowohl Entdeckungs- als auch Identifikationsaufgaben und verglichen anschließend die VF-Effekte in beiden Bedingungen. Entgegen den Erwartungen produzierten beide Aufgaben dasselbe Ausmaß an VF-Effekten. Auch zeigt sich bei einem Überblick über die Ergebnisse von Reaktionszeitstudien mit Entdeckungs- und Identifikationsaufgaben insgesamt ein ausgeglichenes Verhältnis von positiven und negativen Ergebnissen für beide Aufgabentypen. In vier von sechs Studien mit Entdeckungsaufgaben traten die erwarteten VF-Effekte auf (Blanca et al., 1994; Christman, 2001; Sergent, 1982; Yovel et al., 2001, Experimente 1a+b; vgl. Blanca-Mena, 1992; Blanca & Alarcon, 2002). Die gleiche Rate von positiven Ergebnissen zeigte sich auch in Arbeiten mit Identifikationsaufgaben: Hier produzierten acht von zwölf Studien die erwarteten Ergebnisse (Brown & Kosslyn, 1995; Christman & Weiner, 1997; Evert & Kmen, 2003; Hübner, 1997; Hübner & Malinowski, 2002; Kimchi & Merhav, 1991; Martin, 1979a; Yovel et al., 2001, Experiment 1c; vgl. Boles, 1984; Boles & Karner, 1996; Van Kleeck, 1989; Polich & Aguilar, 1990).

Auch die Resultate aus Imaging-Studien sprechen gegen einen bedeutsamen Unterschied zwischen Entdeckungs- und Identifikationsaufgaben im Bezug auf die Hemisphärenunterschiede. Hier produzierten drei von vier Arbeiten mit Entdeckungsaufgaben Ergebnisse in die erwartete Richtung (Han et al., 2002; Martinez et al., 1997; Moses et al., 2002; vgl. Heinze et al., 1998), und mit Identifikationsaufgaben wurden in drei von fünf Experimenten positive Ergebnisse erzielt (Fink et al., 1996, Experiment 1+2; Weber et al., 2000; vgl. Fink et al., 1997; Sasaki et al., 2001). Interessanterweise waren bei Entdeckungs- und Identifikationsaufgaben außerdem in der Regel die gleichen Areale bei der lokalen bzw. globalen Verarbeitung aktiviert: Mit beiden Aufgabentypen zeigen sich die stärksten Effekte im Übergang zwischen dem Okzipital- und Temporalappen (siehe aber auch Fink et al., 1996, Experiment 2; Fink et al., 1997).

Die Ergebnisse von EKP-Studien sind im Bezug auf einen möglichen Unterschied zwischen Entdeckungs- und Identifikationsaufgaben nur schwer interpretierbar, da hier bislang mit einer einzigen Ausnahme (Malinowski et al., 2002) ausschließlich Entdeckungsaufgaben zur Untersuchung des Hemisphärenunterschiedes verwendet wurden. In diesen zeigten sich jedoch, ebenso wie in der einzigen Identifikationsstudie, beinahe einheitlich die erwarteten Gehirnasymmetrien (Evans et al., 2000; Han et al., 1999; Heinze et al., 1998, Experiment 1; Heinze et al., 1994, Experiment 1; Heinze &

Münste, 1993; Proverbio et al., 1998; Yamaguchi et al., 2000). Ausnahmen sind lediglich die bereits früher erwähnten Arbeiten mit geometrischen Stimuli (Han et al., 1997; Han et al., 2001; Johannes et al., 1996) und mit Stimuli im LVF oder RVF (Han, Liu, Yund, & Woods, 2000; Han et al., 2003; Heinze et al., 1994, Experiment 2). In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Reaktionszeit- und Imaging-Studien weisen also auch die Resultate der EKP-Studien darauf hin, dass der Aufgabentyp (Entdeckung vs. Identifikation) keinen moderierenden Effekt für Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung hat.

Verteilte vs. selektive Aufmerksamkeit

In der hierarchischen Reizverarbeitung können zwei verschiedene Situationen im Bezug auf die Aufmerksamkeitsinstruktion unterschieden werden. Die Probanden können entweder instruiert sein, auf eine spezielle Ebene des hierarchischen Reizes zu achten und die Form auf dieser Ebene zu entdecken oder zu identifizieren. Da hierbei nur eine spezielle Ebene des Reizes relevant ist, wird diese Situation auch als *selektive Aufmerksamkeit* bezeichnet (Brown & Kosslyn, 1995). Eine andere Möglichkeit ist es, die Probanden auf beide Ebenen gleichzeitig achten zu lassen und die Entdeckung oder Identifikation einer vorher festgelegten Zielform zu fordern. Da bei dieser Aufgabe sowohl die lokale als auch die globale Ebene für die Lösung der Aufgabe potentiell relevant sind, bezeichnet man diese Situation als *verteilte Aufmerksamkeit* (Brown & Kosslyn, 1995).

Bei einem Überblick über die Ergebnisse von Studien mit selektiver und verteilter Aufmerksamkeit wird schnell ersichtlich, dass die erwarteten Hemisphärenunterschiede häufiger in der letzteren Bedingung auftreten. Der Unterschied wird besonders deutlich, wenn man nur die Ergebnisse aus den insgesamt wesentlich häufiger verwendeten Identifikationsstudien betrachtet. Während bei diesem Aufgabentyp nur etwa die Hälfte der Reaktionszeitstudien mit selektiver Aufmerksamkeit positive Resultate produzierte, zeigten sich in allen Arbeiten mit verteilter Aufmerksamkeit die erwarteten VF-Effekte (Brown & Kosslyn, 1995; Yovel et al., 2001, Experiment 1c). Ähnlich ist die Ergebnislage bei Imaging-Studien. Während nur in der Hälfte der entsprechenden Experimente mit selektiver Aufmerksamkeit Hemisphärenunterschiede berichtet wurden (Fink et al., 1996, Experiment 1; Weber et al., 2000; vgl. Fink et al., 1997; Sasaki et al., 2001), erbrachte das einzige Experiment mit verteilter Aufmerksamkeit ein positives Ergebnis (Fink et al., 1996, Experiment 2). Auch bei Läsionsstudien scheint die Auf-

merksamkeitsinstruktion eine Rolle zu spielen. In allen Läsionsstudien mit Identifikationsaufgaben und verteilter Aufmerksamkeit traten Hemisphärenunterschiede in die erwartete Richtung auf (Filoteo et al., 2001; Lamb et al., 1990; Lassonde et al., 1999; Robertson et al., 1988). Dagegen zeigten sich entsprechende Effekte in Studien mit selektiver Aufmerksamkeit nur unter speziellen Bedingungen (Doricchi & Incoccia, 1998) oder blieben sogar ganz aus (Polster & Rapcsak, 1994).

In zwei Studien wurde der Unterschied zwischen verteilter und selektiver Aufmerksamkeit auch direkt untersucht. Yovel, Yovel und Levy (2001) variierten in ihrer Reaktionszeitstudie sowohl Stimulusfaktoren als auch die Aufmerksamkeitsinstruktion und fanden, dass das Ausmaß der VF-Effekte in Bedingungen mit verteilter Aufmerksamkeit generell höher war als in solchen mit selektiver Aufmerksamkeit. Als Erklärung vermuteten die Autoren, dass sich bei selektiver Aufmerksamkeit beide Hemisphären auf die Verarbeitung der relevanten Zielebene einstellen, so dass die Leistungsunterschiede der Hemisphären für die Verarbeitung der „besseren“ oder „schlechteren“ Ebene minimal sind. Bei verteilter Aufmerksamkeit stellen sich die Hemisphären dagegen entsprechend ihrer Spezialisierung auf die Verarbeitung einer Ebene ein: Die LH bereitet sich auf die Verarbeitung der lokalen Ebene vor, und die RH stellt sich auf die Verarbeitung der globalen Ebene ein. Diese Voreinstellung führt im Vergleich zur selektiven Aufmerksamkeit zu langsameren Reaktionen auf die jeweils schlechter verarbeitete Ebene. Entsprechend sind die VF-Effekte bei verteilter im Vergleich zu selektiver Aufmerksamkeit erhöht.

Einen förderlichen Effekt der verteilten Aufmerksamkeit fanden auch Heinze, Hinrichs, Scholz, Burchert und Mangun (1998) in einer EKP-Studie. Während die Verarbeitung der globalen bzw. lokalen Ebene bei verteilter Aufmerksamkeit die N2-Amplituden in der rechten bzw. linken Hemisphäre erhöhte, hatte die Zielebene bei selektiver Aufmerksamkeit keinen modulierenden Effekt auf die Gehirnaktivität in den beiden Hemisphären. Die Autoren vermuteten, dass die Probanden in dieser Bedingung ihre attentionale Zoom-Linse auf die relevante Ebene fokussieren und so nur das mit der Zielebene assoziierte Band von Ortsfrequenzen verarbeiten. Da die LH und RH nicht für die Verarbeitung von Ortsfrequenzen einer *absoluten* Größe spezialisiert sind (Christman et al., 1991), zeigen sich hier keine Hemisphärenunterschiede. Bei verteilter Aufmerksamkeit dagegen haben die Probanden keine Möglichkeit zur regionalen Selektion einer bestimmten Ebene und verarbeiten so das gesamte Spektrum der im Stimulus

enthaltenden Ortsfrequenzen. Dadurch treten hier die erwarteten Hemisphärenunterschiede auf.

Interessanterweise gibt es auch Hinweise darauf, dass bei verteilter und bei selektiver Aufmerksamkeit unterschiedliche Gehirnareale aktiv sind (Fink et al., 1996; siehe auch Fink et al., 1997). In einer PET-Studie mit hierarchischen Buchstaben sollten die Probanden entweder selektiv auf eine vorher festgelegte Ebene achten und den darauf befindlichen Buchstaben identifizieren oder aber auf beiden Ebenen nach einem vorher definierten Zielbuchstaben suchen. Während in der ersten Bedingung bei globaler bzw. lokaler Aufmerksamkeit vorwiegend Areale im rechten bzw. linken inferioren Okzipitallappen aktiv waren, zeigte sich bei verteilter Aufmerksamkeit Aktivität im rechten bzw. linken parietal/temporalen Kortex. Diese Aktivität war umso stärker, je mehr aufeinander folgende Stimuli einen Zielbuchstaben auf der globalen bzw. lokalen Ebene aufwiesen. Die Autoren vermuteten daher, dass diese Areale die Allokation von Aufmerksamkeit zu den Ebenen steuern. Die Hemisphärenunterschiede bei selektiver Aufmerksamkeit entstünden dagegen „top-down“ durch absteigende Projektionen aus dem Parietal- und Temporallappen in den visuellen Kortex (siehe auch Yamaguchi et al., 2000).

Konstante vs. randomisierte Zielebene

Während bei verteilter Aufmerksamkeit die Zielebene generell nicht vor der Präsentation des Stimulus bekannt ist, lassen sich in Studien mit selektiver Aufmerksamkeit zwei Vorgehensweisen unterscheiden. Bei einem Teil der Studien wird die relevante Ebene über einen Block von Durchgängen hinweg konstant gehalten (oder auch *geblockt*). In anderen Studien wechselt die Zielebene dagegen in zufälliger Weise von Durchgang zu Durchgang (*randomisierte Zielebene*).

Der Effekt der Ebenen-Randomisierung auf Hemisphärenunterschiede in der hierarchischen Reizverarbeitung wurde in einer Reaktionszeitstudie von Hübner und Malinowski (2002) untersucht. Die Autoren präsentierten ihren Probanden dieselben hierarchischen Reize abwechselnd in Experimentalblöcken mit konstanter bzw. randomisierter Zielebene und forderten die Identifikation der Form auf der vorgegebenen Ebene. Als Ergebnis zeigten sich VF-Effekte nur dann, wenn die Zielebene zufällig zwischen den Durchgängen wechselte. Bei konstanter Zielebene zeigten sich dagegen generell keine VF-Effekte.

Möglicherweise ist der Modus der Zielebene auch in Imaging-Studien mit selektiver Aufmerksamkeit ein relevanter Faktor. Wenn man die drei Arbeiten mit negativen Ergebnissen betrachtet, so zeigt sich, dass in allen diesen Studien die Zielebene über einen Block hinweg konstant war (Fink et al., 1997; Heinze et al., 1998; Sasaki et al., 2001). Studien mit wechselnder Zielebene produzierten dagegen überwiegend positive Ergebnisse. Ein Beispiel hierfür ist die Arbeit von Han et al. (2002), in der die Zielebene von Durchgang zu Durchgang zwischen der globalen und der lokalen Ebene alternierte. Auch die Untersuchung von Weber et al. (2000) zeichnete sich durch einen relativ häufigen Wechsel der Zielebene und positive Ergebnisse im Bezug auf den Hemisphärenunterschied aus. Zwar war hier die zu beachtende Ebene über einen Block von Durchgängen hinweg konstant. Jedoch bestanden die Blöcke nur aus jeweils 12 Durchgängen, so dass die Probanden sich relativ häufig auf eine andere Ebene einstellen mussten.

Kongruenz / Antwortkonflikte

Ein förderlicher Effekt von Antwortkonflikten (oder auch *Interferenz*) zwischen den Ebenen auf Hemisphärenunterschiede in der global/lokal-Verarbeitung wurde erstmals von Van Kleeck (1989) beobachtet. Der Autor führte eine Meta-Analyse über das Auftreten von VF-Effekten in Reaktionszeitstudien durch und unterschied dabei solche Experimente, bei denen inkongruente Stimuli verwendet wurden, von solchen Untersuchungen mit kongruenten Stimuli. Es stellte sich heraus, dass nur zwei von fünf Experimenten mit kongruenten Stimuli zu den erwarteten VF-Effekten führten. Dagegen zeigten sich in fünf von sechs Experimenten mit inkongruenten Stimuli Hemisphärenunterschiede in die erwartete Richtung. Van Kleeck (1989) erklärte den Unterschied so, dass bei inkongruenten Stimuli je nach visuellem Feld der Präsentation und Zielebene die Antwortselektion in unterschiedlich starkem Maße behindert wird. In demjenigen VF bzw. derjenigen Hemisphäre, in der eine gegebene Zielebene relativ gut verarbeitet wird, wird die irrelevante Ebene relativ schlecht verarbeitet und stört die Antwortselektion daher nur in geringem Maße. In derjenigen Hemisphäre dagegen, in der die Zielebene relativ schlecht verarbeitet wird, wird gleichzeitig die irrelevante Ebene relativ gut verarbeitet, so dass die Selektion der Form auf der Zielebene zusätzlich erschwert ist. Nach diesem Modell wirkt Interferenz wie ein *Verstärker* auf die Hemisphärenunterschiede: Je größer die Interferenz zwischen den Ebenen, desto stärker sollten die entsprechenden VF-Effekte sein.

Zu einer anderen Interpretation kommen Hübner und Malinowski (2002). In ihrer Reaktionszeitstudie variierten sie systematisch das Ausmaß der Interferenz zwischen den Ebenen und forderten von den Probanden die Identifikation des Buchstabens auf einer vorher festgelegten Ebene. In allen drei Experimenten zeigten sich VF-Effekte nur in der inkongruenten Bedingung. Jedoch ergab sich kein quantitativer Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Interferenz zwischen den Ebenen und der Höhe der VF-Effekte. Hübner und Malinowski (2002) vermuteten daher einen *qualitativen* Zusammenhang. Sie nahmen an, dass zur Selektion der korrekten Antwort bei inkongruenten im Vergleich zu kongruenten Reizen eine höherwertige Stimulusrepräsentation benötigt wird, und dass die Hemisphären sich nur im Bezug auf die Herstellung solcher stärker elaborierten Stimulusrepräsentationen unterscheiden. Folglich treten Hemisphärenunterschiede hauptsächlich mit inkongruenten Stimuli auf. Nach diesem Ansatz wirken Antwortkonflikte also nicht wie ein Verstärker, sondern eher wie ein Katalysator für Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung.

Boles und Karner (1996) griffen in ihrer Reaktionszeitstudie ebenfalls die Ergebnisse von Van Kleeck (1989) auf und untersuchten die Rolle von Interferenz für das Auftreten von VF-Effekten. Überraschender Weise fanden sie weder für konfligierende noch für nicht-konfligierende Stimuli die erwarteten VF-Effekte. Jedoch war in dieser Studie die Interferenz auf eine andere Weise definiert als in den Studien von Van Kleeck (1989) bzw. Hübner und Malinowski (2002). Boles und Karner (1996) verwendeten hierarchische Buchstaben aus den Formen *A*, *I*, *H* und *T* und definierten solche Reize als konfligierend, bei denen nicht-identische Buchstaben auf den Ebenen vorkamen (z. B. ein globales *H* aus lokalen *T*s). In den beiden anderen Studien war die Kongruenz dagegen darüber definiert, ob die Buchstaben auf den Ebenen unterschiedliche *Antworten* erfordern. Offensichtlich ist nur der letztere Typ von Interferenz förderlich für das Auftreten von VF-Effekten. Dies zeigen auch die Ergebnisse von Hübner und Malinowski (2002). Die Autoren verglichen die Reaktionen auf kongruente Stimuli mit nicht-identischen Formen auf den Ebenen mit solchen auf inkongruente Stimuli. Es stellte sich heraus, dass die kongruenten Stimuli mit ungleichen Buchstaben auf den Ebenen *keine* VF-Effekte produzierten. Nur Antwortkonflikte zwischen den Ebenen führten zu VF-Effekten.

Ein förderlicher Effekt von Antwortkonflikten zwischen den Ebenen zeigt sich auch in der EKP-Studie von Malinowski, Hübner, Keil und Gruber (2002). Der Unterschied zwischen kongruenten und inkongruenten Stimuli im Bezug auf die Hemisphä-

renunterschiede war am größten in der frühen P3-Komponente, 320-400 *ms* nach Einsetzen des Stimulus. In diesem Zeitbereich produzierten inkongruente Stimuli Gehirnasymmetrien in die erwartete Richtung an parietalen, temporalen und zentralen Elektroden. Die Gehirnantworten der LH und RH auf die Ebenen von kongruenten Stimuli unterschieden sich dagegen nicht (vgl. Proverbio et al., 1998).

2.3. ZUSAMMENFASSUNG

Neuropsychologische und experimentalpsychologische Studien weisen darauf hin, dass die LH bzw. RH eine höhere Effizienz für die Verarbeitung der lokalen bzw. globalen Ebene von hierarchischen visuellen Reizen aufweisen. Die entsprechenden Ergebnisse sind jedoch nicht einheitlich (z. B. Delis et al., 1986; vgl. Polster & Rappasak, 1994). Dies zeigt, dass Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung kein generelles Phänomen sind, sondern dass der Effekt nur in bestimmten Situationen auftritt. So scheint es eine förderliche Bedingung für Hemisphärenunterschiede zu sein, wenn die Formen auf den Ebenen eine ähnliche Salienz aufweisen (Yovel et al., 2001) und die Stimuli mit einer geringen Exzentrizität (Van Kleeck, 1989) und einer geringen Expositionsdauer (Evert & Kmen, 2003) präsentiert werden. Positive Ergebnisse zeigen sich außerdem besonders häufig in Aufgaben mit verteilten Aufmerksamkeitsinstruktionen (Yovel et al., 2001), einer häufig wechselnden Zielebene (Hübner & Malinowski, 2002) und Antwortkonflikten zwischen den Ebenen (Hübner & Malinowski, 2002; Malinowski et al., 2002).

II.

Studie I:
Zur Rolle von Stimulusposition und
Antwortkonflikten für Hemisphären-
unterschiede in der hierarchischen Verar-
beitung:
Eine EKP-Untersuchung

Obwohl aus der Literatur einige förderliche Faktoren für den Hemisphärenunterschied in der globalen und lokalen Verarbeitung bekannt sind, sind die genauen Bedingungen für diesen Effekt immer noch weitgehend unklar. So ist zum Beispiel bislang wenig über mögliche Interaktionen zwischen den förderlichen Faktoren bekannt. Dadurch ist es schwierig zu sagen, welche der Faktoren tatsächlich für den Hemisphärenunterschied kritisch sind und welche möglicherweise nur indirekt mit diesem zusammen hängen. In der ersten Studie sollen daher die Effekte von zwei der im letzten Abschnitt aufgeführten Faktoren noch einmal genauer untersucht werden. Die Ergebnisse können dabei helfen, die dem Hemisphärenunterschied zugrunde liegenden Mechanismen besser zu verstehen, so dass präzisere Vorhersagen über das Auftreten dieses Unterschiedes in zukünftigen Untersuchungen möglich werden.

Dazu ist es zunächst notwendig, sich noch einmal die Methoden und Ergebnisse der beiden am häufigsten verwendeten Techniken zur Untersuchung des Hemisphärenunterschiedes zu vergegenwärtigen.

In *Reaktionszeitstudien* werden hierarchische Reize entweder im LVF oder im RVF präsentiert und die Geschwindigkeit und Genauigkeit der Antworten auf eine gegebene Ebene registriert. Wenn die vermutete Hemisphärenspezialisierung existiert, dann sollte die lokale Verarbeitung schneller und genauer sein für RVF-Stimuli, die in die LH projiziert werden, als für LVF-Stimuli, die zuerst in die RH gelangen. Für die Verarbeitung der globalen Ebene sollte das umgekehrte Ergebnismuster auftreten. Man erwartet in Reaktionszeitstudien also, dass die Effizienz der Verarbeitung einer gegebenen Ebene davon abhängt, in welchem visuellen Feld der Stimulus präsentiert wurde. Daher nennt man entsprechende Unterschiede in der Reaktionsgeschwindigkeit und -genauigkeit auch *visuelle Feld (VF)-Effekte*.

Eine andere häufig verwendete Methode zur Untersuchung des Hemisphärenunterschiedes ist die Ableitung von ereigniskorrelierten Potenzialen (EKPs). Diese entstehen durch die synchrone Aktivität von Neuronenverbänden, die an der Bearbeitung der aktuellen Aufgabe beteiligt sind. Entsprechend der vermuteten Hemisphärenspezialisierung erwartet man, dass die Amplituden der über der rechten Hemisphäre abgeleiteten EKPs in der globalen Bedingung größer sind als in der lokalen Bedingung, und über der linken Hemisphäre sollten sie in der lokalen gegenüber der globalen Bedingung erhöht sein. Solche Amplitudenunterschiede werden in der vorliegenden Arbeit als *Gehirn-asymmetrien* bezeichnet.

Wenngleich VF-Effekte für die globale und lokale Verarbeitung in einigen Experimenten beobachtet wurden (z. B. Blanca et al., 1994; Evert & Kmen, 2003; Hübner, 1997), zeigen Reaktionszeitstudien insgesamt nur relativ schwache Evidenz für eine entsprechende Hemisphärenspezialisierung. Dieser Schluss kann auch aus zwei Überblicksarbeiten zu diesem Thema gezogen werden. Die ältere dieser beiden Studien kommt zu dem Ergebnis, dass es etwa gleich viele Reaktionszeitstudien mit negativen und positiven Ergebnissen gibt (Van Kleeck, 1989). In der jüngeren Studie übertraf die Anzahl der Studien mit negativen Ergebnissen sogar die von solchen mit positiven Resultaten (Yovel et al., 2001). Im Vergleich dazu sind die Effekte in EKP-Studien einheitlicher. Negative Ergebnisse wurden nur in wenigen Studien mit atypischen geometrischen Figuren als Stimuli beobachtet (Han et al., 1997; Han et al., 2001; Johannes et al., 1996). Dagegen fanden sich in Studien mit hierarchischen Buchstaben überwiegend die vorhergesagten Gehirnasymmetrien (Heinze et al., 1998; Heinze et al., 1994, Experiment 1; Heinze & Münte, 1993; Malinowski et al., 2002; Yamaguchi et al., 2000).

Wie kann man sich diesen Unterschied zwischen VF-Effekten und Gehirnasymmetrien erklären? Ein möglicher Faktor, der für diesen Unterschied verantwortlich sein könnte, ist die Stimulusposition. Im Unterschied zu Reaktionszeitstudien ist es in EKP-Studien nicht notwendig, die Stimuli im linken oder rechten VF zu präsentieren, da mögliche Hemisphärenunterschiede direkt über Amplitudenunterschiede an links- und rechtshemisphärischen Elektroden gemessen werden können. Konsequenterweise werden die Stimuli in EKP-Studien in der Regel im ZVF präsentiert (z. B. Heinze et al., 1998; Yamaguchi et al., 2000). Dass die Stimulusposition eine Rolle für das Auftreten von Hemisphärenunterschieden spielt, wird auch durch eine Arbeit von Han et al. (2002) nahe gelegt. Die Autoren verglichen die Ergebnisse aus EKP-Studien mit zentral präsentierten Reizen mit solchen, bei denen die Stimuli im peripheren (d. h. linken oder rechten) VF präsentiert wurden. Wenn die Stimulusposition für Hemisphärenunterschiede eine Rolle spielt, dann sollten sich die Ergebnisse unterscheiden. Tatsächlich gab es einen deutlichen Unterschied zwischen den beiden Bedingungen: Während in allen fünf Studien mit hierarchischen Buchstaben im ZVF die erwarteten Gehirnasymmetrien auftraten (Heinze et al., 1998; Heinze et al., 1994, Experiment 1; Heinze & Münte, 1993; Malinowski et al., 2002; Yamaguchi et al., 2000), zeigten sich nur in zwei von vier Studien mit Stimuli im peripheren VF entsprechende Effekte (Han et al., 1999; Proverbio et al., 1998; vgl. Han et al., 2003; Heinze et al., 1994, Experiment 2).

Die Ergebnisse legen also nahe, dass in EKP-Studien die *Stimulusposition* ein förderlicher Faktor für das Auftreten von Hemisphärenunterschieden ist. Um diesen Effekt direkt zu untersuchen, präsentierten Han et al. (2002) ihren Probanden hierarchische Reize im ZVF und LVF/RVF und verglichen die Gehirnaktivität in beiden Bedingungen. Wie erwartet zeigten sich vor allem für zentral präsentierte Reize Gehirn-asymmetrien. Han et al. (2002) schlugen eine mögliche Erklärung für diesen Effekt vor. Nach ihrem Ansatz ist es wichtig, dass beide Hemisphären gleichzeitig denselben hierarchischen Reiz verarbeiten. In dieser Situation entsteht ein Wettbewerb zwischen den Hemisphären für die Verarbeitung des Stimulus. Dies führt dazu, dass in der jeweils spezialisierten Hemisphäre mehr neuronale Ressourcen für die Verarbeitung einer gegebenen Reizebene bereitgestellt werden. Wenn die Stimuli dagegen im peripheren VF gezeigt werden, dann liegt die entsprechende visuelle Information zunächst nur in der Hemisphäre kontralateral zu dem stimulierten VF vor und erreicht die ipsilaterale Hemisphäre erst nach einem Transfer durch das Corpus Callosum. Dieser Zeitunterschied für das Vorliegen der visuellen Informationen in den Hemisphären verhindert den Wettbewerb zwischen den Hemisphären und reduziert so die Unterschiede zwischen ihnen (siehe auch Han et al., 2003). Diese Annahme wird im Folgenden als *Wettbewerbs-hypothese* bezeichnet.

Nach der Wettbewerbs-hypothese sollte eine Stimuluspräsentation im linken oder rechten VF generell hinderlich sein für das Auftreten von Hemisphärenunterschieden. Dies erklärt zum einen die Beobachtung von Han et al. (2002), dass in EKP-Studien mit peripher präsentierten Reizen seltener Hemisphärenunterschiede auftreten als in solchen mit Stimuli im ZVF. Gleichzeitig wäre es auch eine Erklärung dafür, dass in Reaktionszeitstudien insgesamt nur so selten Hemisphärenunterschiede auftreten, da man bei diesen Studien ja auf eine Stimulation im LVF oder RVF angewiesen ist.

Auf der anderen Seite gibt es aber Evidenz dafür, dass sich unter bestimmten förderlichen Bedingungen auch in Reaktionszeitstudien zuverlässig Hemisphärenunterschiede produzieren lassen (Blanca et al., 1994; z. B. Yovel et al., 2001). Einer dieser förderlichen Faktoren wurde in einer Meta-Analyse von Van Kleeck (1989) identifiziert. Er beobachtete, dass VF-Effekte beinahe einheitlich in solchen Studien auftraten, in denen inkongruente Stimuli verwendet wurden (d. h. Stimuli, bei denen die Buchstaben auf der globalen und der lokalen Ebene unterschiedlichen Antworten zugeordnet sind). Dagegen zeigten sich nur in zwei von fünf Studien mit kongruenten Stimuli die erwarteten Hemisphärenunterschiede. Entsprechende Ergebnisse wurden auch in einer

jüngeren Studie von Hübner und Malinowski (2002) berichtet. Die Autoren führten drei Experimente durch und verwendeten dabei sowohl kongruente als auch inkongruente Stimuli. In allen drei Experimenten traten VF-Effekte nur im inkongruenten Fall auf. Als Erklärung vermuteten sie, dass zur Antwortselektion bei inkongruenten Reizen eine bessere Stimulusrepräsentation benötigt wird, um aus den zwei konfligierenden Antworten die korrekte auswählen zu können. Weiterhin nahmen sie an, dass die Hemisphären sich nur im Bezug auf die Herstellung solcher stärker elaborierter Stimulusrepräsentationen unterscheiden. Folglich treten Hemisphärenunterschiede hauptsächlich mit inkongruenten Stimuli auf.

Zusammenfassend legen also die Ergebnisse aus EKP-Studien nahe, dass eine zentrale Stimuluspräsentation eine wichtige Bedingung für das Auftreten von Hemisphärenunterschieden ist. In Reaktionszeitstudien zeigte sich dagegen, dass Antwortkonflikte zwischen den Ebenen ein wichtiger Faktor sind. Es liegt nun nahe anzunehmen, dass diese beiden Faktoren auch in der jeweils anderen Untersuchungstechnik das Auftreten von Hemisphärenunterschieden moderieren. Das heißt, aus den Ergebnissen der EKP-Studien lässt sich auch für Reaktionszeitstudien ableiten, dass eine laterale Stimulusposition generell hinderlich für Hemisphärenunterschiede ist. Andererseits kann man aus den Ergebnissen der Reaktionszeitstudien vorhersagen, dass Antwortkonflikte auch in EKP-Studien förderlich für Hemisphärenunterschiede sein sollten. Das dies tatsächlich der Fall ist, zeigte bereits eine EKP-Studie von Malinowski et al. (2002). Die Autoren präsentierten kongruente und inkongruente Stimuli im ZVF und leiteten die EKPs in Antwort auf die Ebenen ab. Wie erwartet zeigten sich Gehirnasymmetrien nur im inkongruenten Fall, wobei der entsprechende Effekt am deutlichsten an temporal-parietalen Elektroden in der frühen P3-Komponente auftrat. Da in dieser Studie die Stimuli zentral präsentiert wurden und die Hemisphärenunterschiede trotzdem nur in der inkongruenten Bedingung auftraten, deuten die Ergebnisse darauf hin, dass der Antwortkonflikt ein wichtigerer Faktor für Gehirnasymmetrien ist als die Stimulusposition. Man könnte aber auch argumentieren, dass die gefundenen Gehirnasymmetrien nicht mehr auftreten würden, wenn die Stimuli im peripheren VF präsentiert würden. Das heißt, möglicherweise ist die Stimulusposition ein wichtigerer Faktor als die Antwortkonflikte, insofern als eine zentrale Stimuluspräsentation *notwendig* ist für das Auftreten von Gehirnasymmetrien. Dieses Argument könnte durch ein Experiment entkräftet werden, bei dem Antwortkonflikte auch bei peripher präsentierten Reizen das Auftreten

von Gehirnasymmetrien moderieren. Ein solches Experiment wurde in der vorliegenden Studie durchgeführt.

Kongruente und inkongruente Stimuli wurden im LVF oder im RVF präsentiert und die EKPs sowie die Reaktionszeiten und Fehlerraten auf eine gegebene Ebene wurden registriert. Wenn die Wettbewerbshypothese valide ist und die Stimulusposition ist der entscheidende Faktor, dann sollten bei dieser Prozedur keine Gehirnasymmetrien auftreten. Ebenso sollten sich keine VF-Effekte zeigen. Wenn dagegen der Antwortkonflikt der wichtigere Faktor ist, dann sollten sowohl Gehirnasymmetrien als auch VF-Effekte auftreten, aber nur – oder zumindest in einem stärkeren Ausmaße – mit inkongruenten Stimuli.

1. Methode

1.1. VERSUCHSPERSONEN

Die Teilnehmer des Experimentes waren 16 Studierende der Universität Konstanz. Die Probanden wurden zu Beginn über die experimentelle Prozedur aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis für die Durchführung des Versuchs. Als Gegenleistung für ihre Teilnahme erhielten sie entweder eine Entlohnung von 5 € pro Stunde oder eine Bescheinigung über die Teilnahme.

Nach einer vorläufigen Auswertung mussten vier Probanden wegen starker Artefakte in den EEG-Daten von der weiteren Analyse ausgeschlossen werden. Die übrigen zwölf Versuchspersonen (10 weiblich, 2 männlich, mittleres Alter 22 Jahre) waren nach

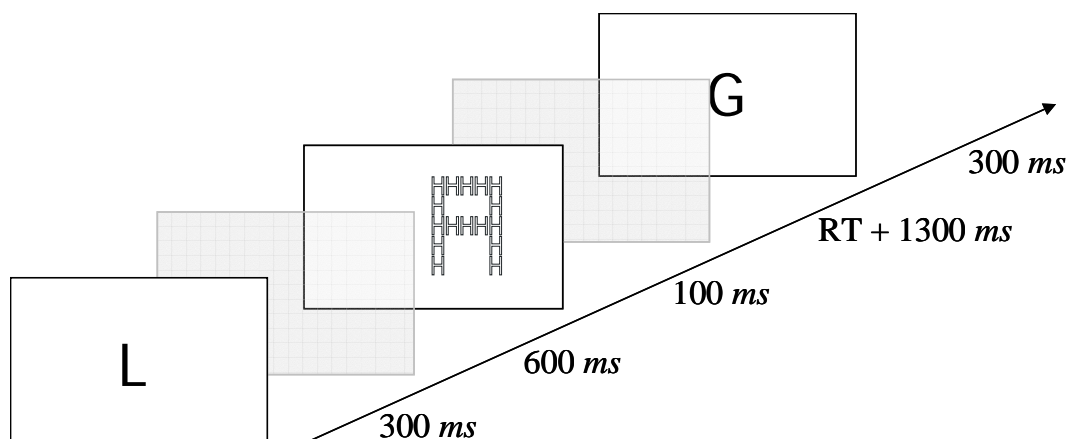


Abbildung II-1 Schematische Darstellung eines typischen Durchgangs

eigenen Angaben rechtshändig und verfügten über ein normales oder korrigiertes Sehvermögen.

1.2. STIMULI

Die Stimuli bestanden aus 16 hierarchischen Buchstaben, die aus der paarweisen Kombination der Buchstaben *A*, *S*, *H* und *E* resultierten (Navon, 1977). Die Buchstaben *A* und *S* sowie *H* und *E* waren jeweils einer gemeinsamen Antworttaste zugeordnet. Entsprechend war eine Hälfte der 16 Stimuli inkongruent, während die andere Hälfte kongruent war. Die globalen Buchstaben wurden aus identischen lokalen Buchstaben in einem 5×5-Gitter zusammengesetzt, wobei die lokalen Buchstaben als weiße Umrisslinie auf einem schwarzen Hintergrund gezeichnet wurden. Die Größe der lokalen Elemente betrug 0.5° des Seh winkels horizontal und 0.7° vertikal. Die Größe der globalen Form betrug 3.3° horizontal und 4.5° vertikal. Die Stimuli wurden mit einer Exzentrizität von 1.65° präsentiert, gemessen vom Fixationspunkt zum Mittelpunkt des Stimulus. Als Hinweisreize auf die globale/lokale Ebene dienten die Umrisslinien eines blauen oder roten Rechtecks. Diese waren etwa halb so groß wie die globale Form.

1.3. GERÄTE UND PROZEDUR

Nachdem die Teilnehmer die schriftlichen Instruktionen gelesen hatten, nahmen sie in einem schallgedämmten und abgedunkelten Raum vor einem Monitor Platz. Die Probanden wurden aufgefordert, während des Experimentes durchgängig die Mitte des Bildschirms zu fixieren. Außerdem wurden sie gebeten, die Augen so wenig wie möglich zu bewegen und so wenig wie möglich zu blinzeln. Während des Experimentes verhinderte eine Kinnstütze stärkere Kopfbewegungen. Sie stellte zudem sicher, dass die Blickdistanz bei allen Versuchspersonen konstant 81 *cm* betrug.

Die Stimuli wurden auf einem 19 Zoll-Monitor mit einer Auflösung von 1024×768 Pixeln und einer vertikalen Bildwiederholungsfrequenz von 60 *Hz* präsentiert. Die Durchgänge starteten mit der zentralen 300 *ms*-Präsentation eines Hinweisreizes, der die Zielebene für den nachfolgenden Stimulus anzeigte (siehe Abbildung II-1). Bei der Hälfte der Probanden signalisierte ein rotes Viereck die lokale Ebene und ein blaues Viereck die globale Ebene. Bei der anderen Hälfte der Versuchspersonen war die Zuordnung der Farbe zur Ebene umgekehrt. Nach einem Intervall von 600 *ms* erschien der Stimulus für 100 *ms* im LVF oder RVF. Die Aufgabe war es, so schnell und so genau wie möglich den Buchstaben auf der relevanten Ebene durch einen entsprechenden

Tastendruck zu kategorisieren. Als Antwortgerät diente eine serielle Zwei-Tasten-Maus, die mit demselben PC verbunden war, der auch die Stimulus-Präsentation kontrollierte. Die Hälfte der Probanden antwortete mit einem Tastendruck links, wenn die Buchstaben *A* oder *S* auf der relevanten Ebene erschienen, und mit einem Tastendruck rechts für die Buchstaben *H* oder *E*. Bei der anderen Hälfte war die Zuordnung der Buchstaben zu den Antworttasten vertauscht. Auch die Hand, mit der die Probanden antworten sollten, wurde über die Versuchspersonen balanciert. Fehlerhafte Antworten wurden durch einen Warnton zurückgemeldet. Nach erfolgter Antwort wurde für 1300 ms ein schwarzer Bildschirm gezeigt. Anschließend begann ein neuer Durchgang.

Drei Faktoren wurden in dem Experiment variiert: Zielebene (mit den Faktorstufen global und lokal), Visuelles Feld (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent und inkongruent). Alle Faktoren waren randomisiert. Zusätzlich zu den experimentellen Faktoren wurde der Faktor Hemisphäre der Ableitung (LH und RH) in die Auswertung der EKP-Daten mit aufgenommen. Die Probanden absolvierten 16 Blöcke mit jeweils 64 Durchgängen innerhalb einer einzigen experimentellen Sitzung von 1-2 Stunden Dauer. Entsprechend war jede der acht Versuchsbedingungen durch 128 Beobachtungen je Teilnehmer abgedeckt.

EKP-Ableitung

Das kontinuierliche EEG wurde mit einem 128 Kanal EGI Sensor Net (Electrical Geodesics Inc., Eugene, OR) abgeleitet und während der Ableitung zur Vertex-Elektrode referenziert. Die Widerstände der Elektroden wurden unterhalb von 50 k Ω gehalten. Das EEG-Signal wurde in einer Bandbreite von 0.1-100 Hz verstärkt und mit einer Rate von 250 Hz digitalisiert. Nach der Ableitung wurde ein digitaler Tiefpass-Filter (Butterworth) mit 40 Hz angewendet. Für die Korrektur der EEG-Artefakte wurde die SCADS-Prozedur (*Statistical Correction of Artifacts in Dense Array Studies*) verwendet (Junghöfer, Elbert, Tucker, & Rockstroh, 2000). Zu diesem Zweck wurden die Daten arithmetisch neu referenziert zu einem durchschnittlichen Spannungswert über alle Elektroden.

Durchgänge mit korrekten Antworten wurden zu Epochen von 900 ms Länge segmentiert, welche die Zeitspanne von 200 ms vor bis 700 ms nach Einsetzen des Stimulus umfassten. Die mittlere Aktivität innerhalb der ersten 200 ms wurde als Bezugswert für die spätere Quantifizierung der EKPs verwendet. Benachbarte Kanäle wurden zu sieben homologen links- und rechtshemisphärischen Elektrodenpaaren gruppiert

(siehe Abbildung II-2): frontal lateral (FL), frontal medial (FM), zentral (C), temporal (T), zentro-parietal (CP), parietal (P) und okzipital (O). Die Analyse der EKP-Daten fokussierte ausschließlich auf die N2- und P3-Komponenten, die im Zeitbereich von 240-340 *ms* bzw. 340-480 *ms* nach Einsetzen des Stimulus gemessen wurden. Die Auswahl wurde getroffen, da globale und lokale Aufmerksamkeit in früheren Untersuchungen vor allem die N2- (Heinze & Münte, 1993) und P3-Aktivität (Malinowski et al., 2002) in den Hemisphären modulierte. Die EKPs wurden quantifiziert durch die mittlere Amplitude innerhalb des untersuchten Zeitfensters.

2. Ergebnisse

2.1. VERHALTENS DATEN

Um den Effekt von Extremwerten zu reduzieren, wurden Durchgänge mit Reaktionszeiten von mehr als 2000 *ms* von der Analyse ausgeschlossen. Zudem wurden zur Bildung der Reaktionszeit-Mittelwerte die oberen und die unteren 5 % der Reaktionszeitverteilung pro Bedingung eliminiert. Die so gemittelten Reaktionszeiten der korrekten Antworten sowie die Fehlerraten wurden einer dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung auf allen Faktoren zugeführt. Die Faktoren waren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent und inkongruent).

In den Reaktionszeiten gab es einen Haupteffekt für den Faktor Zielebene [$F(1,11) = 11.70, p < .01$], der anzeigte, dass Antworten auf die globale Ebene (635 *ms*) schneller erfolgten als solche auf die lokale Ebene (680 *ms*). Auch der Faktor Kongruenz war reliabel [$F(1,11) = 56.46, p < .001$]: Antworten auf kongruente Stimuli (641 *ms*) waren schneller als solche auf inkongruente Stimuli (673 *ms*). Dieser Effekt spiegelte sich auch in den Fehlerraten wieder [kongruent 3.45 % vs. inkongruent 6.64 %, $F(1,11) = 11.84, p < .01$]. Weiterhin zeigte sich die erwartete Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene und Visuelles Feld [Reaktionszeiten: $F(1,11) = 8.90, p < .05$; Fehlerraten: $F(1,11) = 12.76, p < .01$]. Im Bezug auf die vorhergesagte Modulation dieses Effektes durch den Faktor Kongruenz zeigten die Ergebnisse zwar eine Tendenz in die erwartete Richtung, jedoch erreichte die entsprechende dreifache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld und Kongruenz kein konventionelles Signifikanzniveau [Reaktionszeiten: $F(1,11) = 1.69, p = .22$; Fehlerraten: $F(1,11) = 2.83, p = .12$]. Berechnet man aber die VF-Effekte für beide Bedingungen separat (wie zum

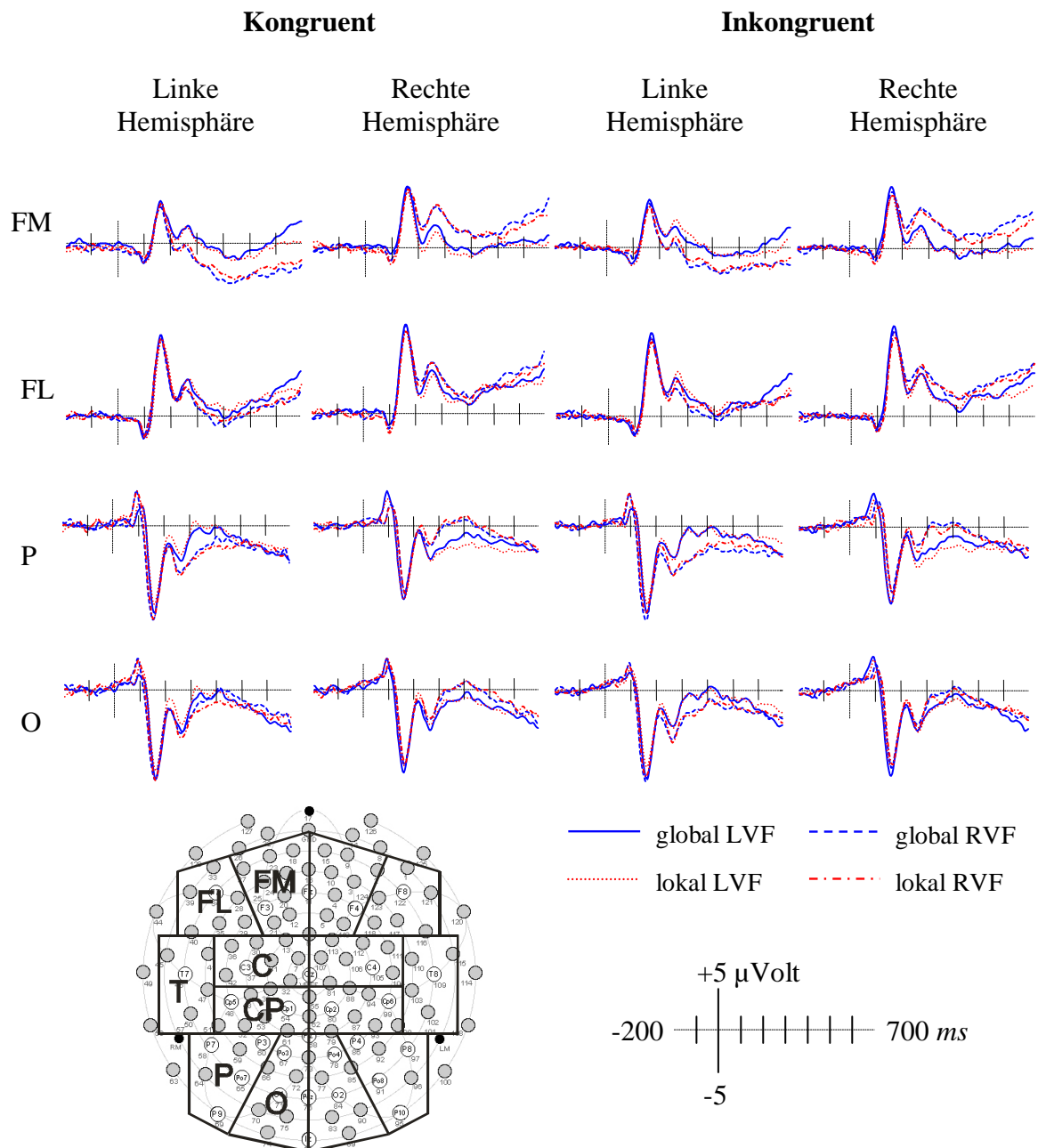


Abbildung II-2 Mittlere EKP-Wellenformen an ausgesuchten Elektroden. Die Diagramme enthalten die Wellenformen für Antworten auf die globale und lokale Ebene von LVF- und RVF-Stimuli

Beispiel auch Yovel et al., 2001), dann zeigt sich, dass diese nur in der inkongruenten Bedingung signifikant waren. Dies trifft für die Reaktionszeiten [$t(23) = 3.16, p < .005$] ebenso zu wie für die Fehlerraten [$t(23) = 3.63, p < .001$]. In dieser Bedingung wurde die globale Ebene von LVF-Stimuli schneller (647 ms) und genauer (5.21%) verarbeitet als diejenige in RVF-Stimuli (657 ms , 7.49%), während die lokale Verarbeitung schneller und genauer war für RVF-Stimuli (680 ms , 6.45%) im Vergleich zu LVF-Stimuli (709 ms , 7.42%). Die entsprechenden Interaktionen für kongruente Stimuli waren nicht signifikant.

Die Ergebnisse sind zusammen mit den EKP-Daten in Abbildung II-4a dargestellt. Jeder Datenpunkt repräsentiert die Reaktionszeit und Fehlerrate einer Versuchsperson auf die globale bzw. lokale Ebene von LVF-Stimuli minus solchen auf RVF-Stimuli. Folglich bedeuten negative Werte einen LVF-Vorteil, und positive Werte weisen auf einen RVF-Vorteil hin. Die Farbe zeigt die Größe und die Richtung der Reaktionszeit-Unterschiede an (blau = -80 bis -40 ms, grün = -40 bis 0 ms, gelb = 0 bis 40 ms, rot = 40 bis 80 ms). Graue Datenpunkte zeigen an, dass die Effekte in einer oder in beiden Variablen in die unerwartete Richtung gingen. Die Abbildung zeigt deutlich, dass die erwarteten VF-Effekte häufiger mit inkongruenten Stimuli als mit kongruenten Stimuli auftraten. Darüber hinaus waren die Effekte in der inkongruenten Bedingung häufig größer.

2.2. EKP-DATEN

Die mittleren EKP-Amplituden wurden in eine vierfaktorielle ANOVA mit Messwie-

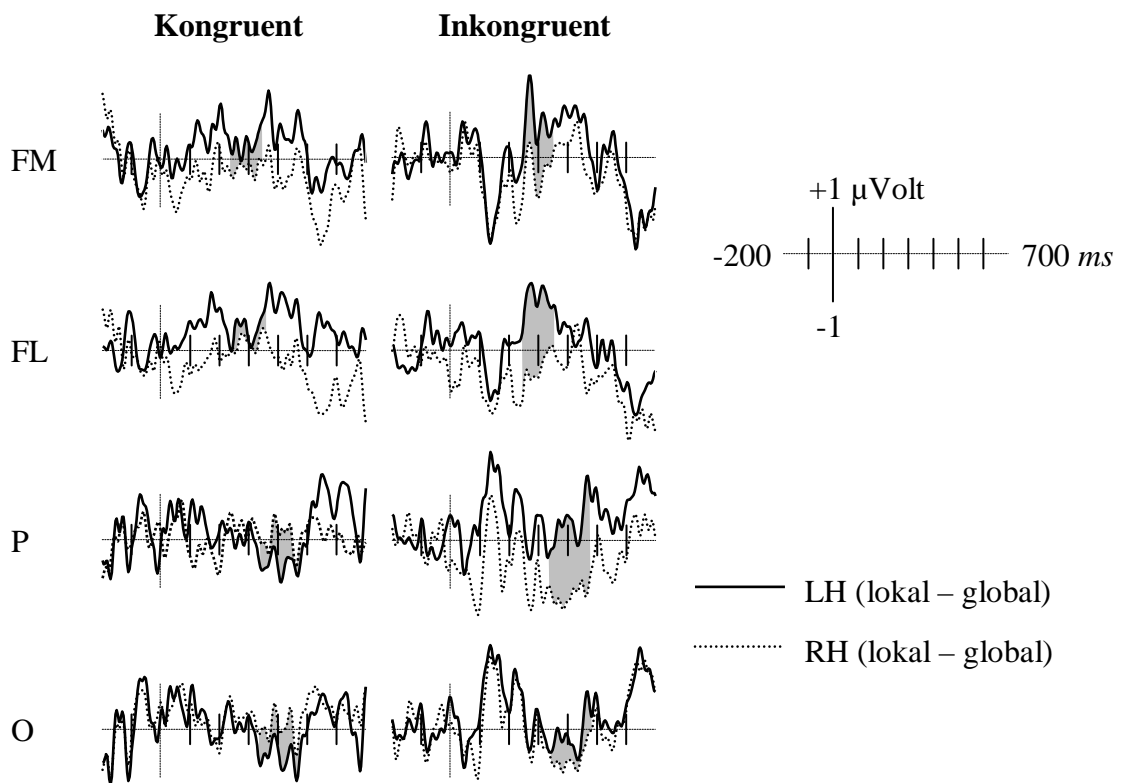


Abbildung II-3 Differenzwellen der lokalen minus globalen Bedingung in der LH (durchgezogene Linie) und der RH (gepunktete Linie). Die grauen Flächen markieren Zeitbereiche, in denen Gehirnasymmetrien beobachtet wurden. Die Daten zeigen eine zweifache Interaktion zwischen der Zielebene und der Hemisphäre der Ableitung an frontal medialen (FM) und frontal lateralen (FL) Elektroden, und eine dreifache Interaktion zwischen der Zielebene, Hemisphäre der Ableitung und Kongruenz an parietalen (P) und okzipitalen (O) Elektroden

derholung auf allen Faktoren eingegeben. Die Faktoren waren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Hemisphäre der Ableitung (LH und RH). Für jedes Elektrodenpaar wurden separate Analysen gerechnet. Die Daten von vier repräsentativen Elektroden sind in Abbildung II-2 dargestellt. Jedes Diagramm zeigt die Gehirnantwort auf die globale und lokale Ebene von LVF- und RVF-Stimuli.

N2 Komponente

Die Daten zeigten Haupteffekte für den Faktor Hemisphäre der Ableitung an frontal medialen [$F(1,11) = 26.55, p < .001$], frontal lateralen [$F(1,11) = 12.57, p < .01$] und temporalen [$F(1,11) = 7.41, p < .05$] Elektroden. An diesen Elektroden waren die Amplituden in der RH größer als diejenigen in der LH.

Weiterhin zeigte sich an allen Elektroden eine Interaktion zwischen den Faktoren Visuelles Feld und Hemisphäre der Ableitung [$F(1,11) = 17.40$ bis 27.23 , alle $p < .01$]. An beiden frontalen Elektroden waren die Amplituden stärker in der Hemisphäre ipsilateral zum stimulierten Halbfeld. An den anderen Elektroden zeigte sich der umgekehrte Effekt, d. h., die Aktivität war stärker in der Hemisphäre kontralateral zum stimulierten Halbfeld im Vergleich zur ipsilateralen Hemisphäre.

Im Bezug auf Gehirnasymmetrien zeigte sich an beiden frontalen Elektroden eine Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene und Hemisphäre der Ableitung [FM: $F(1,11) = 12.74, p < .01$; FL: $F(1,11) = 10.60, p < .01$]. Die Daten zeigen, dass die LH-Amplituden in der lokalen Bedingung größer waren als diejenigen in der globalen Bedingung, und die Amplituden in der RH waren größer in der globalen im Vergleich zur lokalen Bedingung (siehe Abbildung II-2). Interaktionen mit dem Faktor Kongruenz wurden nicht signifikant. Bei einem Vergleich der Differenzwellen für kongruente und inkongruente Stimuli fällt jedoch auf, dass die Effekte in der letzteren Bedingung größer waren (Abbildung II-3). Der Unterschied ist am größten an frontal lateralen Elektroden, an denen auch die statistische Analyse eine leichte Tendenz in diese Richtung zeigte [Zielebene \times Hemisphäre der Ableitung \times Kongruenz, $F(1,11) = 1.26, p = .29$].

P3 Komponente

Die statistische Analyse ergab einen Haupteffekt für den Faktor Zielebene an parietalen Elektroden [$F(1,11) = 5.06, p < .05$], der eine stärkere Gehirnantwort in der globalen im Vergleich zur lokalen Bedingung anzeigte. Ein weiterer Haupteffekt zeigte

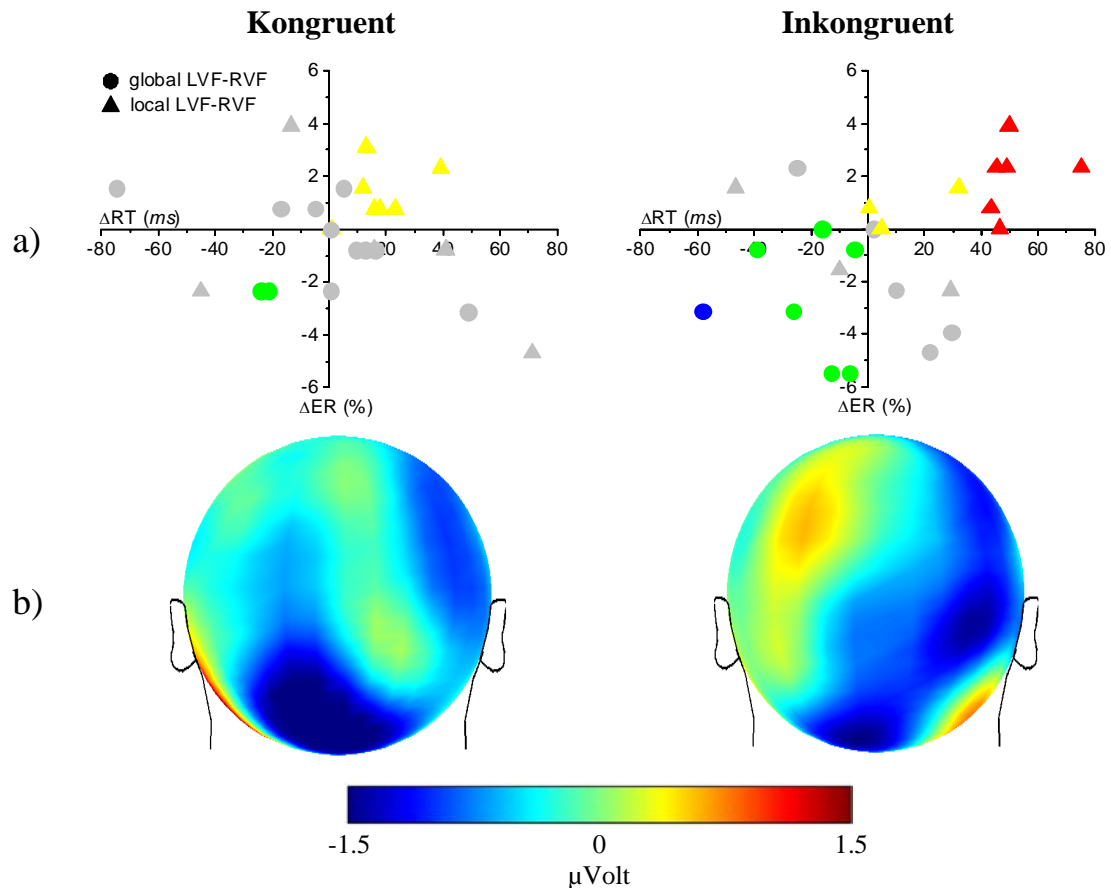


Abbildung II-4 a) Die Streudiagramme zeigen die Antworten jeder Versuchsperson auf die globale (Kreise) und lokale (Dreiecke) Ebene von LVF-Stimuli minus solchen von RVF-Stimuli. Folglich bedeuten negative Werte einen LVF-Vorteil, und positive Werte bedeuten einen RVF-Vorteil. Die Unterschiede in den Reaktionszeiten (ΔRT) bzw. Fehlerraten (ΔER) sind auf der x-Achse bzw. der y-Achse abgetragen. Nur die farbigen Datenpunkte sind aussagekräftig im Bezug auf Hemisphärenunterschiede (siehe Erklärung im Text) **b)** Topographien (Hinterkopf) der Differenzzelle für die lokale minus globale Bedingung. Das Signal ist über einen Bereich von 340-480 ms nach Einsetzen des Stimulus gemittelt. Rote Farbe zeigt eine stärkere Aktivität in der lokalen im Vergleich zur globalen Bedingung an, und blaue Farbe zeigt eine stärkere globale als lokale Aktivität. Man sieht, dass die erwartete Gehirnasymmetrie nur bei inkongruenten Stimuli auftrat

sich für den Faktor Hemisphäre der Ableitung. Er war reliabel an frontal medialen [$F(1,11) = 52.63, p < .001$], frontal lateralen [$F(1,11) = 16.31, p < .01$] und temporalen Elektroden [$F(1,11) = 9.13, p < .05$]. Die Daten zeigen, dass die Amplituden über der rechten Hemisphäre positiver waren als über der linken Hemisphäre. Schließlich gab es einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Kongruenz an frontal lateralen [$F(1,11) = 8.09, p < .05$] und zentro-parietalen Elektroden [$F(1,11) = 19.81, p < .001$]. In diesen Regionen war die Aktivität in der kongruenten Bedingung stärker als in der inkongruenten Bedingung.

Von den zweifachen Interaktionen war diejenige zwischen den Faktoren Visuelles Feld und Hemisphäre der Ableitung an allen untersuchten Elektroden signifikant

[$F(1,11) = 16.74$ bis 48.05 , alle $p < .01$]. An beiden frontalen Elektroden war die Aktivität größer in der Hemisphäre kontralateral zu dem stimulierten Halbfeld im Vergleich zur ipsilateralen Hemisphäre. An den anderen Elektroden zeigte sich der umgekehrte Effekt.

Das wichtigste Ergebnis war eine dreifache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Hemisphäre der Ableitung und Kongruenz. Der Effekt hatte eine breite posteriore Verteilung und umfasste sowohl parietale [$F(1,11) = 5.93$, $p < .05$] als auch okzipitale Elektroden [$F(1,11) = 5.71$, $p < .05$]. Für die weitere Analyse wurden die Daten aus diesen beiden Kanalgruppen daher zusammengefasst. Die dreifache Interaktion wurde aufgelöst, indem getrennte Analysen für kongruente und inkongruente Sti-

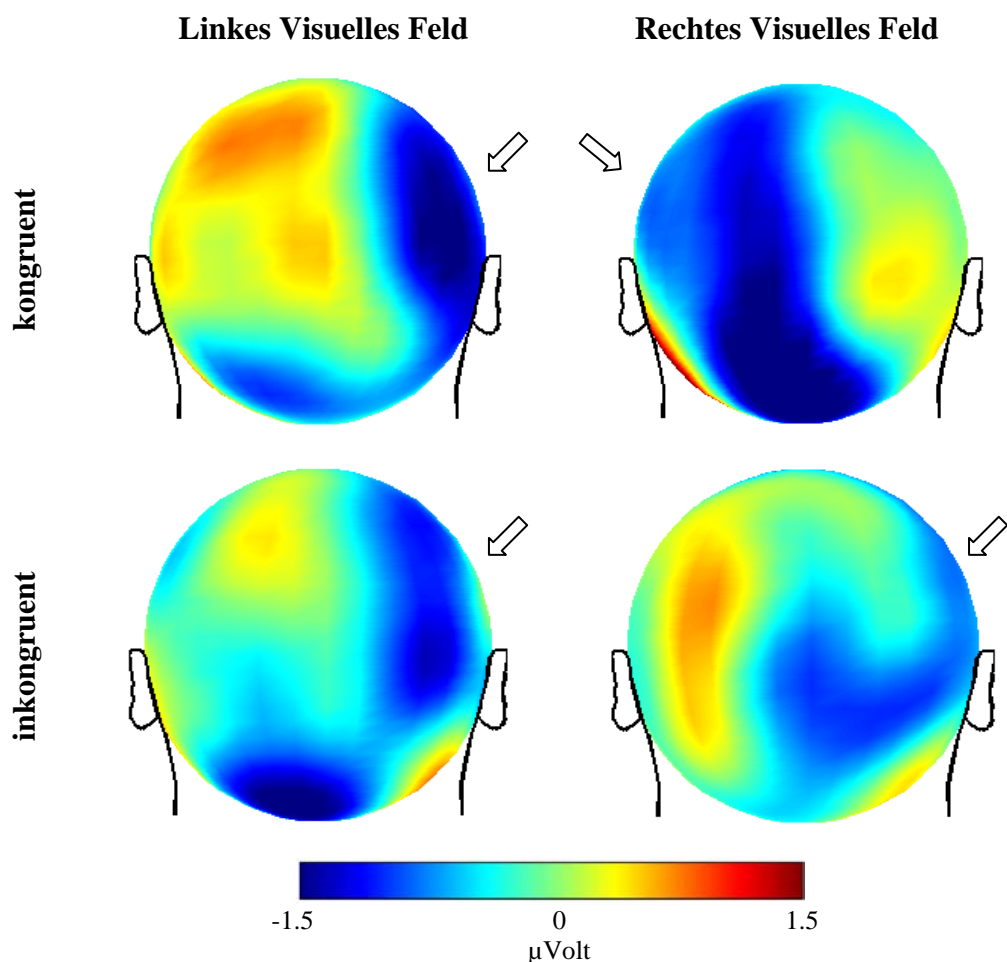


Abbildung II-5 Topographien der Differenzwelle für die lokale minus globale Bedingung (Hinterkopf, 340-480 ms). Die Daten zeigen eine vierfache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Hemisphäre der Ableitung, Kongruenz und Visuelles Feld. Die Pfeile zeigen auf die Gehirnhälfte, in der die parietal/okzipitale Aktivität in der globalen Bedingung stärker war als in der lokalen Bedingung. Man sieht, dass diese in der kongruenten Situation mit dem visuellen Feld variierte, in dem der Stimulus präsentiert wurde. Im inkongruenten Fall dagegen führte globale Aufmerksamkeit unabhängig von dem stimulierten Halbfeld zu einer höheren rechtshemisphärischen Aktivität

multi gerechnet wurden mit den Faktoren Zielebene und Hemisphäre der Ableitung. Wie erwartet war das Ergebnis nur im inkongruenten Fall signifikant, $t(47) = 1.84, p < .05$. Für kongruente Stimuli zeigten sich keine Gehirnasymmetrien, $t(47) = 0.11, p > .40$. Dieser Unterschied ist in Abbildung II-4b dargestellt. Sie zeigt die Topographien der Differenzwellen für die lokale minus globale Bedingung. Positive Werte zeigen stärkere Amplituden in der lokalen im Vergleich zur globalen Bedingung an, und negative Werte bedeuten entsprechend den umgekehrten Effekt. Man kann sehen, dass nur in der inkongruenten Bedingung die erwartete Spezialisierung der LH für die lokale Verarbeitung und der RH für die globale Verarbeitung auftrat. Darüber hinaus zeigt ein Vergleich von Abbildung II-4a und Abbildung II-4b, dass Kongruenz das Auftreten von VF-Effekten und Gehirnasymmetrien in derselben Weise moderierte. Bei inkongruenten Stimuli war die lokale Verarbeitung assoziiert mit einem RVF-Vorteil zusammen mit einer höheren LH-Aktivität. Gleichzeitig trat in der globalen Bedingung ein LVF-Vorteil zusammen mit einer höheren RH-Aktivität auf. In der kongruenten Bedingung zeigte sich ein solcher Effekt dagegen nicht.

Schließlich zeigten die Daten eine signifikante vierfache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Hemisphäre der Ableitung, Kongruenz und Visuelles Feld [$F(1,11) = 10.51, p < .01$]. Diese kam dadurch zustande, dass bei kongruenten Stimuli die Verarbeitung der globalen (im Vergleich zur lokalen) Information immer zu einer erhöhten Amplitude in der Hemisphäre kontralateral zum stimulierten Halbfeld führte [kongruente Stimuli: Zielebene \times Hemisphäre der Ableitung \times Visuelles Feld, $F(1,11) = 15.09, p < .01$]. Entsprechend hing in dieser Bedingung das Muster der Hemisphärenunterschiede davon ab, in welchem VF der Stimulus präsentiert wurde. Dagegen korrespondierten die Hemisphärenunterschiede in der inkongruenten Bedingung mit der erwarteten Spezialisierung für die globale und lokale Verarbeitung, unabhängig von der Stimulusposition [inkongruente Stimuli: Zielebene \times Hemisphäre der Ableitung \times Visuelles Feld, $F(1,11) = 0.17, p > .80$]. Dieser Unterschied ist in Abbildung II-5 dargestellt.

3. Diskussion

Aus der Beobachtung, dass Gehirnasymmetrien häufiger in EKP-Studien mit zentral präsentierten als in solchen mit lateral präsentierten Reizen auftreten, schlossen Han et al. (2002), dass eine zentrale Stimulusposition förderlich für Hemisphärenunterschiede ist. Ein solcher Ansatz könnte ebenfalls erklären, warum in Reaktionszeitstudien nur

relativ selten Hemisphärenunterschiede beobachtet werden, da man in diesen Studien auf eine periphere Stimuluspräsentation angewiesen ist. Auf der anderen Seite gibt es Evidenz dafür, dass mit inkongruenten Stimuli auch in Reaktionszeitstudien reliable Hemisphärenunterschiede produziert werden können (Hübner & Malinowski, 2002; Van Kleeck, 1989). Daher stellte sich die Frage, ob die Stimulusposition oder Antwortkonflikte der wichtigere Faktor für Hemisphärenunterschiede sind. Diese Frage wurde überprüft, indem kongruente und inkongruente Stimuli im LVF oder RVF präsentiert wurden. Wenn die Wettbewerbshypothese valide ist und eine zentrale Stimuluspräsentation ist der wichtigere Faktor, dann sollten keine Hemisphärenunterschiede auftreten (Han et al., 2002; Han et al., 2003). Wenn dagegen der Antwortkonflikt wichtiger ist, dann sollten mit inkongruenten Stimuli Hemisphärenunterschiede zu beobachten sein, *obwohl* diese im peripheren VF präsentiert wurden (Hübner & Malinowski, 2002; Malinowski et al., 2002). Diese Vorhersagen galten in der gleichen Weise für Gehirnasymmetrien als auch für VF-Effekte.

Die Ergebnisse zeigen klar, dass die Kongruenz und die dadurch induzierten Antwortkonflikte der wichtigere Faktor sind. Obwohl die Reize im LVF oder RVF präsentiert wurden, traten Gehirnasymmetrien in der erwarteten Richtung auf. In der LH war die Aktivität in der lokalen Bedingung stärker als in der globalen Bedingung, und in der RH zeigte sich das umgekehrte Resultat. Dieses generelle Ergebnismuster korrespondiert mit den Ergebnissen aus anderen relevanten Studien (z. B. Heinze & Münte, 1993; Malinowski et al., 2002; Yamaguchi et al., 2000). Jedoch waren die Effekte im inkongruenten Fall stärker ausgeprägt als im kongruenten Fall. Dies unterstützt die Hypothese, dass die Kongruenz ein wichtiger Faktor für das Auftreten von Gehirnasymmetrien in der globalen und lokalen Verarbeitung ist. Eine zentrale Stimuluspräsentation ist dagegen nicht notwendig für diesen Effekt.

Die gleichen Ergebnisse wurden auch in den Verhaltensdaten beobachtet. Antworten auf die globale Zielebene waren schneller und akkurater für Stimuli im LVF im Vergleich zu solchen im RVF. Das umgekehrte Ergebnis wurde für Antworten auf die lokale Ebene beobachtet: Hier waren die Antworten schneller und akkurater für RVF-Stimuli als für LVF-Stimuli. Jedoch waren die Unterschiede nur für inkongruente Stimuli signifikant. Dies zeigt, dass Kongruenz die Hemisphärenunterschiede in beiden Variablen in der gleichen Weise moderierte, d. h. Gehirnasymmetrien ebenso wie VF-Effekte. Interessanterweise ist die vorliegende Studie vermutlich die Erste, in der eine solche positive Übereinstimmung in den beiden Variablen erzielt wurde. Von vier pub-

lizierten Studien, in denen gleichzeitig Gehirnasymmetrien und VF-Effekte untersucht wurden, ergaben zwei Gehirnasymmetrien, aber keine VF-Effekte (Han et al., 1999; Proverbio et al., 1998). Eine dritte Studie ergab VF-Effekte, aber keine Gehirnasymmetrien (Heinze et al., 1994, Experiment 2). In der vierten Studie wurden in beiden Variablen keine Effekte gefunden (Han et al., 2003).

Einen möglichen Mechanismus für den moderierenden Effekt der Kongruenz schlugen Hübner und Malinowski (2002) in ihrer *Integrationshypothese* vor. Sie vermuteten, dass die korrekte Antwort für kongruente Stimuli anhand der Buchstabenidentität (d. h. anhand der Formen) selektiert werden kann, und dass sich die Hemisphären im Bezug auf diese Formrepräsentationen nicht unterscheiden. Wenn jedoch die Information auf einer Ebene eine andere Antwort aktiviert als diejenige auf der anderen Ebene, dann muss für die korrekte Antwortselektion auch die Zielebene in Betracht gezogen werden. Mit anderen Worten erfordert die Antwortselektion in diesem Fall eine Stimulusrepräsentation, bei der die Ebenen und die Formen miteinander integriert sind. Nach Hübner und Malinowski (2002) unterscheiden sich die Hemisphären in genau diesem Integrationsprozess: Die LH hat einen Vorteil bei der Integration von Formen an die lokale Ebene, und die RH hat einen Vorteil bei der Integration von Formen an die globale Ebene. Obwohl das vorliegende Experiment sicherlich kein direkter Test für die Integrationshypothese ist, sind die Ergebnisse doch konsistent mit diesem Ansatz.

Die Integrationshypothese könnte auch die Beobachtung von Han et al. (2002) erklären, dass Gehirnasymmetrien häufiger in EKP-Studien mit zentral präsentierten Reizen auftraten als in solchen mit peripher präsentierten Stimuli. In drei der vier Studien mit peripher präsentierten Stimuli änderte sich die Zielebene nur nach jedem Block von Durchgängen (Han et al., 1999; Han et al., 2003; Proverbio et al., 1998), während sie in allen Studien mit zentral präsentierten Reizen zufällig von Durchgang zu Durchgang variierte (Heinze et al., 1998; Heinze et al., 1994, Experiment 1; Heinze & Münte, 1993; Malinowski et al., 2002; Yamaguchi et al., 2000). Es ist bekannt, dass ein häufiger Wechsel der Zielebene ebenfalls eine förderliche Bedingung für das Auftreten von Hemisphärenunterschieden ist. Zum Beispiel verwendeten Heinze et al. (1998) in einer EKP-Studie zwei verschiedene Aufgaben, bei denen die Zielebene entweder innerhalb eines Blocks konstant blieb oder aber in einer nicht vorhersehbaren Weise wechselte. Das Ergebnis war, dass sich die erwarteten Gehirnasymmetrien nur in der letzteren Bedingung zeigten. Ähnliche positive Effekte der variablen Zielebene wurden auch in einer Reaktionszeitstudie von Hübner (1997) beobachtet. Es kann vermutet werden, dass

die Integration von Ebenen mit ihren Inhalten schwieriger ist, wenn die Fokussierung auf eine Ebene durch häufige Ebenenwechsel erschwert wird. Dies könnte wiederum die Gehirnasymmetrien und VF-Effekte verstärken.

Ein weiterer relevanter Aspekt ist es, dass bei lateral präsentierten Reizen die relative Salienz der globalen Ebene häufig stärker ist als die der lokalen Ebene, während sie bei zentral präsentierten Reizen meistens ausgeglichener ist (Grice et al., 1983; Lamb & Robertson, 1988). In einer jüngeren Studie konnte gezeigt werden, dass auch eine solche ausgeglichene Salienz der Ebenen förderlich ist für Hemisphärenunterschiede (Yovel et al., 2001). Auch dieser Effekt kann durch die Integrationshypothese erklärt werden. Möglicherweise ist der Integrationsprozess umso schwieriger, je schwerer die Ebenen zu diskriminieren sind.

In Anbetracht der Konfundierungen des Faktors Stimulusposition mit anderen Faktoren erscheint es möglich, dass die Effekte der Stimulusposition und des Antwortkonfliktes durch einen gemeinsamen zugrunde liegenden Mechanismus erklärt werden können. Ein möglicher Kandidat für diesen Mechanismus ist die Integration der Stimulusebene mit ihrem Inhalt. Auf jeden Fall aber, unabhängig von dem zugrunde liegenden Mechanismus, zeigen die Ergebnisse der Studie, dass Antwortkonflikte ein wichtiger Faktor für das Auftreten von Hemisphärenunterschieden in der globalen und lokalen Verarbeitung sind.

III.

Studie II: Hemisphärenunterschiede für die Integration von Ebene und Form

Obwohl die Ergebnisse der ersten Studie zeigen, dass Antwortkonflikte einen förderlichen Effekt auf VF-Effekte und Gehirnasymmetrien für die globale und lokale Verarbeitung haben, ist es bislang noch nicht klar, welcher Mechanismus diesem Effekt zugrunde liegt. Es ist bemerkenswert, dass die kongruenten und inkongruenten Stimuli des vorausgehenden Experimentes in allen perzeptuellen Aspekten wie Größe, Exzentrizität und Salienz identisch waren. Der einzige systematische Unterschied zwischen den Stimuli bestand darin, dass die Formen auf der globalen und auf der lokalen Ebene mit derselben bzw. mit verschiedenen Antworten assoziiert waren. Die entscheidende Frage lautet also: Wie ist es möglich, dass Konflikte bei der Antwortselektion das Auftreten von Hemisphärenunterschieden in einer *perzeptuellen* Aufgabe moderieren?

Eine mögliche Erklärung dafür wurde bereits 1989 von Van Kleeck vorgeschlagen. Der Autor ging davon aus, dass die LH einen leichten Vorteil für die Verarbeitung der lokalen Ebene hat, während die globale Ebene etwas besser in der RH verarbeitet wird (z. B. Delis et al., 1986; Sergent, 1982). Diese Spezialisierung betrifft nicht nur die Form auf der Zielebene (das *Target*), sondern moderiert auch die Güte, mit der die Formen auf der irrelevanten Ebene (die *Distraktoren*) verarbeitet werden. In Abhängigkeit von der Zielebene und dem visuellen Feld des Stimulus wird also entweder das Target relativ gut und der Distraktor relativ schlecht verarbeitet, oder aber der Distraktor relativ gut und das Target relativ schlecht. Bei *inkongruenten* Stimuli führt dies direkt zu einer Erhöhung der VF-Effekte. Als Beispiel sei ein inkongruenter Stimulus betrachtet, bei dem eine Antwort auf die lokale Ebene gefordert ist. Wenn dieser Stimulus im RVF präsentiert wird, dann wird die Form auf der lokalen Zielebene relativ gut und gleichzeitig der globale Distraktor relativ schlecht verarbeitet, das heißt, eine starke Aktivierung der korrekten Antwort konkurriert mit einer schwachen Aktivierung der inkorrekten Antwort. Die Antwort sollte also im Vergleich zu einer kongruenten Bedingung kaum verlangsamt sein. Wird der Stimulus dagegen im LVF präsentiert, dann wird das Target relativ schlecht und gleichzeitig der Distraktor relativ gut verarbeitet, das heißt, eine schwache Aktivierung der korrekten Antwort konkurriert mit einer starken Aktivierung der inkorrekten Antwort. In diesem Fall ist die Selektion der korrekten Antwort erschwert und, konsequenterweise, die Reaktionszeit auf die Zielebene im Vergleich zu einer kongruenten Situation erhöht. Für Antworten auf die globale Ebene gibt es eine entsprechende Reaktionszeit-Erhöhung bei inkongruenten RVF-Stimuli.

Interessanterweise sagt Van Kleecks Hypothese gleichzeitig voraus, dass die Hemisphärenunterschiede bei *kongruenten* Stimuli reduziert sind (Hübner & Malinowski, 2002). Das liegt daran, dass bei diesem Stimulus-Typ die relativ schlechte Verarbeitung des Targets in der schwächeren Hemisphäre durch die relativ gute Verarbeitung des Distraktors kompensiert werden kann. Dies kann wieder an einem Stimulus illustriert werden, bei dem eine Antwort auf die lokale Ebene gefordert ist. Wird dieser Reiz im LVF präsentiert, dann wird das Target relativ schlecht verarbeitet und bewirkt nur eine schwache Antwortaktivierung. Gleichzeitig führt aber die relativ gute Verarbeitung des Distraktors zu einer starken Aktivierung derselben korrekten Antwort und erleichtert damit deren Selektion. Die Reaktionszeit sollte sich folglich kaum von der RVF-Situation unterscheiden, in der ebenfalls eine starke (Target-) und eine schwache (Distraktor-) Aktivierung derselben korrekten Antwort vorliegen. Im kongruenten Fall kommt es also wegen der asymmetrischen Vereinfachung der Antwortselektion durch die Distraktoren zu einer Kompensation der Hemisphärenunterschiede. Im inkongruenten Fall werden sie dagegen wegen der asymmetrischen Interferenz durch die Distraktoren verstärkt.

Obwohl diese *Verstärkerhypothese* von Van Kleeck (1989) eine plausible Erklärung für den Zusammenhang zwischen Kongruenz und VF-Effekten bietet, lieferte der Autor keinen direkten empirischen Beleg für sein Modell. Um zu prüfen, ob die Vorhersagen der Verstärkerhypothese valide sind, führten Hübner und Malinowski (2002) daher eine Studie mit kongruenten und inkongruenten Stimuli durch, bei der sie die Höhe der Interferenz zwischen den Ebenen variierten. Die Autoren argumentierten, dass es – wenn die Verstärkerhypothese korrekt wäre – einen direkten quantitativen Zusammenhang zwischen der Höhe der Interferenz und der Größe der entsprechenden VF-Effekte geben sollte. Entgegen dieser Vorhersage führten jedoch Antwortkonflikte von unterschiedlicher Größe zu ähnlich starken VF-Effekten. Der Unterschied zwischen kongruenten und inkongruenten Stimuli war also nicht bloß quantitativ, wie Van Kleeck (1989) vermutete. Stattdessen wiesen die Ergebnisse darauf hin, dass es einen qualitativen Unterschied für die Verarbeitung der beiden Stimulus-Typen gibt.

Aber welcher Mechanismus könnte diesem qualitativen Unterschied zugrunde liegen? Hübner und Malinowski (2002) boten als Erklärung die *Integrationshypothese* an. Sie vermuteten, dass sich die Antwortselektion für kongruente und inkongruente Stimuli voneinander unterscheidet. Im kongruenten Fall aktivieren die Formen auf beiden Ebenen dieselbe korrekte Antwort. Dadurch kann die richtige Reaktion bereits auf

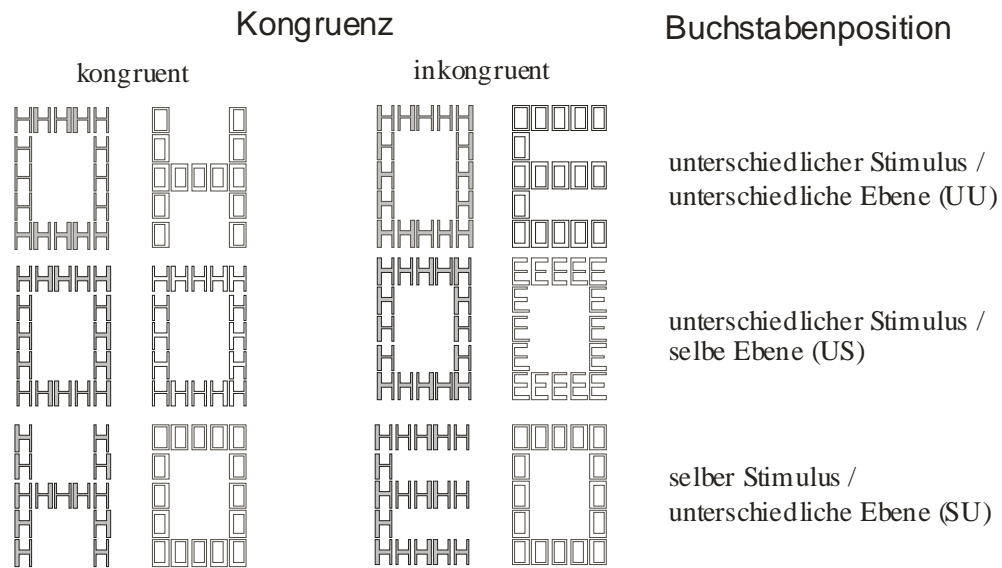


Abbildung III-1 Beispiele für die Stimulus-Displays in Studie II. Jedes Display enthielt zwei kongruente oder inkongruente Buchstaben, die in einer von drei Positionen relativ zueinander platziert waren: unterschiedlicher Stimulus/unterschiedliche Ebene (UU), unterschiedlicher Stimulus/selbe Ebene (US) oder selber Stimulus/unterschiedliche Ebene (SU). Im Experiment waren die Stimuli in gelber oder weißer Farbe vor schwarzem Hintergrund gezeichnet

einer frühen Verarbeitungsstufe anhand der Buchstaben und ohne spezielle Ebenen-Informationen selektiert werden. Eine andere Situation besteht im inkongruenten Fall, bei dem die Buchstaben zwei verschiedene Antworten aktivieren. Da die Probanden nur auf eine spezielle Ebene antworten sollen, ist es nunmehr für die korrekte Antwortauswahl notwendig, die Formen mit ihren entsprechenden Ebenen zu integrieren. Hübner und Malinowski (2002) spekulierten, dass sich die Hemisphären in genau diesem Integrationsprozess unterscheiden: Die LH ist effizienter als die RH bei der Integration von Formen an die lokale Ebene, und die RH ist effizienter als die LH bei der Integration von Formen an die globale Ebene. Im Bezug auf die frühen Form-Repräsentationen seien die Hemisphären dagegen gleichwertig. Daher werden bei kongruenten Stimuli in der Regel keine Hemisphärenunterschiede beobachtet. In der folgenden Serie von Experimenten soll diese *Integrationshypothese* genauer untersucht werden.

1. Experiment 1

Ein wichtiger Unterschied zwischen der Integrationshypothese und der Verstärkerhypothese ist, dass in der ersteren nur ein indirekter Zusammenhang zwischen Antwortkonflikten und VF-Effekten angenommen wird. Antwortkonflikte sind nach dieser Hypothese nur deshalb förderlich für Hemisphärenunterschiede, weil in diesem Fall für die

Antwortselektion eine Stimulusrepräsentation benötigt wird, bei der Ebene und Form miteinander integriert sind. Wenn diese Annahme korrekt ist, dann sollten solche Antwortkonflikte, die auf eine andere Weise als durch eine Form/Ebenen-Integration aufgelöst werden können, auch nicht zu Hemisphärenunterschieden führen. Diese Vorhersage wurde im ersten Experiment getestet.

Zu diesem Zweck wurde ein Paradigma verwendet, das auf eine Arbeit von Paquet und Merikle (1988) zurückgeht. Zwei hierarchische Reize wurden simultan im LVF und RVF dargeboten. Einer der Reize war durch seine Farbe als Zielreiz festgelegt; der andere Reiz diente als Ablenkreiz. Die Aufgabe war es, den Buchstaben auf einer bestimmten Ebene des Zielreizes zu identifizieren. Jedes Stimulus-Paar enthielt genau zwei Buchstaben (*H*, *E*), die entweder kongruent oder inkongruent sein konnten, sowie zwei Platzhalter (*O*), die mit keiner Antwort assoziiert waren. Die wichtigste Eigenschaft der Stimulus-Paare war es, dass die beiden Buchstaben entweder auf den Ebenen desselben Stimulus auftraten (selber Stimulus/unterschiedliche Ebene, *SU*), oder aber auf den Ziel- und Ablenkreiz verteilt waren. Im letzteren Fall konnten die Buchstaben entweder auf der gleichen Ebene platziert sein (unterschiedlicher Stimulus/selbe Ebene, *US*) oder auf verschiedenen Ebenen (unterschiedlicher Stimulus/unterschiedliche Ebene, *UU*). Beispiele für die drei Stimulus-Typen sind in Abbildung III-1 aufgeführt, jeweils eines für die kongruente und die inkongruente Bedingung.

Wie man in dieser Abbildung sehen kann, ist die *SU*-Bedingung äquivalent zu dem Standardparadigma, bei dem nur ein einzelner hierarchischer Stimulus präsentiert wird. In diesem Fall kann ein Antwortkonflikt zwischen den Buchstaben nur durch eine Integration von Ebene und Form aufgelöst werden. Entsprechend sollten nach der Integrationshypothese in dieser Situation *VF*-Effekte auftreten. Dagegen kann in den anderen beiden Situationen, in denen die Buchstaben in verschiedenen visuellen Halbfeldern präsentiert werden, der Antwortkonflikt auch durch eine Integration von Form- und Ortsinformationen aufgelöst werden. Zusätzlich haben der Zielreiz und der Ablenkreiz auch eine unterschiedliche Farbe, so dass die korrekte Antwort auch durch eine Integration von Form und Farbe selektiert werden kann. In diesen Konfliktsituationen ist zwar ein Kongruenzeffekt zu erwarten, d. h. es wird erwartet, dass inkongruente Stimuli langsamer verarbeitet werden als kongruente Stimuli. Da zur Auflösung des Konfliktes jedoch keine Integration von Form und Ebene notwendig ist, werden keine *VF*-Effekte vorhergesagt.

Alternativ zur Integrationshypothese können erneut die Vorhersagen der Verstärkerhypothese betrachtet werden (Van Kleeck, 1989). Für die SU-Bedingung sagt die Verstärkerhypothese dasselbe Ergebnis voraus wie die Integrationshypothese, also VF-Effekte für inkongruente Reize. Für die beiden Bedingungen mit Formen in verschiedenen Stimuli (UU und US) kommt die Verstärkerhypothese jedoch zu anderen Vorhersagen. Betrachten wir zunächst die Vorhersagen für VF-Effekte in der US-Bedingung. Diese sollten nach der Verstärkerhypothese für inkongruente im Vergleich zu kongruenten Stimuli erhöht sein. Zum Beispiel wird eine lokale Zielform im LVF relativ schlecht verarbeitet, während gleichzeitig die Form auf der lokalen Distraktorebene im RVF optimal verarbeitet wird. Da hier eine schwache korrekte Antwort-Aktivierung mit einer starken inkorrekten Aktivierung konkurriert, ist die Selektion der Antwort erschwert und, konsequenterweise, die Reaktionszeit im Vergleich zur kongruenten Situation erhöht. Bei lokalen Zielformen im RVF konkurriert dagegen eine starke korrekte mit einer schwachen inkorrekten Aktivierung, was die Reaktionszeit relativ zur kongruenten Situation kaum verändern sollte. Eine analoge Begründung gilt auch für die globale Ebene. Zusammenfassend sagt die Verstärkerhypothese also in der US-Bedingung wegen der asymmetrischen Interferenz stärkere VF-Effekte für inkongruente als für kongruente Reize voraus.

Aus der Verstärkerhypothese lässt sich aber auch noch eine zweite, etwas überraschende Vorhersage ableiten. Sie besagt, dass in der UU-Bedingung die VF-Effekte in der *kongruenten* gegenüber der inkongruenten Bedingung erhöht sind. Das liegt daran, dass in dieser Situation immer beide Formen entweder relativ gut (z. B. global/LVF – lokal/RVF) oder aber relativ schlecht (z. B. global/RVF – lokal/LVF) verarbeitet werden. Im inkongruenten Fall führt dies zu einer gegenseitigen Kompensation von zwei starken bzw. zwei schwachen Antwortaktivierungen. Entsprechend kommt es hier nicht zu Hemisphärenunterschieden. In der kongruenten Bedingung sollte es dagegen, je nach Position der Buchstaben, zu VF-Effekten kommen. Betrachten wir als Beispiel einen Durchgang mit einem globalen Target im LVF. In dieser Situation wird nicht nur das globale Target relativ gut verarbeitet, sondern auch der lokale Distraktor im RVF, so dass zwei starke Aktivierungen derselben korrekten Antwort vorliegen. Die Reaktion sollte also im Vergleich zur inkongruenten Bedingung vereinfacht und entsprechend die Reaktionszeit verkürzt sein. Ein entsprechendes Argument gilt auch für die Verarbeitung der lokalen Ebene. Durch diese asymmetrische Vereinfachung sollten sich in der UU-Bedingung stärkere VF-Effekte für kongruente als für inkongruente Reize ergeben.

Schließlich kann auch die Hypothese betrachtet werden, dass Antwortkonflikte *generell* zu VF-Effekten führen. Es ist bekannt, dass das Auftreten von Hemisphärenunterschieden nicht alleine von dem Grad der Lateralisierung für eine bestimmte Aufgabe abhängt, sondern auch von deren Schwierigkeit (Belger & Banich, 1992; Belger & Banich, 1998). Eine Aufteilung der Arbeit zwischen den Hemisphären ist demnach nur dann sinnvoll, wenn der Effizienz-Gewinn durch die bessere Verarbeitung in der spezialisierten Hemisphäre größer ist als der Verlust für den interhemisphärischen Transfer der entsprechenden Informationen. Bei leichteren Aufgaben ist es dagegen effizienter, die Informationen direkt in der Hemisphäre zu verarbeiten, in der die Information zuerst vorliegt. Ein förderlicher Effekt der Aufgabenschwierigkeit für Hemisphärenunterschiede konnte in anderen Bereichen der visuellen Wahrnehmung bereits nachgewiesen werden, zum Beispiel bei der lateralisierten Verarbeitung von höheren und tieferen Ortsfrequenzen (Kitterle, Christman, & Conesa, 1993; Peterzell et al., 1989; für einen Überblick siehe Grabowska & Nowicka, 1996). Es ist also auch denkbar, dass Antwortkonflikte zwischen den Ebenen nur eine unspezifische Wirkung auf VF-Effekte haben. Nach dieser Annahme führen Antwortkonflikte zu einer generellen Erhöhung der Aufgabenschwierigkeit, was wiederum die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass die Informationen in der jeweils spezialisierten Hemisphäre verarbeitet werden. Konsequenterweise sollten VF-Effekte in dieser Situation häufiger auftreten als bei kongruenten Reizen. Wenn dieses Argument zutrifft, dann sollte Inkongruenz prinzipiell (d.h. bei allen drei Buchstabenpositionen) zu Hemisphärenunterschieden führen.

1.1. METHODE

Versuchspersonen

An dem Experiment nahmen 16 Probanden (13 weiblich, 3 männlich) im Alter von 20-57 Jahren teil (mittleres Alter 27.3 Jahre). Als Gegenleistung erhielten sie entweder eine Entlohnung von 5 € pro Stunde oder eine Bescheinigung über die Teilnahme. Alle Probanden waren nach eigenen Angaben rechtshändig und verfügten über ein normales oder korrigiertes Sehvermögen.

Apparate

Die Stimuli wurden von einem Personalcomputer generiert und auf einem 21 Zoll-Farbmonitor (Sony 500PS) präsentiert. Die Auflösung betrug 1024×768 Pixel bei einer Bildwiederholungsrate von 85 Hz. Als Antwortgerät diente eine serielle zwei-

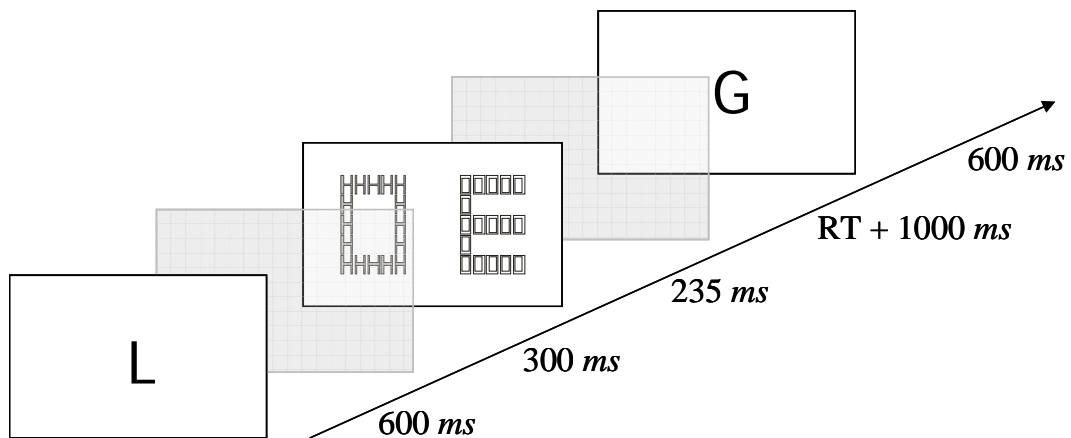


Abbildung III-2 Schematische Darstellung eines typischen Durchgangs im ersten Experiment. Zwei hierarchische Reize wurden gleichzeitig im LVF und im RVF präsentiert

Tasten-Maus. Die Antworten wurden von demselben Computer registriert, von dem aus auch die Präsentation der Stimuli gesteuert wurde.

Stimuli

Jedes Stimulus-Display enthielt zwei hierarchische Buchstaben, die links und rechts von der Bildschirmmitte gezeichnet wurden. Der Abstand von der Bildschirmmitte zu der inneren Kante der Stimuli betrug jeweils 0.9° des Seh winkels. Beide hierarchischen Reize wurden aus identischen lokalen Buchstaben in einem 5×5 -Gitter zusammengesetzt. Die Größe der lokalen Buchstaben betrug 0.7° horizontal und 0.9° vertikal, und der globale Buchstabe umfasste $4.3^\circ \times 5.9^\circ$ des Seh winkels. Jedes Stimulus-Paar enthielt zwei Buchstaben, die kongruent (H und H , E und E) oder inkongruent (H und E) sein konnten, sowie zwei Platzhalter (O), die mit keiner Antwort assoziiert waren. Im Bezug auf die relative Position der beiden Buchstaben konnten drei verschiedene Situationen unterschieden werden: unterschiedlicher Stimulus/unterschiedliche Ebene (UU), unterschiedlicher Stimulus/selbe Ebene (US), oder selber Stimulus/unterschiedliche Ebene (SU). Typische Beispiele für die UU -, US - und SU -Bedingungen sind in Abbildung III-1 dargestellt. Beide hierarchischen Stimuli wurden vor schwarzem Hintergrund gezeichnet, einer in gelber und einer in weißer Farbe. Die Farbe wurde dazu verwendet, die Aufmerksamkeit der Probanden auf einen der beiden Stimuli (im LVF oder im RVF) zu lenken.

Prozedur

Nachdem die Probanden über die experimentelle Aufgabe informiert worden waren, nahmen sie in einem abgedunkelten Raum vor einem Monitor Platz. Eine Kinn-

Tabelle III-1 Reaktionszeiten (*ms*) und Fehlerraten als Funktion der Faktoren Kongruenz und Buchstabenposition im ersten Experiment

	UU		US		SU	
	RT	ER	RT	ER	RT	ER
kongruent	549	3.42	536	2.15	540	2.05
inkongruent	558	4.13	573	4.25	591	11.13
inkon. – kon.	9**	0.71	37***	2.10**	51***	9.08***

Anmerkung— * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

stütze verhinderte Kopfbewegungen während des Experimentes und stellte gleichzeitig sicher, dass die Blickdistanz zwischen den Probanden und dem Monitor während des gesamten Experimentes konstant bei 110 *cm* lag. Die Probanden führten das Experiment in einer einzigen Sitzung von 1-2 Stunden Dauer durch.

Die Durchgänge starteten mit einer 600 *ms* dauernden Präsentation eines Hinweisreizes, der in der Bildschirmmitte auftrat und so gleichzeitig als Fixationspunkt diente (siehe Abbildung III-2). Der Buchstabe ‚G‘ zeigte eine globale Zielebene an und der Buchstabe ‚L‘ eine lokale Zielebene. Nach einem 300 *ms* Intervall zwischen dem Hinweisreiz und dem Stimulus wurde für 235 *ms* das Stimulus-Display gezeigt. Die Aufgabe war es, so schnell und so genau wie möglich den Buchstaben auf der angezeigten Ebene in dem zu beachtenden Reiz zu identifizieren. Die Hälfte der Versuchspersonen war instruiert, den gelben Reiz zu beachten und den weißen Reiz zu ignorieren; die andere Hälfte sollte den weißen Reiz beachten und den gelben Reiz ignorieren. Die Antworten wurden mit dem Mittelfinger oder Zeigefinger derselben Hand gegeben. Die Antworthand sowie die Zuordnung der Buchstaben zu den Antworttasten wurden über die Versuchspersonen balanciert. Falsche Antworten wurden durch einen Signalton zurückgemeldet. Nach der Antwort wurde für 1000 *ms* ein schwarzer Bildschirm gezeigt, bevor der nächste Durchgang begann.

Vier Faktoren wurden in dem Experiment variiert: Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Buchstabenposition (UU, US und SU). Alle Faktoren waren randomisiert. Die Probanden führten 20 Blöcke mit jeweils 96 Durchgängen durch. Die ersten vier Blöcke wurden als Übung betrachtet und von der weiteren Auswertung ausgenommen. Folglich waren die 24 Versuchsbedingungen durch 64 Beobachtungen pro Versuchsperson abgedeckt.

1.2. ERGEBNISSE

Der Effekt von Extremwerten wurde auf die gleiche Weise kontrolliert wie in Studie I. Da die Aufgabe in der vorliegenden Studie jedoch schwieriger war, wurden Durchgänge erst dann ausgeschlossen, wenn die Reaktionszeiten 3000 *ms* überstieg. Mit den Reaktionszeiten der korrekten Antworten wurde eine vierfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf allen Faktoren gerechnet. Die Faktoren waren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Buchstabenposition (UU, US und SU). Die gleiche ANOVA wurde auch für die Fehlerraten als abhängige Variable durchgeführt.

Generelle Effekte

Die Daten zeigten einen globalen Reaktionszeitvorteil von 22 *ms* [$F(1,15) = 20.09, p < .001$]. Darüber hinaus gab es einen kleinen, aber signifikanten Effekt des Faktors Buchstabenposition [$F(2,30) = 6.35, p < .01$]: Die Reaktionszeiten auf UU- und US-Displays (beide 554 *ms*) waren kürzer als diejenigen auf SU-Displays (566 *ms*). Dieser Unterschied zeigte sich auch in den Fehlerraten [UU: 3.77 %, US: 3.20 %, SU: 6.59 %, $F(2,30) = 16.37, p < .001$].

Kongruenz-Effekte

Die ANOVA ergab für beide Variablen Haupteffekte für den Faktor Kongruenz [Reaktionszeiten: $F(1,15) = 565.16, p < .001$; Fehlerraten: $F(1,15) = 20.12, p < .001$] sowie Interaktionen zwischen den Faktoren Kongruenz und Buchstabenposition [Reaktionszeiten: $F(2,30) = 39.00, p < .001$; Fehlerraten: $F(2,30) = 16.76, p < .001$]. Die entsprechenden Daten sind in Tabelle III-1 aufgeführt. Sie zeigen, dass generell die Reaktionszeiten auf inkongruente Stimuli im Vergleich zu kongruenten Stimuli erhöht waren (574 vs. 542 *ms*). Dieser Effekt war am kleinsten in der UU-Bedingung (9 *ms*), größer in der US-Bedingung (43 *ms*), und der größte Kongruenz-Effekt trat in der SU-Bedingung auf (51 *ms*). Separate Analysen zeigten jedoch, dass der Kongruenzeffekt in allen drei Bedingungen signifikant war [UU: $F(1,15) = 11.03, p < .01$; US: $F(1,15) = 270.57, p < .001$; SU: $F(1,15) = 150.73, p < .001$]. Die Ergebnisse in den Fehlerraten waren entsprechend. Der Unterschied zwischen kongruenten und inkongruenten Stimuli war in der UU-Bedingung am kleinsten [0.71 %, $F(1,15) = 2.80, p = .12$], größer in der US-Bedingung [2.10 %, $F(1,15) = 8.84, p < .01$], und der größte Effekt wurde in der SU-Bedingung gefunden [9.08 %, $F(1,15) = 20.27, p < .001$].

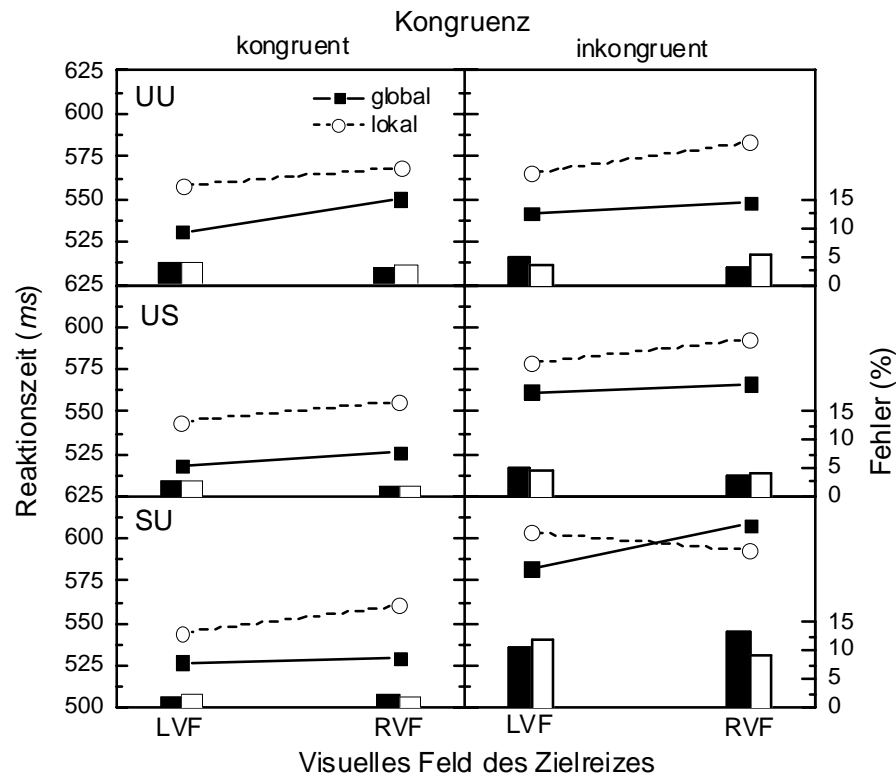


Abbildung III-3 Mittlere Reaktionszeiten und Fehlerraten auf die globale und lokale Ebene als Funktion der Faktoren Kongruenz, Visuelles Feld des Zielreizes und Buchstabenposition im ersten Experiment

VF-Effekte

Das wichtigste Ergebnis des vorliegenden Experimentes war eine vierfache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld des Zielreizes, Kongruenz und Buchstabenposition im Bezug auf die Reaktionszeiten [$F(2,30) = 11.57, p < .001$]. Die Interaktion wurde aufgeklärt, indem einzelne Analysen für die drei Stufen des Faktors Buchstabenposition gerechnet wurden. Die Faktoren waren Zielebene, Visuelles Feld des Zielreizes und Kongruenz. Es stellte sich heraus, dass es nur in der SU-Bedingung eine signifikante Interaktion zwischen diesen drei Faktoren gab [SU: $F(1,15) = 15.00, p < .01$; UU: $F(1,15) = 2.92, p = .11$; US: $F(1,15) = 0.50, p = .49$]. Weitere Analysen der US-Bedingung zeigten, dass nur in der inkongruenten Bedingung eine signifikante Interaktion zwischen der Zielebene und dem Visuellen Feld des Zielreizes auftrat [$F(1,15) = 5.55, p < .05$]. Der VF-Effekt zeigte in die erwartete Richtung: Antworten auf die lokale Ebene waren schneller für RVF-Stimuli als für LVF-Stimuli (587 ms vs. 599 ms), während Antworten auf die globale Ebene schneller waren für LVF-Stimuli als für RVF-Stimuli (604 ms vs. 575 ms). Die Ergebnisse sind in Abbildung III-3 dargestellt. Wie man in der Abbildung ebenfalls erkennen kann, zeigten die Fehlerraten insgesamt die gleichen Effekte wie die Reaktionszeiten. Die vierfache Interak-

tion zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld des Zielreizes, Kongruenz und Buchstabenposition war hier jedoch nur marginal signifikant, $F(2,30) = 2.55, p = .10$.

1.3. DISKUSSION

Übereinstimmend mit den Ergebnissen früherer Studien zeigen die Daten, dass Hemisphärenunterschiede für die globale und lokale Verarbeitung nur dann auftreten, wenn ein Antwortkonflikt zwischen den Formen besteht (Hübner & Malinowski, 2002; Van Kleeck, 1989). Jedoch führten Antwortkonflikte nicht generell zu VF-Effekten: Nur solche inkongruenten Stimuli wurden unterschiedlich effektiv in den Hemisphären verarbeitet, bei denen es zur Selektion der korrekten Antwort notwendig war, die Formen mit ihren entsprechenden Ebenen zu integrieren. In den beiden anderen inkongruenten Bedingungen, in denen der Antwortkonflikt auch durch eine Integration von Form und Ort bzw. Form und Farbe aufgelöst werden konnte, gab es keine entsprechenden Resultate. Es kann also bereits die Hypothese zurückgewiesen werden, dass Antwortkonflikte *generell* zu VF-Effekten führen.

Aus der Verstärkerhypothese von Van Kleeck (1989) wurden zwei Vorhersagen abgeleitet: Erstens sollte es in der US-Bedingung durch die asymmetrische Interferenz zu stärkeren VF-Effekten in der inkongruenten im Vergleich zur kongruenten Bedingung kommen. Die zweite Vorhersage betraf die UU-Bedingung. Hier sollten durch die asymmetrische Vereinfachung stärkere VF-Effekte in der kongruenten im Vergleich zur inkongruenten Situation auftreten. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass der Faktor Kongruenz weder in der US- noch in der UU-Bedingung das Auftreten von VF-Effekten moderierte. Damit stehen die Ergebnisse im deutlichen Widerspruch zu der Verstärkerhypothese.

Ein kritischer Punkt der vorliegenden Untersuchung besteht darin, dass der Kongruenz-Effekt in der SU-Bedingung höher war als in den beiden Bedingungen mit Buchstaben in verschiedenen Stimuli (UU und US). Man könnte deshalb einwenden, dass auch in den letzten beiden Bedingungen Hemisphärenunterschiede aufgetreten wären, wenn die Interferenz stärker gewesen wäre. Zu diesem Einwand ist festzustellen, dass der Kongruenz-Effekt bei jeder Buchstabenposition signifikant war. Entsprechend hätten auch in den inkongruenten UU- und US- Bedingungen Hemisphärenunterschiede auftreten müssen. Dies war jedoch nicht der Fall. Darüber hinaus haben bereits Hübner & Malinowski (2002) gezeigt, dass es keinen quantitativen Zusammenhang zwischen der Größe des Kongruenz-Effektes und den entsprechenden VF-Effekten gibt, das heißt,

eine Vergrößerung des Kongruenzeffektes führt nicht zu einer gleichzeitigen Vergrößerung der entsprechenden VF-Effekte. Es ist daher unwahrscheinlich, dass der oben genannte Einwand zutrifft.

Eine andere Version des Argumentes lautet, dass es einen nicht-linearen Zusammenhang zwischen der Größe des Kongruenzeffektes und den Hemisphärenunterschieden gibt. Demnach treten Hemisphärenunterschiede erst dann auf, wenn der Kongruenzeffekt einen bestimmten Schwellenwert erreicht, und steigen danach nicht weiter mit der Größe des Kongruenzeffektes an. Eventuell ist also die Interferenz in der US-Bedingung unterhalb des Schwellenwertes geblieben. Tatsächlich waren aber der Kongruenzeffekt und die entsprechende Effektstärke in der US-Bedingung (37 ms, Cohen's $d = -.38$, siehe Cohen, 1988) sogar deutlich größer als diejenigen aus vorherigen Untersuchungen, in denen Inkongruenz zu VF-Effekten führte, z. B. Studie I aus der vorliegenden Arbeit (28 ms, Cohen's $d = -.22$), Experiment 2 aus Hübner & Malinowski (2002; 29 ms, Cohen's $d = -.22$) oder Experiment 3 aus Malinowski (2001; 29 ms, Cohen's $d = -.26$). Jedoch moderierte in der US-Bedingung die Kongruenz nicht das Auftreten von VF-Effekten. Diese Vergleichswerte entkräften auch das Schwellenwert-Argument.

Zusammengenommen kann das spezifische Ergebnismuster aus Experiment 1 also weder durch die Annahme erklärt werden, dass Antwortkonflikte generell förderlich für VF-Effekte sind, noch durch die Verstärkerhypothese von Van Kleeck (1989). Gleichzeitig entsprechen die Ergebnisse genau den Vorhersagen der Integrationshypothese (Hübner & Malinowski, 2002). Nur solche Antwortkonflikte führten zu VF-Effekten, zu deren Auflösung eine integrierte Repräsentation von Ebene und Form benötigt wurde. Die Daten unterstützen somit die Annahme, dass sich die Hemisphären in ihrer Effizienz für die Integration von Form und Ebene unterscheiden: Die LH hat einen Vorteil für die Integration von Formen an die lokale Ebene, und die RH hat einen Vorteil bei der Integration von Formen an die globale Ebene.

2. Experiment 2

Ein zentrales Ergebnis des ersten Experiments war es, dass Antwortkonflikte zwischen Formen in verschiedenen Stimuli *nicht* zu VF-Effekten führen. Der Befund wurde dadurch erklärt, dass in dieser Situation die korrekte Antwort durch eine Integration von Form und Ort selektiert werden kann. Da für diese Integrationsleistung keine Hemi-

sphärenunterschiede bekannt sind, treten entsprechend keine VF-Effekte auf (vgl. Hellige, 1996; Hellige, 1997).

Die Daten erlauben jedoch auch noch eine andere Interpretation. In Experiment 1 wurden die Formen nicht nur in demselben bzw. in zwei verschiedenen Stimuli arrangiert, sondern wurden auch in derselben bzw. in zwei verschiedenen Hemisphären verarbeitet. Bei einem Zielreiz im LVF wird beispielsweise in den UU- und US-Bedingungen das Target in die RH geleitet, während der Distraktor in die LH projiziert wird. Dadurch können die Formen gleichzeitig in den homologen Arealen der linken und rechten Hemisphäre verarbeitet werden. Dagegen werden in der SU-Bedingung beide Buchstaben in die RH geleitet, wo sie um den Zugang zu denselben neuronalen Ressourcen konkurrieren. Es waren also in Experiment 1 zwei Faktoren konfundiert: Die Position, an der die Formen präsentiert wurden (derselbe vs. zwei verschiedene Reize), und der Ort, an dem diese Formen verarbeitet wurden (dieselbe vs. zwei verschiedene Hemisphären). Möglicherweise ist es eine notwendige Bedingung für VF-Effekte, dass das Target und der Distraktor in derselben Hemisphäre verarbeitet werden. Dies könnte erklären, warum in Experiment 1 keine VF-Effekte in der UU- und US-Bedingung auftraten.

Tatsächlich gibt es Evidenz dafür, dass die Verarbeitung einer gegebenen Form durch einen Distraktor in derselben Hemisphäre stärker gestört wird als durch einen Distraktor in der anderen Hemisphäre (Friedman, Polson, & Dafoe, 1988; Moscovitch & Klein, 1980). Zum Beispiel präsentierten Moscovitch und Klein (1980) ihren Probanden Reizmaterial, das bevorzugt in der LH (Wörter) bzw. RH (Gesichter) verarbeitet wird, und registrierten die Antworten in Abhängigkeit von der Distraktor-Kategorie. Es zeigte sich eine stärkere Interferenz, wenn beide Reize zu derselben Kategorie gehörten (z. B. Gesicht + Gesicht). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Effizienz für die perzeptuelle Verteilung eines Targets von der Anwesenheit eines Distraktors in derselben Hemisphäre beeinträchtigt wird. Auf der anderen Seite scheint das Auftreten bzw. die Stärke von *Antwortkonflikten* nicht davon abzuhängen, ob die konfligierenden Antwortaktivierungen in derselben oder in zwei verschiedenen Hemisphären generiert wurden (Chiarello & Maxfield, 1996; Grimshaw, 1998; Pashler & O'Brien, 1993).

Möglicherweise ist jedoch der perzeptuelle Konflikt relevant. Nach dieser Sichtweise ist es eine notwendige Bedingung für VF-Effekte, dass die Zielform und die Distraktorform in derselben Hemisphäre verarbeitet werden. Dies würde erklären, wa-

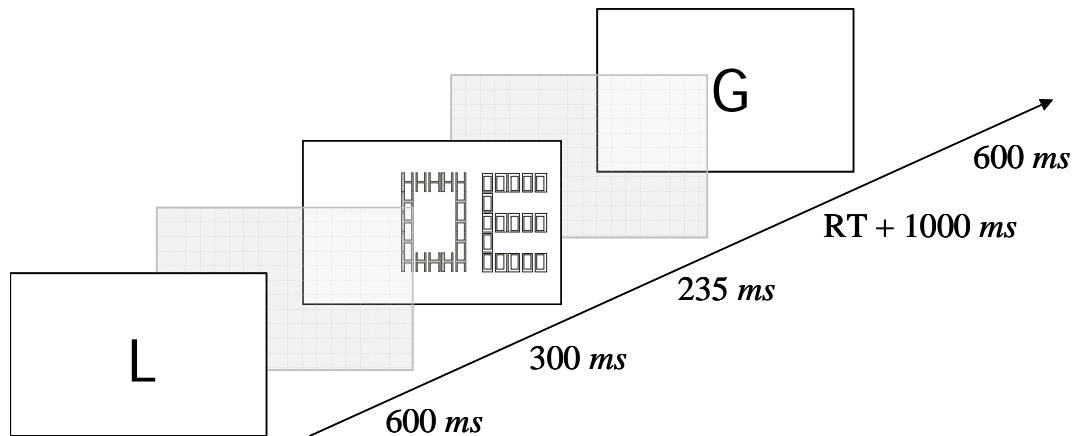


Abbildung III-4 Ein typischer Durchgang im zweiten Experiment. Im Unterschied zum ersten Experiment wurde ein Stimulus im LVF oder RVF gemeinsam mit einem Stimulus im ZVF präsentiert

rum in der UU- und US-Bedingung des ersten Experimentes keine Hemisphärenunterschiede beobachtet wurden. Ein besserer Test der Integrationshypothese wäre es also, wenn bei allen drei Buchstabenpositionen das Target zusammen mit dem Distraktor in derselben Hemisphäre verarbeitet würde. Ein solcher Test wurde im zweiten Experiment durchgeführt. Wie im vorigen Experiment wurden gleichzeitig zwei hierarchische Reize präsentiert. Im Unterschied zum ersten Experiment erschien der Ablenkreis jedoch im zentralen visuellen Feld. Dadurch wurde gewährleistet, dass auch in den UU- und US-Bedingungen der Distraktor immer in derselben Hemisphäre verarbeitet wurde wie das Target. Zum Beispiel wurden in der UU-Bedingung mit Zielreizen im LVF die Targets gemeinsam mit den ZVF-Distraktoren in der RH verarbeitet; entsprechend wurden bei Zielreizen im RVF die Targets zusammen mit den ZVF-Distraktoren in der LH verarbeitet. Die Vorhersagen waren wie folgt: Wenn es für das Auftreten von VF-Effekten entscheidend ist, ob die Ziel- und die Distraktorform in derselben Hemisphäre verarbeitet werden, dann sollten im vorliegenden Experiment VF-Effekte für alle drei Buchstabenpositionen auftreten. Wenn dagegen die Integrationshypothese zutrifft und es entscheidend ist, ob die Formen in demselben oder in verschiedenen Stimuli arrangiert sind, dann sollten VF-Effekte wieder nur in der SU-Bedingung zu beobachten sein.

Durch die spezielle Prozedur des vorliegenden Experimentes konnte gleichzeitig noch eine zweite Vorhersage getestet werden. Um sicher zu stellen, dass die Probanden wie verlangt die Mitte des Bildschirms fixieren, wurden in einem kleineren Teil der Durchgänge die Zielreize im ZVF zusammen mit einem Ablenkreis im LVF oder RVF präsentiert. In dieser Situation fielen für die *Zielreize* keine aussagekräftigen Daten im Bezug auf Hemisphärenunterschiede an. Eine interessante Frage war es aber, ob die

Güte der Verarbeitung des Distraktors mit dem visuellen Feld des *Ablenkreizes* variiert. Die Ergebnisse sind relevant für den schon lange andauernden Disput, ob die Hemisphärenunterschiede in der hierarchischen Verarbeitung perzeptueller oder attentionaler Natur sind (für einen Überblick siehe z.B. Hübner, 1997). Der perzeptuelle Standpunkt in dieser Debatte besagt, dass die Hemisphären unterschiedlich empfindlich sind für visuelle Informationen mit relativ hohem bzw. niedrigem Ortsfrequenz-Gehalt (z. B. Ivry & Robertson, 1998; Robertson & Ivry, 2000; Sergent, 1982). Nach diesem Ansatz kann die LH effektiver auf die Verarbeitungsergebnisse von Kanälen für höhere Ortsfrequenzen zurückgreifen, während in der RH die Ergebnisse von solchen Kanälen für tiefere Ortsfrequenzen schneller verarbeitet werden. Da die lokale Information eines hierarchischen Reizes relativ zur globalen Ebene in den höheren Ortsfrequenz-Komponenten repräsentiert ist, ergibt sich für die globale und lokale Verarbeitung der bekannte Hemisphärenunterschied. Wenn es nun einen solchen invariablen Unterschied zwischen den Hemisphären gibt, dann sollte auch die globale Ebene von nicht zu beachtenden Reizen im LVF schwieriger zu ignorieren sein als bei Reizen im RVF, und die lokale Ebene von nicht zu beachtenden Reizen im RVF sollte schwieriger zu ignorieren sein als die von solchen im LVF. Im inkongruenten Fall sollten also globale Distraktoren im LVF die Selektion der Zielform in einem stärkeren Maße stören als solche im RVF, und die Interferenz durch lokale Distraktoren sollte im RVF größer sein als im LVF. Entsprechende *förderliche* Effekte können für die kongruente Situation angenommen werden. Die Reaktionen auf die Zielformen sollten also in Abhängigkeit von der Ebene, dem visuellen Feld und der Kongruenz des Distraktors variieren. Eine andere Vorhersage kann aus der Integrationshypothese abgeleitet werden. Nach dieser Annahme sind die Hemisphären im Bezug auf frühe Form-Repräsentationen äquivalent. Entsprechend sollte in der UU- und SU-Bedingung der Effekt von Distraktoren auf einer gegebenen Ebene nicht von dem visuellen Feld des Ablenkreizes abhängen.

2.1. METHODE

Versuchspersonen

Die Teilnehmer waren 16 Studierende (7 weiblich, 9 männlich) der Universität Konstanz im Alter von 21-30 Jahren (mittleres Alter 24.9 Jahre). Alle Probanden waren nach eigenen Angaben rechtshändig und hatten ein normales oder korrigiertes Sehvermögen.

Tabelle III-2 Reaktionszeiten (*ms*) und Fehlerraten als Funktion der Faktoren Kongruenz und Buchstabenposition im zweiten Experiment für Zielreize im *peripheren* visuellen Feld

	UU		US		SU	
	RT	ER	RT	ER	RT	ER
kongruent	652	4.36	602	3.22	613	2.08
inkongruent	639	4.03	654	5.15	694	13.54
inkon. – kon.	-13	-0.33	52 ^{***}	1.93 [*]	81 ^{***}	11.46 ^{***}

Anmerkung— ^{*} $p < .05$, ^{**} $p < .01$, ^{***} $p < .001$

Apparate, Stimuli und Prozedur

Die verwendeten Apparate und die Prozedur waren identisch zu denen aus Experiment 1. Auch die Stimuli entsprachen denen aus dem ersten Experiment. Der wichtigste Unterschied betraf die Position der beiden Reize im visuellen Feld (siehe Abbildung III-4). Jeweils einer der beiden Reize wurde im ZVF präsentiert. Der zweite Stimulus wurde gleichzeitig entweder im LVF oder im RVF gezeigt. Der Abstand zwischen der äußeren Kante des ZVF-Stimulus und der inneren Kante des LVF/RVF-Stimulus betrug 0.9° des Seh winkels. Wie auch im ersten Experiment war der zu beachtende Stimulus durch die Farbe vorgegeben. In 75% der Durchgänge trat der Zielreiz im peripheren visuellen Feld auf und in 25% der Durchgänge im zentralen visuellen Feld.

Die Faktoren in Experiment 2 waren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes bzw. des Ablenkreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Buchstabenposition (UU, US und SU). Nach zwei Übungsblöcken bearbeiteten die Probanden in zwei Sitzungen jeweils 8 Blöcke mit 96 Durchgängen. Für die Analyse der Antworten auf die peripheren Zielreize standen somit 48 Beobachtungen pro Bedingung und Versuchsperson zur Verfügung. Für die Analyse der Antworten auf die zentralen Zielreize waren es entsprechend 16 Durchgänge pro Bedingung und Versuchsperson.

2.2. ERGEBNISSE

Die Reaktionszeiten der korrekten Antworten sowie die Fehlerraten wurden mit einer vierfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung auf allen Faktoren ausgewertet. Für Zielreize im peripheren visuellen Feld und für solche im zentralen visuellen Feld wurden getrennte Analysen gerechnet.

Zielreize im peripheren visuellen Feld

Die Faktoren in dieser Analyse waren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Buchstabenposition (UU, US und SU).

Generelle Effekte

Die ANOVA ergab einen signifikanten Effekt der Zielebene [$F(1,15) = 23.12, p < .001$], der anzeigte, dass Antworten auf die globale Ebene (621 ms) schneller waren als solche auf die lokale Ebene (664 ms). Einen weiteren Haupteffekt gab es für den Faktor Buchstabenposition [$F(1,15) = 23.12, p < .001$]. Dieser kam dadurch zustande, dass Antworten in der US-Bedingung (628 ms) schneller waren als in der UU-Bedingung (646 ms) und in der SU-Bedingung (653 ms). Einen analogen Effekt gab es auch im Bezug auf die Fehlerraten [US: 4.18 %, UU: 4.20 %, SU: 7.81 %, $F(2,30) = 22.73, p < .001$]. Darüber hinaus ergab sich für die Fehlerraten eine zweifache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene und Buchstabenposition [$F(2,30) = 4.87, p < .05$]. Sie zeigte, dass in der SU-Bedingung die Antworten auf die globale Ebene (7.01 %) akkurater waren als die auf die lokale Ebene (8.62 %). In der UU- und US-Bedingung gab es dagegen keinen Unterschied zwischen den Ebenen.

Kongruenz-Effekte

Für beide Variablen zeigte sich ein Haupteffekt des Faktors Kongruenz [Reaktionszeiten: $F(1,15) = 60.37, p < .001$; Fehlerraten: $F(1,15) = 53.93, p < .001$] sowie eine Interaktion zwischen den Faktoren Kongruenz und Buchstabenposition [Reaktionszeiten: $F(2,30) = 38.96, p < .001$; Fehlerraten: $F(2,30) = 46.40, p < .001$]. Die entsprechenden Daten sind in Tabelle III-2 aufgeführt. Wie man sieht, gab es in der UU-Bedingung keinen Effekt des Faktors Kongruenz. Dagegen zeigten die Daten in den SU- und US-Bedingungen signifikante Kongruenzeffekte in beiden Variablen. Die Differenz zwischen inkongruent und kongruent betrug in der SU-Bedingung 81 ms [$F(1,15) = 64.92, p < .001$] bzw. 11.46% [$F(1,15) = 75.06, p < .001$], und in der US-Bedingung 52 ms [$F(1,15) = 47.16, p < .001$] bzw. 1.93% [$F(1,15) = 5.87, p < .05$].

Schließlich zeigten die Fehlerraten eine Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Kongruenz und Buchstabenposition [$F(1,15) = 3.91, p < .05$]. Sie kam dadurch zustande, dass in der SU-Bedingung die Interferenz von der globalen auf die lokale Ebene (13.33 %) stärker war als die von der lokalen auf die globale Ebene (9.59 %). In der UU- oder US-Bedingung wurde kein entsprechender Effekt gefunden.

VF-Effekte

Wie auch im ersten Experiment zeigten die Daten eine vierfache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld des Zielreizes, Kongruenz und Buchstabenposition. Der Effekt trat sowohl in den Reaktionszeiten [$F(2,30) = 3.94, p < .05$] als auch in den Fehlerraten auf [$F(2,30) = 4.47, p < .05$]. Um die Interaktion aufzuklären, wurden getrennte Analysen für die drei Buchstabenpositionen gerechnet mit den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld des Zielreizes und Kongruenz. Für beide Variablen stellte sich heraus, dass die entsprechende Interaktion nur in der SU-Bedingung signifikant war [Reaktionszeiten: $F(1,15) = 9.42, p < .01$; Fehlerraten: $F(1,15) = 6.30, p < .05$]. Weitere Analysen mit der SU-Bedingung zeigten wie erwartet, dass nur in der inkongruenten Situation ein VF-Effekt vorlag [Reaktionszeiten: $F(1,15) = 8.78, p < .01$;

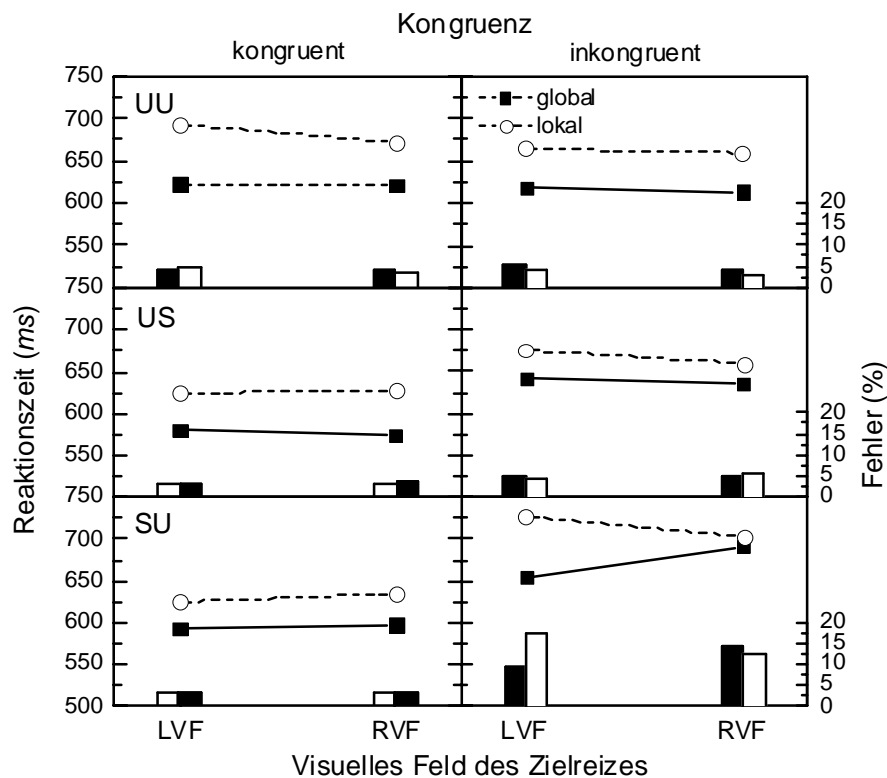


Abbildung III-5 Reaktionszeiten und Fehlerraten auf die globale und lokale Ebene als Funktion der Faktoren Kongruenz, Visuelles Feld des Zielreizes und Buchstabenposition im zweiten Experiment

Fehlerraten: $F(1,15) = 5.73, p < .05$]. Hier waren die Antworten auf die lokale Zielebene schneller und akkurater für RVF-Stimuli im Vergleich zu LVF-Stimuli (703 vs. 727 ms bzw. 13.34 vs. 17.24 %), während Antworten auf die globale Ebene für LVF-Stimuli schneller und akkurater waren als für RVF-Stimuli (655 vs. 691 ms bzw. 9.63 vs. 13.98 %). In der kongruenten Bedingung gab es keine entsprechenden Effekte [Reaktionszeiten: $F(1,15) = 0.09, p > .70$; Fehlerraten: $F(1,15) = 0.47, p > .50$]. Die Ergebnisse sind in Abbildung III-5 dargestellt.

Zielreize im zentralen visuellen Feld

Die Reaktionszeiten und Fehlerraten für Zielreize im ZVF wurden in eine vierfaktoriellen ANOVA mit den Messwiederholungsfaktoren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld des Ablenkreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Buchstabenposition (UU, US und SU) eingegeben.

Generelle Effekte

Die ANOVA ergab in beiden Variablen einen Haupteffekt für den Faktor Buchstabenposition [Reaktionszeiten: $F(2,30) = 15.79, p < .001$; Fehlerraten: $F(2,30) = 20.19, p < .001$] sowie eine Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene und Buchstabenposition [Reaktionszeiten: $F(2,30) = 8.17, p < .001$; Fehlerraten: $F(2,20) = 9.71, p < .001$]. Die Daten zeigten einen globalen Vorteil von 28 ms bzw. 0.94 % in der UU-Bedingung und von 23 ms bzw. 0.89 % in der US-Bedingung. In der SU-Bedingung wurden dagegen die Buchstaben auf der lokalen Ebene schneller und genauer identifiziert als die Buchstaben auf der globalen Ebene (599 vs. 621 ms bzw. 4.67 vs. 9.84 %).

Kongruenz-Effekte

In beiden Variablen ergab die Analyse ein Haupteffekt für den Faktor Kongruenz [Reaktionszeiten: $F(1,15) = 22.89, p < .001$; Fehlerraten: $F(1,15) = 31.62, p < .001$] sowie eine Interaktion zwischen den Faktoren Kongruenz und Buchstabenposition [Reaktionszeiten: $F(2,30) = 11.95, p < .001$; Fehlerraten: $F(2,30) = 23.88, p < .001$]. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Tabelle III-3 aufgeführt. Man sieht, dass der Faktor Kongruenz die Reaktionszeiten nur in der US-Bedingung [20 ms, $F(1,15) = 8.26, p < .05$] und in der SU-Bedingung moderierte [78 ms, $F(1,15) = 19.29, p < .001$]. Im Bezug auf Fehlerraten hatte er nur in der SU-Bedingung einen Effekt [11,59%, $F(1,15) = 32.56, p < .001$].

Tabelle III-3 Reaktionszeiten (*ms*) und Fehlerraten als Funktion der Faktoren Kongruenz und Buchstabenposition im zweiten Experiment für Zielreize im *zentralen* visuellen Feld

	UU		US		SU	
	RT	ER	RT	ER	RT	ER
kongruent	582	2.40	557	2.45	571	1.46
inkongruent	579	3.41	577	2.73	649	13.05
inkon. – kon.	-3	1.01	20*	0.28	78***	11.59***

Anmerkung— * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Jedoch wurden die Ergebnisse durch eine dreifache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Kongruenz und Buchstabenposition eingeschränkt [Reaktionszeiten: $F(2,30) = 12.22$, $p < .001$; Fehlerraten: $F(2,30) = 10.94$, $p < .001$]. Die Interaktion erklärt sich dadurch, dass in der US-Bedingung die Interferenz von global auf lokal (32 *ms*, 0.57 %) stärker war als die Interferenz von lokal auf global (9 *ms*, 0.00 %), während die Richtung des Effektes in der SU-Bedingung umgekehrt war (lokal auf global: 44 *ms*, 18.12%; global auf lokal: 12 *ms*, 5.05 %).

VF-Effekte

In den Reaktionszeiten zeigte sich ein marginal signifikanter Effekt für die vierfache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld des Ablenkreizes, Kongruenz und Buchstabenposition [$F(2,30) = 2.95$, $p = .07$]. Die Interaktion wurde aufgeklärt, indem getrennte Analysen für die UU-, US- und SU-Bedingung mit den Faktoren Ebene, Visuelles Feld des Ablenkreizes und Kongruenz gerechnet wurden. Überraschender Weise war das Ergebnis in der SU-Bedingung reliabel [$F(1,15) = 4.01$, $p = .06$]. Weitere Analysen zeigten, dass lokale Targets in kongruenten Stimuli schneller identifiziert wurden mit Ablenkreizen im LVF (562 *ms*) im Vergleich zum RVF (591 *ms*); dagegen wurde die lokale Ebene in inkongruenten Stimuli schneller identifiziert mit Ablenkreizen im RVF (615 *ms*) im Vergleich zu solchen im LVF (628 *ms*). Für die globale Ebene wurde ein solcher Unterschied nicht beobachtet. Relevant für die perzeptuelle Hypothese ist jedoch nicht die SU-Bedingung, bei der sowohl das Target als auch der Distraktor im ZVF auftraten. Interessanter sind die Ergebnisse der UU- und US-Displays, bei denen die Distraktoren auf den Ebenen der Ablenkreize im LVF oder RVF gezeigt wurden. In diesen Bedingungen ergab die Analyse keinerlei Effekte für das visuelle Feld des Ablenkreizes. Insbesondere ergab sich keine Interaktion zwischen den

Faktoren Zielebene, Visuelles Feld des Ablenkreizes und Kongruenz. Auch die ANOVA über die Fehlerraten ergab keinen Effekt für den Faktor Visuelles Feld des Ablenkreizes.

2.3. DISKUSSION

Ein kritischer Punkt im ersten Experiment war es, dass die Formen in der SU-Bedingung in dieselbe Hemisphäre projiziert wurden, während sie in den UU- und US-Bedingungen in zwei verschiedene Hemisphären gelangten. Eventuell ist es eine Voraussetzung für VF-Effekte, dass die Formen in derselben Hemisphäre verarbeitet werden. Im vorliegenden Experiment wurde dieser Einwand berücksichtigt, indem ein Zielreiz im LVF oder RVF zusammen mit einem Ablenkreizreiz im ZVF präsentiert wurde. Dadurch wurde der Distraktor immer auch in die Hemisphäre projiziert, in der das Target verarbeitet wurde.

Die Effekte im Bezug auf den Zielreiz entsprachen denen aus dem ersten Experiment. Inkongruenz führte nur in solchen Durchgängen zu VF-Effekten, bei denen die Formen auf den Ebenen desselben Reizes arrangiert waren (SU). In solchen Bedingungen mit Formen in verschiedenen Reizen (UU/US) gab es dagegen keine Hemisphärenunterschiede. Anders als im ersten Experiment kann das negative Ergebnis in der letzteren Bedingung nicht darauf zurückgeführt werden, dass hier die Formen in verschiedenen Hemisphären verarbeitet wurden. Der relevante Unterschied war vielmehr, dass die Formen an verschiedenen Orten (d.h. in verschiedenen Stimuli) präsentiert wurden. In diesen Bedingungen konnte die korrekte Antwort durch eine Integration von Form und Ort selektiert werden. In der SU-Bedingung, bei der die Formen an demselben Ort in demselben Stimulus präsentiert wurden, konnte die Ortsinformation dagegen nicht zur Antwortselektion verwendet werden. Hier war es zur Selektion der korrekten Antwort notwendig, die Formen an ihre entsprechenden Ebenen zu binden. Nur in dieser Situation zeigten sich VF-Effekte. Die Ergebnisse entsprechen damit vollauf den Vorhersagen der Integrationshypothese, nach der die LH spezialisiert ist für die Integration von Formen an die lokale Reizebene, während die RH effizienter darin ist, Formen an die globale Reizebene zu binden.

Auch die Ergebnisse für Ablenkreize im LVF oder RVF sind kompatibel mit der Integrationshypothese. Aus dem perzeptuellen Ansatz wurde vorhergesagt, dass die globale Ebene von nicht zu beachtenden Reizen im LVF schwieriger zu ignorieren ist als bei Reizen im RVF, und die lokale Ebene von nicht zu beachtenden Reizen sollte im

RVF schwieriger zu ignorieren sein als im LVF. Die Analyse der UU- und US-Bedingung erbrachte jedoch keine signifikanten Ergebnisse mit den Faktoren Ebene und Visuelles Feld des Ablenkreizes. Das Ergebnis besagt, dass die Güte der Verarbeitung des Distraktors *nicht* von dem VF der Präsentation abhängt. Die Daten legen somit nahe, dass die Hemisphären keinen invariablen, perzeptuellen Unterschied für die Verarbeitung der Reizebenen aufweisen. Das Ergebnis ist vielmehr kompatibel mit der Integrationshypothese, nach der die Forminformationen auf einer frühen Stufe der Verarbeitung getrennt von ihren Ebenen und in der gleichen Qualität in den Hemisphären repräsentiert sind.

Ein auffälliger Unterschied zum vorigen Experiment waren die Ergebnisse in der UU-Bedingung. Im vorliegenden Experiment gab es in dieser Situation keinen Effekt des Faktors Kongruenz. Weiterhin wurden UU-Stimuli im ersten Experiment schneller verarbeitet als US-Stimuli, in dem vorliegenden Experiment dagegen langsamer. Dieses Ergebnismuster ist jedoch nicht ungewöhnlich und tritt auch in anderen Untersuchungen mit einem vergleichbaren Paradigma auf. Beispielsweise fanden Paquet und Mitarbeiter in ihren Untersuchungen generell keine Interferenz in der UU-Bedingung (Paquet, 1992; Paquet, 1994; Paquet & Merikle, 1988). Ebenfalls waren in diesen Untersuchungen die Reaktionszeiten in der UU-Bedingung oftmals höher als diejenigen in der US-Bedingung (z. B. Experiment 1 in Paquet & Merikle, 1988).

3. Experiment 3

Wie von der Integrationshypothese vorhergesagt traten in den beiden vorigen Experimenten keine VF-Effekte in der UU- oder der US-Bedingung auf. Als Erklärung wurde vorgeschlagen, dass in diesen Situationen die korrekte Antwort durch eine Integration von Form und Ort (bzw. Farbe) selektiert werden konnte. In der SU-Bedingung war der Ort (bzw. die Farbe) dagegen nicht informativ im Bezug auf die korrekte Antwort, so dass zur Lösung der Aufgabe eine Integration von Form und Ebene notwendig war. Bei einem Vergleich der verwendeten Stimuli fallen jedoch noch zwei weitere, möglicherweise relevante Unterschiede auf. Beide betreffen den Umstand, dass in der SU-Bedingung „normale“ hierarchische Buchstaben als Zielreize verwendet wurden, wie sie typischerweise auch in Experimenten mit nur einem hierarchischen Reiz vorkommen (z. B. Lamb & Robertson, 1988, 1989). Dagegen war das Reizmaterial in den UU- und US-Bedingungen speziell für die vorliegende Fragestellung konstruiert worden und

entsprach nicht den Standardreizen. Es stellt sich daher die Frage, ob sich die Ergebnisse in diesen Situationen auch auf die Verarbeitung von normalen hierarchischen Reizen übertragen lassen. Alternativ wäre es ebenfalls möglich, dass die Probanden für das spezielle Stimulusmaterial in der US/UU-Bedingung eine Selektionsstrategie verwendet haben, die sie in der normalen global/lokal-Verarbeitung nicht benutzen. Dieses Argument kann nicht ohne weiteres entkräftet werden. Es ist daher wünschenswert, die Ergebnisse noch einmal mit anderem Stimulusmaterial zu replizieren, bei dem auch die Reize in der UU/US-Bedingung so weit wie möglich den normalerweise in der global/lokal-Verarbeitung verwendeten Reizen entsprechen.

Ein Charakteristikum der UU/US-Stimuli in den vorangehenden Experimenten war zum Beispiel, dass das Target und der Distraktor immer eine unterschiedliche Farbe aufwiesen. Dagegen haben diese Formen in normalen Stimuli immer dieselbe Farbe. Allgemein gilt Farbe als ein starker Gruppierungsfaktor, ähnlich wie zum Beispiel die räumliche Nähe oder auch die gemeinsame Form von visuellen Reizen. Demnach werden Reize als zusammengehörig wahrgenommen, wenn sie dieselbe Farbe aufweisen, und als nicht zusammengehörig, wenn die Farbe verschieden ist. Entsprechend hängt auch die Stärke des Kongruenzeffektes von der Farbe des Targets und des Distraktors ab (Baylis & Driver, 1992; Quinlan & Wilton, 1998). Briand (1994) untersuchte die Effektivität verschiedener Selektionshinweise für den Zielreiz im Kontext des vorliegenden Paradigmas. Dazu färbte er den Zielreiz und den Ablenkreiz entweder unterschiedlich ein oder umgab die Reize mit einem kreisförmigen oder rechteckigen Rahmen. Es stellte sich heraus, dass Farbe der effektivere Selektionshinweis war. In dieser Bedingung war die Interferenz zwischen den Reizen deutlich reduziert oder sogar völlig eliminiert. Möglicherweise hat die Verwendung eines solch starken Selektionshinweises in den letzten beiden Experimenten zu den negativen Ergebnissen im Bezug auf VF-Effekte bei UU- und US-Stimuli geführt.

Um diese Erklärung auszuschließen, wurden im dritten Experiment beide Reize in derselben weißen Vordergrundfarbe gezeichnet. Da die Reize wie in Experiment 2 gleichzeitig im ZVF und LVF/RVF präsentiert wurden, konnte der Zielreiz einfach durch seine Position definiert werden. Dazu wurden die Probanden instruiert, immer auf die äußeren Reize zu reagieren und gleichzeitig die im ZVF präsentierten Stimuli zu ignorieren.

Außer in der Farbe unterschieden sich die Stimuli in den UU/US-Bedingungen noch in einem zweiten Merkmal von normalen hierarchischen Reizen. In den UU/US-Situationen bestand der Zielreiz immer aus einem Buchstaben und der neutralen Form ,O'. Normale hierarchische Reize bestehen dagegen meistens aus einer der möglichen Kombinationen der Buchstaben A, S, H und E (z. B. Heinze & Münte, 1993; Lamb & Robertson, 1988; Robertson, 1996). Diesen Buchstaben ist gemeinsam, dass sie alle einen mittleren horizontalen Balken aufweisen und außerdem im Unterschied zum O keine geschlossenen Formen sind (Kimchi, 1994). Während sich also im normalen Fall die Formen innerhalb des Zielreizes einander meistens ähneln und dadurch schwer zu diskriminieren sind, sind in den UU- und US-Bedingung die Formen innerhalb des Zielreizes einander unähnlich und dadurch leicht zu diskriminieren. Möglicherweise ist auch dies ein Faktor für VF-Effekte (Evans et al., 2000). Dieser Einwand wurde im dritten Experiment dadurch berücksichtigt, dass die Zahl ,8' anstelle des ,O' als Platzhalter verwendet wurde. Ebenso wie die Zielformen H und E weist diese neutrale Form einen horizontalen Mittelbalken auf. Dadurch sollte auch in der UU/US-Bedingung die Unterscheidung der Zielform von den irrelevanten Formen erschwert sein.

Die Vorhersagen waren dieselben wie in den ersten beiden Experimenten. VF-Effekte sollten nur in der inkongruenten SU-Bedingung auftreten, nicht aber in den UU- oder US-Bedingungen.

3.1. METHODE

Versuchspersonen

An dem Versuch nahmen 16 rechtshändige Studierende im Alter zwischen 19 und 33 Jahren teil (12 weiblich, 4 männlich, Durchschnittsalter 22.75 Jahre).

Stimuli, Apparate und Prozedur

Die Apparate und die generelle Prozedur waren identisch zu denen aus dem vorhergehenden Experiment. Der wichtigste Unterschied betraf die verwendeten Stimuli. Im Unterschied zu Experiment 2 waren im vorliegenden Experiment beide hierarchischen Reize in derselben weißen Vordergrundfarbe gezeichnet, und als neutrale Form wurde die Zahl 8 verwendet. Die Instruktion lautete, den Buchstaben auf der relevanten Ebene des *äußeren* Stimulus so schnell und so genau wie möglich zu identifizieren. Der Zielreiz wurde also nicht mehr durch seine Farbe, sondern nur noch durch den Ort des Auftretens definiert. Es wurden vier Faktoren variiert: Zielebene (global und lokal),

Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Buchstabenposition (UU, US und SU). Alle Faktoren waren randomisiert. Die Anordnung der Buchstaben sowie die Zuordnung der Buchstaben zu den Antworttasten waren über die Versuchspersonen balanciert.

Nach zwei Übungsblöcken bearbeiteten die Probanden in zwei verschiedenen Sitzungen jeweils acht Experimentalblöcke mit 96 Durchgängen. Folglich wurde jede der 24 Experimentalbedingungen durch 64 Durchgänge pro Versuchsperson abgedeckt.

3.2. ERGEBNISSE

Die Reaktionszeiten bei korrekten Antworten sowie die Fehlerraten wurden einer vierfaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung auf allen Faktoren zugeführt. Die Faktoren waren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Buchstabenposition (UU, US und SU).

Generelle Effekte

Die ANOVA ergab in beiden Variablen einen Haupteffekt für den Faktor Zielebene [Reaktionszeiten: $F(1,15) = 33.54, p < .001$; Fehlerraten: $F(1,15) = 6.01, p < .05$]. Die entsprechenden Daten zeigten schnellere und genauere Reaktionen auf die globale Zielebene (600 ms bzw. 5.02%) im Vergleich zur lokalen Ebene (644 ms bzw. 6.17%). Weitere Haupteffekte gab es für den Faktor Buchstabenposition [Reaktionszeiten: $F(2,30) = 10.42, p < .001$; Fehlerraten: $F(2,30) = 7.63, p < .01$]. Insgesamt waren die Antworten am schnellsten und akkuratesten in der US-Bedingung (602 ms bzw. 4.72%), gefolgt von den UU-Stimuli (630 ms bzw. 5.16%) und den SU-Stimuli (633 ms bzw. 7.72%).

Tabelle III-4 Reaktionszeiten (ms) und Fehlerraten als Funktion von Kongruenz und Buchstabenposition im dritten Experiment

	UU		US		SU	
	RT	ER	RT	ER	RT	ER
kongruent	631	5.23	564	3.17	586	2.32
inkongruent	630	5.10	640	6.30	681	13.11
inkon. – kon.	-1	-0.13	76 ^{***}	3.13 [†]	95 ^{***}	10.79 ^{***}

Anmerkung— [†] $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Kongruenz-Effekte

Weiterhin ergab die Analyse Haupteffekte für den Faktor Kongruenz [Reaktionszeiten: $F(1,15) = 66.73, p < .001$; Fehlerraten: $F(1,15) = 46.24, p < .001$]. Diese wurden jedoch durch eine zweifache Interaktion zwischen den Faktoren Kongruenz und Buchstabenposition eingeschränkt [Reaktionszeiten: $F(2,30) = 25.40, p < .001$; Fehlerraten: $F(2,30) = 21.56, p < .001$]. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Tabelle III-4 aufgeführt. Wie man der Tabelle entnehmen kann, gab es in der UU-Bedingung keinen signifikanten Unterschied zwischen kongruenten und inkongruenten Stimuli. In beiden anderen Bedingungen waren dagegen die Reaktion auf inkongruente Stimuli im Vergleich zu kongruenten Stimuli langsamer [US: $F(1,15) = 34.71, p < .001$; SU: $F(1,15) = 54.43, p < .001$] und fehlerhafter [US: $F(1, 15) = 3.95, p = .07$; SU: $F(1, 15) = 71.17, p < .001$].

VF-Effekte

In den Fehlerraten wurde eine zweifache Interaktion beobachtet zwischen den Faktoren Kongruenz und Visuelles Feld des Zielreizes. Sie zeigte, dass die Differenz zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung für LVF-Zielreize größer war als für RVF-Zielreize [5.62 vs. 3.58%, $F(1,15) = 12.13, p < .01$]. In den Reaktions-

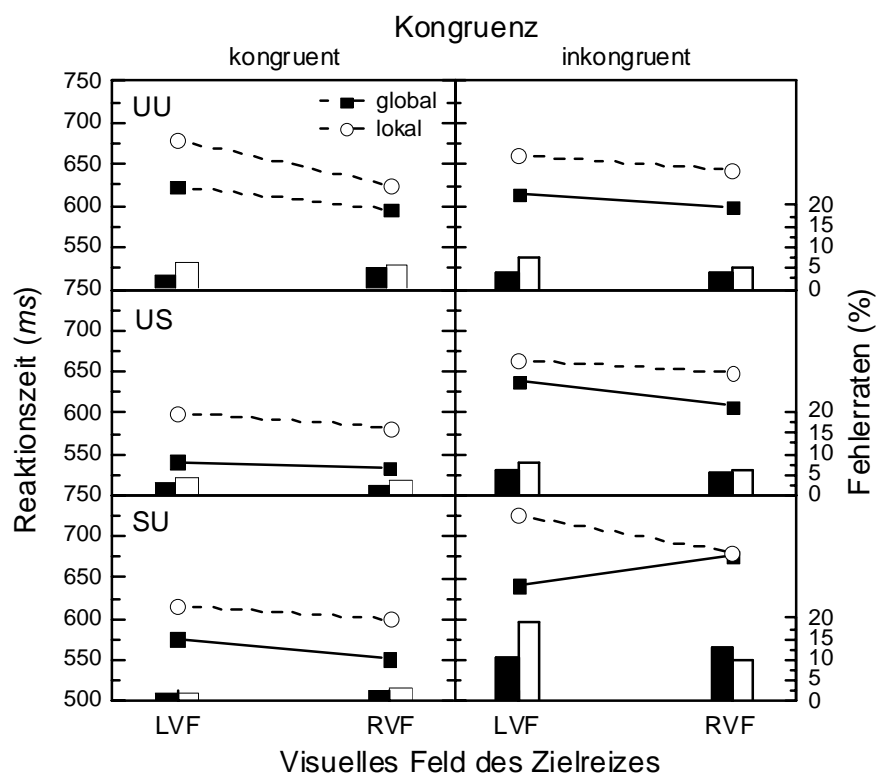


Abbildung III-6 Vierfache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld des Zielreizes, Kongruenz und Buchstabenposition aus dem dritten Experiment

zeiten ergab sich eine unerwartete Interaktion zwischen den Faktoren Kongruenz, Buchstabenposition und Visuelles Feld des Zielreizes [$F(2,30) = 3.47, p < .05$]. Getrennte Analysen für die drei Buchstabenpositionen zeigten, dass der Effekt durch eine Interaktion zwischen den Faktoren Kongruenz und Visuelles Feld des Zielreizes in der UU-Bedingung zustande kam [$F(1,15) = 9.76, p < .01$]. In dieser Situation wurden kongruente RVF-Zielreize (611 *ms*) schneller verarbeitet als kongruente LVF-Zielreize (652 *ms*). Für inkongruente Stimuli war derselbe Unterschied deutlich geringer (622 vs. 638 *ms*; vgl. die Daten in der oberen Reihe von Abbildung III-6).

Als wichtigstes Ergebnis des dritten Experimentes zeigte sich erneut eine vierfache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld des Zielreizes, Kongruenz und Buchstabenposition [Reaktionszeiten: $F(2,30) = 11.86, p < .001$; Fehlerraten: $F(1,15) = 6.98, p < .05$, siehe Abbildung III-6]. Die Interaktion wurde zerlegt, indem getrennt für jede Buchstabenposition die Interaktionen zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld und Kongruenz gerechnet wurde. Wie schon in den vorangegangenen Experimenten war das Ergebnis nur in der SU-Bedingung signifikant [Reaktionszeiten: $F(1,15) = 19.27, p < .001$; Fehlerraten: $F(1,15) = 8.18, p < .05$]. Weitere Analysen der SU-Bedingung ergaben einen VF-Effekt nur für inkongruente Stimuli [Reaktionszeiten: $F(1,15) = 11.62, p < .01$; Fehlerraten: $F(1,15) = 7.34, p < .05$]. Wie man Abbildung III-6 entnehmen kann, waren in dieser Bedingung die Antworten auf die lokale Ebene für RVF-Stimuli schneller (681 *ms*) und genauer (10.16 %) als für LVF-Stimuli (725 *ms* bzw. 18.95 %), und die Antworten auf die globale Ebene waren schneller (641 *ms*) und genauer (10.45 %) für LVF-Stimuli als für RVF-Stimuli (676 *ms* bzw. 12.89 %). In der kongruenten Bedingung gab es dagegen keinen entsprechenden Effekt [Reaktionszeiten: $F(1,15) = 0.27, p > .60$; Fehlerraten: $F(1,15) = 1.16, p = .30$].

3.3. DISKUSSION

Das dritte Experiment war im Wesentlichen eine Replikation des zweiten Experimentes. Jedoch wurden gegenüber dem vorigen Experiment einige Veränderungen des Stimulusmaterials vorgenommen. Die erste Veränderung war es, dass beide Reize in derselben weißen Vordergrundfarbe gezeichnet wurden. Zweitens wurde als neutrale Form die Zahl 8 anstelle des 0 verwendet. Beide Veränderungen zielten darauf ab, eine größtmögliche Ähnlichkeit zwischen den Zielreizen in der UU/US-Bedingung und denen in der SU-Bedingung herzustellen. Entsprechend sollte die Schwierigkeit der Selektion der korrekten Form in den drei Bedingungen vergleichbar sein.

Tatsächlich zeigten die Daten in der US-Bedingung im Vergleich zum vorigen Experiment einen deutlich erhöhten Kongruenzeffekt. Im zweiten Experiment betrug der Unterschied zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung 52 *ms* beziehungsweise 1.93 % Fehler. Im dritten Experiment stiegen die entsprechenden Unterschiede auf 76 *ms* bzw. 3.13 % Fehler an. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass inkongruente Distraktoren schwieriger zu ignorieren sind, wenn sie dieselbe Farbe haben wie das Target. Dieses Ergebnis ist nicht überraschend und entspricht zum Beispiel den Befunden von Briand (1994) oder Baylis und Driver (1992). Die interessantere Frage war es, ob es zwischen dem zweiten und dritten Experiment auch einen Unterschied im Bezug auf die VF-Effekte geben würde.

Wie bei einem Vergleich von Abbildung III-6 und Abbildung III-5 klar ersichtlich ist, ist dies *nicht* der Fall. Stattdessen waren die Ergebnisse im Bezug auf die VF-Effekte identisch zu denen aus Experiment 2: Nur in der inkongruenten SU-Bedingung ergaben sich VF-Effekte. In den UU- und US-Bedingungen ergab sich dagegen erneut kein entsprechender Hemisphärenunterschied. Die Daten zeigen somit, dass das Ergebnismuster in den ersten beiden Experimenten nicht spezifisch für das verwendete Stimulusmaterial ist.

4. Generelle Diskussion

Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung treten überwiegend in solchen Situationen auf, in denen ein Antwortkonflikt zwischen den Ebenen des Reizes besteht (Hübner & Malinowski, 2002; Van Kleeck, 1989; Malinowski et al., 2002; siehe auch Studie I in der vorliegenden Arbeit). In der vorliegenden Studie wurde die Integrationshypothese (Hübner & Malinowski, 2002) als eine mögliche Erklärung für diesen Effekt untersucht.

Nach der Integrationshypothese sind Antwortkonflikte insofern förderlich für VF-Effekte, als zu ihrer Auflösung – d. h. zur Selektion der korrekten Antwort – eine Integration der Forminformation mit der entsprechenden Ebeneninformation notwendig ist. Diese Annahme wurde überprüft, indem konfligierende Informationen entweder auf den Ebenen desselben Stimulus präsentiert wurden oder aber auf den Ebenen von zwei verschiedenen Stimuli im LVF und RVF. Wenn die Integration von Form und Ebene entscheidend ist für VF-Effekte, dann sollten solche Konflikte, zu deren Auflösung andere Merkmale als die Ebene herangezogen werden können, nicht zu Hemisphärenun-

terschieden führen. Durch die Ergebnisse des ersten Experimentes wurde diese Vorhersage im vollen Umfang bestätigt. Inkongruenz führte generell zu langsameren Reaktionen im Vergleich zur kongruenten Bedingung. Jedoch traten VF-Effekte nur in derjenigen Bedingung auf, in der inkongruente Informationen auf den Ebenen desselben Reizes präsentiert wurden. In beiden Situationen mit Formen in verschiedenen Stimuli führte Inkongruenz dagegen nicht zu VF-Effekten. Die Ergebnisse können so erklärt werden, dass in der ersten Bedingung zur Selektion der korrekten Antwort eine Integration von Ebene und Form notwendig war, während die Antwort in den letzteren Bedingungen auch durch eine Integration von Form und Ort (bzw. Farbe) selektiert werden konnte.

In den Experimenten 2 und 3 wurden zwei alternative Erklärungen für die Ergebnisse des ersten Experimentes betrachtet, nach denen (a) die perzeptuelle Verarbeitung von Target und Distraktor in derselben vs. zwei verschiedenen Hemisphären der kritische Faktor für VF-Effekte ist und (b) die Unterschiede zwischen den Bedingungen durch das spezielle Stimulusmaterial zustande gekommen sind. Experiment 2 zeigte, dass in den UU- und US-Bedingungen auch dann keine VF-Effekte auftreten, wenn das Target und der Distraktor in derselben Hemisphäre verarbeitet werden. Im dritten Experiment wurde dieses Ergebnis mit verändertem Stimulusmaterial repliziert. Beide Alternativerklärungen konnten somit ausgeschlossen werden. Zusammenfassend bieten die Ergebnisse aus allen drei Experimenten also eine deutliche Unterstützung für die Integrationshypothese von Hübner und Malinowski (2002).

Eine triviale Erklärung für den Effekt von Antwortkonflikten könnte sein, dass er einfach durch die höhere Aufgabenschwierigkeit im inkongruenten im Vergleich zum kongruenten Fall zustande kommt. Die vorliegenden Ergebnisse sprechen jedoch klar gegen eine solche Interpretation, da die VF-Effekte nicht generell mit der Aufgabenschwierigkeit variierten. Bei einem Vergleich der Experimente zeigt sich sogar in der US-Bedingung des dritten Experimentes ein deutlich höherer Kongruenzeffekt (76 ms) als in der SU-Bedingung des ersten Experimentes (51 ms). Trotzdem waren die VF-Effekte nur in der letzteren Bedingung signifikant. Folglich kann es ausgeschlossen werden, dass die Aufgabenschwierigkeit der relevante Faktor für VF-Effekte war.

Alternativ zur Integrationshypothese wurde im ersten Experiment die Verstärkerhypothese von Van Kleeck (1989) untersucht. Aus diesem Ansatz wurden für US-Stimuli stärkere VF-Effekte in der inkongruenten im Vergleich zur kongruenten Bedin-

gung vorhergesagt, und für UU-Stimuli stärkere VF-Effekte in der kongruenten im Vergleich zur inkongruenten Bedingung. Obwohl jedoch der Kongruenzeffekt in beiden Bedingungen signifikant war, hatte der Faktor keinen moderierenden Einfluss auf die VF-Effekte. Die Daten erbrachten also zunächst keine Unterstützung für die Verstärkerhypothese.

Ein Gegenargument wurde durch die Daten jedoch nicht vollständig ausgeschlossen und soll hier noch einmal betrachtet werden. Es lautet, dass der Kongruenzeffekt erst einen bestimmten Schwellenwert erreichen muss, um Hemisphärenunterschiede zu produzieren. Wenn dieses Argument zutrifft, dann sind in den inkongruenten UU/US-Bedingungen vielleicht deshalb keine VF-Effekte aufgetreten, weil die Interferenz in diesen Situationen unterhalb des Schwellenwertes geblieben ist. Ein solcher Zusammenhang zwischen Kongruenz und VF-Effekten ist natürlich logisch möglich. Auf der anderen Seite trägt das Argument aber auch nur wenig zur Stützung von Van Kleecks (1989) Verstärkerhypothese bei. Das liegt daran, dass die Schwellenwertannahme weder Teil der Hypothese ist noch aus dieser abgeleitet werden kann. Ganz im Gegenteil kann aus der Verstärkerhypothese vorhergesagt werden, dass VF-Effekte proportional mit der Stärke der Interferenz ansteigen (Hübner & Malinowski, 2002). Dagegen sagt die Integrationshypothese explizit einen qualitativen Zusammenhang zwischen Interferenz und VF-Effekten vorher. Erst wenn die Interferenz einen bestimmten kritischen Wert überschreitet, reichen die frühen Formrepräsentationen nicht mehr zur Selektion der korrekten Antwort aus. An dieser Stelle geht das System in einen Zustand über, bei dem spätere und vollständigere Repräsentationen zur Antwortselektion notwendig sind. VF-Effekte für die global/lokal-Verarbeitung treten erst dann auf, wenn sich das System in diesem höheren Zustand befindet (Hübner & Malinowski, 2002). Der in der vorliegenden Studie beobachtete qualitative Zusammenhang zwischen Interferenz und VF-Effekten widerspricht also gerade der Verstärkerhypothese. Gleichzeitig unterstützt das Ergebnis die Hypothese von Hübner und Malinowski (2002).

Die Vorstellung, dass Form und Ebene von hierarchischen Reizen auf einer späteren Stufe der Verarbeitung integriert werden, impliziert gleichzeitig, dass diese Komponenten auf einer früheren Verarbeitungsstufe voneinander getrennt sind. Dies legt den Gedanken nahe, dass man die Ebenen von hierarchischen Reizen als abstrakte Kategorien oder auch als *feature* im Sinne Treismans (Treisman & Gormican, 1988; 1980) betrachten kann, d. h. als ein funktionelles Grundelement der visuellen Wahrnehmung. Diese Behauptung ist auf den ersten Blick überraschend. Es gibt jedoch eine Reihe von

Ergebnissen, die eine solche Annahme unterstützen. Beispielsweise ist bekannt, dass Formen auf der globalen oder lokalen Ebene schneller verarbeitet werden, wenn im vorausgehenden Durchgang eine Reaktion auf dieselbe Ebene verlangt wurde im Vergleich zu Situationen, bei denen die Ebene zwischen den Durchgängen wechselte (Hübner, 2000; Ward, 1982). Der Ebenenwiederholungseffekt tritt auch dann auf, wenn zwischen den Durchgängen die Position des Stimulus oder die Form auf der zu bearbeitenden Ebene wechselt (Lamb & Yund, 1996; Lamb, London, Pond, & Whitt, 1998; Lamb, Pond, & Zahir, 2000). Diese Ergebnisse können dadurch erklärt werden, dass die Ebene getrennt von ihrem Inhalt repräsentiert ist und daher auch unabhängig von diesem aktiviert werden kann. Auch das Ergebnis der vorliegenden Studie, dass die Interferenz zwischen zwei Stimuli in der US-Situation wesentlich größer war als in der UU-Situation, unterstützt die kategoriale Sichtweise. Dieselben Resultate wurden auch in anderen global/lokal-Studien mit zwei hierarchischen Reizen erzielt (Briand, 1993; Briand, 1994; Paquet, 1992; Paquet, 1994; Paquet & Merikle, 1988). Paquet (1992) erklärte den Unterschied zwischen der UU- und US-Bedingung so, dass die Ebene (global/lokal) und der Ort (links/rechts) unabhängige Kategorien darstellen, durch welche Targets von Distraktoren unterschieden werden können. Entsprechend ist die Interferenz stärker in solchen Situationen, in denen Target und Distraktor dieselbe Ebene aufweisen im Vergleich zu einer Situation mit verschiedenen Ebenen. Die Integrationshypothese ist insofern konsistent mit Paquets (1992) Modell, als auch hier die Ebene als eine unabhängige Stimuluskategorie für die Antwortselektion betrachtet wird.

Eine alternative Position besteht darin, dass die Forminformationen und die entsprechenden Ebeneinformationen invariabel miteinander verknüpft sind. Nach dieser Vorstellung werden die Formen auf der lokalen bzw. globalen Ebene in verschiedenen perzeptuellen Kanälen verarbeitet, die empfindlich sind für relativ hohe bzw. tiefe Ortsfrequenzen (Sergent, 1982). Gleichzeitig bietet dieses Modell eine Erklärung an für die assoziierten Hemisphärenunterschiede. Demnach ist die LH spezialisiert für die Verarbeitung von relativ hohen Ortsfrequenzen, während die RH effizienter ist bei der Verarbeitung von relativ tiefen Ortsfrequenzen. Die Annahme, dass es einen prinzipiellen, perzeptuellen Hemisphärenunterschied für die Verarbeitung der globalen und lokalen Ebene gibt, steht jedoch mit den meisten Ergebnissen der vorliegenden Studie im Widerspruch. Generell kann diese Hypothese nicht erklären, warum bei kongruenten hierarchischen Stimuli keine VF-Effekte aufgetreten sind. Auch kann sie den Unterschied zwischen den Ergebnissen in der inkongruenten SU-Bedingung und den UU/US-

Bedingungen nicht erklären. Ein weiteres Problem für die perzeptuelle Hypothese ist auch das Resultat aus dem zweiten Experiment, bei dem globale und lokale Distraktoren in Ablenkreizen im LVF oder RVF präsentiert wurden. Die Ergebnisse zeigten in dieser Bedingung keinerlei Interaktion zwischen der Ebene des Distraktors und dem VF des Ablenkreizes. Es ist schwer zu erklären, wie dieses Ergebnis mit einem prinzipiellen Hemisphärenunterschied für die perzeptuelle Verarbeitung der globalen und lokalen Ebene zu vereinbaren ist. Wenn es einen generellen Hemisphärenunterschied für die globale und lokale Ebene gäbe, dann hätte je nach Kongruenzbedingung ein globaler Distraktor im LVF die Selektion der korrekten Antwort stärker stören bzw. unterstützen sollen als ein solcher im RVF, und lokale Distraktoren im RVF sollten entsprechend einen stärkeren Effekt haben als solche im LVF. Dies zeigten die Daten jedoch nicht. Eine rein perzeptuelle Erklärung reicht also offensichtlich nicht aus, um die Ergebnisse der vorliegenden Studie zu erklären.

Zusammenfassend unterstützen die berichteten Daten also die Hypothese, dass die Stimulusebene auf einer frühen Verarbeitungsstufe unabhängig von der Form als abstrakte Kategorie repräsentiert ist. Wenn ein Konflikt zwischen den mit den Formen assoziierten Antworten auftritt, dann müssen die Formen an ihre entsprechenden Ebenen gebunden werden, um die korrekte Antwort auswählen zu können. In diesem Integrationsprozess unterscheiden sich die Hemisphären: Die LH ist effizienter bei der Integration von Formen an die lokale Ebene, und die RH ist besser bei der Integration von Formen an die globale Ebene. Entsprechend, da bei Antwortkonflikten eine Integration von Ebene und Form zur Selektion der korrekten Antwort notwendig ist, kommt es in diesen Situationen zu VF-Effekten.

IV.

Studie III: Hemisphärenunterschiede bei verteilter und selektiver Aufmerksamkeit auf die Ebenen

In den ersten beiden Studien dieser Arbeit produzierten nur solche Reize VF-Effekte, bei denen die Buchstaben auf den Ebenen des hierarchischen Reizes einen Antwortkonflikt erzeugten. Mit der *Integrationshypothese* wurde eine mögliche Erklärung für diesen förderlichen Effekt von Antwortkonflikten für Hemisphärenunterschiede vorgeschlagen. Wenn beide Formen unterschiedliche Antworten aktivieren, dann müssen diese Formen für die korrekte Lösung der Aufgabe ihren entsprechenden Ebenen zugeordnet werden. Nach der Integrationshypothese wird diese Zuordnung der Formen zu den Ebenen mit unterschiedlicher Effektivität in der linken und der rechten Hemisphäre durchgeführt. Die LH hat einen Vorteil bei der Integration von Formen mit der lokalen Ebene, und die RH hat einen Vorteil bei der Integration von Formen mit der globalen Ebene (Hübner & Malinowski, 2002; Treisman, 1998; Treisman & Gormican, 1988).

Jedoch sollten Antwortkonflikte zwischen den Ebenen desselben Reizes nicht generell zu VF-Effekten führen. Dies sollte vielmehr nur dann der Fall sein, wenn gleichzeitig in der Aufgabe gefordert wird, die Form auf einer spezifischen *Ebene* zu identifizieren. In diesem Fall ist es für die Selektion der korrekten Antwort notwendig, beide Formen mit ihren entsprechenden Ebenen zu integrieren, um schließlich diejenige Form auf der in der Aufgabe spezifizierten Zielebene selektieren zu können. Da bei solchen Aufgaben nur eine spezielle Ebene, global oder lokal, beachtet werden soll, wird das Vorgehen auch als *fokussierte* (Yovel et al., 2001) oder *selektive Aufmerksamkeit* bezeichnet (Brown & Kosslyn, 1995).

Ein anderes, seltener verwendetes Paradigma ist das der *verteilten Aufmerksamkeit* (Brown & Kosslyn, 1995). Bei dieser Aufgabe wird im Unterschied zur selektiven Aufmerksamkeit nicht eine spezifische *Zielebene* vorgegeben, sondern die Identifikation einer bestimmten *Zielform* verlangt. In der globalen Bedingung erscheint eine Zielform auf der globalen Ebene zusammen mit einer Distraktorform auf der lokalen Ebene, während in der lokalen Bedingung eine Zielform auf der lokalen Ebene mit einem Distraktor auf der globalen Ebene kombiniert wird. In diesem Paradigma ist es für die Antwortauswahl nicht erforderlich, eine korrekte Zuordnung der Formen zu den Ebenen vorzunehmen. Entsprechend sollten hier Antwortkonflikte zwischen den Ebenen nicht zu VF-Effekten führen.

Um diese Vorhersage verdeutlichen zu können, ist es notwendig, sich das Paradigma der verteilten Aufmerksamkeit sowie das Vorgehen zur Produktion von Antwortkonflikten im Detail zu betrachten. Die Probanden sollen im Allgemeinen angeben, welche von zwei vorher festgelegten Zielformen in einem hierarchischen Reiz zu sehen war, wobei die Zielform entweder auf der globalen oder auf der lokalen Ebene gezeigt wird (Lamb & Robertson, 1989; Lamb et al., 1989; Lamb & Yund, 1996). Es ist evident, dass Antwortkonflikte bei verteilter Aufmerksamkeit nicht in derselben Weise produziert werden können wie in Studien mit selektiver Aufmerksamkeit. Wenn beide möglichen Zielbuchstaben gleichzeitig präsentiert würden, dann wäre die Aufgabe mehrdeutig und die dazugehörigen Ergebnisse wären nicht interpretierbar. Lamb und Robertson (1989) entwickelten daher eine andere Methode zur Produktion von Antwortkonflikten. Sie verwendeten hierarchische Buchstaben, bei denen die Zielformen *H* und *S* jeweils mit den Distraktorformen *A* und *E* kombiniert wurden. Der Distraktor *A* ist relativ ähnlich zu der Zielform *H* und unähnlich zu der Zielform *S*. Entsprechend sollte er die mit dem Buchstaben *H* assoziierte Antwort stärker mitaktivieren als diejenige auf das *S* (Eriksen & Eriksen, 1974). Auf der anderen Seite ist der Distraktor *E* relativ ähnlich zu der Zielform *S* und unähnlich zu der Zielform *H*. Er sollte daher die mit dem Buchstaben *S* assoziierte Antwort aktivieren, nicht aber diejenige für den Buchstaben *H* (siehe Abbildung IV-1). Allgemein sollte also bei solchen Reizen, bei denen der Distraktor der jeweils anderen Zielform ähnelt [*H-e* (ein globales *H* aus lokalen *Es*) oder *S-a*], die Antwortauswahl erschwert und entsprechend die Reaktionszeit erhöht sein. Die Daten von Lamb und Robertson (1989) zeigten, dass dies tatsächlich der Fall ist. Analog zum Antwortkonflikt bei selektiver Aufmerksamkeit lassen sich

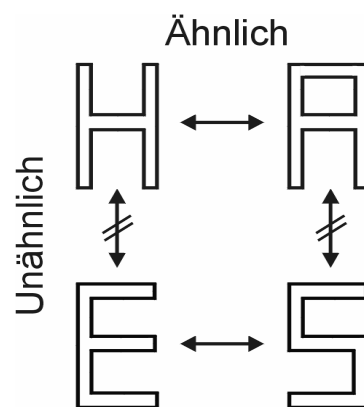


Abbildung IV-1 Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen den Zielformen (*S*, *H*) und den Distraktorformen (*E*, *A*). Die Ähnlichkeit ist definiert als der Anteil der gemeinsamen Konturen. Die Buchstaben *H* und *A* unterscheiden sich nur im Bezug auf den oberen horizontalen Teilstrich, und die Buchstaben *E* und *S* unterscheiden sich durch die Position des unteren vertikalen Teilstriches

also bei verteilter Aufmerksamkeit durch die Variation der Ähnlichkeit von Zielform und Distraktor Antwortkonflikte zwischen den Ebenen produzieren.

Aus der Integrationshypothese kann nun vorhergesagt werden, dass solche Antwortkonflikte zwischen den Ebenen bei verteilter Aufmerksamkeit *nicht* zu VF-Effekten führen. Betrachten wir zur Illustration zunächst einen kongruenten Stimulus (z. B., *H-a*). Nach der Integrationshypothese sind die zu diesem Stimulus gehörenden Forminformationen auf einer frühen Stufe der Verarbeitung unabhängig von ihren entsprechenden Ebenen und in der gleichen Qualität in den beiden Hemisphären repräsentiert. Da die Ebenen für die Beantwortung der Aufgabe nicht relevant sind, können die Probanden bereits zu diesem Zeitpunkt die korrekte Antwort ‚*H*‘ selektieren. Entsprechend sind für diese Aufgabe keine VF-Effekte zu erwarten. Dasselbe Argument kann nun aber auch für inkongruente Reize angebracht werden (z. B. *S-a*). Hier aktivieren zwar die Formen zwei miteinander konfligierende Antworten. Jedoch ist es auch in diesem Fall nicht notwendig, die Ebeneninformation für die Bearbeitung der Aufgabe in Betracht zu ziehen. Vielmehr kann die korrekte Antwort ‚*S*‘, wie auch im kongruenten Fall, bereits anhand der Forminformationen selektiert werden. Entsprechend sollten sich keine VF-Effekte zeigen. Zusammenfassend sagt die Integrationshypothese also vorher, dass bei verteilter Aufmerksamkeit *generell* keine VF-Effekte auftreten, d. h., weder für kongruente noch für inkongruente Reize.

Interessanterweise treten Hemisphärenunterschiede für die globale und lokale Verarbeitung bei verteilter Aufmerksamkeit jedoch relativ zuverlässig auf. Ein Vergleich der relevanten Studien zeigt sogar, dass die entsprechenden Effekte in Studien mit verteilter Aufmerksamkeit häufig größer sind bzw. häufiger auftreten als in solchen mit selektiver Aufmerksamkeit. So zeigten sich lediglich in sechs von elf Reaktionszeitstudien mit Identifikationsaufgaben und selektiver Aufmerksamkeit die erwarteten VF-Effekte (Christman & Weiner, 1997; Evert & Kmen, 2003; Hübner, 1997; Hübner & Malinowski, 2002; Kimchi & Merhav, 1991; Martin, 1979a; vgl. Blanca & Alarcon, 2002; Boles, 1984; Boles & Karner, 1996; Polich & Aguilar, 1990; Van Kleeck, 1989). Dasselbe Paradigma mit verteilter Aufmerksamkeit führte dagegen ausnahmslos zu positiven Ergebnissen (Brown & Kosslyn, 1995, Experimente 1-3; Yovel et al., 2001, Experiment 1c). Ein förderlicher Effekt der verteilten Aufmerksamkeit bei Identifikationsaufgaben zeigte sich auch in Imaging-Studien (Fink et al., 1996; vgl. Fink et al., 1999; Fink, Marshall et al., 1997; Sasaki et al., 2001) und sogar in Läsionsstudien. Während in zwei von drei Läsionsstudien mit selektiver Aufmerksamkeit die Ergebnisse im Bezug

auf Hemisphärenunterschiede negativ oder zumindest widersprüchlich waren (Doricchi & Incoccia, 1998; Polster & Rapsak, 1994; vgl. Lamb et al., 1989), gingen die Ergebnisse bei verteilter Aufmerksamkeit in allen vier Studien in die erwartete Richtung (Filoteo et al., 2001, Experiment 4; Lamb et al., 1990; Lassonde et al., 1999; Robertson et al., 1988).

Direkte Evidenz für einen Unterschied zwischen verteilter und selektiver Aufmerksamkeit bietet eine EKP-Studie von Heinze, Hinrichs, Scholz, Burchert und Mangun (1998) sowie eine Reaktionszeitstudie von Yovel, Yovel und Levy (2001). Heinze et al. (1998) führten eine Identifikationsaufgabe mit verteilter und selektiver Aufmerksamkeit durch und leiteten die Gehirnaktivität in Antwort auf die Ebenen ab. Das Ergebnis war, dass nur in der Bedingung mit verteilter Aufmerksamkeit die erwarteten Gehirnasymmetrien auftraten. Bei selektiver Aufmerksamkeit zeigten sich dagegen weder in den EKPs noch in den zusätzlich erhobenen PET-Daten Hemisphärenunterschiede. Jedoch variierte hier, im Unterschied zu der Bedingung mit verteilter Aufmerksamkeit, die Größe der P1-Amplitude mit der zu beachtenden Ebene. Solche P1-Modulationen werden häufig mit der räumlichen Selektion von visuellen Reizen in Zusammenhang gebracht (Heinze, et al., 1994; Luck et al., 2000; Mangun & Hillyard, 1991; Yeshurun & Carrasco, 1998). Die Daten von Heinze et al. (1998) weisen also darauf hin, dass die Probanden bei selektiver Aufmerksamkeit auch räumliche Stimulusattribute für die Selektion der globalen bzw. lokalen Information nutzten (Lamb & Robertson, 1988; Robertson et al., 1993), und dass diese räumliche Selektion einen nachteiligen Effekt auf die Hemisphärenunterschiede hatte.

In einer anderen Studie variierten Yovel et al. (2001) sowohl Stimulusfaktoren als auch die Aufmerksamkeitsinstruktionen und erhoben die Reaktionsgeschwindigkeit und -genauigkeit auf die Ebenen. Generell ergaben sich in allen untersuchten Bedingungen die erwarteten VF-Effekte. Jedoch zeigten die Ergebnisse stärkere Effekte bei verteilter im Vergleich zu selektiver Aufmerksamkeit. Außerdem variierten die Hemisphärenunterschiede im Hinblick auf die Stimuli. Interessanterweise jedoch interagierten der Stimulusfaktor und die Aufmerksamkeitsinstruktionen im Bezug auf die VF-Effekte nicht miteinander, d. h. Variationen der Stimuli und der Aufmerksamkeitsinstruktionen moderierten unabhängig voneinander die Größe der Hemisphärenunterschiede. Um dieses Ergebnis zu erklären, nahmen Yovel et al. (2001) an, dass die Hemisphären bei *selektiver* Aufmerksamkeit im gleichen Ausmaß Ressourcen für die Verarbeitung der Form auf der relevanten Ebene bereitstellen. In dieser Situation treten, in

Abhängigkeit von dem verwendeten Stimulusmaterial, stärkere oder schwächere perzeptuelle Hemisphärenunterschiede für die hierarchische Reizverarbeitung auf. Wenn die Probanden dagegen keine Informationen über die relevante Ebene haben, dann stellen sich die Hemisphären auf die Verarbeitung der Information auf der jeweils bevorzugten Ebene ein. Die LH stellt mehr Ressourcen für die Verarbeitung der lokalen Ebene bereit, und in der RH werden mehr Ressourcen für die Verarbeitung der globalen Ebene bereitgestellt. Dadurch entsteht bei *verteilter* Aufmerksamkeit, über den perzeptuellen Hemisphärenunterschied hinaus, ein weiterer attentionaler Hemisphärenunterschied in dieselbe Richtung. Wenn die Hemisphären nun einen Zielbuchstaben auf der jeweils schwächeren Ebene verarbeiten sollen, dann entsteht ein Nachteil durch den notwendigen Aufmerksamkeitswechsel auf diese Ebene. Die Zeit für diesen Wechsel addiert sich zu den perzeptuellen Hemisphärenunterschieden hinzu und führt so zu einer Erhöhung der VF-Effekte im Vergleich zur selektiven Aufmerksamkeit (siehe auch Allport, Styles, & Hsieh, 1994; Rogers & Monsell, 1995).

Unabhängig davon, welcher dieser Mechanismen dem förderlichen Effekt von verteilter Aufmerksamkeit tatsächlich zugrunde liegt, stehen die Ergebnisse des Literaturüberblickes in einem klaren Widerspruch zu den Vorhersagen der Integrationshypothese. Aus diesem Ansatz wurde vorhergesagt, dass bei verteilter Aufmerksamkeit generell keine VF-Effekte auftreten sollten. Tatsächlich jedoch zeigen sich Hemisphärenunterschiede in diesem Paradigma sogar häufiger als bei selektiver Aufmerksamkeit. Es sollte aber berücksichtigt werden, dass zumindest im Bereich von Reaktionszeitstudien die empirische Evidenz für Hemisphärenunterschiede bei verteilter Aufmerksamkeit relativ schwach ist. Derzeit gibt es lediglich zwei Reaktionszeitstudien mit verteilter Aufmerksamkeit und Identifikationsaufgabe (Brown & Kosslyn, 1995; Yovel et al., 2001). In einer dieser Untersuchungen waren die Ergebnisse in den verschiedenen Teilerperimenten zudem sehr widersprüchlich (Brown & Kosslyn, 1995). Deshalb wurde im ersten Experiment dieser Studie zunächst die Frage untersucht, ob verteilte Aufmerksamkeit tatsächlich VF-Effekte produziert. Gleichzeitig wurde die Kongruenz der Stimuli variiert. Dadurch konnte die spezielle Vorhersage der Integrationshypothese getestet werden, dass Antwortkonflikte zwischen den Ebenen bei verteilter Aufmerksamkeit *nicht* zu VF-Effekten führen.

1. Experiment 1

Im ersten Experiment wurde untersucht, ob bei verteilter Aufmerksamkeit Hemisphärenunterschiede für die globale und lokale Verarbeitung auftreten, und ob das Auftreten dieser VF-Effekte durch Antwortkonflikte zwischen den Ebenen moderiert wird. Kongruente und inkongruente Stimuli wurden im LVF oder RVF präsentiert, und die Probanden sollten so schnell und so genau wie möglich angeben, welche von zwei vorher definierten Zielformen (*H* oder *S*) in dem hierarchischen Reiz zu sehen war. Es wurde argumentiert, dass in diesem Paradigma die Ebeneninformation generell nicht relevant für die Lösung der Aufgabe ist. Dies trifft auch für solche Situationen zu, in denen die Buchstaben auf den Ebenen Antwortkonflikte produzieren. Aus der Integrationshypothese kann daher abgeleitet werden, dass bei verteilter Aufmerksamkeit weder für kongruente noch für inkongruente Reize VF-Effekte auftreten sollten.

Alternativ dazu kann die Hypothese von Yovel et al. (2001) betrachtet werden. Obwohl die Autoren den Effekt von Antwortkonflikten auf VF-Effekte nicht explizit untersucht haben, lässt sich aus ihrer Hypothese eine klare Vorhersage für das vorliegende Experiment treffen. Die zentrale Annahme von Yovel et al. (2001) ist es, dass die Differenz zwischen selektiver und verteilter Aufmerksamkeit durch einen *zusätzlichen* attentionalen Hemisphärenunterschied in der letzteren Bedingung zustande kommt. Wenn dieses Modell korrekt ist, dann sollten die Hemisphärenunterschiede bei verteilter Aufmerksamkeit gegenüber solchen bei selektiver Aufmerksamkeit stets um einen konstanten Wert erhöht sein, der dem zusätzlichen Aufwand für den attentionalen Wechsel zwischen den Ebenen entspricht. Ausgehend von dem bekannten Ergebnis, dass bei selektiver Aufmerksamkeit nur im inkongruenten Fall VF-Effekte auftreten (Van Kleeck, 1989; Hübner & Malinowski, 2002), kann man also zwei Vorhersagen für dieselbe Aufgabe bei verteilter Aufmerksamkeit treffen. Erstens sollten bei verteilter Aufmerksamkeit wegen des zusätzlichen Hemisphärenunterschiedes generell VF-Effekte auftreten, d. h. auch mit kongruenten Stimuli. Gleichzeitig sollte aber, da der Hemisphärenunterschied in der kongruenten und der inkongruenten Situation um den gleichen Wert erhöht wird, der *relative* Unterschied zwischen kongruenten und inkongruenten Stimuli erhalten bleiben. Das heißt, inkongruente Stimuli sollten auch bei verteilter Aufmerksamkeit stärkere Hemisphärenunterschiede produzieren als kongruente Reize.

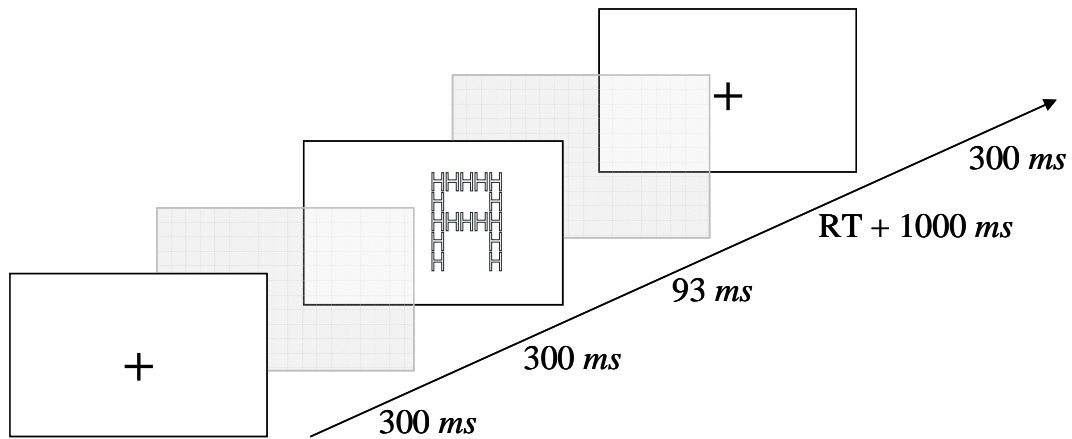


Abbildung IV-2 Schematische Darstellung der Prozedur im ersten Experiment

1.1. METHODE

Versuchspersonen

An dem Experiment nahmen 16 Studierende der Universität Konstanz im Alter von 19 bis 30 Jahren teil (11 weiblich, 5 männlich, Durchschnittsalter 23.8 Jahre). Die Teilnehmer erhielten, ebenso wie die Probanden der nachfolgenden Experimente, eine Aufwandsentschädigung von 5 € pro Stunde oder eine Bescheinigung über die Teilnahme. Alle Personen waren nach eigenen Angaben rechtshändig und verfügten über ein normales oder korrigiertes Sehvermögen.

Apparate

Die Stimuli wurden von einem PC generiert und auf einem 21 Zoll-Farbmonitor ausgegeben. Die vertikale Bildwiederholungsfrequenz betrug 75 Hz bei einer Auflösung von 1280×1024 Pixeln. Als Antwortgerät wurde eine serielle PC-Maus mit zwei Tasten verwendet. Die Antworten wurden durch denselben PC registriert, von dem aus auch die Stimulus-Darbietung kontrolliert wurde.

Stimuli

Als Stimuli wurden hierarchische Reize aus den Buchstaben *A*, *S*, *H* und *E* verwendet, die in einem 5×5-Gitter zusammengesetzt wurden. Die Buchstaben *H* und *S* dienten als Zielreize. Sie wurden jeweils mit den Buchstaben *A* und *E* kombiniert, so dass sich acht verschiedene Stimuli ergaben. Bei der Hälfte dieser Stimuli waren die Buchstaben auf den Ebenen einander ähnlich bzw. kongruent (*H-a*, *S-e*, *A-h* und *E-s*), während sie bei der anderen Hälfte unähnlich bzw. inkongruent waren (*H-e*, *S-a*, *E-h*,

A-s). Aus einer Blickdistanz von 110 cm betrug die Größe der lokalen Elemente 0.55° des Seh winkels horizontal und 0.72° vertikal. Der globale Buchstabe umspannte $3.30^\circ \times 4.53^\circ$ des Seh winkels. Die Stimuli wurden so gezeichnet, dass die innere Kante der Reize horizontal mit der Bildschirmmitte abschloss. Entsprechend betrug die Ex-zentrität 1.65° , gemessen von der Bildschirmmitte bis zum Mittelpunkt des Stimulus.

Prozedur

Ein Durchgang begann mit einer 300 ms dauernden Präsentation eines Fixationskreuzes in der Mitte des Bildschirms. Nach einem Intervall von weiteren 300 ms wurde der hierarchische Reiz für 93 ms im LVF oder RVF präsentiert. Die Aufgabe war es, so schnell und so genau wie möglich durch einen Tastendruck anzugeben, welcher der beiden Zielbuchstaben in dem hierarchischen Reiz zu sehen war. Die Hälfte der Probanden betätigte die linke Taste, wenn sie ein H erkannt hatten, und die rechte Taste, wenn sie ein S gesehen hatten. Für die andere Hälfte der Versuchspersonen war die Zuordnung umgekehrt. Ebenso wurde die Antworthand über die Teilnehmer hinweg balanciert. Falsche Antworten wurden den Versuchspersonen durch einen kurzen Ton zurückgemeldet. Nach der erfolgten Antwort vergingen 1000 ms bis zum Beginn des nächsten Durchgangs (siehe Abbildung IV-2).

Drei Faktoren wurden im vorliegenden Experiment variiert: Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent und inkongruent). Alle Faktoren waren randomisiert. Die Probanden absolvierten zwölf Blöcke mit jeweils 64 Durchgängen. Entsprechend war jede der acht Bedingungen durch 96 Beobachtungen pro Person abgedeckt.

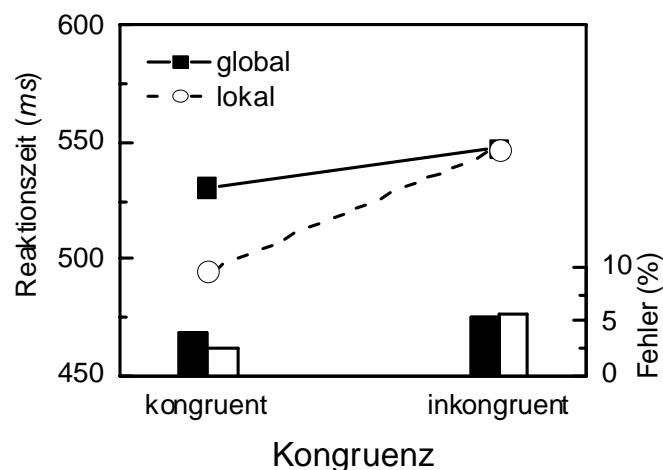


Abbildung IV-3 Interaktion zwischen den Faktoren Ebene und Kongruenz im ersten Experiment

1.2. ERGEBNISSE

Die Behandlung der Extremwerte entsprach derjenigen aus Studie II. Die Reaktionszeiten von Durchgängen mit korrekten Antworten und die Fehlerraten wurden jeweils in eine dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholungen auf allen Faktoren eingegeben. Die Faktoren waren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent und inkongruent).

Reaktionszeiten

Die ANOVA ergab Haupteffekte für den Faktor Zielebene [$F(1,15) = 7.11, p < .05$] sowie für den Faktor Kongruenz [$F(1,15) = 27.36, p < .001$]. Die Daten zeigen, dass die Antworten schneller waren für Zielbuchstaben auf der lokale Ebene (521 ms) im Vergleich zu solchen auf der globalen Ebene (539 ms), und für Stimuli mit kongruenten (513 ms) im Vergleich zu solchen mit inkongruenten Buchstaben (547 ms) auf den Ebenen. Weiterhin ergab die Analyse eine Interaktion zwischen diesen beiden Faktoren [$F(1,15) = 15.74, p < .01$; siehe Abbildung IV-3]. Sie zeigt, dass die Interferenz von der globalen auf die lokale Ebene stärker war als die Interferenz von der lokalen auf die globale Ebene.

Eine weitere zweifache Interaktion wurde zwischen den Faktoren Zielebene und Visuelles Feld beobachtet [$F(1,15) = 6.81, p < .05$, siehe Abbildung IV-4]. Die Ergebnisse gehen in die bekannte Richtung: Während Antworten auf die globale Ebene in der LVF- Bedingung schneller waren als in der RVF-Bedingung (534 ms vs. 544 ms), wa-

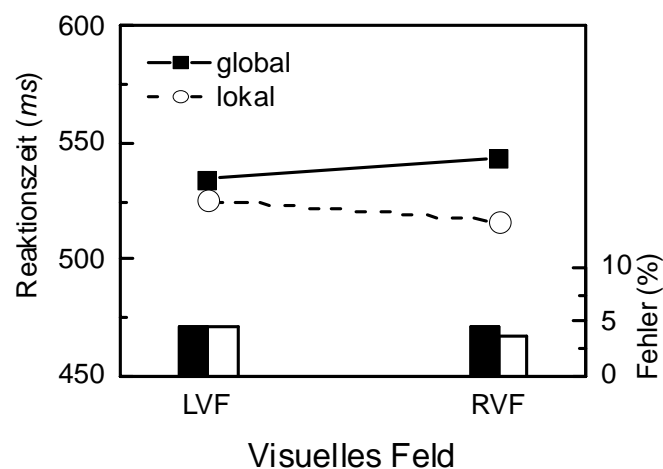


Abbildung IV-4 Interaktion zwischen den Faktoren Ebene und Visuelles Feld im ersten Experiment

ren die Antworten auf die lokale Ebene in der RVF-Bedingung schneller als in der LVF-Bedingung (517 ms vs. 525 ms). Weitere Effekte wurden nicht signifikant. Insbesondere ist es wichtig zu erwähnen, dass es keine Anzeichen für eine Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld und Kongruenz gab [$F(1,15) = 0.40, p > .50$]. Die VF-Effekte waren also in der kongruenten und inkongruenten Situation gleich groß.

Fehlerraten

Die Analyse der Fehlerraten erbrachte lediglich einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Kongruenz [$F(1,15) = 9.70, p < .01$]. Er zeigt, dass die Probanden in der kongruenten Bedingung weniger Fehler produzierten (3.46 %) als in der inkongruenten Bedingung (5.71 %). Weiteren Haupteffekte oder Wechselwirkungen wurden nicht signifikant.

1.3. DISKUSSION

Im ersten Experiment wurde untersucht, ob bei verteilter Aufmerksamkeit VF-Effekte für die globale und lokale Verarbeitung auftreten, und ob dieser Effekt mit der Kongruenz variiert. Zunächst einmal war es daher interessant, ob die Variationen der Ähnlichkeit von Zielform und Distraktor tatsächlich den erwarteten Kongruenzeffekt produzieren. Die Daten zeigen, dass dies tatsächlich der Fall war: Inkongruente Reize produzierten langsamere und mehr inkorrekte Antworten als kongruente Stimuli. Dieses Ergebnismuster stimmt mit den Resultaten aus Studien mit ähnlichem Stimulusmaterial überein (z. B. Lamb & Robertson, 1989).

Im Bezug auf VF-Effekte wurde aus der Integrationshypothese vorhergesagt, dass Antwortkonflikte zwischen den Ebenen nur in solchen Situationen zu Hemisphärenunterschieden führen sollten, in denen zur Auflösung des Antwortkonfliktes eine Integration von Ebene und Form notwendig ist. Dies ist im Paradigma mit selektiver Aufmerksamkeit der Fall. Bei verteilter Aufmerksamkeit ist die Ebeneninformation dagegen weder in der kongruenten noch in der inkongruenten Situation zur Lösung der Aufgabe erforderlich. Folglich sollte es in beiden Situationen nicht zu VF-Effekten kommen. Überraschenderweise zeigten die Daten jedoch genau das entgegengesetzte Ergebnis. Es ergab sich generell ein VF-Effekt in die „richtige“ Richtung, d. h. Zielformen auf der lokalen Ebene wurden schneller im RVF als im LVF verarbeitet und Ziel-

formen auf der globalen Ebene wurden schneller im LVF als im RVF identifiziert. Das Ergebnis widerspricht damit der Vorhersage aus der Integrationshypothese.

Eine alternative Vorhersage wurde aus dem Modell von Yovel et al. (2001) abgeleitet. Nach dieser Hypothese sollten die Hemisphärenunterschiede unter sonst gleichen Bedingungen bei verteilter Aufmerksamkeit gegenüber selektiver Aufmerksamkeit um einen konstanten Wert erhöht sein. Wenn dieses Modell korrekt ist, dann sollten sich für kongruente *und* inkongruente Reize VF-Effekte zeigen, jedoch – analog zu den Ergebnissen bei selektiver Aufmerksamkeit – für inkongruente Reize in einem stärkeren Maße. Auch diese Vorhersage wurde durch die Daten nicht bestätigt. Stattdessen produzierten kongruente und inkongruente Stimuli in dem gleichen Maße VF-Effekte.

Welche Konsequenzen haben diese Ergebnisse nun für die Integrationshypothese? Auf der einen Seite könnte man den Standpunkt vertreten, dass die Resultate des vorliegenden Experimentes die Integrationshypothese falsifizieren. Da auch solche Aufgaben, die generell anhand von Forminformationen gelöst werden können, VF-Effekte produzieren, kann die Integration von Form und Ebene nicht der entscheidende Mechanismus für die Hemisphärenunterschiede sein. Auf der anderen Seite können die vorliegenden Daten jedoch auch durch die alternative Hypothese von Yovel et al. (2001) nicht erklärt werden. Wenn dieser Ansatz korrekt wäre, dann hätten inkongruente Stimuli stärkere VF-Effekte produzieren müssen als kongruente Stimuli. Darüber hinaus liefert diese Hypothese zwar eine Erklärung dafür, warum bei verteilter Aufmerksamkeit häufig *größere* VF-Effekte auftreten als bei selektiver Aufmerksamkeit, aber sie beschreibt nicht, welcher Mechanismus dem Hemisphärenunterschied im letzteren Fall zugrunde liegt (siehe auch Heinze et al., 1998). Die Integrationshypothese hat sich dagegen zur Vorhersage von Gehirnasymmetrien und VF-Effekten bei selektiver Aufmerksamkeit bereits gut bewährt (siehe Studien I und II). Es wäre deshalb etwas verfrüht, diesen Ansatz wegen der Ergebnisse des ersten Experimentes zurückzuweisen. Alternativ soll daher die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass die für das erste Experiment angestellten Vorannahmen über die Antwortselektion bei verteilter Aufmerksamkeit inkorrekt waren.

Bislang wurde vorausgesetzt, dass Aufgaben mit verteilter Aufmerksamkeit eine frühe Selektion anhand der Forminformationen begünstigen. Offensichtlich ist eine solche frühe Selektion sowohl für kongruente als auch für inkongruente Stimuli logisch möglich. Eine offene Frage ist jedoch, ob diese frühen Repräsentationen tatsächlich für

die Antwortentscheidung verwendet werden. Vorstellbar wäre es auch, dass die Probanden bei verteilter Aufmerksamkeit generell spätere Repräsentationen für die Antwortauswahl verwenden. Zumindest im inkongruenten Fall wäre dies eine sinnvolle Strategie.

Betrachten wir als Beispiel den inkongruenten Stimulus *S-a*. Auf einer frühen Stufe der Verarbeitung liegen die Forminformationen *S* und *A* unabhängig von den Ebenen und in der gleichen Qualität in den beiden Hemisphären vor. Prinzipiell sind zu diesem Zeitpunkt alle notwendigen Informationen für die korrekte Lösung der Aufgabe verfügbar. Durch den Konflikt zwischen den beiden Buchstaben ist die Antwortauswahl jedoch erschwert (Eriksen & Eriksen, 1974; Lamb & Robertson, 1989). Um nicht irrtümlich falsch zu reagieren, warten die Probanden möglicherweise mit der Antwortselektion, bis die Stimulusrepräsentation eine bessere Qualität erreicht hat. Dies geschieht, entsprechend der Integrationshypothese, mit unterschiedlicher Effektivität für die Ebenen in den beiden Hemisphären. In der LH verbessert sich die Repräsentation der lokalen Ebene und der dazugehörigen Form schneller als in der RH, und die Repräsentation der globalen Ebene verbessert sich in der RH schneller als in der LH. Folglich zeigen sich im inkongruenten Fall die erwarteten Hemisphärenunterschiede.

Weniger plausibel ist es dagegen, dass der Hemisphärenunterschied auch für *kongruente* Stimuli auftritt. Da beide Formen dieselbe korrekte Antwort aktivieren, sollte hier, analog zu der gleichen Situation unter selektiver Aufmerksamkeit, eine frühe Selektion anhand der Forminformationen möglich sein. Es sollten sich also wie bei selektiver Aufmerksamkeit mit kongruenten Stimuli keine VF-Effekte zeigen. Jedoch gibt es zwei wichtige Unterschiede zwischen der kongruenten Bedingung bei verteilter und selektiver Aufmerksamkeit. Der eine Unterschied ist es, dass die Kongruenz bei verteilter Aufmerksamkeit über die *Ähnlichkeit* von Zielform und Distraktor definiert ist. Der Distraktor *A* ist relativ ähnlich zu der Zielform *H* und aktiviert daher die mit dieser Form assoziierte Antwort mit. Der Distraktor *E* ist dagegen relativ ähnlich zur Zielform *S* und führt so zu einer Aktivierung der zu diesem Buchstaben gehörenden Antwort. Kombinationen aus den Buchstaben *H* und *A* bzw. *S* und *E* sollten also eigentlich kongruente Antworten aktivieren. Auf der anderen Seite weisen die Distraktoren aber auch einige übereinstimmende Merkmale mit ihren jeweils *unähnlichen* Zielformen auf. Das *A* hat drei gemeinsame Teilstriche mit der „unähnlichen“ Zielform *S*, und das *E* hat vier gemeinsame Teilstriche mit dem „unähnlichen“ Buchstaben *H*. Möglicherweise reicht diese Merkmalsübereinstimmung bereits zur Aktivierung der entsprechenden konflikt-

renden Antwort aus (Blanca et al., 2002). Anders formuliert ist es möglich, dass die kongruenten Stimuli, wenn auch in einem geringeren Maße, ebenso Antwortkonflikte produzieren wie die inkongruenten Stimuli.

Dieser Effekt wird vermutlich noch durch einen zweiten Mechanismus verstärkt. Bei selektiver Aufmerksamkeit sind die Probanden bereits vor der Präsentation des Stimulus über die relevante Ebene informiert. Dadurch sind sie in der Lage, die Zielinformation durch eine entsprechende Fokussierung der räumlichen Aufmerksamkeit zu *selektieren* und gleichzeitig den Distraktor zu *ignorieren* (Eimer, 1993; Eimer, 2000; Heinze et al., 1998). Bei verteilter Aufmerksamkeit ist die relevante Ebene dagegen nicht vor der Präsentation des Reizes bekannt. Entsprechend besteht hier nicht die Möglichkeit, die Distraktorinformation durch einen räumlichen Filter abzuschwächen. Folglich sollten die Distraktoren bei verteilter Aufmerksamkeit generell stärker mit verarbeitet werden und so auch stärker mit der Verarbeitung der Zielform interferieren als bei selektiver Aufmerksamkeit.

Zusammen genommen legen diese Argumente die Vermutung nahe, dass bei verteilter Aufmerksamkeit auch kongruente Reize ein gewisses Ausmaß an Interferenz zwischen den Ebenen produzieren und dadurch eine frühe Selektion verhindern. Für das Auftreten von VF-Effekten kann daher die gleiche Argumentation angebracht werden wie bei inkongruenten Reizen. Möglicherweise verwenden die Probanden auch bei kongruenten Reizen späte und integrierte Repräsentationen für die Antwortselektion. Entsprechend treten, analog zur inkongruenten Situation, auch in dieser Bedingung VF-Effekte auf. Diese Vermutung wurde im zweiten Experiment untersucht.

2. Experiment 2

Im zweiten Experiment wurde zusätzlich zu den Distraktoren *A* und *E* die Distraktorform *O* verwendet. Diese Form hat mit den Zielbuchstaben *H* und *S* gleich viele Teilstriche gemeinsam, ist also neutral im Bezug auf die Antwortaktivierungen. Außerdem weist die Form im Unterschied zu den Buchstaben *S* und *H* eine geschlossene Außenlinie auf (Kimchi, 1992, 1994). Sie ist insofern leicht von den beiden möglichen Zielformen zu unterscheiden.

Wenn die Annahme korrekt ist, dass im Rahmen des vorliegenden Paradigmas auch kongruente Stimuli Antwortkonflikte produzieren, dann sollten die Reaktionszeiten in der kongruenten gegenüber der neutralen Situation erhöht sein. Eine weitere Vor-

hersage betrifft das Auftreten von VF-Effekten in den drei Kongruenz-Bedingungen. Wenn die Antworten auf neutrale Stimuli anhand früherer Repräsentationen selektiert werden können als diejenigen auf kongruente oder inkongruente Stimuli, und wenn gleichzeitig die der Antwortselektion zugrunde liegende Repräsentation wichtig ist für das Auftreten von VF-Effekten, dann sollten im neutralen Fall geringere VF-Effekte auftreten als in den beiden anderen Kongruenzbedingungen.

2.1. METHODE

Versuchspersonen

An dem Versuch nahmen 16 rechtshändige Studierende der Universität Konstanz im Alter zwischen 20 und 31 Jahren teil (8 weiblich, 8 männlich, Durchschnittsalter 23.4 Jahre).

Apparate, Stimuli & Prozedur

Die Apparate und die generelle Prozedur waren identisch zu denen aus dem ersten Experiment. Der wesentliche Unterschied betraf die verwendeten Stimuli. Die Zielbuchstaben *H* und *S* wurden jeweils mit den Distraktoren *A*, *E* und *O* kombiniert, so dass zwölf hierarchische Buchstaben entstanden. Von diesen Stimuli waren vier kongruent (*H-a*, *S-e*, *A-h*, *E-s*), vier waren inkongruent (*H-e*, *S-a*, *E-h*, *A-s*), und vier waren neutral, d.h., die Distraktorform ähnelte weder dem Zielbuchstaben *H* noch dem Zielbuchstaben *S* (*H-o*, *S-o*, *O-h*, *O-s*). Im Bezug auf die Größe, Exzentrizität und Anordnung der lokalen Elemente entsprachen die Stimuli denen aus Experiment 1. Die Zuordnung der Buchstaben zu den Antworttasten sowie die Antworthand wurden über die Versuchspersonen balanciert.

Die Faktoren des zweiten Experimentes waren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent, inkongruent und neutral). Alle Faktoren waren randomisiert. Nach zwei Übungsblöcken führten die Probanden 16 Blöcke mit jeweils 72 Durchgängen durch. Folglich war jede der zwölf Bedingungen durch 96 Beobachtungen pro Person abgedeckt.

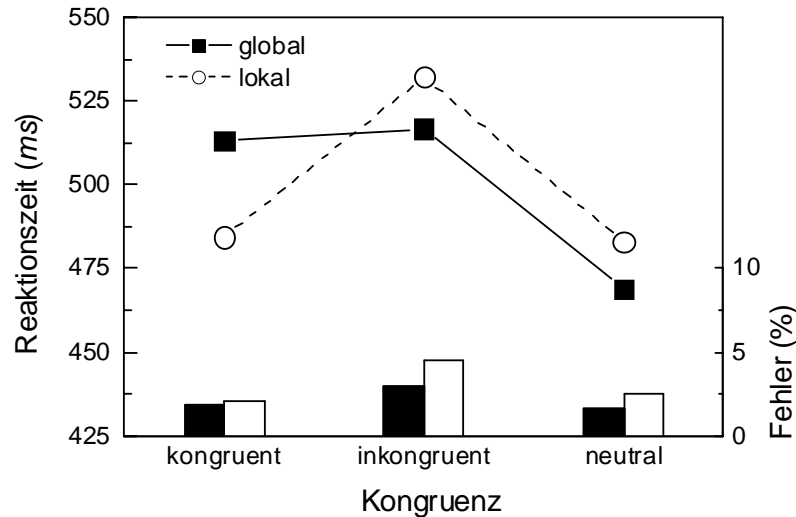


Abbildung IV-5 Interaktion der Faktoren Zielebene und Kongruenz im zweiten Experiment

2.2. ERGEBNISSE

Die Reaktionszeiten von Durchgängen mit korrekten Antworten sowie die Fehlerraten wurden jeweils in eine dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf allen Faktoren eingegeben. Die Faktoren waren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent, inkongruent und neutral).

Reaktionszeiten

Die Analyse erbrachte einen Haupteffekt für den Faktor Kongruenz [$F(2,30) = 20.67, p < .001$]. Die Daten zeigen, dass die Reaktionen auf neutrale Stimuli (476 ms) schneller waren als solche auf kongruente Stimuli (499 ms), und diese waren wiederum schneller als die Reaktionen auf inkongruente Stimuli (524 ms). Das Ergebnis wurde jedoch eingeschränkt durch eine zweifache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene und Kongruenz [$F(2,30) = 15.69, p < .001$]. Die entsprechenden Daten sind in Abbildung IV-5 dargestellt. Wie man der Grafik entnehmen kann, waren bei kongruenten Stimuli die Antworten auf die lokale Ebene (484 ms) schneller als diejenigen auf die globale Ebene (513 ms), während bei inkongruenten bzw. neutralen Stimuli die Reaktionen auf die globalen Ebene (517 bzw. 469 ms) schneller waren als solche auf die lokale Ebene (532 bzw. 483 ms).

Im Bezug auf VF-Effekte ergab sich eine zweifache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene und Visuelles Feld [$F(1,15) = 20.67, p < .001$]. Dieses Ergebnis wurde durch eine dreifache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles

Feld und Kongruenz eingeschränkt [$F(2,30) = 4.32, p < .05$]. Um die Interaktion aufzulösen, wurden getrennte Analysen für kongruente, inkongruente und neutrale Stimuli mit den Faktoren Zielebene und Visuelles Feld gerechnet. Es zeigte sich, dass der VF-Effekt in allen drei Bedingungen signifikant war [kongruent: $F(1,15) = 24.39, p < .001$; inkongruent: $F(1,15) = 8.60, p < .05$; neutral: $F(1,15) = 8.03, p < .05$]. Dieser Befund ist in Abbildung IV-6 dargestellt. Weiterhin wurde entsprechend der Fragestellung untersucht, ob die VF-Effekte in den drei Kongruenzbedingungen unterschiedlich groß waren. Wie bereits im ersten Experiment waren die VF-Effekte in der kongruenten und der inkongruenten Bedingung nicht signifikant voneinander verschieden [$F(1,15) = 0.81, p = .38$]. In beiden Situationen war der VF-Effekt jedoch größer als derjenige in der neutralen Bedingung [kongruent vs. neutral: $F(1,15) = 8.92, p < .01$; inkongruent vs. neutral: $F(1,15) = 3.20, p < .10$].

Fehlerraten

Die ANOVA für die Fehlerraten ergab einen Haupteffekt für den Faktor Zielebene [$F(1,15) = 4.80, p < .05$]. Er zeigte, dass die Probanden in der globalen Bedingung (2.10 %) weniger Fehler produzierten als in der lokalen Bedingung (3.03 %). Ein weiterer Haupteffekt wurde für den Faktor Kongruenz beobachtet [$F(2,30) = 10.04, p < .001$]. Der Effekt kam dadurch zustande, dass die Antworten in der kongruenten (1.92 %) und in der neutralen Bedingung (2.07 %) weniger fehlerhaft waren als diejenigen in der inkongruenten Bedingung (3.71 %). Weitere Haupteffekte oder Wechselwirkungen waren nicht signifikant.

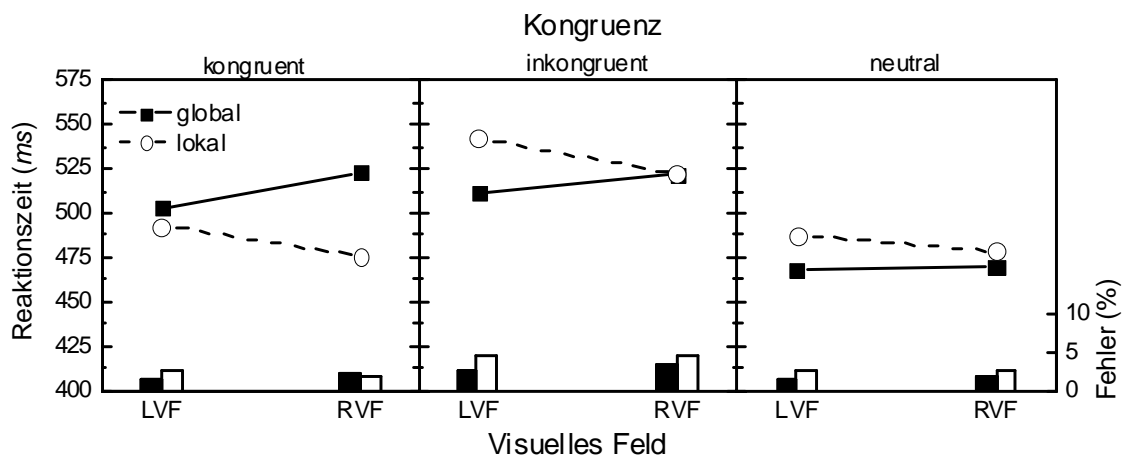


Abbildung IV-6 Interaktion der Faktoren Ebene, Visuelles Feld und Kongruenz im zweiten Experiment

2.3. DISKUSSION

Das zweite Experiment war identisch zu dem ersten Versuch im Bezug auf die Aufgabe und die generelle Prozedur. Der wesentliche Unterschied bestand darin, dass zusätzlich zu den kongruenten und inkongruenten Stimuli auch neutrale Reize verwendet wurden, d. h. Stimuli, bei denen der Distraktor keinem der beiden Zielbuchstaben ähnlich sah.

Ein erstes wichtiges Ergebnis zeigte sich für den Faktor Kongruenz. Wie erwartet wurden kongruente Reize schneller verarbeitet als inkongruente Reize. Dies lässt sich dadurch erklären, dass bei inkongruenten Reizen die falsche Antwort stärker mitaktiviert wurde als bei kongruenten Reizen, so dass die Reaktionsauswahl erschwert und entsprechend die Reaktionszeiten erhöht waren. Darüber hinaus zeigte sich aber auch, dass die Reaktionszeiten in der neutralen Bedingung *niedriger* waren als diejenigen im kongruenten Fall. Dies ist ein interessanter Unterschied zu Studien mit selektiver Aufmerksamkeit, bei denen die Reaktionszeit für neutrale im Vergleich zu kongruenten Stimuli zumeist *erhöht* ist (Hübner & Malinowski, 2002). Die Daten weisen also wie vermutet darauf hin, dass bei verteilter Aufmerksamkeit auch kongruente Stimuli ein gewisses Maß an Interferenz zwischen den Ebenen produzieren.

Des Weiteren wurde vermutet, dass das Auftreten von VF-Effekten allgemein davon abhängt, zu welchem Zeitpunkt der perzeptuellen Verarbeitung die Antwort selektiert wird. Antworten auf frühe Repräsentationen sollten schneller sein und zu weniger VF-Effekten führen als langsamere Antworten auf spätere Repräsentationen. Wenn diese Vorhersage zutrifft, dann sollten die VF-Effekte in der neutralen Bedingung kleiner sein als in den kongruenten und inkongruenten Bedingungen, da hier eine frühere Antwortselektion möglich ist. Wie die Daten zeigen, war dies tatsächlich der Fall. Zwar zeigten sich in allen Bedingungen die erwarteten VF-Effekte. Jedoch waren die Hemisphärenunterschiede in der kongruenten und in der inkongruenten Bedingung jeweils größer als diejenigen in der neutralen Bedingung. Das Ergebnis bestätigt die Vermutung, dass das Auftreten von VF-Effekten davon abhängt, auf welcher Stufe der perzeptuellen Verarbeitung die Antwortselektion stattfindet. Wenn die Aufgabe eine späte Selektion begünstigt, dann findet die Antwortauswahl erst zu einem Zeitpunkt statt, zu dem sich die Stimulusrepräsentationen in den Hemisphären bereits unterscheiden. Folglich zeigen sich in diesen Situationen die erwarteten VF-Effekte. Bei solchen Aufgaben dagegen, die eine frühe Selektion begünstigen, unterscheiden sich die der Selektion

zugrunde liegenden Repräsentationen in den Hemisphären vermutlich noch nicht. Entsprechend sind die Hemisphärenunterschiede in diesem Fall reduziert.

3. Experiment 3

Die Ergebnisse des zweiten Experimentes scheinen insgesamt mit der Integrationshypothese kompatibel zu sein. Es zeigten sich für alle drei Stimulustypen VF-Effekte, jedoch in stärkerem Maße für die kongruenten und inkongruenten Reize. Die Ergebnisse können so interpretiert werden, dass diese Aufgaben die Selektion anhand von späteren Repräsentationen begünstigen, und dass sich die Hemisphären im Bezug auf diese späteren Repräsentationen unterscheiden. Gegen diese Argumentation lässt sich jedoch ein wichtiger Einwand vorbringen. Da es in dem zweiten Experiment keine entsprechende Vergleichsbedingung gegeben hat, ist es nicht möglich zu sagen, ob die Probanden tatsächlich eine späte Repräsentation für ihre Antwortauswahl genutzt haben. Möglicherweise haben die Probanden doch, wie zu Beginn der Studie vermutet, in allen drei Versuchsbedingungen frühe Repräsentationen für die Antwortauswahl verwendet. Wenn dieser Einwand zutrifft, dann ist wiederum das Auftreten von VF-Effekten aus der Integrationshypothese nicht zu erklären. Es wäre daher wichtig, eine Vergleichsbedingung für die global/lokal-Verarbeitung bei verteilter Aufmerksamkeit herzustellen. Zu diesem Zweck wurde das zweite Experiment noch einmal mit selektiver Aufmerksamkeitsinstruktion wiederholt. Um die Ergebnisse besser vergleichen zu können, wurde dabei die Kongruenz auf eine andere Weise variiert als in früheren Experimenten mit selektiver Aufmerksamkeit (z. B. Studie I und II der vorliegenden Arbeit). In der Regel werden bei selektiver Aufmerksamkeit *alle* verwendeten Formen einer bestimmten Tastenreaktion zugeordnet und Antwortkonflikte dadurch produziert, dass die Form auf der irrelevanten Ebene eine andere Reaktion erfordert als der Buchstabe auf der Zielebene. In dem vorliegenden Experiment wurden dagegen, analog zu dem Vorgehen bei verteilter Aufmerksamkeit, nur die *Zielformen* fest mit einer bestimmten Tastenreaktion assoziiert und die Kongruenz dadurch variiert, dass der Distraktor entweder der aktuellen Zielform oder aber dem jeweils anderen Zielbuchstaben ähnelte (Eriksen & Eriksen, 1974; Lamb & Robertson, 1989).

Nach der Integrationshypothese wählen die Probanden in einer selektiven Aufmerksamkeitsbedingung die Antworten auf kongruente Stimuli anhand von frühen Formrepräsentationen aus, während für die Selektion bei inkongruenten Stimuli eine

spätere, integrierte Stimulusrepräsentation benötigt wird. Entsprechend kann man annehmen, dass die Reaktionszeit auf kongruente Stimuli den Zeitaufwand für eine Selektion nach der Forminformation reflektiert, während die Reaktionszeit auf inkongruente Stimuli anzeigt, zu welchem Zeitpunkt eine Selektion anhand von integrierten Repräsentationen möglich ist. Es ist deswegen interessant, die Reaktionszeiten bei verteilter Aufmerksamkeit mit den Reaktionszeiten auf kongruente bzw. inkongruente Stimuli bei selektiver Aufmerksamkeit zu vergleichen. Wenn die Probanden bei verteilter Aufmerksamkeit *frühe* Formrepräsentationen zur Antwortselektion verwenden, dann sollten die Reaktionszeiten ebenso kurz oder sogar kürzer sein als diejenigen auf kongruente Stimuli bei selektiver Aufmerksamkeit. Wenn dagegen erst *spätere*, integrierte Repräsentationen zur Antwortauswahl verwendet werden, dann sollten die Reaktionszeiten ebenso lang oder sogar länger sein als diejenigen auf die *inkongruenten* Stimuli bei selektiver Aufmerksamkeit.

3.1. METHODE

Versuchspersonen

An dem Versuch nahmen 16 rechtshändige Studierende der Universität Konstanz im Alter zwischen 19 und 28 Jahren teil (8 weiblich, 8 männlich, Durchschnittsalter 23.5 Jahre).

Apparate, Stimuli & Prozedur

Die Durchgänge starteten mit einer 300 ms dauernden Präsentation eines Hinweisreizes in der Mitte des Bildschirms. Der Buchstabe ‚L‘ zeigte an, dass die lokale Ebene zu beachten war, und der Buchstabe ‚G‘ zeigte eine globale Zielebene an. Nach weiteren 300 ms erschien ein hierarchischer Reiz im linken oder im rechten visuellen Feld. Die Stimuli waren identisch zu denen aus dem zweiten Experiment: Die Buchstaben *H* und *S* wurden mit den Buchstaben *A*, *E* und *O* kombiniert, so dass 12 verschiedene hierarchische Reize entstanden (4 kongruente, 4 inkongruente und 4 neutrale). Die Aufgabe war es, so schnell und so genau wie möglich anzugeben, ob der Buchstabe *H* oder *S* auf der relevanten Ebene zu sehen war. Die Hälfte der Versuchspersonen betätigte die linke Maus-Taste für den Buchstaben *H* und die rechte Taste für den Buchstaben *S*. Bei der anderen Hälfte war die Zuordnung der Buchstaben zu den Tasten umgekehrt. Die Antworthand wurde über die Versuchspersonen balanciert. Falsche Antworten wur-

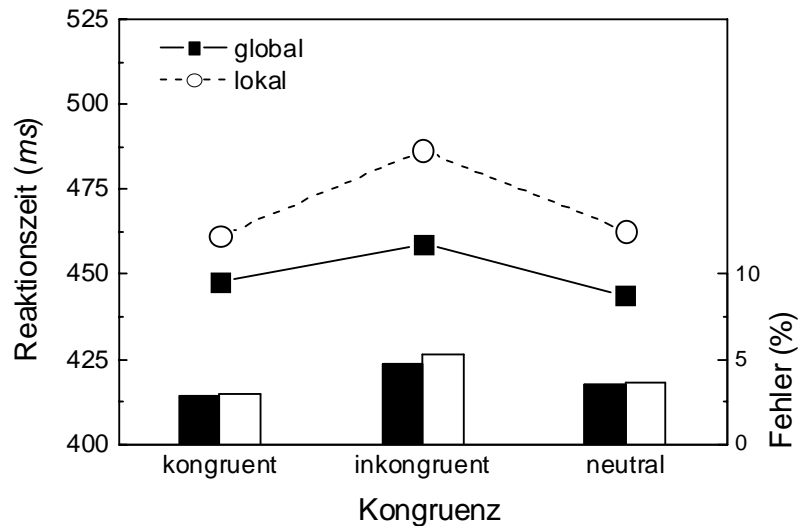


Abbildung IV-7 Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene und Kongruenz im dritten Experiment

den über ein akustisches Signal zurückgemeldet. Nachdem die Antwort erfolgt war, schloss sich der nächste Durchgang nach einem Intervall von 1000 *ms* an.

Drei Faktoren wurden in dem vorliegenden Experiment variiert: Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent, inkongruent und neutral). Alle Faktoren waren randomisiert. Nach zwei Übungsblöcken führten die Probanden 16 Blöcke mit jeweils 72 Durchgängen durch, so dass jede der zwölf Bedingungen durch 96 Beobachtungen pro Person abgedeckt war.

3.2. ERGEBNISSE

Die Reaktionszeiten von Durchgängen mit korrekten Antworten sowie die Fehlerraten wurden jeweils einer dreifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung auf allen Faktoren zugeführt. Die Faktoren waren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent, inkongruent und neutral).

Reaktionszeiten

Die ANOVA ergab einen Haupteffekt für den Faktor Zielebene [$F(1,15) = 18.83, p < .001$], der anzeigt, dass die Reaktionen auf die globale Zielebene (450 *ms*) schneller waren als diejenigen auf die lokale Ebene (470 *ms*). Ein weiterer Haupteffekt wurde für den Faktor Kongruenz beobachtet [$F(2,30) = 14.74, p < .001$]. Die entsprechenden Daten zeigen, dass die Antworten auf inkongruente Stimuli langsamer waren (473 *ms*) als solche auf kongruente (455 *ms*) oder neutrale Stimuli (453 *ms*). Auch die Interaktion zwischen diesen beiden Faktoren war marginal signifikant [$F(2,30) = 2.90, p$

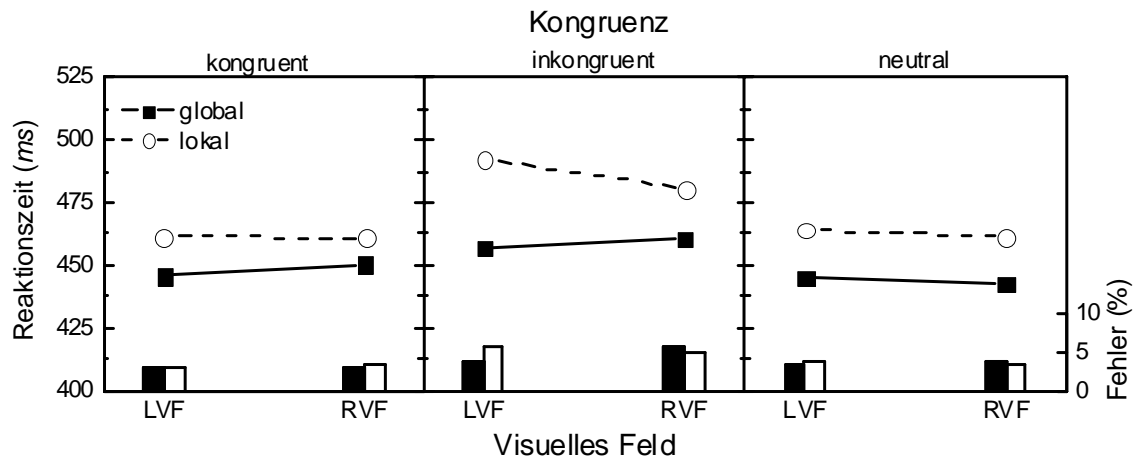


Abbildung IV-8 Interaktion der Faktoren Ebene, Visuelles Feld und Kongruenz im dritten Experiment

= .07]. Dieses Ergebnis ist in Abbildung IV-7 dargestellt. Man sieht, dass die Interferenz von der globalen auf die lokale Ebene (26 ms) stärker war als die Interferenz von der lokalen auf die globale Ebene (11 ms).

Im Bezug auf VF-Effekte zeigte sich für die dreifache Interaktion zwischen den Faktoren Ebene, Visuelles Feld und Kongruenz ein Trend in die erwartete Richtung [$F(2,30) = 2.14, p = .14$]. Um diesem Effekt auf den Grund zu gehen, wurden getrennte Analysen für kongruente, inkongruente und neutrale Stimuli mit den Faktoren Zielebene und Visuelles Feld gerechnet. Wie erwartet zeigte sich ein VF-Effekt in der inkongruenten Bedingung [$F(1,15) = 7.21, p < .05$]. In dieser Situation waren die Antworten auf die lokale Ebene schneller für RVF-Stimuli (481 ms) im Vergleich zu LVF-Stimuli (492 ms), und in der globalen Bedingung waren die Antworten auf LVF-Stimuli (457 ms) schneller als solche auf RVF-Stimuli (461 ms). In den beiden anderen Bedingungen zeigten sich keine VF-Effekte [kongruent: $F(1,15) = 0.46, p = .51$; neutral: $F(1,15) = 0.01, p = .91$]. Dieses Ergebnis ist in Abbildung IV-8 dargestellt.

Fehlerraten

Die Analyse der Fehlerraten ergab einen signifikanten Effekt für den Faktor Kongruenz [$F(2,30) = 13.49, p < .001$; vgl. Abbildung IV-7]. Er zeigt, dass die Probanden in der inkongruenten Bedingung (4.96 %) mehr Fehler produzierten als in der kongruenten (2.91 %) oder der neutralen Bedingung (3.57 %).

Im Bezug auf VF-Effekte ergab sich eine Interaktion zwischen den Faktoren Ebene und Visuelles Feld, die jedoch durch eine dreifache Interaktion zwischen den Faktoren Ebene, Visuelles Feld und Kongruenz eingeschränkt wurde [$F(2,30) = 3.01, p$

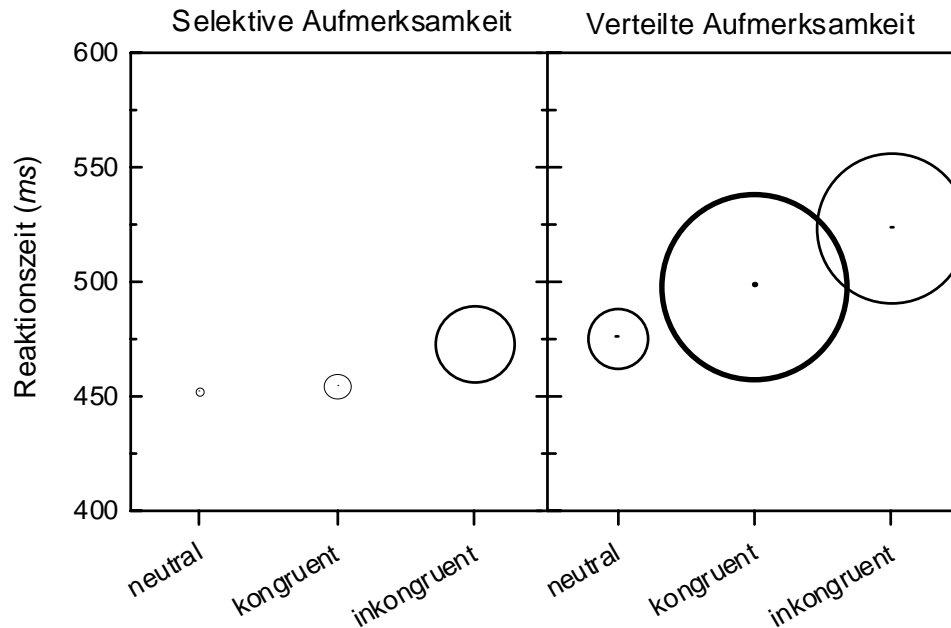


Abbildung IV-9 VF-Effekte der Experimente 2 und 3 in Abhängigkeit von der Reaktionszeit. Größere Kreise zeigen größere VF-Effekte

= .07, siehe Abbildung IV-8]. Die Interaktion wurde aufgelöst, indem getrennte Analysen für kongruente, inkongruente und neutrale Stimuli mit den Faktoren Ebene und Visuelles Feld gerechnet wurden. Die Ergebnisse entsprachen denen aus der Reaktionszeitanalyse. Während sich in der kongruenten und der neutralen Bedingung keine Hemisphärenunterschiede ergaben [kongruent: $F(1,15) = 1.79, p = .21$; neutral: $F(1,15) = 1.12, p = .31$], zeigte sich in der inkongruenten Situation ein signifikanter VF-Effekt [$F(1,15) = 6.09, p < .05$]. In dieser Bedingung waren die Antworten auf die lokale Ebene akkurater für RVF-Stimuli (4.88 %) als für LVF-Stimuli (5.60 %), und Antworten auf die globale Ebene waren akkurater für LVF-Stimuli (3.78 %) im Vergleich zu RVF-Stimuli (5.60 %).

Vergleich der Experimente 2 und 3

Die Ergebnisse des dritten Experimentes waren vor allen Dingen als Vergleichsbedingung für das zweite Experiment interessant. Die Frage war es, ob die Reaktionszeiten bei verteilter Aufmerksamkeit höher oder niedriger sind als diejenigen bei selektiver Aufmerksamkeit, und ob sich, über beide Aufmerksamkeitsbedingungen hinweg, ein systematischer Zusammenhang zwischen der Reaktionsgeschwindigkeit und dem Auftreten von VF-Effekten zeigt. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Abbildung IV-9 sowie Abbildung IV-10 dargestellt. Beide Grafiken zeigen die Größe der VF-Effekte in Abhängigkeit von der Reaktionsgeschwindigkeit. Die VF-Effekte wurden

berechnet, indem die Differenz der Reaktionszeiten auf lokale Zielformen (RVF-LVF) abgezogen wurde der gleichen Differenz für globale Zielformen. Aus Abbildung IV-9 sind die VF-Effekte für die einzelnen Versuchsbedingungen ersichtlich, wobei die Stärke der Hemisphärenunterschiede durch die Größe der Datenpunkte angegeben ist. Zwei Ergebnisse sind aus der Grafik sofort ablesbar. Erstens lagen die Reaktionszeiten für die verteilte Aufmerksamkeitssituation in allen drei Bedingungen über denen der selektiven Aufmerksamkeit. Zweitens zeigt sich generell, dass bei den langsameren Reaktionen größere VF-Effekte auftraten als bei den schnelleren Reaktionen. Eine andere Darstellung dieses Ergebnisses ist in Abbildung IV-10 gegeben. Sie zeigt die Ergebnisse einer linearen Regression mit der Reaktionsgeschwindigkeit als Prädiktor und den VF-Effekten als abhängiger Variable. Die Analyse erbrachte, dass die Reaktionsgeschwindigkeit 79.60 % der Varianz der VF-Effekte erklärt [$r^2 = .796$, $F(1,5) = 15.65$, $p < .05$; Regressionsfunktion: $y = -205.05 + (0.46 \times x)$].

Um zu überprüfen, ob auch die *Unterschiede* zwischen den VF-Effekten bei verteilter und selektiver Aufmerksamkeit signifikant sind (Heinze et al., 1998; Yovel et al., 2001), wurden die Reaktionszeiten aus dem zweiten und dritten Experiment in eine gemeinsame ANOVA mit dem Zwischengruppen-Faktor Instruktion (verteilte Aufmerksamkeit und selektive Aufmerksamkeit) und den Messwiederholungsfaktoren Zielebene (global und lokal), Visuelles Feld (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent, inkon-

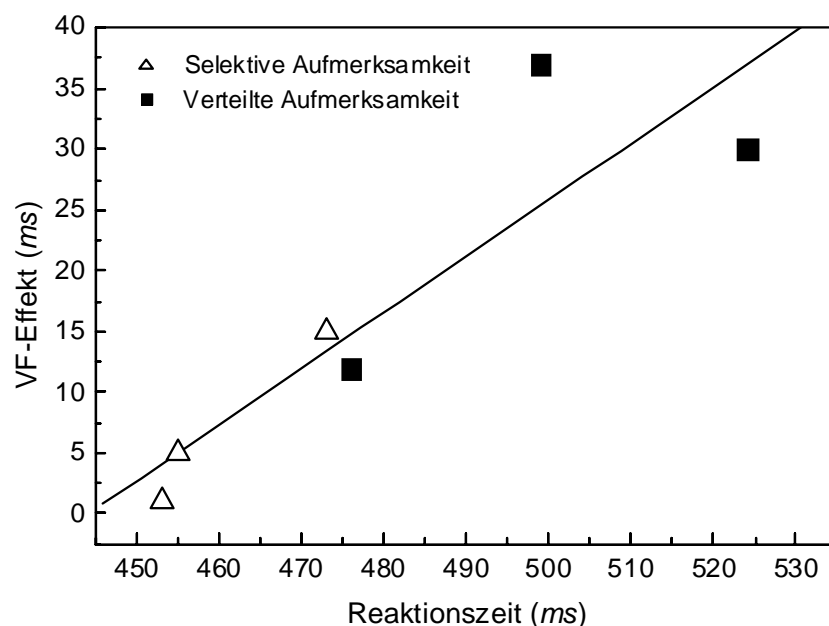


Abbildung IV-10 Lineare Regression von den Reaktionszeiten auf die VF-Effekte (Daten aus Experiment 2 und Experiment 3)

gruent und neutral) eingegeben. Drei Ergebnisse waren im Bezug auf die Fragestellung besonders interessant.

Zunächst einmal ergab die Analyse einen Haupteffekt für den Faktor Instruktion. Er zeigt, dass die Reaktionszeiten in Bedingungen mit selektiver Aufmerksamkeit (460 *ms*) generell niedriger waren als bei verteilter Aufmerksamkeit [500 *ms*, $F(1,30) = 4.20$, $p < .05$]. Die ANOVA erbrachte weiterhin eine Interaktion zwischen den Faktoren Kongruenz und Instruktion [$F(2,60) = 11.98$, $p < .001$]. Diese kam dadurch zustande, dass bei verteilter Aufmerksamkeit die Reaktionszeiten auf kongruente Stimuli im Vergleich zur neutralen Situation erhöht waren (499 vs. 476 *ms*), während sie sich bei selektiver Aufmerksamkeit nicht voneinander unterschieden (455 vs. 453 *ms*). Anders als bei verteilter Aufmerksamkeit produzierten kongruente Stimuli bei selektiver Aufmerksamkeit also keine Interferenz zwischen den Ebenen.

Schließlich ergab sich im Hinblick auf VF-Effekte eine dreifache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld und Instruktion [$F(1,30) = 7.00$, $p < .05$], ebenso wie eine tendenzielle vierfache Interaktion zwischen den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld, Kongruenz und Instruktion [$F(2,60) = 1.88$, $p = .16$]. Um diesen Interaktionen auf den Grund zu gehen, wurden geplante Kontraste für neutrale, kongruente und inkongruente Stimuli berechnet mit den Faktoren Zielebene, Visuelles Feld und Instruktion. Diese Analysen zeigten (marginal) signifikante Ergebnisse im neutralen und kongruenten Fall, jedoch nicht in der inkongruenten Situation [neutral: $F(1,30) = 2.92$, $p < .10$; kongruent: $F(1,30) = 9.23$, $p < .01$; inkongruent: $F(1,30) = 1.58$, $p = .22$]. Der Grund hierfür ist aus den Abbildungen IV-6 und IV-8 ersichtlich. Während neutrale und kongruente Stimuli nur bei verteilter Aufmerksamkeit VF-Effekte produzierten, zeigten sich für inkongruente Stimuli sowohl bei verteilter als auch bei selektiver Aufmerksamkeit die erwarteten Hemisphärenunterschiede.

3.3. DISKUSSION

Ein erstes interessantes Ergebnis des dritten Experimentes betrifft den Faktor Kongruenz. Antwortkonflikte wurden im vorliegenden Experiment dadurch induziert, dass, analog zu dem Vorgehen bei verteilter Aufmerksamkeit, die Ähnlichkeit der Zielformen und Distraktoren variiert wurde (Eriksen & Eriksen, 1974; Lamb & Robertson, 1989). Dies führte zu einem im Vergleich zu Studie I (32 *ms*) und Studie II (51 – 81 *ms*) relativ kleinen, aber dennoch signifikanten Kongruenzeffekt von 20 *ms*. Der absolut gesehen geringere Unterschied zwischen inkongruenten und kongruenten/neutralen Rei-

zen im vorliegenden Experiment ist nicht überraschend, da die inkongruenten Stimuli in der vorliegenden Studie nur *indirekt* Antwortkonflikte produzierten. Ein wichtigeres Ergebnis ist es, dass sich im Unterschied zu Experiment 2 die Reaktionszeiten auf kongruente und neutrale Stimuli nicht voneinander unterschieden. Dieses Ergebnis entspricht zum Beispiel den Befunden von Hübner und Malinowski (2002). Es zeigt sich also im Vergleich, dass kongruente Stimuli bei verteilter Aufmerksamkeit Interferenz zwischen den Ebenen produzieren, während dies bei selektiver Aufmerksamkeit nicht der Fall ist.

Im Bezug auf VF-Effekte bei selektiver Aufmerksamkeit zeigte sich das aus den Studien I und II bekannte Ergebnismuster. Während kongruente oder neutrale Stimuli keine VF-Effekte produzierten, traten mit inkongruenten Stimuli Hemisphärenunterschiede in die erwartete Richtung auf. Formen auf der lokalen Ebene wurden schneller im RVF als im LVF identifiziert, und für die Identifikation der Formen auf der globalen Ebene gab es einen entsprechenden Vorteil im LVF gegenüber dem RVF. Dieser Effekt war jedoch im Vergleich zu den beiden vorigen Studien mit selektiver Aufmerksamkeit relativ schwach, und auch der Unterschied zwischen den drei Stimulusbedingungen war nur tendenziell signifikant.

Besonders interessant war der Vergleich zwischen den Ergebnissen des zweiten und dritten Experimentes. Die Frage war, ob verteilte Aufmerksamkeit eine frühe Selektion begünstigt, die Reaktionszeiten also niedriger sind als bei selektiver Aufmerksamkeit, oder ob spätere Repräsentationen für die Antwortauswahl verwendet werden und die Reaktionen entsprechend länger dauern als bei der selektiven Aufmerksamkeitsbedingung. Die Daten zeigen hierzu ein klares Bild: Die Reaktionszeiten bei verteilter Aufmerksamkeit waren für alle drei Stimulustypen höher als diejenigen bei selektiver Aufmerksamkeit. Dies legt den Schluss nahe, dass bei verteilter Aufmerksamkeit überwiegend spätere Repräsentationen zur Antwortselektion genutzt werden. Gleichzeitig legen die Ergebnisse in Übereinstimmung mit der Integrationshypothese nahe, dass Antworten anhand später Repräsentationen stärkere Hemisphärenunterschiede produzieren als solche anhand früher Repräsentationen. Anders ausgedrückt führten schnelle Reaktionen auf der Basis früher Stimulusrepräsentationen zu weniger VF-Effekten als langsame Reaktionen auf der Basis späterer Repräsentationen.

4. Generelle Diskussion

Eine generelle Vorhersage aus der Integrationshypothese war es, dass Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung nur dann auftreten sollten, wenn zur Lösung der Aufgabe eine integrierte Stimulusrepräsentation benötigt wird (Hübner & Malinowski, 2002; Malinowski et al., 2002). Dies ist in solchen Situationen der Fall, in denen die Identifikation der Form auf einer spezifischen Ebene gefordert wird (*selektive Aufmerksamkeit*), und gleichzeitig die Formen auf den Ebenen unterschiedliche Antworten aktivieren. Hier ist es zur Lösung der Aufgabe notwendig, beide Formen mit ihren entsprechenden Ebenen zu integrieren, um schließlich diejenige Form auf der spezifizierten Zielebene selektieren zu können. Eine andere Situation ist im Paradigma der *verteilter Aufmerksamkeit* gegeben. Bei diesem Aufgabentyp sind die Probanden instruiert, einen oder mehrere vorher definierte Zielbuchstaben zu identifizieren, unabhängig davon, auf welcher Ebene sie präsentiert werden. Für die korrekte Antwortauswahl ist in diesem Fall eine Integration von Form und Ebene prinzipiell nicht notwendig. Trotzdem treten bei verteilter Aufmerksamkeit recht zuverlässig Hemisphärenunterschiede auf (Heinze et al., 1998; Yovel et al., 2001). Um diesen Widerspruch zu der Integrationshypothese zu untersuchen, wurden in der vorliegenden Studie kongruente und inkongruente Stimuli mit verteilter und selektiver Aufmerksamkeit präsentiert und die Ergebnisse in beiden Situationen miteinander verglichen.

Es stellte sich heraus, dass bei verteilter Aufmerksamkeit auch kongruente Stimuli ein gewisses Maß an Interferenz zwischen den Ebenen produzieren, und dass die Reaktionszeiten in dieser Bedingung *insgesamt* höher sind als diejenigen bei selektiver Aufmerksamkeit. Das zweite wichtige Ergebnis ist es, dass die Reaktionsgeschwindigkeit hoch mit der Stärke der entsprechenden VF-Effekte korrelierte. Während in den beiden Bedingungen mit den schnellsten Reaktionen keine VF-Effekte auftraten (selektive Aufmerksamkeit/neutrale Stimuli und selektive Aufmerksamkeit/kongruente Stimuli), zeigten sich in den Situationen mit mittleren Reaktionszeiten (selektive Aufmerksamkeit/inkongruente Stimuli und verteilte Aufmerksamkeit/neutrale Stimuli) moderate und in denen mit hohen Reaktionszeiten (verteilter Aufmerksamkeit/kongruente Stimuli und verteilte Aufmerksamkeit/inkongruente Stimuli) starke VF-Effekte. Über die beiden Experimente hinweg zeigte sich also, dass die assoziierten VF-Effekte bei schnellen Reaktionen geringer waren als bei langsameren Reaktionen. Interessanterweise zeigte sich derselbe Zusammenhang auch in der Arbeit von Yovel et al. (2001, Studie 2). Hier

waren die Reaktionszeiten am höchsten in einer Identifikationsaufgabe mit verteilter Aufmerksamkeit (708 *ms*), gefolgt von einer Entdeckungsaufgabe mit verteilter Aufmerksamkeit (650 *ms*) und einer Identifikationsaufgabe mit selektiver Aufmerksamkeit (488 *ms*; Daten aus Abbildungen geschätzt). Die entsprechenden Effektstärken für die VF-Effekte in den drei Bedingungen betragen .61, .59 und .39. Wie auch in der vorliegenden Studie ergaben sich also bei verteilter im Vergleich zur selektiven Aufmerksamkeit höhere Reaktionszeiten und gleichzeitig stärkere VF-Effekte. Diese Ergebnisse können so interpretiert werden, dass bei verteilter Aufmerksamkeit spätere Repräsentationen für die Antwortauswahl verwendet werden, und dass sich die Hemisphären nur im Bezug auf solche späteren Repräsentationen unterscheiden.

Eine offene Frage ist, *warum* die Probanden bei verteilter Aufmerksamkeit spätere Repräsentationen für die Antwortselektion verwendeten. Da für die Lösung der Aufgabe eine Zuordnung der Formen zu den Ebenen nicht notwendig war, hätten die Probanden prinzipiell auch frühe Formrepräsentationen benutzen können. Die Ergebnisse zeigen jedoch klar, dass dies nicht der Fall war. Eine mögliche Erklärung hierfür ist das Fehlen von Vorinformationen über die relevante Ebene (Heinze et al., 1998). Bei selektiver Aufmerksamkeit ist die Zielebene bereits vor der Präsentation des hierarchischen Reizes bekannt. Dadurch sind die Probanden in der Lage, durch eine entsprechende Fokussierung der regionalen Aufmerksamkeit mehr Ressourcen für die Verarbeitung der Informationen auf der relevanten Ebene bereitzustellen als für die Information auf der irrelevanten Ebene. Entsprechend sollte der (schlechter verarbeitete) Distraktor nur relativ schwach mit der (besser verarbeiteten) Zielform interferieren. Bei verteilter Aufmerksamkeit liegen dagegen keine Informationen über die relevante Ebene vor, so dass keine Möglichkeit zur räumlichen Selektion der korrekten Form besteht. Dadurch wird der Distraktor im Vergleich zur Bedingung mit selektiver Aufmerksamkeit besser verarbeitet, während die Zielform vergleichsweise schlechter verarbeitet wird. Konsequenterweise nimmt die Interferenz zu, so dass eine frühe Selektion anhand von Formrepräsentationen erschwert wird. Für die Antwortselektion werden daher die späteren und integrierten Repräsentationen herangezogen. Für die Herstellung solcher integrierter Repräsentationen unterscheiden sich die Hemisphären, so dass die entsprechenden VF-Effekte auftreten.

Durch diese Filterannahme ließe sich auch ein bislang unklares Ergebnis aus der Studie von Hübner und Malinowski (2002, Experiment 1) erklären. Die Autoren präsentierten ihren Probanden kongruente und inkongruente Stimuli in einer Aufgabe mit se-

lektiver Aufmerksamkeit und ließen dabei die Zielebene entweder über einen Block von Durchgängen hinweg konstant (geblockte Zielebene) oder zeigten die jeweils relevante Ebene erst kurz vor der Stimuluspräsentation durch einen Hinweisreiz an (randomisierte Zielebene). Im randomisierten Fall zeigten sich die erwarteten VF-Effekte für inkongruente Stimuli. Dagegen produzierten dieselben inkongruenten Reize bei geblockter Zielebene *keine* Hemisphärenunterschiede. Möglicherweise konnten die Probanden in der geblockten Bedingung sehr akkurat auf die relevante Ebene fokussieren und den Distraktor dadurch effektiv herausfiltern. Entsprechend war eine schnelle Reaktion auf frühe Formrepräsentationen möglich. In den Situationen dagegen, in denen die Zielebene erst kurz vor der Präsentation des Reizes angezeigt wurde, konnten die Probanden ihre Aufmerksamkeit nicht optimal auf die relevante Region fokussieren (Eimer, 1993; Eimer, 2000). Entsprechend kam es zu mehr Interferenz, was die frühe Selektion der relevanten Form verhinderte. Stattdessen fand die Reaktion erst statt, als eine höherwertige Repräsentation vorlag, so dass sich die erwarteten VF-Effekte zeigten.

Obwohl die Probanden bei verteilter Aufmerksamkeit keine Vorinformationen über die relevante Ebene haben, können sie möglicherweise eine andere Information zum Filtern des visuellen Stroms nutzen. Im Unterschied zur selektiven Aufmerksamkeit sind bei der verteilten Aufmerksamkeit nicht alle verwendeten Formen für die Aufgabe relevant, sondern nur eine bestimmte Menge von vorher definierten Zielformen. Die Probanden haben daher die Möglichkeit, irrelevante Buchstaben durch einen *Form-*Filter abzuschwächen (Paquet, 1992; Paquet & Merikle, 1988). Eine solche Strategie sollte umso erfolgreicher sein, je spezifischer der verwendete Filter ist. Bei Entdeckungsaufgaben mit nur einer Zielform könnte der Filter so konstruiert werden, dass er für andere Formen nahezu undurchlässig ist. Die Distraktoren sollten also nur sehr schwach mit der Zielform interferieren, was zu schnellen Reaktionen auf frühe Repräsentationen und folglich nur zu schwachen VF-Effekten führen sollte. Wenn dagegen mehrere Zielformen verwendet werden, dann müsste der dazugehörige Filter entsprechend „breiter“ konstruiert werden. Dadurch würde er auch durchlässiger werden für Distraktoren, was zu höherer Interferenz, längeren Reaktionszeiten und zu schließlich, wegen der Verwendung späterer Repräsentationen bei der Antwortselektion, zu mehr VF-Effekten führen sollte. Tatsächlich findet sich genau dieses Ergebnismuster: Solche Studien, bei denen nur eine Zielform verwendet wurde, produzierten zumeist negative Ergebnisse im Bezug auf Hemisphärenunterschiede (Han et al., 2000; Blanca-Mena, 1992). In Studien mit positiven Ergebnissen wurden dagegen in der Regel *zwei* Zielfor-

men verwendet (Blanca et al., 1994; Christman, 2001; Yovel et al., 2001) bzw. eine einzelne Zielform, die nach jedem Block von Durchgängen gewechselt wurde (Heinze et al., 1994). Auch dieser Unterschied lässt sich aus der Integrationshypothese erklären. Weniger Interferenz führt zu schnelleren Antworten auf frühe Formrepräsentationen und entsprechend zu weniger VF-Effekten.

Das Integrationsmodell könnte auch erklären, warum die Zunahme der VF-Effekte mit der Verarbeitungsdauer in der vorliegenden Studie nicht strikt linear war, sondern bei besonders langen Reaktionszeiten wieder abnahm (verteilte Aufmerksamkeit/inkongruente Stimuli). Es ist plausibel anzunehmen, dass die Qualität der Repräsentation einer gegebenen Ebene nach einer gewissen Zeit ein Optimum erreicht und sich anschließend nicht weiter verbessert. Dieses Optimum wird für die lokale Ebene schneller in der LH als in der RH erreicht, und für die globale Ebene schneller in der RH als in der LH. Zu einem späteren Zeitpunkt sollte jedoch auch die Repräsentation in der jeweils schwächeren Hemisphäre das optimale Niveau erreicht haben, d. h., die Repräsentation der globalen Ebene in der „schwächeren“ LH ist ebenso gut wie diejenige in der „besseren“ RH, und die Repräsentation der lokalen Ebene in der „schlechteren“ RH ist ebenso gut wie diejenige in der „besseren“ LH. Wenn die Aufgabe nun eine sehr späte Antwortselektion begünstigt, dann ist die perzeptuelle Verarbeitung vermutlich bereits so weit fortgeschritten, dass sich die Repräsentationen in den Hemisphären *nicht mehr* unterscheiden. Daher nehmen die VF-Effekte bei sehr langsamen Reaktionen wieder ab.

V.

Gesamtdiskussion

Es ist eine häufig untersuchte Frage in der kognitiven Psychologie, wie das visuelle System Objekte oder Szenen verarbeitet, die eine hierarchische Struktur aufweisen (Navon, 1977; Navon, 1981b). Die entsprechenden Ergebnisse legen nahe, dass die lokale bzw. die globale Ebene gleichzeitig in verschiedenen neurokognitiven Modulen verarbeitet werden (Lamb & Robertson, 1989), und dass diese Module mit spezifischen neuronalen Strukturen in der linken bzw. rechten zerebralen Hemisphäre assoziiert sind (z. B. Martin, 1979a). Läsionen dieser Areale führen daher häufig zu einer spezifischen Beeinträchtigung der lokalen oder globalen Verarbeitung (Robertson & Lamb, 1991; Robertson et al., 1988).

Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung sind jedoch kein generelles Phänomen (Polster & Rapcsak, 1994; Schatz et al., 2004). Stattdessen treten solche Unterschiede nur auf, wenn bestimmte förderliche Bedingungen vorliegen. Im Bezug auf die Stimuli hat sich herausgestellt, dass eine ähnliche Salienz der Ebenen (Yovel et al., 2001), eine geringe Exzentrizität (Van Kleeck, 1989) sowie eine geringe Expositionsdauer (Evert & Kmen, 2003) förderlich sind für das Auftreten der Hemisphärenunterschiede. Im Hinblick auf die Aufgabe scheinen verteilte Aufmerksamkeitsinstruktionen (Yovel et al., 2001), eine häufig wechselnden Zielebene (Hübner & Malinowski, 2002) sowie Antwortkonflikte zwischen den Ebenen (Hübner & Malinowski, 2002; Malinowski et al., 2002) förderlich zu sein. Obwohl aber aus der Literatur einige förderliche Faktoren für den Hemisphärenunterschied bekannt sind, weiß man bislang nur wenig über mögliche Interaktionen zwischen diesen Faktoren. Dadurch ist es schwierig zu sagen, welche der aufgeführten Faktoren wichtiger sind für den Hemisphärenunterschied.

In Studie I wurden daher die Effekte der Stimulusposition und des Antwortkonfliktes auf die Hemisphärenunterschiede noch einmal genauer untersucht. Kongruente und inkongruente Reize wurden im LVF oder RVF präsentiert und die Reaktionszeiten, Fehlerraten und EKPs auf die Ebenen abgeleitet. Übereinstimmend für alle erhobenen Variablen zeigten sich Hemisphärenunterschiede vor allem für inkongruente Stimuli. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Antwortkonflikte zwischen den Ebenen eine wichtige Bedingung für Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung sind, während eine zentrale Präsentation der Stimuli nicht notwendig ist für diesen Effekt.

Als Erklärung für den förderlichen Effekt von Antwortkonflikten wurde die *Integrationshypothese* von Hübner und Malinowski (2002) vorgeschlagen. Nach diesem Modell unterscheidet sich die Antwortselektion für kongruente und inkongruente Stimuli. Im kongruenten Fall, in dem die Buchstaben auf beiden Ebenen des hierarchischen Reizes dieselbe korrekte Antwort aktivieren, kann die richtige Reaktion anhand der Buchstaben*identität* (d. h. ohne spezielle Ebenen-Informationen) selektiert werden. Dagegen aktivieren die Buchstaben auf der globalen und lokalen Ebene bei inkongruenten Reizen zwei verschiedene Antworten. In diesem Fall ist es für die korrekte Antwortselektion notwendig, die Formen mit ihren entsprechenden Ebenen zu integrieren. Nach der Integrationshypothese unterscheiden sich die Hemisphären in genau diesem Prozess: Die LH ist effizienter als die RH bei der Integration von Formen mit der lokalen Ebene, und die RH ist effizienter als die LH bei der Integration von Formen mit der globalen Ebene. Demnach treten Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung nur dann auf, wenn zur Antwortselektion eine Stimulusrepräsentation erforderlich ist, bei der Ebene und Form miteinander integriert sind. Bei kongruenten Stimuli, bei denen Formrepräsentationen zur Antwortselektion hinreichend sind, zeigen sich entsprechend keine Hemisphärenunterschiede.

In Studie II wurde die Integrationshypothese mit einer alternativen Vorstellung zur Rolle von Antwortkonflikten für VF-Effekte, der Verstärkerhypothese von Van Kleeck (1989), kontrastiert. Dazu wurden drei Reaktionszeitexperimente mit kongruenten und inkongruenten Reizen durchgeführt, wobei die konfligierenden Formen entweder in demselben oder in zwei verschiedenen hierarchischen Stimuli angeordnet waren. Die Probanden waren instruiert, auf eine spezifische Ebene des als Zielobjekt markierten Reizes zu reagieren. Aus der Integrationshypothese wurde vorhergesagt, dass nur Antwortkonflikte zwischen den Ebenen *desselben* Reizes zu VF-Effekten führen sollten, da nur in diesem Fall eine Integration von Form und Ebene für die Selektion der korrekten Antwort notwendig ist. Nach der Verstärkerhypothese sollten dagegen, je nach VF und Zielebene, auch Konflikte zwischen räumlich getrennten Reizen zu VF-Effekten führen. Tatsächlich produzierten Antwortkonflikte aber nur dann VF-Effekte, wenn die konfligierenden Informationen auf den Ebenen desselben Reizes arrangiert waren. Auch die Ergebnisse der zweiten Studie unterstützen somit die Integrationshypothese der Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung.

In der dritten Studie wurde ein möglicher Einwand gegen die Integrationshypothese untersucht. Für die Lösung von Aufgaben mit verteilten Aufmerksamkeitsinstruk-

tionen ist es generell nicht erforderlich, die Formen zu ihren entsprechenden Ebenen zuzuordnen, so dass nach der Integrationshypothese keine Hemisphärenunterschiede auftreten sollten. Tatsächlich aber produzieren Studien mit verteilter Aufmerksamkeit sogar relativ zuverlässig Hemisphärenunterschiede (Heinze et al., 1998; Yovel et al., 2001). Um diesen Widerspruch aufzulösen, wurden kongruente und inkongruente Stimuli mit verteilten und selektiven Aufmerksamkeitsinstruktionen präsentiert und die Ergebnisse in beiden Situationen miteinander verglichen. Es stellte sich heraus, dass die Reaktionszeiten bei verteilter Aufmerksamkeit insgesamt höher waren als bei selektiver Aufmerksamkeit, und dass die Reaktionsgeschwindigkeit hoch mit der Stärke der entsprechenden VF-Effekte korrelierte. Obwohl es prinzipiell möglich wäre, haben die Probanden bei verteilter Aufmerksamkeit also *keine* frühen Formrepräsentationen zur Antwortauswahl genutzt. Stattdessen selektierten sie die Antwort erst auf einer späteren Stufe der Verarbeitung, auf der sich die Repräsentationen in den Hemisphären vermutlich bereits unterschieden. Die Ergebnisse der dritten Studie sind somit ebenfalls konsistent mit der Integrationshypothese.

Zusammenfassend unterstützen also die Ergebnisse aus allen drei Studien die Integrationshypothese der Hemisphärenunterschiede in der hierarchischen Reizverarbeitung (Hübner & Malinowski, 2002). Bevor die Integrationshypothese aber akzeptiert werden kann, sollte noch einmal betrachtet werden, ob die Resultate der vorliegenden Arbeit nicht auch durch perzeptuelle Ansätze wie die Ortsfrequenzhypothese (Sergent, 1982, 1983) bzw. DFF-Theorie (Ivry & Robertson, 1998; Robertson & Ivry, 2000) erklärt werden können.

Ortsfrequenzhypothese der Hemisphärenunterschiede

Nach diesen Theorien arbeiten die Hemisphären als asymmetrische Ortsfrequenzfilter: Die LH schwächt die tiefen Frequenzen ab und fungiert so als Hochpass-Filter, und die RH schwächt die hohen Frequenzen ab und wirkt daher wie ein Tiefpass-Filter. Die Folge sind asymmetrische Repräsentationen der Ebenen in der LH und in der RH, die zu den bekannten Effizienzunterschieden der Hemisphären für die Entdeckung oder Identifikation der globalen oder lokalen Form führen.

Insgesamt erscheint es jedoch nur schwer vorstellbar, dass die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit durch einen solchen perzeptuellen Mechanismus produziert wurden. Es ist wichtig zu beachten, dass sich kongruente und inkongruente Stimuli im Bezug auf den Ortsfrequenzgehalt nicht systematisch voneinander unterscheiden. Trotz-

dem traten VF-Effekte und Gehirnasymmetrien in den ersten beiden Studien nur mit inkongruenten Stimuli auf. Ein direktes Argument gegen die perzeptuelle Hypothese liefern auch die Ergebnisse des zweiten Experimentes der zweiten Studie, bei dem die Probanden auf die Ebenen eines zentral präsentierten Reizes antworten sollten. Wenn die perzeptuelle Hypothese korrekt wäre, dann hätten die Formen der gleichzeitig im LVF oder RVF präsentierten Ablenkreize, je nach Ebene und visuellem Feld, die Selektion der korrekten Form in unterschiedlicher Weise fördern bzw. behindern sollen. Dies war jedoch nicht der Fall. Auch die Ergebnisse der dritten Studie sind inkompatibel mit dem Ortsfrequenzansatz. In dieser Untersuchung zeigten sich generell keine oder nur geringe VF-Effekte in solchen Situationen, die eine schnelle Reaktion auf die Ebenen begünstigten. Wenn die Hemisphärenunterschiede jedoch von den Ortsfrequenzen abhängen würden, dann sollten sie schon in den frühesten Stadien der Reizverarbeitung vorliegen, und entsprechend sollten sich VF-Effekte auch schon bei schnellen Reaktionen auf frühe Repräsentationen zeigen.

Zusammenfassend bieten die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit also nur wenig Evidenz für die perzeptuelle Hypothese der Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung. Gleichzeitig sind die Resultate aller drei Studien kompatibel mit der Integrationshypothese (Hübner & Malinowski, 2002).

Moderierende Faktoren der Hemisphärenunterschiede

Aber welche Faktoren führen nun zu einer Integration von Form und Ebene und entsprechend zu den Hemisphärenunterschieden für die globale und lokale Verarbeitung? Diese Frage lässt sich in der vorliegenden Arbeit nicht abschließend klären. Die Ergebnisse aus der dritten Studie geben aber einen wichtigen Hinweis zu ihrer Beantwortung. Sie zeigen, dass die Probanden auch in solchen Situationen ein integriertes Perzept von Form und Ebene herstellten, in denen dies zur Lösung der Aufgabe prinzipiell nicht notwendig war. Mit anderen Worten deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Form/Ebenen-Integration ein genereller und normaler Mechanismus in der hierarchischen Reizverarbeitung ist. Die Frage, welche Faktoren zu einer Integration von Form und Ebene führen, ist daher möglicherweise falsch gestellt: Eine Integration findet vermutlich in den meisten, wenn nicht in allen Fällen von hierarchischer Reizverarbeitung statt. Auch die assoziierten Hemisphärenunterschiede sollten also ein normales Ereignis in der globalen und lokalen Verarbeitung sein. Wenn diese Annahme zutrifft, dann lautet die interessante Frage, unter welchen Umständen die Hemisphärenunter-

schiede *nicht* auftreten. Hierzu lassen sich aus der zweiten und dritten Studie konkrete Antworten formulieren: Hinderlich für den Hemisphärenunterschied sind all jene Umstände, die eine sehr *schnelle* Reaktion anhand früher Formrepräsentationen oder aber eine sehr *langsame* Reaktion anhand von gleichwertigen integrierten Repräsentationen begünstigen.

Um diese eher allgemeine Behauptung zu belegen, sollen noch einmal die in der Einleitung erwähnten förderlichen Faktoren der Hemisphärenunterschiede betrachtet werden. Einer dieser Faktoren ist die relative *Salienz* der globalen und lokalen Ebene (Yovel et al., 2001). Die Ergebnisse zeigen, dass VF-Effekte stärker sind bei ähnlich salienten Ebenen im Vergleich zu Stimuli mit einem starken globalen Vorteil. Yovel und Mitarbeiter erklärten die Ergebnisse so, dass im letzteren Fall die Identifikation der Form auf der globalen Ebene so einfach ist, dass sie in der „schwächeren“ LH ebenso effizient geleistet werden kann wie in der „stärkeren“ RH. Gleichzeitig sei die Identifikation der lokalen Ebene so schwierig, dass die „stärkere“ LH darin ebenso schlecht sei wie die „schwächere“ RH. Das Ergebnis kann aber auch durch die Integrationshypothese erklärt werden. Bei Stimuli mit starker globaler Salienz kann die Aufgabe entweder besonders gut (globale Ebene) oder besonders schlecht (lokale Ebene) anhand von frühen Formrepräsentationen gelöst werden. Vermutlich findet die Antwortselektion im ersteren Fall bereits zu einem Zeitpunkt statt, an dem sich die Repräsentationen in den Hemisphären noch nicht unterscheiden, so dass es nicht zu Hemisphärenunterschieden kommt. In der lokalen Situation wird die Antwort dagegen erst so spät selektiert, dass die Repräsentationen in beiden Hemisphären bereits die gleiche Qualität erreicht haben. Folglich kommt es auch hier nicht zu VF-Effekten.

Mit dem gleichen Argument lässt sich auch der Effekt der Stimulusposition (bzw. *Exzentrizität*) erklären. Stimuli im peripheren VF produzieren meist eine stärkere globale Salienz als solche im zentralen VF, wo die Ebenen in der Regel ähnlich schnell identifiziert werden (Grice et al., 1983; Lamb & Robertson, 1988). Dadurch begünstigen Stimuli im peripheren VF die Selektion anhand sehr früher (globale Ebene) bzw. sehr später (lokale Ebene) Repräsentationen, so dass keine Hemisphärenunterschiede auftreten.

Ein weiterer förderlicher Faktor für die Hemisphärenunterschiede ist die *Expositions-dauer* der Stimuli bzw. die Verwendung von Post-Stimulus-Masken (Evert & Kmen, 2003; Yovel et al., 2001). Beiden Manipulationen ist gemeinsam, dass sie die

„Sichtbarkeit“ des Reizes reduzieren, d. h., die Formen auf den Ebenen sind im Vergleich zu ungestörten Sichtbedingungen relativ schlecht erkennbar (Breitmeyer & Ogmen, 2000). Möglicherweise wird durch die schlechte Qualität der Information auf den Ebenen eine frühe Antwortselektion anhand der Forminformationen verhindert. Um nicht irrtümlich die falsche Form zu selektieren, warten die Probanden auf eine spätere, qualitativ bessere Repräsentation des hierarchischen Reizes. Da sich diese späteren Repräsentationen der hierarchischen Stimuli in den Hemisphären unterscheiden, zeigen sich entsprechend VF-Effekte bzw. Gehirnasymmetrien.

Auch die Effekte der attentionalen Faktoren lassen sich durch das Integrationsmodell erklären. Zum Beispiel scheint es relevant zu sein, welche Vorinformationen die Probanden über die zu beachtende Ebene haben. Je besser sie sich auf eine bestimmte Ebene einstellen können, desto effektiver können sie störende Formen auf der anderen Ebene ignorieren, und desto früher können sie die relevante Information selektieren. Die Voraussetzung für eine solche Selektion ist es, dass die Zielebene vor der Präsentation des Stimulus bekannt ist, und dass die Probanden ausreichend Zeit für die Allokation der Aufmerksamkeit auf die relevante Ebene haben. Entsprechend zeigen sich stärkere Hemisphärenunterschiede bei *verteilter Aufmerksamkeit* (Zielebene unbekannt) im Vergleich zur *selektiven Aufmerksamkeit* (Zielebene bekannt; siehe Heinze et al., 1998; Yovel et al., 2001), und bei *randomisierter Zielebene* (kurze Vorbereitungszeit) im Vergleich zu einer *konstanten Zielebene* (lange Vorbereitungszeit; siehe Hübner & Malinowski, 2002). Bei verteilter Aufmerksamkeit wiederum spielt es eine Rolle, wie viele Zielformen in der Aufgabe verwendet werden. Wenn nur eine Zielform verwendet wird, dann ist es vermutlich besser möglich, die irrelevanten Formen herauszufiltern. Entsprechend kann die Antwort bereits anhand früher Repräsentationen selektiert werden (Blanca-Mena, 1992; Han et al., 2000). Bei mehreren möglichen Zielformen ist das Filtern der Distraktoren dagegen schwieriger. Folglich stören die Distraktoren mehr, verhindern so eine frühe Selektion und führen entsprechend zu Hemisphärenunterschieden.

Dieser Überblick legt den Schluss nahe, dass sich die Effekte nahezu aller in der Einführung genannten Faktoren dadurch erklären lassen, ob diese Faktoren die Selektion anhand früher Formrepräsentationen begünstigen oder verhindern. Solche Bedingungen, die eine schnelle Reaktion auf frühe Formrepräsentationen begünstigen, sind generell abträglich für Hemisphärenunterschiede. Für diese Interpretation spricht auch, dass keiner der aufgeführten Faktoren notwendig für das Auftreten bzw. Ausbleiben von Hemisphärenunterschieden ist. Stattdessen scheinen die förderlichen bzw. hinderlichen

Effekte des einen Faktors durch die hinderlichen bzw. förderlichen Effekte eines anderen kompensiert werden zu können. Zum Beispiel verhindern Antwortkonflikte zwischen den Ebenen in der Regel eine frühe Selektion und produzieren daher Hemisphärenunterschiede. Dies ist jedoch nicht generell der Fall: Wenn gleichzeitig die Zielebene konstant ist und daher durch regionale Aufmerksamkeit eine frühe Selektion der relevanten Form möglich ist, dann treten auch mit inkongruenten Stimuli keine VF-Effekte auf (Hübner & Malinowski, 2002, Experiment 1). Ein anderes Beispiel ist der Effekt der Stimulusposition. Stimuli mit hoher Exzentrizität führen typischerweise zu einer starken globalen Salienz. Durch die schnelle Verfügbarkeit der globalen Information wird vermutlich eine Selektion anhand früher Formrepräsentationen begünstigt. Wenn jedoch gleichzeitig ein Antwortkonflikt zwischen den Ebenen besteht und eine frühe Selektion daher nicht möglich ist, dann treten auch mit peripher präsentierten Stimuli VF-Effekte bzw. Gehirnasymmetrien auf (siehe Studie I).

Die Ergebnisse legen also nahe, dass solche Aufgaben, zu deren Lösung integrierte Repräsentationen verwendet werden, zu mehr Hemisphärenunterschieden führen als solche, bei denen Formrepräsentationen zur Antwortselektion ausreichen. Gleichzeitig, da integrierte Repräsentationen erst später verfügbar sind als Formrepräsentationen, sind die Reaktionszeiten im ersteren Fall meistens höher als in der letzteren Bedingung. Ein möglicher Einwand ist es daher, dass Hemisphärenunterschiede in der global/lokal-Verarbeitung einfach von der *Aufgabenschwierigkeit* abhängen. Gegen diesen Einwand kann jedoch argumentiert werden, dass langsame Reaktionen keine hinreichende Bedingung für Hemisphärenunterschiede sind (vgl. Belger & Banich, 1992; Belger & Banich, 1998). Dies zeigen die Ergebnisse aus der zweiten Studie. In solchen Situationen, in denen der *Ort* bzw. die *Farbe* einer Form auf einer gegebenen Ebene zur Antwortselektion herangezogen werden konnte, ergaben sich generell keine VF-Effekte. Dies war auch dann nicht der Fall, wenn die Reaktionszeiten durch Antwortkonflikte erhöht wurden. Die erwarteten Hemisphärenunterschiede traten nur dann auf, wenn eine Repräsentation zur Antwortselektion erforderlich war, bei der die Formen mit ihren entsprechenden *Ebenen* integriert waren.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sprechen daher dafür, dass Hemisphärenunterschiede in der globalen und lokalen Verarbeitung von der Stimulusrepräsentation abhängen, die zur Selektion der Antwort verwendet werden, und dass die Reaktionsgeschwindigkeit im Bezug darauf variiert, zu welchem Zeitpunkt diese Repräsentationen verfügbar sind. Anders formuliert produzieren schnelle Reaktionen anhand früher

Formrepräsentationen keine oder nur wenig Hemisphärenunterschiede, während langsamere Reaktionen auf der Basis von späteren, integrierten Repräsentationen zu Hemisphärenunterschieden führen. Nach einer gewissen Zeit sollte schließlich die Repräsentation in der jeweils schwächeren Hemisphäre eine ebenso gute Qualität erreicht haben wie diejenige in der stärkeren Gehirnhälfte. Entsprechend nehmen Hemisphärenunterschiede bei sehr langsamen Reaktionen wieder ab.

VI.

Literaturverzeichnis

- Alivisatos, B., & Wilding, J. (1982). Hemispheric differences in matching Stroop-type letter stimuli. *Cortex*, *18*, 5-21.
- Allport, A., Styles, E. A., & Hsieh, S. (1994). Shifting attentional set: Exploring the dynamic control of tasks. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and Performance XV* (pp. 421-452). Cambridge, MA: MIT Press.
- Amirkhiabani, G. (1998). Relative size of global visual stimulus: advantage and interference. *Perceptual and Motor Skills*, *86*, 1427-1441.
- Amirkhiabani, G., & Lovegrove, W. J. (1996). Role of eccentricity and size in the global precedence effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *22*, 1434-1447.
- Amirkhiabani, G., & Lovegrove, W. J. (1999). Do the global advantage and interference effects covary? *Perception & Psychophysics*, *61*, 1308-1319.
- Badcock, J. C., Whitworth, F. A., Badcock, D. R., & Lovegrove, W. J. (1990). Low-frequency filtering and the processing of local-global stimuli. *Perception*, *19*, 617-629.
- Baylis, G. C., & Driver, J. (1992). Visual parsing and response competition: the effect of grouping factors. *Perception & Psychophysics*, *51*, 145-162.
- Bedson, E., & Turnbull, O. H. (2002). Hemispheric asymmetry for global and local processing: Language is less important than one might think. *Brain & Cognition*, *48*, 272-277.
- Belger, A., & Banich, M. T. (1992). Interhemispheric interaction affected by computational complexity. *Neuropsychologia*, *30*, 923-929.
- Belger, A., & Banich, M. T. (1998). Costs and benefits of integrating information between the cerebral hemispheres: a computational perspective. *Neuropsychology*, *12*, 380-398.
- Blanca, M. J., & Alarcon, R. (2002). Hemispheric differences in global and local processing with orientation classification tasks. *Neuropsychologia*, *40*, 957-963.
- Blanca, M. J., Luna, R., Lopez-Montiel, D., Zalabardo, C., & Rando, B. (2002). Effect of the similarity between target and global and local levels in hierarchical stimuli processing. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, *66*, 124-132.

- Blanca, M. J., Zalabardo, C., Garcia-Criado, F., & Siles, R. (1994). Hemispheric differences in global and local processing dependent on exposure duration. *Neuropsychologia*, *32*, 1343-1351.
- Blanca-Mena, M. J. (1992). Can certain stimulus characteristics influence the hemispheric differences in global and local processing? *Acta Psychologica*, *79*, 201-217.
- Boer, L. C., & Keuss, P. J. (1982). Global precedence as a postperceptual effect: An analysis of speed-accuracy tradeoff functions. *Perception & Psychophysics*, *31*, 358-366.
- Boles, D. B. (1984). Global versus local processing: Is there a hemispheric dichotomy? *Neuropsychologia*, *22*, 445-455.
- Boles, D. B., & Karner, T. A. (1996). Hemispheric differences in global versus local processing: Still unclear. *Brain & Cognition*, *30*, 232-243.
- Boucart, M., & Humphreys, G. W. (1992). Global shape cannot be attended without object identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*, 785-806.
- Boucart, M., Humphreys, G. W., & Lorenceau, J. (1995). Automatic access to object identity: Attention to global information, not to particular physical dimensions, is important. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*, 584-601.
- Breitmeyer, B. G. (1975). Simple reaction time as a measure of the temporal response of transient and sustained channels. *Vision Research*, *15*, 1411-1412.
- Breitmeyer, B. G., & Ogmen, H. (2000). Recent models and findings in visual backward masking: A comparison, review, and update. *Perception & Psychophysics*, *62*, 1572-1595.
- Briand, K. (1993). Efficient filtering of irrelevant global and local information when target level and location are random. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, *55*, 264-269.
- Briand, K. A. (1994). Selective attention to global and local structure of objects: Alternative measures of nontarget processing. *Perception & Psychophysics*, *55*, 562-574.

- Brown, H. D., & Kosslyn, S. M. (1995). Hemispheric differences in visual object processing: Structural versus allocation theories. In R. J. Davidson & K. Hugdahl (Eds.), *Brain asymmetry* (pp. 77-97).
- Cabeza, R., & Nyberg, L. (2000). Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*, 1-47.
- Campbell, F. W., & Robson, J. G. (1968). Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. *Journal of Physiology*, *197*, 551-566.
- Cassia, V. M., Simion, F., Milani, I., & Umiltà, C. (2002). Dominance of global visual properties at birth. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *131*, 398-411.
- Chiarello, C., & Maxfield, L. (1996). Varieties of interhemispheric inhibition, or how to keep a good hemisphere down. *Brain & Cognition*, *30*, 81-108.
- Christman, S. D. (1989). Perceptual characteristics in visual laterality research. *Brain & Cognition*, *11*, 238-257.
- Christman, S. D. (1993). On the complex relation between perceptual characteristics and hemispheric asymmetry. *Brain & Cognition*, *21*, 123-129.
- Christman, S. D. (2001). Individual differences in stroop and local-global processing: a possible role of interhemispheric interaction. *Brain & Cognition*, *45*, 97-118.
- Christman, S. D., Kitterle, F. L., & Hellige, J. (1991). Hemispheric asymmetry in the processing of absolute versus relative spatial frequency. *Brain & Cognition*, *16*, 62-73.
- Christman, S. D., & Weiner, R. H. (1997). Hemispheric processing of form versus texture at the local level of hierarchical patterns. *Acta Psychologica*, *96*, 193-206.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- Corballis, M. C. (1989). Laterality and human evolution. *Psychological Review*, *96*, 492-505.
- Delis, D. C., Robertson, L. C., & Efron, R. (1986). Hemispheric specialization of memory for visual hierarchical stimuli. *Neuropsychologia*, *24*, 205-214.
- Doricchi, F., & Incoccia, C. (1998). Seeing only the right half of the forest but cutting down all the trees? *Nature*, *394*, 75-78.

- Doyon, J., & Milner, B. (1991). Right temporal-lobe contribution to global visual processing. *Neuropsychologia*, *29*, 343-360.
- Eimer, M. (1993). Spatial cueing, sensory gating and selective response preparation: an ERP study on visuo-spatial orienting. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *88*, 408-420.
- Eimer, M. (2000). An ERP study of sustained spatial attention to stimulus eccentricity. *Biological Psychology*, *52*, 205-220.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, *16*, 143-149.
- Eriksen, C. W., & St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: a zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, *40*, 225-240.
- Evans, M. A., Shedden, J. M., Hevenor, S. J., & Hahn, M. C. (2000). The effect of variability of unattended information on global and local processing: evidence for lateralization at early stages of processing. *Neuropsychologia*, *38*, 225-239.
- Evert, D. L., & Kmen, M. (2003). Hemispheric asymmetries for global and local processing as a function of stimulus exposure duration. *Brain & Cognition*, *51*, 115-142.
- Filoteo, J. V., Friedrich, F. J., & Stricker, J. L. (2001). Shifting attention to different levels within global-local stimuli: A study of normal participants and a patient with temporal-parietal lobe damage. *Cognitive Neuropsychology*, *18*, 227-261.
- Fink, G. R., Halligan, P. W., Marshall, J. C., Frith, C. D., Frackowiak, R. S., & Dolan, R. J. (1996). Where in the brain does visual attention select the forest and the trees? *Nature*, *382*, 626-628.
- Fink, G. R., Halligan, P. W., Marshall, J. C., Frith, C. D., Frackowiak, R. S., & Dolan, R. J. (1997). Neural mechanisms involved in the processing of global and local aspects of hierarchically organized visual stimuli. *Brain*, *120* (Pt 10), 1779-1791.
- Fink, G. R., Marshall, J. C., Halligan, P. W., & Dolan, R. J. (1999). Hemispheric asymmetries in global/local processing are modulated by perceptual salience. *Neuropsychologia*, *37*, 31-40.

- Fink, G. R., Marshall, J. C., Halligan, P. W., Frith, C. D., & Frackowiak, R. S. J. (1997). Hemispheric specialization for global and local processing: the effect of stimulus category. *Proceedings of the Royal Society of London (B)*, 264, 487-494.
- Friedman, A., Polson, M. C., & Dafoe, C. G. (1988). Dividing attention between the hands and the head: Performance tradeoffs between rapid finger tapping and verbal memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 60-68.
- Grabowska, A., & Nowicka, A. (1996). Visual-spatial-frequency model of cerebral asymmetry: a critical survey of behavioral and electrophysiological studies. *Psychological Bulletin*, 120, 434-449.
- Grice, G. R., Canham, L., & Boroughs, J. M. (1983). Forest before trees? It depends where you look. *Perception & Psychophysics*, 33, 121-128.
- Grimshaw, G. M. (1998). Integration and interference in the cerebral hemispheres: relations with hemispheric specialization. *Brain & Cognition*, 36, 108-127.
- Han, S., Fan, S., Chen, L., & Zhuo, Y. (1997). On the different processing of wholes and parts: A psychophysiological analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 687-698.
- Han, S., Fan, S., Chen, L., & Zhuo, Y. (1999). Modulation of brain activities by hierarchical processing: a high-density ERP study. *Brain Topography*, 11, 171-183.
- Han, S., He, X., Yund, E. W., & Woods, D. L. (2001). Attentional selection in the processing of hierarchical patterns: an ERP study. *Biological Psychology*, 56, 113-130.
- Han, S., & Humphreys, G. W. (2002). Segmentation and selection contribute to local processing in hierarchical analysis. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55A, 5-21.
- Han, S., Humphreys, G. W., & Chen, L. (1999). Parallel and competitive processes in hierarchical analysis: Perceptual grouping and encoding of closure. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1411-1432.
- Han, S., Liu, W., Yund, E. W., & Woods, D. L. (2000). Interactions between spatial attention and global/local feature selection: an ERP study. *Neuroreport*, 11, 2753-2758.

- Han, S., Weaver, J. A., Murray, S. O., Kang, X., Yund, E. W., & Woods, D. L. (2002). Hemispheric asymmetry in global/local processing: Effects of stimulus position and spatial frequency. *Neuroimage*, *17*, 1290-1299.
- Han, S., Yund, E. W., & Woods, D. L. (2003). An ERP study of the global precedence effect: the role of spatial frequency. *Clinical Neurophysiology*, *114*, 1850-1865.
- Heinze, H. J., Hinrichs, M., Scholz, M., Burchert, W., & Mangun, G. R. (1998). Neural mechanisms of global and local processing: A combined PET and ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *10*, 485-498.
- Heinze, H. J., Johannes, S., Münte, T. F., & Mangun, G. R. (1994). The order of global- and local-level information processing: electrophysiological evidence for parallel perceptual processes. In H. J. Heinze & T. F. Münte & G. R. Mangun (Eds.), *Cognitive electrophysiology: Event-related brain potentials in basic and clinical research*. (pp. 102-123). Boston: Birkhauser.
- Heinze, H. J., Luck, S. J., Münte, T. F., & Goes, A. (1994). Attention to adjacent and separate positions in space: An electrophysiological analysis. *Perception & Psychophysics*, *56*, 42-52.
- Heinze, H. J., & Münte, T. F. (1993). Electrophysiological correlates of hierarchical stimulus processing: dissociation between onset and later stages of global and local target processing. *Neuropsychologia*, *31*, 841-852.
- Hellige, J. B. (1996). Hemispheric asymmetry for visual information processing. *Acta Neurobiol Exp*, *56*, 485-497.
- Hellige, J. B. (1997). Hemispheric asymmetry for components of spatial processing. In S. Christman (Ed.), *Advances in Psychology* (pp. 83-124): Elsevier Science, B. V.
- Hoffman, J. E. (1980). Interaction between global and local levels of a form. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *6*, 222-234.
- Hübner, R. (1997). The effect of spatial frequency on global precedence and hemispheric differences. *Perception & Psychophysics*, *59*, 187-201.
- Hübner, R. (1998). Hemispheric differences in global/local processing revealed by same-different judgements. *Visual Cognition*, *5*, 457-478.

- Hübner, R. (2000). Attention shifting between global and local target levels: The persistence of level-repetition effects. *Visual Cognition*, 7, 465-484.
- Hübner, R., & Malinowski, P. (2002). The effect of response competition on functional hemispheric asymmetries for global/local processing. *Perception & Psychophysics*, 64, 1290-1300.
- Hughes, H. C., Nozawa, G., & Kitterle, F. (1996). Global precedence, spatial frequency channels, and the statistics of natural images. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 197-230.
- Ivry, R. B., & Robertson, L. C. (1998). *The two sides of perception*. Cambridge, Massachusetts, London: The MIT Press.
- Johannes, S., Wieringa, B. M., Matzke, M., & Münte, T. F. (1996). Hierarchical visual stimuli: electrophysiological evidence for separate left hemispheric global and local processing mechanisms in humans. *Neuroscience Letters*, 210, 111-114.
- Junghöfer, M., Elbert, T., Tucker, D. M., & Rockstroh, B. (2000). Statistical control of artifacts in dense array EEG/MEG studies. *Psychophysiology*, 37, 523-532.
- Kim, N., Ivry, R. B., & Robertson, L. C. (1999). Sequential priming in hierarchically organized figures: Effects of target level and target resolution. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 715-729.
- Kimchi, R. (1992). Primacy of wholistic processing and global/local paradigm: A critical review. *Psychological Bulletin*, 112, 24-38.
- Kimchi, R. (1994). The role of wholistic/configural properties versus global properties in visual form perception. *Perception*, 23, 489-504.
- Kimchi, R., & Merhav, I. (1991). Hemispheric processing of global form, local form, and texture. *Acta Psychologica*, 76, 133-147.
- Kimchi, R., & Palmer, S. E. (1982). Form and texture in hierarchically constructed patterns. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 521-535.
- Kinchla, R. A. (1974). Detecting target elements in multielement arrays: A confusability model. *Perception & Psychophysics*, 15, 149-158.
- Kinchla, R. A., Solis-Macias, V., & Hoffman, J. (1983). Attending to different levels of structure in a visual image. *Perception & Psychophysics*, 33, 1-10.

- Kinchla, R. A., & Wolfe, J. M. (1979). The order of visual processing: "Top-down," "bottom-up," or "middle-out ". *Perception & Psychophysics*, *25*, 225-231.
- Kitterle, F. L., Christman, S., & Conesa, J. (1993). Hemispheric differences in the interference among components of compound gratings. *Perception & Psychophysics*, *54*, 785-793.
- LaBerge, D., & Brown, V. (1989). Theory of attentional operations in shape identification. *Psychological Review*, *96*, 101-124.
- LaBerge, D., & Buchsbaum, M. S. (1990). Positron emission tomographic measurements of pulvinar activity during an attentional task. *Journal of Neuroscience*, *10*, 613-619.
- LaGasse, L. L. (1993). Effects of good form and spatial frequency on global precedence. *Perception & Psychophysics*, *53*, 89-105.
- Lamb, M. R., London, B., Pond, H. M., & Whitt, K. A. (1998). Automatic and controlled processes in the analysis of hierarchical structure. *Psychological Science*, *9*, 14-19.
- Lamb, M. R., Pond, H. M., & Zahir, G. (2000). Contributions of automatic and controlled processes to the analysis of hierarchical structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *26*, 234-245.
- Lamb, M. R., & Robertson, L. C. (1988). The processing of hierarchical stimuli: effects of retinal locus, locational uncertainty, and stimulus identity. *Perception & Psychophysics*, *44*, 172-181.
- Lamb, M. R., & Robertson, L. C. (1989). Do response time advantage and interference reflect the order of processing of global- and local-level information? *Perception & Psychophysics*, *46*, 254-258.
- Lamb, M. R., & Robertson, L. C. (1990). The effect of visual angle on global and local reaction times depends on the set of visual angles presented. *Perception & Psychophysics*, *47*, 489-496.
- Lamb, M. R., Robertson, L. C., & Knight, R. T. (1989). Attention and interference in the processing of global and local information: effects of unilateral temporal-parietal junction lesions. *Neuropsychologia*, *27*, 471-483.

- Lamb, M. R., Robertson, L. C., & Knight, R. T. (1990). Component mechanisms underlying the processing of hierarchically organized patterns: Inferences from patients with unilateral cortical lesions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *16*, 471-483.
- Lamb, M. R., & Yund, E. W. (1993). The role of spatial frequency in the processing of hierarchically organized stimuli. *Perception & Psychophysics*, *54*, 773-784.
- Lamb, M. R., & Yund, E. W. (1996). Spatial frequency and attention: Effects of level-, target-, and location-repetition on the processing of global and local forms. *Perception & Psychophysics*, *58*, 363-373.
- Lamb, M. R., & Yund, E. W. (2000). The role of spatial frequency in cued shifts of attention between global and local forms. *Perception & Psychophysics*, *62*, 753-761.
- Lamy, D., & Tsal, Y. (2001). On the status of location in visual attention. *European Journal of Cognitive Psychology*, *13*, 305-342.
- Lassonde, M., Mottron, L., Peretz, I., Schiavetto, A., Hebert, S., & Decarie, J.-C. (1999). Loss of global visual and auditory processing following right temporal lobe lesion. *Brain & Cognition*, *40*, 162-166.
- Logothetis, N. K., Pauls, J., Augath, M., Trinath, T., & Oeltermann, A. (2001). Neurophysiological investigation of the basis of the fMRI signal. *Nature*, *412*, 150-157.
- Love, B. C., Rouders, J. N., & Wisniewski, E. J. (1999). A structural account of global and local processing. *Cognitive Psychology*, *38*, 291-316.
- Lovegrove, W. J., Lehmkuhle, S., Baro, J. A., & Garzia, R. (1991). The effects of uniform field flicker and blurring on the global precedence effect. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *29*(4), 289-291.
- Lovegrove, W. J., & Pepper, K. (1994). The influence of low-level processing in the global precedence effect. In S. Ballesteros (Ed.), *Cognitive approaches to human perception*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Luck, S. J., Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in Cognitive Science*, *4*, 432-440.

- Luna, D., Merino, J. M., & Marcos-Ruiz, R. (1990). Processing dominance of global and local information in visual patterns. *Acta Psychologica, 73*, 131-143.
- Luo, Y. J., Greenwood, P. M., & Parasuraman, R. (2001). Dynamics of the spatial scale of visual attention revealed by brain event-related potentials. *Brain Research: Cognitive Brain Research, 12*, 371-381.
- Malinowski, P. (2001). *Funktionelle Gehirnasymmetrien bei der Verarbeitung globaler und lokaler Merkmale visueller Szenen*. Universität Konstanz, Konstanz.
- Malinowski, P., Hübner, R., Keil, A., & Gruber, T. (2002). The influence of response competition on cerebral asymmetries for processing hierarchical stimuli revealed by ERP recordings. *Experimental Brain Research, 144*, 136-139.
- Mangun, G. R., & Hillyard, S. A. (1991). Modulations of sensory-evoked brain potentials indicate changes in perceptual processing during visual-spatial priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 17*, 1057-1074.
- Martin, M. (1979a). Hemispheric specialization for global and local processing. *Neuropsychologia, 17*, 33-40.
- Martin, M. (1979b). Local and global processing: The role of sparsity. *Memory and Cognition, 7*, 476-484.
- Martinez, A., Moses, P., Frank, L., & Buxton, R. (1997). Hemispheric asymmetries in global and local processing: Evidence from fMRI. *Neuroreport: An International Journal for the Rapid Communication of Research in Neuroscience, 8*, 1685-1689.
- May, J. G., Gutierrez, C., & Harsin, C. A. (1995). The time-course of global precedence and consistency effects. *International Journal of Neuroscience, 80*, 237-245.
- Miller, J. (1981). Global precedence in attention and decision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 7*, 1161-1174.
- Moscovitch, M., & Klein, D. (1980). Material-specific perceptual interference for visual words and faces: implications for models of capacity limitations, attention, and laterality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 6*, 590-604.

- Moses, P., Roe, K., Buxton, R. B., Wong, E. C., Frank, L. R., & Stiles, J. (2002). Functional MRI of global and local processing in children. *Neuroimage, 16*, 415-424.
- Navon, D. (1977). Forest before the trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology, 9*, 353-393.
- Navon, D. (1981a). Do attention and decision follow perception? Comment on Miller. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 7*, 1175-1182.
- Navon, D. (1981b). The forest revisited: More on global precedence. *Psychological Research, 43*, 1-32.
- Navon, D. (1991). Testing the queue hypothesis for the processing of global and local information. *Journal of Experimental Psychology: General, 120*, 173-189.
- Navon, D., & Norman, J. (1983). Does global precedence really depend on visual angle? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 9*, 955-965.
- Ninose, Y., & Gyoba, J. (2003). The effect of prolonged viewing on the recognition of global and local levels of hierarchically constructed patterns. *Acta Psychologica, 112*, 233-242.
- Paquet, L. (1992). Global and local processing in nonattended objects: a failure to induce local processing dominance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 18*, 512-529.
- Paquet, L. (1994). Does the attentional state determine processing dominance in to-be-ignored compound stimuli? *Acta Psychologica, 85*, 155-169.
- Paquet, L., & Merikle, P. M. (1988). Global precedence in attended and nonattended objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 14*, 89-100.
- Pashler, H., & O'Brien, S. (1993). Dual-task interference and the cerebral hemispheres. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 19*, 315-330.
- Peterzell, D. H., Harvey, L. O. J., & Hardyck, C. D. (1989). Spatial frequencies and the cerebral hemispheres: Contrast sensitivity, visible persistence, and letter classification. *Perception & Psychophysics, 46*, 443-455.

- Polich, J., & Aguilar, V. (1990). Hemispheric local/global processing revisited. *Acta Psychologica, 74*, 47-60.
- Polster, M. R., & Rapcsak, S. Z. (1994). Hierarchical stimuli and hemispheric specialization: Two case studies. *Cortex, 30*, 487-497.
- Pomerantz, J. R. (1983). Global and local precedence: Selective attention in form and motion perception. *Journal of Experimental Psychology: General, 112*, 516-540.
- Posner, M. I., Snyder, C. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology, 109*, 160-174.
- Proverbio, A. M., Minniti, A., & Zani, A. (1998). Electrophysiological evidence of a perceptual precedence of global vs. local visual information. *Brain Research: Cognitive Brain Research, 6*, 321-334.
- Quinlan, P. T., & Wilton, R. N. (1998). Grouping by proximity or similarity? Competition between the Gestalt principles in vision. *Perception, 27*, 417-430.
- Rafal, R., & Robertson, L. C. (1995). The neurology of visual attention. In M. Gazzaniga (Ed.), *Handbook of cognitive neuroscience* (pp. 625-648). Cambridge, MA: MIT Press.
- Rauschenberger, R., & Yantis, S. (2001). Attentional capture by globally defined objects. *Perception & Psychophysics, 63*, 1250-1261.
- Ridderinkhof, K. R., & van der Molen, M. W. (1995). When global information and local information collide: a brain potential analysis of the locus of interference effects. *Biological Psychology, 41*, 29-53.
- Robertson, L. C. (1996). Attentional persistence for features of hierarchical patterns. *Journal of Experimental Psychology: General, 125*, 227-249.
- Robertson, L. C., & Delis, D. C. (1986). 'Part-whole' processing in unilateral brain damaged patients: Dysfunction of hierarchical organization. *Neuropsychologia, 24*, 363-370.
- Robertson, L. C., Egly, R., Lamb, M. R., & Kerth, L. (1993). Spatial attention and cuing to global and local levels of hierarchical structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 19*, 471-487.
- Robertson, L. C., & Ivry, R. (2000). Hemispheric asymmetries: Attention to visual and auditory primitives. *Current Directions in Psychological Science, 9*, 59-63.

- Robertson, L. C., & Lamb, M. R. (1991). Neuropsychological contributions to theories of part/whole organization. *Cognitive Psychology*, *23*, 299-330.
- Robertson, L. C., Lamb, M. R., & Knight, R. T. (1988). Effects of lesions of temporal-parietal junction on perceptual and attentional processing in humans. *The Journal of Neuroscience*, *8*, 3757-3769.
- Robertson, L. C., Lamb, M. R., & Knight, R. T. (1991). Normal global-local analysis in patients with dorsolateral frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*, *29*, 959-967.
- Robertson, L. C., Lamb, M. R., & Zaidel, E. (1993). Interhemispheric relations in processing hierarchical patterns: Evidence from normal and commissurotomed subjects. *Neuropsychology*, *7*, 325-342.
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, *124*, 207-231.
- Rugg, M. D., & Coles, M. G. H. (1995). *Electrophysiology of mind: Event-related brain potentials and cognition*. Oxford, New York, Tokio: Oxford University Press.
- Sasaki, Y., Hadjikhani, N., Fischl, B., Liu, A. K., Marret, S., Dale, A. M., & Tootell, R. B. H. (2001). Local and global attention are mapped retinotopically in human occipital cortex. *PNAS*, *98*, 2077-2082.
- Schatz, J., Craft, S., Koby, M., & DeBaun, M. R. (2004). Asymmetries in visual-spatial processing following childhood stroke. *Neuropsychology*, *18*, 340-352.
- Sergent, J. (1982). The cerebral balance of power: confrontation or cooperation? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *8*, 253-272.
- Sergent, J. (1983). Role of the input in visual hemispheric asymmetries. *Psychological Bulletin*, *93*, 481-512.
- Shulman, G. L., Sullivan, M. A., Gish, K., & Sakoda, W. J. (1986). The role of spatial-frequency channels in the perception of local and global structure. *Perception*, *15*, 259-273.
- Shulman, G. L., & Wilson, J. (1987). Spatial frequency and selective attention to local and global information. *Perception*, *16*, 89-101.

- Stoffer, T. H. (1993). The time course of attentional zooming: A comparison of voluntary and involuntary allocation of attention to the levels of compound stimuli. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 56, 14-25.
- Stoffer, T. H. (1994). Attentional zooming and the global-dominance phenomenon: Effects of level-specific cueing and abrupt visual onset. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 56, 83-98.
- Treisman, A. (1998). Feature binding, attention and object perception. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Science*, 353, 1295-1306.
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 95, 15-48.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A Feature-Integration Theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Van Kleeck, M. H. (1989). Hemispheric differences in global versus local processing of hierarchical visual stimuli by normal subjects: new data and a meta-analysis of previous studies. *Neuropsychologia*, 27, 1165-1178.
- Vorberg, D. (1992). Aufmerksamkeitswechsel zwischen globalen und lokalen Reizebenen [Attention shifts between global and local stimulus levels]. In L. Montada (Ed.), *Bericht über den 38. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Trier 1992* (Vol. 1, pp. 761). Göttingen: Hogrefe.
- Ward, L. M. (1982). Determinants of attention to local and global features of visual forms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 562-581.
- Weber, B., Schwarz, U., Kneifel, S., Treyer, V., & Buck, A. (2000). Hierarchical visual processing is dependent on the oculomotor system. *NeuroReport*, 11, 241-247.
- Weekes, N. Y., Carusi, D., & Zaidel, E. (1997). Interhemispheric relations in hierarchical perception: A second look. *Neuropsychologia*, 35, 37-44.
- Wertheimer, M. (1922). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. I. Prinzipielle Bemerkungen. *Psychologische Forschungen*.

-
- Yamaguchi, S., Yamagata, S., & Kobayashi, S. (2000). Cerebral asymmetry of the “top-down” allocation of attention to global and local features. *The Journal of Neuroscience*, *20*(RC72), 1-5.
- Yeshurun, Y., & Carrasco, M. (1998). Attention improves or impairs visual performance by enhancing spatial resolution. *Nature*, *396*, 72-75.
- Yovel, G., Yovel, I., & Levy, J. (2001). Hemispheric asymmetries for global and local visual perception: effects of stimulus and task factors. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *27*, 1369-1385.

Anhang

Im den folgenden Anhängen A, B und C sind jeweils die Ergebnisse der Varianzanalysen (ANOVAs) aus den Studien I, II und III aufgeführt. In den Tabellen A-1 bis A-7 beziehen sich die Werte ohne Klammern auf die Ergebnisse der Analysen der P3-Komponente, und die eingeklammerten Werte beziehen sich auf die entsprechenden Analysen der N2-Komponente. In der Tabelle A-8 sowie in allen Tabellen der Anhänge B und C beziehen sich die nicht-geklammerten Werte auf die Ergebnisse der ANOVAs über die Reaktionszeiten (in *ms*). In Klammern sind die Ergebnisse der entsprechenden Analysen der Fehlerraten angegeben.

Anhang A

Tabelle A-1 Ergebnisse der ANOVA zu Studie I (EKPs an *frontal-medialen* Elektroden) mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Hemisphäre der Ableitung (LH und RH)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		μ Volt	
Ebene	1, 11	2.09 (0.00)	.18 (.98)	global		1.72 (5.04)	
				lokal		2.18 (5.03)	
VF des Zielreizes	1, 11	0.01 (0.08)	.92 (.77)	LVF		1.97 (4.97)	
				RVF		1.93 (5.10)	
Kongruenz	1, 11	1.14 (0.49)	.31 (.50)	kongruent		1.77 (4.91)	
				inkongruent		2.13 (5.16)	
Hemisphäre	1, 11	52.63 (26.55)	<.001 (<.001)	LH		0.70 (3.87)	
				RH		3.19 (6.20)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 11	0.00 (0.03)	1.00 (.88)	global	LVF	1.74 (5.00)	
					RVF	1.70 (5.08)	
				lokal	LVF	2.20 (4.94)	
					RVF	2.16 (5.12)	
Ebene × Kongruenz	1, 11	0.00 (0.27)	.96 (.61)	global	kongruent	1.55 (5.00)	
					inkongruent	1.89 (5.09)	
				lokal	kongruent	1.99 (4.82)	
					inkongruent	2.37 (5.24)	
Ebene × Hemisphäre	1, 11	4.32 (12.74)	.06 (<.01)	global	LH	0.26 (3.62)	
					RH	3.17 (6.46)	
				lokal	LH	1.14 (4.13)	
					RH	3.22 (5.94)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	2.12 (0.05)	.17 (.82)	LVF	kongruent	1.93 (4.81)	
					inkongruent	2.00 (5.13)	
				RVF	kongruent	1.60 (5.01)	
					inkongruent	2.26 (5.19)	
VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	16.74 (17.40)	<.01 (<.01)	LVF	LH	1.43 (4.74)	
					RH	2.50 (5.20)	
				RVF	LH	-0.03 (3.01)	
					RH	3.89 (7.20)	
Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	4.24 (1.47)	.06 (.25)	kongruent	LH	0.35 (3.65)	
					RH	3.19 (6.17)	
				inkongruent	LH	1.06 (4.10)	
					RH	3.20 (6.23)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	0.04 (0.12)	.85 (.74)	global	LVF	kongruent	1.67 (4.97)
						inkongruent	1.80 (5.03)
					RVF	kongruent	1.42 (5.02)
						inkongruent	1.98 (5.14)
				lokal	LVF	kongruent	2.19 (4.65)
						inkongruent	2.20 (5.24)
					RVF	kongruent	1.78 (5.00)
						inkongruent	2.53 (5.25)
Ebene × VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	0.01 (1.39)	.93 (.26)	global	LVF	LH	0.99 (4.46)
						RH	2.48 (5.55)
					RVF	LH	-0.46 (2.79)
						RH	3.86 (7.37)
				lokal	LVF	LH	1.88 (5.03)
						RH	2.52 (4.86)
					RVF	LH	0.40 (3.22)
						RH	3.92 (7.02)
Ebene × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.51 (0.12)	.49 (.74)	global	kongruent	LH	-0.14 (3.50)
						RH	3.23 (6.50)
					inkongruent	LH	0.67 (3.75)
						RH	3.11 (6.42)
				lokal	kongruent	LH	0.83 (3.80)
						RH	3.14 (5.85)
					inkongruent	LH	1.45 (4.45)
						RH	3.29 (6.03)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe			µVolt	
VF des Zielreizes × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.28 (0.10)	.61 (.92)	LVF	kongruent	LH	1.26 (4.89)	
						RH	2.60 (5.13)	
					inkongruent	LH	1.61 (5.00)	
						RH	2.40 (5.27)	
				RVF	kongruent	LH	-0.57 (2.81)	
						RH	3.78 (7.22)	
					inkongruent	LH	0.51 (3.21)	
						RH	4.01 (7.18)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	1.48 (0.84)	.25 (.38)	global	LVF	kongruent	LH	0.65 (4.31)
							RH	2.70 (5.64)
						inkongruent	LH	1.33 (4.61)
							RH	2.27 (5.45)
					RVF	kongruent	LH	-0.93 (2.69)
							RH	3.77 (7.35)
						inkongruent	LH	0.01 (2.89)
							RH	3.96 (7.39)
				lokal	LVF	kongruent	LH	1.87 (4.67)
							RH	2.51 (4.63)
						inkongruent	LH	1.88 (5.39)
							RH	2.52 (5.09)
					RVF	kongruent	LH	-0.21 (2.93)
							RH	3.78 (7.08)
						inkongruent	LH	1.01 (3.52)
							RH	4.06 (6.97)

Tabelle A-2 Ergebnisse der ANOVA zu Studie I (EKPs an *frontal-lateralen* Elektroden) mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Hemisphäre der Ableitung (LH und RH)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		μ Volt	
Ebene	1, 11	0.58 (0.05)	.46 (.83)	global		-1.01 (2.08)	
				lokal		-0.79 (2.15)	
VF des Zielreizes	1, 11	0.01 (2.35)	.93 (.15)	LVF		-0.89 (1.93)	
				RVF		-0.91 (2.29)	
Kongruenz	1, 11	8.09 (3.04)	<.05 (.11)	kongruent		-1.17 (1.90)	
				inkongruent		-0.63 (2.33)	
Hemisphäre	1, 11	16.31 (12.57)	<.01 (<.01)	LH		-2.70 (0.50)	
				RH		0.89 (3.73)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 11	0.33 (0.46)	.58 (.51)	global	LVF	-0.94 (1.97)	
					RVF	-1.08 (2.18)	
				lokal	LVF	-0.85 (1.90)	
					RVF	-0.74 (2.41)	
Ebene × Kongruenz	1, 11	0.04 (0.82)	.85 (.39)	global	kongruent	-1.31 (1.96)	
					inkongruent	-0.71 (2.19)	
				lokal	kongruent	-1.04 (1.85)	
					inkongruent	-0.55 (2.46)	
Ebene × Hemisphäre	1, 11	2.09 (10.60)	.18 (<.01)	global	LH	-3.01 (0.17)	
					RH	0.99 (3.98)	
				lokal	LH	-2.40 (0.83)	
					RH	0.80 (3.47)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	0.44 (0.49)	.52 (.50)	LVF	kongruent	-1.11 (1.65)	
					inkongruent	-0.68 (2.22)	
				RVF	kongruent	-1.24 (2.16)	
					inkongruent	-0.58 (2.43)	
VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	21.32 (20.10)	<.001 (<.001)	LVF	LH	-1.10 (2.18)	
					RH	-0.69 (1.69)	
				RVF	LH	-4.30 (-1.17)	
					RH	2.48 (5.76)	
Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	3.69 (1.07)	.08 (.32)	kongruent	LH	-3.23 (0.15)	
					RH	0.88 (3.65)	
				inkongruent	LH	-2.17 (0.85)	
					RH	0.91 (3.80)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	0.98 (0.92)	.35 (.36)	global	LVF	kongruent	-1.07 (1.88)
						inkongruent	-0.81 (2.06)
					RVF	kongruent	-1.54 (2.04)
						inkongruent	-0.62 (2.32)
				lokal	LVF	kongruent	-1.14 (1.41)
						inkongruent	-0.55 (2.38)
					RVF	kongruent	-0.94 (2.28)
						inkongruent	-0.55 (2.54)
Ebene × VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	0.25 (2.80)	.63 (.12)	global	LVF	LH	-1.30 (1.80)
						RH	-0.58 (2.14)
					RVF	LH	-4.72 (-1.46)
						RH	2.56 (5.82)
				lokal	LVF	LH	-0.89 (2.55)
						RH	-0.80 (1.24)
					RVF	LH	-3.89 (-0.89)
						RH	2.40 (5.70)
Ebene × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.15 (1.26)	.71 (.29)	global	kongruent	LH	-3.60 (0.02)
						RH	0.98 (3.90)
					inkongruent	LH	-2.42 (0.32)
						RH	0.99 (4.06)
				lokal	kongruent	LH	-2.85 (0.29)
						RH	0.77 (3.40)
					inkongruent	LH	-1.93 (1.38)
						RH	0.83 (3.54)
VF des Zielreizes × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.52 (0.03)	.49 (.88)	LVF	kongruent	LH	-1.48 (1.73)
						RH	-0.73 (1.56)
				inkongruent	LH	-0.71 (2.62)	

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		µVolt		
(Fortsetzung Tabelle A-2)				RVF	kongruent	RH	-0.65 (1.82)	
						LH	-4.97 (-1.42)	
					inkongruent	RH	2.49 (5.74)	
						LH	-3.64 (-0.92)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.43 (0.16)	.53 (.69)	global	LVF	kongruent	LH	2.47 (5.78)
						RH	2.47 (5.78)	
						LH	-1.72 (1.60)	
						RH	-0.43 (2.16)	
					inkongruent	LH	-0.88 (2.00)	
						RH	-0.74 (2.13)	
						LH	-5.47 (-1.56)	
						RH	2.39 (5.64)	
				lokal	LVF	kongruent	LH	-3.96 (-1.35)
							RH	2.72 (6.00)
						inkongruent	LH	-1.25 (1.87)
							RH	-1.04 (0.96)
					RVF	kongruent	LH	-0.54 (3.24)
							RH	-0.56 (1.52)
						inkongruent	LH	-4.46 (-1.29)
							RH	2.59 (5.84)
	kongruent	LH	-3.31 (-0.49)					
		RH	2.22 (5.57)					

Tabelle A-3 Ergebnisse der ANOVA zu Studie I (EKPs an *zentralen* Elektroden) mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Hemisphäre der Ableitung (LH und RH)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		µVolt	
Ebene	1, 11	0.71 (1.61)	.42 (.23)	global		3.67 (1.84)	
				lokal		3.37 (1.41)	
VF des Zielreizes	1, 11	2.13 (0.21)	.17 (.65)	LVF		3.66 (1.67)	
				RVF		3.37 (1.58)	
Kongruenz	1, 11	2.29 (0.49)	.16 (.50)	kongruent		3.66 (1.57)	
				inkongruent		3.38 (1.68)	
Hemisphäre	1, 11	3.14 (2.66)	.10 (.13)	LH		2.25 (0.47)	
				RH		4.79 (2.78)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 11	0.10 (0.01)	.75 (.93)	global	LVF	3.78 (1.88)	
					RVF	3.55 (1.80)	
				lokal	LVF	3.54 (1.47)	
					RVF	3.19 (1.36)	
Ebene × Kongruenz	1, 11	0.14 (0.04)	.72 (.84)	global	kongruent	3.77 (1.80)	
					inkongruent	3.56 (1.88)	
				lokal	kongruent	3.54 (1.34)	
					inkongruent	3.19 (1.48)	
Ebene × Hemisphäre	1, 11	0.72 (1.31)	.41 (.28)	global	LH	2.26 (0.56)	
					RH	5.07 (3.12)	
				lokal	LH	2.23 (0.39)	
					RH	4.51 (2.44)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	0.98 (0.28)	.34 (.61)	LVF	kongruent	3.90 (1.67)	
					inkongruent	3.43 (1.48)	
				RVF	kongruent	3.42 (1.48)	
					inkongruent	3.32 (1.68)	
VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	31.07 (19.22)	<.001 (<.001)	LVF	LH	3.50 (1.85)	
					RH	3.83 (1.50)	
				RVF	LH	0.99 (-0.90)	
					RH	5.75 (4.06)	
Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.57 (0.001)	.47 (.98)	kongruent	LH	2.31 (0.42)	
					RH	5.01 (2.73)	
				inkongruent	LH	2.18 (0.53)	
					RH	4.57 (2.83)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	0.91 (2.38)	.36 (.15)	global	LVF	kongruent	4.06 (1.99)
						inkongruent	3.51 (1.77)
					RVF	kongruent	3.49 (1.61)
						inkongruent	3.61 (1.99)
				lokal	LVF	kongruent	3.73 (1.35)
						inkongruent	3.36 (1.59)
					RVF	kongruent	3.36 (1.34)
						inkongruent	3.02 (1.37)
Ebene × VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	0.38 (0.57)	.55 (.46)	global	LVF	LH	3.44 (1.87)
						RH	4.13 (1.89)
					RVF	LH	1.09 (-0.75)
						RH	6.01 (4.36)
				lokal	LVF	LH	3.56 (1.82)
						RH	3.53 (1.11)
					RVF	LH	0.90 (-1.05)
						RH	5.48 (3.76)
Ebene × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.30 (0.001)	.59 (.98)	global	kongruent	LH	2.23 (0.52)
						RH	5.32 (3.09)
					inkongruent	LH	2.29 (0.61)
						RH	4.82 (3.16)
				lokal	kongruent	LH	2.39 (0.32)
						RH	4.70 (2.37)
					inkongruent	LH	2.07 (0.45)
						RH	4.31 (2.51)
VF des Zielreizes × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.56 (0.33)	.47 (.58)	LVF	kongruent	LH	3.71 (1.79)
						RH	4.08 (1.55)
				inkongruent	LH	3.29 (1.90)	

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		µVolt	
(Fortsetzung Tabelle A-3)					RH	3.58 (1.45)	
				RVF	kongruent	LH 0.91 (-0.96)	
					RH	5.94 (3.91)	
					inkongruent	LH 1.08 (-0.85)	
					RH	5.55 (4.21)	
Ebene	1, 11	1.76 (0.69)	.21 (.43)	global	LVF	kongruent	LH 3.52 (1.88)
× VF des Zielreizes						RH	4.60 (2.10)
× Kongruenz						inkongruent	LH 3.35 (1.87)
× Hemisphäre						RH	3.67 (1.67)
					RVF	kongruent	LH 0.94 (-0.85)
						RH	6.04 (4.07)
						inkongruent	LH 1.24 (-0.66)
						RH	5.98 (4.64)
				lokal	LVF	kongruent	LH 3.89 (1.70)
						RH	3.57 (1.00)
						inkongruent	LH 3.23 (1.94)
						RH	3.49 (1.23)
					RVF	kongruent	LH 0.88 (-1.06)
						RH	5.84 (3.75)
						inkongruent	LH 0.92 (-1.04)
						RH	5.13 (3.78)

Tabelle A-4 Ergebnisse der ANOVA zu Studie I (EKPs an *temporalen* Elektroden) mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Hemisphäre der Ableitung (LH und RH)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		μ Volt	
Ebene	1, 11	0.47 (0.88)	.51 (.37)	global		-2.51 (-1.48)	
				lokal		-2.77 (-1.77)	
VF des Zielreizes	1, 11	1.98 (1.27)	.19 (.28)	LVF		-2.55 (-1.70)	
				RVF		-2.72 (-1.55)	
Kongruenz	1, 11	2.04 (2.26)	.18 (.16)	kongruent		-2.78 (-1.74)	
				inkongruent		-2.50 (-1.51)	
Hemisphäre	1, 11	9.10 (7.41)	<.05 (<.05)	LH		-4.55 (-3.20)	
				RH		-0.73 (-0.04)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 11	0.59 (1.59)	.46 (.23)	global	LVF	-2.37 (-1.50)	
					RVF	-2.64 (-1.46)	
				lokal	LVF	-2.73 (-1.90)	
					RVF	-2.80 (-1.64)	
Ebene × Kongruenz	1, 11	0.01 (0.34)	.94 (.57)	global	kongruent	-2.64 (-1.53)	
					inkongruent	-2.38 (-1.43)	
				lokal	kongruent	-2.92 (-1.95)	
					inkongruent	-2.62 (-1.59)	
Ebene × Hemisphäre	1, 11	0.46 (2.76)	.51 (.13)	global	LH	-4.54 (-3.26)	
					RH	-0.48 (0.31)	
				lokal	LH	-4.56 (-3.15)	
					RH	-0.98 (-0.39)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	0.11 (0.01)	.75 (.94)	LVF	kongruent	-2.65 (-1.82)	
					inkongruent	-2.45 (-1.57)	
				RVF	kongruent	-2.90 (-1.66)	
					inkongruent	-2.55 (-1.44)	
VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	48.05 (27.32)	<.001 (<.001)	LVF	LH	-3.02 (-1.54)	
					RH	-2.09 (-1.86)	
				RVF	LH	-6.09 (-4.87)	
					RH	0.64 (1.77)	
Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.55 (0.05)	.47 (.83)	kongruent	LH	-4.80 (-3.35)	
					RH	-0.75 (-0.13)	
				inkongruent	LH	-4.30 (-3.06)	
					RH	-0.70 (0.05)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	3.23 (2.48)	.10 (.14)	global	LVF	kongruent	-2.34 (-1.48)
						inkongruent	-2.40 (-1.52)
					RVF	kongruent	-2.93 (-1.59)
						inkongruent	-2.36 (-1.33)
				lokal	LVF	kongruent	-2.94 (-2.17)
						inkongruent	-2.51 (-1.63)
					RVF	kongruent	-2.87 (-1.73)
						inkongruent	-2.74 (-1.55)
Ebene × VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	0.64 (1.89)	.44 (.20)	global	LVF	LH	-3.05 (-1.71)
						RH	-1.69 (-1.28)
					RVF	LH	-6.03 (-4.81)
						RH	0.74 (-1.90)
				lokal	LVF	LH	-2.98 (-1.36)
						RH	-2.49 (-2.43)
					RVF	LH	-6.14 (-4.93)
						RH	0.54 (1.65)
Ebene × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.02 (0.59)	.90 (.46)	global	kongruent	LH	-4.76 (-3.24)
						RH	-0.51 (0.18)
					inkongruent	LH	-4.32 (-3.29)
						RH	-0.44 (0.44)
				lokal	kongruent	LH	-4.85 (-3.46)
						RH	-0.99 (-0.44)
					inkongruent	LH	-4.28 (-2.83)
						RH	-0.96 (-0.34)
VF des Zielreizes × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.80 (0.11)	.39 (.75)	LVF	kongruent	LH	-3.12 (-1.73)
						RH	-2.19 (-1.92)
					inkongruent	LH	-2.91 (-1.35)

Faktor	df	<i>F</i>	<i>p</i>	Faktorstufe		μ Volt		
(Fortsetzung Tabelle A-4)				RVF	kongruent	RH	-1.99 (-1.80)	
						LH	-6.49 (-4.97)	
					inkongruent	LH	0.69 (1.66)	
						RH	-5.68 (-4.77)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	1.52 (0.77)	.24 (.40)	global	LVF	kongruent	LH	0.58 (1.89)
						RH	-3.12 (-1.74)	
						inkongruent	LH	-1.57 (-1.21)
						RH	-2.98 (-1.68)	
					RVF	kongruent	LH	-1.82 (-1.35)
						RH	-6.40 (-4.74)	
						inkongruent	LH	-0.55 (1.57)
						RH	-5.65 (-4.89)	
				lokal	LVF	kongruent	LH	0.93 (2.22)
						RH	-3.11 (-1.71)	
						inkongruent	LH	-2.82 (-2.62)
						RH	-2.85 (-1.01)	
					RVF	kongruent	LH	-2.16 (-2.25)
						RH	-6.58 (-5.21)	
						inkongruent	LH	0.84 (1.75)
						RH	-5.71 (-4.65)	
					RH	0.23 (1.56)		

Tabelle A-5 Ergebnisse der ANOVA zu Studie I (EKPs an *zentro-parietalen* Elektroden) mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Hemisphäre der Ableitung (LH und RH)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		μ Volt	
Ebene	1, 11	3.69 (.001)	.08 (.97)	global		1.55 (-1.50)	
				lokal		1.12 (-1.51)	
VF des Zielreizes	1, 11	1.24 (3.32)	.29 (.10)		LVF	1.45 (-1.26)	
					RVF	1.23 (-1.75)	
Kongruenz	1, 11	19.81 (2.72)	<.001 (.13)		kongruent	1.78 (-1.32)	
					inkongruent	0.90 (-1.69)	
Hemisphäre	1, 11	1.82 (2.53)	.21 (.14)		LH	0.30 (-2.64)	
					RH	2.38 (-0.37)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 11	0.05 (0.01)	.83 (.95)	global	LVF	1.69 (-1.26)	
					RVF	1.42 (-1.74)	
				lokal	LVF	1.21 (-1.26)	
					RVF	1.04 (-1.76)	
Ebene × Kongruenz	1, 11	0.07 (0.63)	.79 (.45)	global	kongruent	2.02 (-1.39)	
					inkongruent	1.09 (-1.60)	
				lokal	kongruent	1.53 (-1.24)	
					inkongruent	0.72 (-1.77)	
Ebene × Hemisphäre	1, 11	0.42 (0.78)	.53 (.40)	global	LH	0.37 (-2.80)	
					RH	2.74 (-0.19)	
				lokal	LH	0.23 (-2.48)	
					RH	2.02 (-0.54)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	0.12 (0.30)	.74 (.60)	LVF	kongruent	1.87 (-1.01)	
					inkongruent	1.03 (-1.50)	
				RVF	kongruent	1.69 (-1.62)	
					inkongruent	0.77 (-1.87)	
VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	43.52 (25.99)	<.001 (<.001)	LVF	LH	1.94 (-0.62)	
					RH	0.95 (-1.89)	
				RVF	LH	-1.35 (-4.66)	
					RH	3.81 (1.16)	
Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.02 (0.16)	.88 (.70)		kongruent	LH 0.75 (-2.43)	
					RH 2.80 (-0.20)		
				inkongruent	LH	-0.15 (-2.85)	
					RH	1.95 (-0.53)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	0.53 (0.62)	.48 (.45)	global	LVF	kongruent	2.05 (-1.18)
						inkongruent	1.33 (-1.34)
					RVF	kongruent	1.99 (-1.60)
						inkongruent	0.85 (-1.87)
				lokal	LVF	kongruent	1.68 (-0.84)
						inkongruent	0.73 (-1.67)
					RVF	kongruent	1.38 (-1.64)
						inkongruent	0.70 (-1.88)
Ebene × VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	1.73 (1.11)	.22 (.32)	global	LVF	LH	1.88 (-0.93)
						RH	1.50 (-1.59)
					RVF	LH	-1.14 (-4.67)
						RH	3.98 (1.20)
				lokal	LVF	LH	2.01 (-0.31)
						RH	0.40 (-2.20)
					RVF	LH	-1.56 (-4.64)
						RH	3.64 (1.12)
Ebene × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.38 (0.12)	.55 (.74)	global	kongruent	LH	0.90 (-2.64)
						RH	3.14 (-0.14)
					inkongruent	LH	-0.16 (-2.96)
						RH	2.34 (-0.24)
				lokal	kongruent	LH	0.59 (-2.21)
						RH	2.47 (-0.27)
					inkongruent	LH	-0.14 (-2.74)
						RH	1.57 (-0.81)
VF des Zielreizes × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.75 (0.38)	.41 (.55)	LVF	kongruent	LH	2.44 (-0.39)
						RH	1.29 (-1.64)
					inkongruent	LH	1.45 (-0.86)
						RH	

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		µVolt	
(Fortsetzung Tabelle A-5)					RH	0.61 (-2.15)	
				RVF	kongruent	LH -0.95 (-4.47) RH 4.32 (1.23)	
					inkongruent	LH -1.75 (-4.84) RH 3.30 (1.10)	
Ebene	1, 11	3.92 (2.43)	.07 (.15)	global	LVF	kongruent	LH 2.19 (-0.98) RH 1.91 (-1.39)
× VF des Zielreizes						inkongruent	LH 1.57 (-0.89) RH 1.09 (-1.79)
× Kongruenz					RVF	kongruent	LH -0.39 (-4.31) RH 4.38 (1.10)
× Hemisphäre						inkongruent	LH -1.89 (-5.03) RH 3.58 (1.30)
				lokal	LVF	kongruent	LH 2.70 (0.21) RH 0.67 (-1.88)
						inkongruent	LH 1.32 (-0.83) RH 0.14 (-2.52)
					RVF	kongruent	LH -1.51 (-4.63) RH 4.27 (1.35)
						inkongruent	LH -1.61 (-4.65) RH 3.01 (0.89)

Tabelle A-6 Ergebnisse der ANOVA zu Studie I (EKPs an *parietalen* Elektroden) mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Hemisphäre der Ableitung (LH und RH)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		μ Volt	
Ebene	1, 11	5.06 (0.02)	<.05 (.91)	global		-1.80 (-4.35)	
				lokal		-2.25 (-4.38)	
VF des Zielreizes	1, 11	0.18 (1.13)	.68 (.31)	LVF		-2.07 (-4.22)	
				RVF		-1.98 (-4.51)	
Kongruenz	1, 11	4.43 (1.32)	.06 (.27)	kongruent		-1.78 (-4.21)	
				inkongruent		-2.27 (-4.52)	
Hemisphäre	1, 11	0.50 (1.41)	.50 (.26)	LH		-2.59 (-5.35)	
				RH		-1.46 (-3.38)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 11	1.67 (0.07)	.22 (.80)	global	LVF	-1.72 (-4.16)	
					RVF	-1.87 (-4.53)	
				lokal	LVF	-2.42 (-4.28)	
					RVF	-2.08 (-4.49)	
Ebene × Kongruenz	1, 11	0.03 (2.14)	.87 (.17)	global	kongruent	-1.53 (-4.35)	
					inkongruent	-2.07 (-4.34)	
				lokal	kongruent	-2.03 (-4.07)	
					inkongruent	-2.47 (-4.69)	
Ebene × Hemisphäre	1, 11	0.75 (0.47)	.40 (.51)	global	LH	-2.61 (-5.50)	
					RH	-0.99 (-3.19)	
				lokal	LH	-2.57 (-5.20)	
					RH	-1.93 (-3.57)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	2.46 (0.11)	.15 (.75)	LVF	kongruent	-1.96 (-4.02)	
					inkongruent	-2.18 (-4.42)	
				RVF	kongruent	-1.60 (-4.41)	
					inkongruent	-2.35 (-4.61)	
VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	40.84 (26.91)	<.001 (<.001)	LVF	LH	-1.00 (-3.33)	
					RH	-3.14 (-5.11)	
				RVF	LH	-4.18 (-7.36)	
					RH	0.22 (-1.66)	
Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.002 (0.15)	.96 (.71)	kongruent	LH	-2.35 (-5.24)	
					RH	-1.21 (-3.19)	
				inkongruent	LH	-2.83 (-5.46)	
					RH	-1.71 (-3.57)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	0.18 (0.37)	.68 (.56)	global	LVF	kongruent	-1.66 (-4.22)
						inkongruent	-1.78 (-4.11)
					RVF	kongruent	-1.40 (-4.49)
						inkongruent	-2.35 (-4.56)
				lokal	LVF	kongruent	-2.26 (-3.83)
						inkongruent	-2.58 (-4.73)
					RVF	kongruent	-1.81 (-4.32)
						inkongruent	-2.35 (-4.66)
Ebene × VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	1.58 (0.94)	.24 (.35)	global	LVF	LH	-1.12 (-3.64)
						RH	-2.33 (-4.69)
					RVF	LH	-4.10 (-7.35)
						RH	0.35 (-1.70)
				lokal	LVF	LH	-0.88 (-3.03)
						RH	-3.96 (-5.53)
					RVF	LH	-4.26 (-7.37)
						RH	0.10 (-1.61)
Ebene × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	5.93 (1.73)	<.05 (.22)	global	kongruent	LH	-2.21 (-5.46)
						RH	-0.85 (-3.25)
					inkongruent	LH	-3.01 (-5.54)
						RH	-1.13 (-3.13)
				lokal	kongruent	LH	-2.50 (-5.02)
						RH	-1.57 (-3.13)
					inkongruent	LH	-2.64 (-5.37)
						RH	-2.29 (-4.02)
VF des Zielreizes × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.11 (3.73)	.75 (.55)	LVF	kongruent	LH	-0.87 (-3.21)
						RH	-3.06 (-4.83)
				inkongruent	LH	-1.14 (-3.46)	

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		µVolt	
(Fortsetzung Tabelle A-6)					RH	-3.23 (-5.39)	
				RVF	kongruent	LH -3.84 (-7.26)	
					RH	0.63 (-1.55)	
					inkongruent	LH -4.51 (-7.46)	
					RH	-0.19 (-1.76)	
Ebene	1, 11	6.15 (1.93)	<.05 (.19)	global	LVF	kongruent	LH -1.13 (-3.84)
× VF des Zielreizes						RH	-2.20 (-4.60)
× Kongruenz						inkongruent	LH -1.12 (-3.44)
× Hemisphäre						RH	-2.45 (-4.78)
					RVF	kongruent	LH -3.29 (-7.07)
						RH	0.49 (-1.91)
						inkongruent	LH -4.90 (-7.64)
						RH	0.20 (-1.49)
				lokal	LVF	kongruent	LH -0.60 (-2.58)
						RH	-3.92 (-5.07)
						inkongruent	LH -1.16 (-3.47)
						RH	-4.00 (-6.00)
					RVF	kongruent	LH -4.39 (-7.45)
						RH	0.77 (-1.19)
						inkongruent	LH -4.13 (-7.28)
						RH	-0.58 (-2.03)

Tabelle A-7 Ergebnisse der ANOVA zu Studie I (EKPs an *okzipitalen* Elektroden) mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Hemisphäre der Ableitung (LH und RH)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		μ Volt	
Ebene	1, 11	0.46 (0.13)	.51 (.73)	global		-1.15 (-4.75)	
				lokal		-1.57 (-4.51)	
VF des Zielreizes	1, 11	0.13 (0.82)	.72 (0.39)	LVF		-1.45 (-4.39)	
				RVF		-1.28 (-4.87)	
Kongruenz	1, 11	1.63 (1.54)	.23 (.24)	kongruent		-1.12 (-4.41)	
				inkongruent		-1.61 (-4.85)	
Hemisphäre	1, 11	0.52 (0.97)	.49 (.35)	LH		-1.68 (-5.12)	
				RH		-1.04 (-4.14)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 11	0.29 (0.54)	.60 (.48)	global	LVF	-1.35 (-4.65)	
					RVF	-0.96 (-4.84)	
				lokal	LVF	-1.54 (-4.13)	
					RVF	-1.60 (-4.88)	
Ebene × Kongruenz	1, 11	0.002 (0.38)	.97 (.55)	global	kongruent	-0.90 (-4.66)	
					inkongruent	-1.41 (-4.84)	
				lokal	kongruent	-1.34 (-4.16)	
					inkongruent	-1.81 (-4.86)	
Ebene × Hemisphäre	1, 11	0.007 (0.04)	.94 (.85)	global	LH	-1.47 (-5.22)	
					RH	-0.84 (-4.28)	
				lokal	LH	-1.90 (-5.02)	
					RH	-1.24 (-4.00)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	1.95 (0.51)	.19 (.49)	LVF	kongruent	-1.50 (-4.29)	
					inkongruent	-1.39 (-4.50)	
				RVF	kongruent	-0.73 (-4.53)	
					inkongruent	-1.83 (-5.20)	
VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	27.00 (23.92)	<.001 (<.001)	LVF	LH	-0.89 (-3.89)	
					RH	-2.00 (-4.89)	
				RVF	LH	-2.48 (-6.34)	
					RH	-0.08 (-3.38)	
Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	0.19 (0.30)	.67 (.60)	kongruent	LH	-1.50 (-4.97)	
					RH	-0.73 (-3.85)	
				inkongruent	LH	-1.87 (-5.27)	
					RH	-1.35 (-4.43)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	0.40 (1.45)	.54 (.25)	global	LVF	kongruent	-1.52 (-4.83)
						inkongruent	-1.18 (-4.48)
					RVF	kongruent	-0.27 (-4.49)
						inkongruent	-1.65 (-5.20)
				lokal	LVF	kongruent	-1.49 (-3.75)
						inkongruent	-1.60 (-4.52)
					RVF	kongruent	-1.18 (-4.56)
						inkongruent	-2.01 (-5.20)
Ebene × VF des Zielreizes × Hemisphäre	1, 11	2.97 (2.20)	.11 (.17)	global	LVF	LH	-0.94 (-4.25)
						RH	-1.76 (-5.05)
					RVF	LH	-1.99 (-6.18)
						RH	0.07 (-3.51)
				lokal	LVF	LH	-0.84 (-3.53)
						RH	-2.25 (-4.73)
					RVF	LH	-2.96 (-6.51)
						RH	-0.24 (-3.26)
Ebene × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	5.71 (4.38)	<.05 (.06)	global	kongruent	LH	-1.14 (-5.13)
						RH	-0.65 (-4.19)
					inkongruent	LH	-1.79 (-5.30)
						RH	-1.03 (-4.37)
				lokal	kongruent	LH	-1.86 (-4.81)
						RH	-0.81 (-3.50)
					inkongruent	LH	-1.94 (-5.23)
						RH	-1.67 (-4.49)
VF des Zielreizes × Kongruenz × Hemisphäre	1, 11	1.20 (1.27)	.30 (.28)	LVF	kongruent	LH	-1.07 (-3.94)
						RH	-1.93 (-4.63)
				inkongruent	LH	-0.71 (-3.84)	

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		µVolt
(Fortsetzung Tabelle A-7)						
				RVF	kongruent	RH -2.07 (-5.15) LH -1.92 (-6.00)
					inkongruent	RH 0.47 (-3.06) LH -3.03 (-6.69)
						RH -0.63 (-3.71) LH -1.28 (-4.62)
Ebene	1, 11	16.46 (3.98)	<.01 (.07)	global	LVF	RH -1.76 (-5.04) LH -0.60 (-3.88)
× VF des Zielreizes						RH -1.75 (-5.07) LH -1.00 (-5.64)
× Kongruenz					RVF	RH 0.45 (-3.34) LH -2.99 (-6.72)
× Hemisphäre						RH -0.31 (-3.68) LH -0.87 (-3.26)
				lokal	LVF	RH -2.11 (-4.23) LH -0.81 (-3.80)
						RH -2.38 (-5.23) LH -2.85 (-6.35)
					RVF	RH 0.48 (-2.78) LH -3.07 (-6.67)
						RH -0.96 (-3.74)

Tabelle A-8 Ergebnisse der ANOVA zu Studie I (Verhaltensdaten) mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent und inkongruent)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		RT (ER)
Ebene	1, 11	11.61 (0.37)	<.01 (.56)	global		634 (4.90)
				lokal		680 (5.19)
VF des Zielreizes	1, 11	2.92 (2.19)	.12 (.18)		LVF	660 (4.85)
					RVF	653 (5.24)
Kongruenz	1, 11	44.20 (11.84)	<.001 (<.01)		kongruent	641 (3.45)
					inkongruent	672 (6.64)
Ebene × VF des Zielreizes	1, 11	8.90 (12.76)	<.05 (<.01)	global	LVF	630 (4.17)
					RVF	637 (5.63)
				lokal	LVF	690 (5.53)
					RVF	668 (4.85)
Ebene × Kongruenz	1, 11	0.36 (0.49)	.56 (.50)	global	kongruent	617 (3.45)
					inkongruent	651 (6.35)
				lokal	kongruent	665 (3.45)
					inkongruent	693 (6.93)
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	0.07 (0.74)	.79 (.41)		LVF kongruent	644 (3.39)
					inkongruent	676 (6.32)
					RVF kongruent	638 (3.52)
					inkongruent	668 (6.97)
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 11	1.13 (2.83)	.31 (.12)	global	LVF kongruent	615 (3.13)
					inkongruent	646 (5.21)
					RVF kongruent	619 (3.78)
					inkongruent	656 (7.49)
				lokal	LVF kongruent	673 (3.65)
					inkongruent	707 (7.42)
					RVF kongruent	657 (3.26)
					inkongruent	680 (6.45)

Anhang B

Tabelle B-1 Ergebnisse der ANOVAs zu Experiment II-1 mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Buchstabenposition (UU, US, SU)

Faktor	df	<i>F</i>	<i>p</i>	Faktorstufe		RT (ER)		
Ebene	1, 15	20.09 (0.34)	<.001 (.57)	global		547 (4.61)		
				lokal		569 (4.44)		
VF des Zielreizes	1, 15	1.82 (2.61)	.20 (.13)	LVF		553 (4.75)		
				RVF		563 (4.30)		
Kongruenz	1, 15	565.16 (20.12)	<.001 (<.001)	kongruent		542 (2.54)		
				inkongruent		574 (6.50)		
Buchstabenposition	2, 30	6.35 (16.37)	<.01 (<.001)		UU	554 (3.77)		
					US	554 (3.20)		
					SU	566 (6.59)		
Ebene × VF des Zielreizes	1, 15	0.02 (0.08)	.90 (.79)	global	LVF	542 (4.79)		
					RVF	552 (4.43)		
				lokal	LVF	564 (4.70)		
					RVF	573 (4.17)		
Ebene × Kongruenz	1, 15	2.05 (0.59)	.17 (.46)	global	kongruent	529 (2.49)		
					inkongruent	565 (6.72)		
				lokal	kongruent	554 (2.59)		
		inkongruent	583 (6.28)					
Ebene × Buchstabenposition	2, 30	1.94 (1.03)	.16 (.37)	global	UU	541 (3.64)		
					US	542 (3.15)		
					SU	559 (7.03)		
				lokal	UU	566 (3.91)		
					US	567 (3.25)		
					SU	573 (6.15)		
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 15	0.17 (0.04)	.69 (.86)	LVF	kongruent	536 (2.78)		
					inkongruent	569 (6.71)		
				RVF	kongruent	547 (2.30)		
					inkongruent	579 (6.30)		
VF des Zielreizes × Buchstabenposition	2, 30	0.43 (1.92)	.65 (.17)	LVF	UU	547 (3.98)		
					US	550 (3.69)		
					SU	562 (6.57)		
				RVF	UU	560 (3.57)		
					US	559 (2.71)		
					SU	570 (6.62)		
Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	39.00 (16.76)	<.001 (<.001)	kongruent	UU	549 (3.42)		
					US	536 (2.15)		
					SU	540 (2.05)		
				inkongruent	UU	558 (4.13)		
					US	573 (4.25)		
					SU	591 (11.13)		
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 15	2.54 (0.004)	.13 (.95)	global	LVF	kongruent	525 (2.70)	
						inkongruent	559 (6.87)	
						RVF	kongruent	533 (2.28)
						inkongruent	572 (6.58)	
				lokal	LVF	kongruent	548 (2.86)	
						inkongruent	580 (6.54)	
					RVF	kongruent	561 (2.31)	
						inkongruent	586 (6.02)	
Ebene × VF des Zielreizes × Buchstabenposition	2, 30	3.31 (6.09)	.05 (<.01)	global	LVF	UU	535 (4.35)	
						US	540 (3.81)	
						SU	551 (6.20)	
					RVF	UU	547 (2.93)	
						US	544 (2.49)	
				lokal	LVF	SU	566 (7.86)	
						UU	559 (3.61)	
						US	560 (3.57)	
					RVF	UU	547 (2.93)	
						US	544 (2.49)	

Faktor	df	<i>F</i>	<i>p</i>	Faktorstufe		RT (ER)
(Fortsetzung Tabelle B-1)					RVF	SU 572 (6.93) UU 573 (4.20) US 574 (2.93) SU 574 (5.37)
Ebene × Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	2.76 (0.40)	.08 (.68)	global	kongruent	UU 538 (3.32) US 522 (2.00) SU 528 (2.15)
					inkongruent	UU 544 (3.96) US 562 (4.30) SU 590 (11.92)
				lokal	kongruent	UU 560 (3.52) US 550 (2.30) SU 552 (1.95)
					inkongruent	UU 572 (4.30) US 584 (4.20) SU 593 (10.35)
VF des Zielreizes × Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	0.05 (0.49)	.95 (.62)		LVF kongruent	UU 542 (3.81) US 531 (2.54) SU 536 (2.00)
					inkongruent	UU 553 (4.15) US 569 (4.84) SU 587 (11.13)
					RVF kongruent	UU 556 (3.03) US 541 (1.76) SU 544 (2.10)
					inkongruent	UU 564 (4.10) US 577 (3.66) SU 596 (11.13)
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz × Buchstabenposition	1, 15	12.80 (2.55)	<.001 (.095)	global	LVF kongruent	UU 530 (3.81) US 518 (2.44) SU 527 (1.86)
					inkongruent	UU 541 (4.88) US 561 (5.18) SU 575 (10.55)
					RVF kongruent	UU 547 (2.83) US 525 (1.56) SU 528 (2.44)
					inkongruent	UU 547 (3.03) US 563 (3.42) SU 604 (13.28)
				lokal	LVF kongruent	UU 555 (3.81) US 544 (2.64) SU 544 (2.15)
					inkongruent	UU 564 (3.42) US 576 (4.49) SU 599 (11.72)
					RVF kongruent	UU 565 (3.22) US 557 (1.95) SU 560 (1.76)
					inkongruent	UU 580 (5.18) US 591 (3.91) SU 587 (8.99)

Tabelle B-2 Ergebnisse der ANOVA zu Experiment II-2 mit Zielreizen im *peripheren* visuellen Feld und den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Buchstabenposition (UU, US, SU)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		RT (ER)	
Ebene	1, 15	23.12 (0.29)	<.001 (.60)	global		621 (5.23)	
				lokal		664 (5.57)	
VF des Zielreizes	1, 15	0.29 (0.34)	.60 (.57)		LVF	644 (5.53)	
					RVF	641 (5.26)	
Kongruenz	1, 15	60.37 (53.93)	<.001 (<.001)		kongruent	622 (3.22)	
					inkongruent	662 (7.57)	
Buchstabenposition	2, 30	7.10 (22.73)	<.01 (<.001)			UU 646 (4.20)	
						US 628 (4.18)	
						SU 653 (7.81)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 15	2.14 (1.84)	.16 (.20)	global	LVF	619 (5.03)	
					RVF	623 (5.43)	
				lokal	LVF	668 (6.04)	
					RVF	660 (5.10)	
Ebene × Kongruenz	1, 15	1.83 (2.04)	.20 (.20)	global	kongruent	598 (3.26)	
					inkongruent	643 (7.21)	
				lokal	kongruent	646 (3.19)	
					inkongruent	682 (7.94)	
Ebene × Buchstabenposition	2, 30	2.33 (4.87)	.11 (<.05)	global		UU 619 (4.49)	
						US 609 (4.20)	
						SU 634 (7.01)	
				lokal		UU 672 (3.91)	
						US 647 (4.17)	
						SU 672 (8.62)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 15	0.31 (0.10)	.59 (.76)	LVF	kongruent	623 (3.43)	
					inkongruent	664 (7.64)	
				RVF	kongruent	622 (3.02)	
					inkongruent	661 (7.51)	
VF des Zielreizes × Buchstabenposition	2, 30	2.58 (1.23)	.09 (.31)	LVF		UU 650 (4.65)	
						US 631 (4.00)	
						SU 650 (7.95)	
				RVF		UU 642 (3.75)	
						US 625 (4.37)	
						SU 657 (7.68)	
Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	38.96 (46.40)	<.001 (<.001)		kongruent	UU 652 (4.36)	
						US 602 (3.22)	
						SU 613 (2.08)	
				inkongruent	UU	639 (4.03)	
					US	654 (5.15)	
					SU	694 (13.54)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 15	5.40 (3.09)	<.05 (.10)	global	LVF	kongruent 599 (3.43)	
						inkongruent 639 (6.64)	
					RVF	kongruent 598 (3.08)	
						inkongruent 647 (7.78)	
				lokal	LVF	kongruent 647 (3.42)	
						inkongruent 689 (8.65)	
					RVF	kongruent 645 (2.96)	
						inkongruent 674 (7.23)	
Ebene × VF des Zielreizes × Buchstabenposition	2, 30	1.44 (3.06)	.25 (.06)	global	LVF	UU 621 (4.75)	
							US 612 (4.17)
							SU 624 (6.18)
					RVF	UU 618 (4.23)	
							US 606 (4.23)
							SU 645 (7.84)
				lokal	LVF	UU 679 (4.55)	
							US 650 (3.83)
							SU 676 (9.73)
					RVF	UU 666 (3.27)	
							US 644 (4.50)

Faktor	df	<i>F</i>	<i>p</i>	Faktorstufe		RT (ER)	
(Fortsetzung Tabelle B-2)						SU 669 (7.51)	
Ebene × Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	0.92 (3.91)	.41 (<.05)	global	kongruent	UU 622 (4.36)	
						US 578 (3.19)	
						SU 595 (2.22)	
					inkongruent	UU 616 (4.62)	
						US 640 (5.21)	
						SU 673 (11.80)	
				lokal	kongruent	UU 683 (4.36)	
						US 626 (3.26)	
						SU 630 (1.95)	
					inkongruent	UU 662 (3.45)	
						US 668 (5.08)	
						SU 715 (15.29)	
VF des Zielreizes × Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	0.68 (0.21)	.51 (.81)	LVF	kongruent	UU 658 (4.74)	
						US 602 (3.06)	
						SU 609 (2.47)	
					inkongruent	UU 641 (4.56)	
						US 660 (4.95)	
						SU 691 (13.43)	
				RVF	kongruent	UU 647 (3.98)	
						US 602 (3.39)	
						SU 616 (1.69)	
					inkongruent	UU 637 (3.51)	
						US 648 (5.35)	
						SU 697 (13.66)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz × Buchstabenposition	1, 15	3.94 (4.47)	<.05 (<.05)	global	LVF	kongruent	UU 623 (4.43)
							US 580 (3.12)
							SU 593 (2.73)
						inkongruent	UU 618 (5.07)
							US 643 (5.22)
							SU 655 (9.63)
					RVF	kongruent	UU 622 (4.30)
							US 575 (3.26)
							SU 598 (1.70)
						inkongruent	UU 614 (4.17)
							US 636 (5.21)
							SU 691 (13.98)
				lokal	LVF	kongruent	UU 693 (5.06)
							US 624 (2.99)
							SU 625 (2.21)
						inkongruent	UU 665 (4.04)
							US 676 (4.67)
							SU 727 (17.24)
					RVF	kongruent	UU 672 (3.67)
							US 629 (3.52)
							SU 635 (1.69)
						inkongruent	UU 659 (2.86)
							US 660 (5.49)
							SU 703 (13.34)

Tabelle B-3 Ergebnisse der ANOVA zu Experiment II-2 mit Zielreizen im *zentralen* visuellen Feld und den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Ablenkens (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Buchstabenposition (UU, US, SU)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		RT (ER)
Ebene	1, 15	0.71 (2.20)	.41 (.16)	global		581 (4.81)
				lokal		591 (3.69)
VF des Ablenkens	1, 15	2.63 (1.12)	.13 (.31)		LVF	582 (4.52)
					RVF	590 (3.98)
Kongruenz	1, 15	22.89 (31.62)	<.001 (<.001)		kongruent	570 (2.11)
					inkongruent	602 (6.40)
Buchstabenposition	2, 30	15.79 (20.19)	<.001 (<.001)		UU	581 (2.91)
					US	567 (2.59)
					SU	610 (7.26)
Ebene × VF des Ablenkens	1, 15	1.46 (0.09)	.25 (.77)	global	LVF	574 (5.14)
					RVF	588 (4.47)
				lokal	LVF	590 (3.90)
					RVF	591 (3.49)
Ebene × Kongruenz	1, 15	3.46 (9.84)	.08 (<.01)	global	kongruent	561 (1.56)
					inkongruent	601 (8.05)
				lokal	kongruent	579 (2.65)
					inkongruent	603 (4.74)
Ebene × Buchstabenposition	2, 30	8.17 (9.71)	<.01 (<.001)	global	UU	567 (2.44)
					US	555 (2.15)
					SU	621 (9.84)
				lokal	UU	595 (3.38)
					US	578 (3.03)
					SU	599 (4.67)
VF des Ablenkens × Kongruenz	1, 15	0.18 (1.21)	.68 (.29)	LVF	kongruent	565 (2.09)
					inkongruent	599 (6.96)
				RVF	kongruent	574 (2.12)
					inkongruent	605 (5.84)
VF des Ablenkens × Buchstabenposition	2, 30	0.68 (0.09)	.51 (.92)	LVF	UU	577 (3.32)
					US	566 (2.74)
					SU	603 (7.50)
				RVF	UU	585 (2.49)
					US	568 (2.44)
					SU	616 (7.01)
Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	11.95 (23.88)	<.001 (<.001)		kongruent	UU 582 (2.40)
					US 557 (2.45)	
					SU 571 (1.46)	
				inkongruent	UU 579 (3.41)	
					US 577 (2.73)	
					SU 649 (13.05)	
Ebene × VF des Ablenkens × Kongruenz	1, 15	0.69 (0.04)	.42 (.85)	global	LVF	kongruent 555 (1.56)
					inkongruent 592 (8.72)	
					RVF	kongruent 566 (1.56)
					inkongruent 610 (7.39)	
				lokal	LVF	kongruent 575 (2.61)
					inkongruent 605 (5.19)	
					RVF	kongruent 583 (2.68)
					inkongruent 600 (4.30)	
Ebene × VF des Ablenkens × Buchstabenposition	2, 30	0.14 (1.89)	.87 (.17)	global	LVF	UU 559 (3.13)
						US 550 (1.95)
						SU 612 (10.35)
					RVF	UU 575 (1.75)
						US 561 (2.34)
						SU 630 (9.33)
				lokal	LVF	UU 594 (3.52)
						US 582 (3.53)
						SU 595 (4.66)
					RVF	UU 596 (3.24)
						US 575 (2.54)

Faktor	df	<i>F</i>	<i>p</i>	Faktorstufe		RT (ER)	
(Fortsetzung Tabelle B-3)						SU 603 (4.69)	
Ebene × Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	12.22 (10.94)	<.001 (<.001)	global	kongruent	UU 566 (1.76)	
						US 551 (2.15)	
						SU 565 (0.78)	
					inkongruent	UU 566 (3.11)	
						US 560 (2.15)	
						SU 678 (18.90)	
				lokal	kongruent	UU 598 (3.05)	
						US 562 (2.75)	
						SU 577 (2.15)	
					inkongruent	UU 592 (3.71)	
						US 594 (3.32)	
						SU 621 (7.20)	
VF des Ablenkers × Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	0.03 (0.12)	.97 (.89)	LVF	kongruent	UU 576 (2.54)	
						US 555 (2.16)	
						SU 564 (1.56)	
					inkongruent	UU 577 (4.10)	
						US 577 (3.32)	
						SU 643 (13.45)	
				RVF	kongruent	UU 588 (2.27)	
						US 558 (2.73)	
						SU 577 (1.37)	
					inkongruent	UU 582 (2.72)	
						US 578 (2.15)	
						SU 656 (12.65)	
Ebene × VF des Ablenkers × Kongruenz × Buchstabenposition	1, 15	2.95 (0.37)	.07 (.70)	global	LVF	kongruent	UU 556 (2.34)
							US 543 (1.56)
							SU 566 (0.78)
						inkongruent	UU 561 (3.91)
							US 557 (2.34)
							SU 658 (19.92)
					RVF	kongruent	UU 577 (1.17)
							US 559 (2.73)
							SU 563 (0.78)
						inkongruent	UU 571 (2.32)
							US 562 (1.95)
							SU 697 (17.88)
				lokal	LVF	kongruent	UU 596 (2.73)
							US 568 (2.76)
							SU 562 (2.34)
						inkongruent	UU 592 (4.30)
							US 596 (4.30)
							SU 628 (6.97)
					RVF	kongruent	UU 599 (3.36)
							US 557 (2.73)
							SU 591 (1.95)
						inkongruent	UU 593 (3.13)
							US 593 (2.34)
							SU 615 (7.42)

Tabelle B-4 Ergebnisse der ANOVAs zu Experiment II-3 mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF), Kongruenz (kongruent und inkongruent) und Buchstabenposition (UU, US, SU)

Faktor	df	<i>F</i>	<i>p</i>	Faktorstufe		RT (ER)
Ebene	1, 15	33.54 (6.01)	<.001 (<.05)	global		600 (5.03)
				lokal		644 (6.71)
VF des Zielreizes	1, 15	9.07 (3.39)	<.01 (.09)		LVF	632 (6.24)
					RVF	612 (5.50)
Kongruenz	1, 15	66.73 (46.24)	<.001 (<.001)		kongruent	594 (3.57)
					inkongruent	650 (8.17)
Buchstabenposition	2, 30	10.42 (7.63)	<.001 (<.01)		UU	630 (5.16)
					US	602 (4.74)
					SU	633 (7.72)
Ebene × VF des Zielreizes	1, 15	2.27 (4.82)	.15 (<.05)	global	LVF	606 (4.75)
					RVF	594 (5.31)
				lokal	LVF	658 (7.73)
					RVF	630 (5.70)
Ebene × Kongruenz	1, 15	1.25 (1.11)	.28 (.031)	global	kongruent	570 (2.99)
					inkongruent	630 (7.06)
				lokal	kongruent	617 (4.15)
					inkongruent	671 (9.28)
Ebene × Buchstabenposition	2, 30	0.004 (0.33)	.996 (.72)	global	UU	609 (4.05)
					US	580 (4.08)
					SU	611 (6.96)
				lokal	UU	652 (6.27)
					US	624 (5.40)
					SU	656 (8.47)
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 15	3.70 (12.13)	.07 (<.01)	LVF	kongruent	606 (3.43)
					inkongruent	657 (9.05)
				RVF	kongruent	581 (3.71)
					inkongruent	643 (7.29)
VF des Zielreizes × Buchstabenposition	2, 30	2.73 (0.75)	.08 (.48)	LVF	UU	645 (5.27)
					US	611 (5.13)
					SU	639 (8.33)
				RVF	UU	616 (5.05)
					US	593 (4.35)
					SU	627 (7.11)
Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	25.40 (21.56)	<.001 (<.001)		kongruent	UU 631 (5.23)
					US 564 (3.17)	
					SU 586 (2.32)	
					inkongruent	UU 630 (5.10)
					US 640 (6.30)	
					SU 681 (13.11)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 15	0.99 (6.98)	.36 (<.05)	global	LVF	kongruent 580 (2.73)
					inkongruent 631 (6.77)	
					RVF	kongruent 560 (3.26)
					inkongruent 628 (7.36)	
				lokal	LVF	kongruent 632 (4.14)
					inkongruent 684 (11.33)	
					RVF	kongruent 603 (4.17)
					inkongruent 658 (7.23)	
Ebene × VF des Zielreizes × Buchstabenposition	2, 30	1.92 (3.35)	.16 (<.05)	global	LVF	UU 619 (3.66)
						US 590 (4.30)
						SU 608 (6.30)
					RVF	UU 598 (4.44)
						US 570 (3.86)
						SU 614 (7.62)
				lokal	LVF	UU 670 (6.89)
						US 632 (5.96)
						SU 671 (10.35)
					RVF	UU 634 (5.66)
						US 616 (4.84)

Faktor	df	<i>F</i>	<i>p</i>	Faktorstufe		RT (ER)	
(Fortsetzung Tabelle B-4)						SU 641 (6.59)	
Ebene × Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	0.94 (0.62)	.40 (.54)	global	kongruent	UU 610 (4.25)	
						US 537 (2.49)	
						SU 564 (2.25)	
					inkongruent	UU 607 (3.86)	
						US 623 (5.66)	
						SU 659 (11.67)	
				lokal	kongruent	UU 553 (6.20)	
						US 591 (3.86)	
						SU 608 (2.39)	
					inkongruent	UU 652 (6.35)	
						US 657 (6.94)	
						SU 703 (14.55)	
VF des Zielreizes × Kongruenz × Buchstabenposition	2, 30	3.47 (1.73)	<.05 (.20)	LVF	kongruent	UU 652 (4.88)	
						US 571 (3.47)	
						SU 596 (1.95)	
					inkongruent	UU 638 (5.66)	
						US 652 (6.79)	
						SU 683 (14.70)	
				RVF	kongruent	UU 611 (5.57)	
						US 557 (2.88)	
						SU 576 (2.69)	
					inkongruent	UU 622 (4.54)	
						US 628 (5.81)	
						SU 679 (11.53)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz × Buchstabenposition	1, 15	11.86 (5.80)	<.001 (<.01)	global	LVF	kongruent	UU 624 (3.32)
							US 541 (2.73)
							SU 576 (2.15)
						inkongruent	UU 615 (4.00)
							US 639 (5.86)
							SU 641 (10.45)
					RVF	kongruent	UU 596 (5.18)
							US 532 (2.25)
							SU 551 (2.34)
						inkongruent	UU 600 (3.71)
							US 608 (5.47)
							SU 676 (12.89)
				lokal	LVF	kongruent	UU 680 (6.45)
							US 600 (4.20)
							SU 616 (1.76)
						inkongruent	UU 661 (7.32)
							US 664 (7.72)
							SU 725 (18.95)
					RVF	kongruent	UU 626 (5.96)
							US 582 (3.52)
							SU 600 (3.03)
						inkongruent	UU 643 (5.37)
							US 649 (6.15)
							SU 681 (10.16)

Anhang C

Tabelle C-1 Ergebnisse der ANOVAs zu Experiment III-1 mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent und inkongruent)

Faktor	df	<i>F</i>	<i>p</i>	Faktorstufe		RT (ER)	
Ebene	1, 15	7.11 (0.40)	<.05 (.54)	global		539 (4.57)	
				lokal		520 (4.20)	
VF des Zielreizes	1, 15	0.02 (1.19)	.90 (.29)		LVF	530 (4.62)	
					RVF	530 (4.15)	
Kongruenz	1, 15	27.36 (9.70)	<.001 (<.01)		kongruent	513 (3.29)	
					inkongruent	547 (5.49)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 15	6.81 (1.11)	<.05 (.31)	global	LVF	534 (4.62)	
					RVF	544 (4.53)	
				lokal	LVF	525 (4.62)	
					RVF	517 (3.78)	
Ebene × Kongruenz	1, 15	15.74 (1.83)	<.01 (.20)	global	kongruent	531 (3.87)	
					inkongruent	548 (5.27)	
				lokal	kongruent	495 (2.70)	
					inkongruent	547 (5.70)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 15	0.03 (1.50)	.87 (.24)	LVF	kongruent	512 (3.32)	
					inkongruent	547 (5.93)	
				RVF	kongruent	513 (3.26)	
					inkongruent	547 (5.05)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	1, 15	0.40 (3.57)	.54 (.08)	global	LVF	kongruent	527 (3.97)
					inkongruent	542 (5.27)	
					RVF	kongruent	535 (3.78)
					inkongruent	553 (5.27)	
				lokal	LVF	kongruent	498 (2.67)
					inkongruent	553 (6.58)	
					RVF	kongruent	491 (2.73)
					inkongruent	542 (4.82)	

Tabelle C-2 Ergebnisse der ANOVAs zu Experiment III-2 mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent, inkongruent und neutral)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		RT (ER)	
Ebene	1, 15	0.001 (4.80)	.97 (<.05)	global		500 (2.10)	
				lokal		500 (3.03)	
VF des Zielreizes	1, 15	1.02 (0.81)	.33 (.38)		LVF	501 (2.47)	
					RVF	498 (2.66)	
Kongruenz	2, 30	54.68 (10.04)	<.001 (<.001)		kongruent	499 (1.92)	
					inkongruent	524 (3.71)	
					neutral	476 (2.07)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 15	20.67 (2.87)	<.001 (.11)	global	LVF	494 (1.74)	
					RVF	505 (2.47)	
				lokal	LVF	508 (3.21)	
					RVF	492 (2.84)	
Ebene × Kongruenz	2, 30	15.69 (1.39)	<.001 (.27)	global	kongruent	513 (1.79)	
					inkongruent	517 (2.93)	
					neutral	469 (1.60)	
				lokal	kongruent	484 (2.05)	
					inkongruent	532 (4.49)	
					neutral	483 (2.54)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	2, 30	1.12 (0.86)	.34 (.43)	LVF	kongruent	498 (1.92)	
					inkongruent	527 (3.45)	
					neutral	478 (2.05)	
				RVF	kongruent	499 (1.92)	
					inkongruent	522 (3.97)	
					neutral	474 (2.08)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	2, 30	4.32 (0.55)	<.05 (.59)	global	LVF	kongruent	503 (1.37)
						inkongruent	512 (2.41)
						neutral	468 (1.43)
					RVF	kongruent	523 (2.21)
						inkongruent	522 (3.45)
						neutral	470 (1.76)
				lokal	LVF	kongruent	493 (2.48)
						inkongruent	542 (4.49)
						neutral	488 (2.67)
					RVF	kongruent	476 (1.63)
						inkongruent	522 (4.49)
						neutral	478 (2.41)

Tabelle C-3 Ergebnisse der ANOVAs zu Experiment III-3 mit den Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF) und Kongruenz (kongruent, inkongruent und neutral)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		RT (ER)	
Ebene	1, 15	18.83 (1.27)	<.001 (.28)	global		450 (3.67)	
				lokal		470 (3.96)	
VF des Zielreizes	1, 15	0.27 (1.46)	.61 (.25)		LVF	461 (3.67)	
					RVF	459 (3.96)	
Kongruenz	2, 30	14.74 (13.49)	<.001 (<.001)		kongruent	455 (2.91)	
					inkongruent	473 (4.96)	
					neutral	453 (3.57)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 15	2.42 (4.25)	.14 (.06)	global	LVF	449 (3.27)	
					RVF	451 (4.06)	
				lokal	LVF	473 (4.06)	
					RVF	468 (3.86)	
Ebene × Kongruenz	2, 30	2.90 (0.20)	.07 (.82)	global	kongruent	448 (2.83)	
					inkongruent	459 (4.69)	
					neutral	444 (3.48)	
				lokal	kongruent	461 (3.00)	
					inkongruent	487 (5.24)	
					neutral	463 (3.65)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	2, 30	1.82 (0.38)	.18 (.69)		LVF	kongruent 453 (2.83)	
						inkongruent 475 (4.69)	
						neutral 454 (3.48)	
					RVF	kongruent 456 (3.00)	
						inkongruent 471 (5.24)	
						neutral 452 (3.65)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	2, 30	2.14 (3.01)	.14 (.07)	global	LVF	kongruent 446 (2.93)	
						inkongruent 457 (3.78)	
						neutral 445 (3.13)	
					RVF	kongruent 451 (2.74)	
						inkongruent 461 (5.60)	
						neutral 443 (3.84)	
					lokal	LVF	kongruent 462 (2.73)
						inkongruent 492 (5.60)	
						neutral 464 (3.84)	
					RVF	kongruent 461 (3.26)	
						inkongruent 481 (4.88)	
						neutral 461 (3.45)	

Tabelle C-4 Ergebnisse der ANOVA zu dem Vergleich der Experimente III-2 und III-3 mit Messwiederholungsfaktoren Ebene (global und lokal), Visuelles Feld des Zielreizes (LVF und RVF) und Kongruenz (neutral, kongruent und inkongruent) sowie dem Zwischengruppenfaktor Instruktion (selektive Aufmerksamkeit „SA“ und verteilte Aufmerksamkeit „VA“)

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		RT (ER)	
Ebene	1, 30	4.94 (6.03)	<.05 (<.05)	global		475 (2.89)	
				lokal		485 (3.49)	
VF des Zielreizes	1, 30	1.14 (2.62)	.29 (.14)		LVF	481 (3.07)	
					RVF	479 (3.31)	
Kongruenz	2, 60	63.14 (22.85)	<.001 (<.001)		kongruent	477 (2.42)	
					inkongruent	499 (4.34)	
					neutral	465 (2.82)	
Instruktion	1, 30	4.20 (5.02)	<.05 (<.05)		SA	460 (3.81)	
					VA	500 (2.57)	
Ebene × VF des Zielreizes	1, 30	20.69 (6.66)	<.001 (<.05)	global	LVF	472 (2.51)	
					RVF	478 (3.27)	
				lokal	LVF	490 (3.64)	
					RVF	480 (3.35)	
Ebene × Kongruenz	2, 60	16.84 (1.30)	<.001 (.30)	global	kongruent	480 (2.31)	
					inkongruent	488 (3.81)	
					neutral	456 (2.54)	
				lokal	kongruent	473 (2.52)	
					inkongruent	509 (4.87)	
					neutral	473 (3.09)	
Ebene × Instruktion	1, 30	4.67 (1.62)	<.05 (.21)	global	SA	450 (3.69)	
					VA	500 (2.10)	
				lokal	SA	470 (3.96)	
					VA	500 (3.03)	
VF des Zielreizes × Kongruenz	2, 60	2.77 (1.15)	.07 (.32)	LVF	kongruent	476 (2.38)	
					inkongruent	501 (4.07)	
					neutral	466 (2.77)	
				RVF	kongruent	477 (2.46)	
					inkongruent	496 (4.61)	
					neutral	463 (2.86)	
VF des Zielreizes × Instruktion	1, 30	0.09 (0.12)	.77 (.74)	LVF	SA	461 (3.67)	
					VA	501 (2.47)	
				RVF	SA	459 (3.96)	
					VA	498 (2.66)	
Kongruenz × Instruktion	2, 60	11.98 (0.35)	<.001 (.70)		kongruent	SA 455 (2.91)	
					inkongruent	SA 473 (4.96)	
					neutral	VA 524 (3.71)	
					SA	499 (1.92)	
					VA	453 (3.57)	
					VA	476 (2.07)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz	2, 60	5.00 (1.24)	<.01 (.30)	global	LVF	kongruent	474 (2.15)
						inkongruent	484 (3.09)
						neutral	456 (2.28)
					RVF	kongruent	487 (2.47)
						inkongruent	491 (4.53)
						neutral	456 (2.80)
				lokal	LVF	kongruent	477 (2.60)
						inkongruent	517 (5.05)
						neutral	476 (3.25)
					RVF	kongruent	468 (2.44)
						inkongruent	501 (4.69)
						neutral	470 (2.93)
Ebene × VF des Zielreizes × Instruktion	1, 30	7.00 (0.03)	<.05 (.87)	global	LVF	SA	449 (3.28)
						VA	494 (1.74)
					RVF	SA	451 (4.06)
				lokal	LVF	VA	505 (2.47)
						SA	473 (4.06)
					RVF	VA	508 (3.21)
	SA	468 (3.86)					
	VA	492 (2.84)					

Faktor	df	F	p	Faktorstufe		RT (ER)		
Ebene × Kongruenz × Instruktion	2, 60	6.61 (0.40)	<.01 (.67)	global	kongruent	SA	448 (2.83)	
						VA	513 (1.79)	
					inkongruent	SA	459 (4.69)	
						VA	517 (2.93)	
					neutral	SA	444 (3.48)	
						VA	469 (1.60)	
				lokal	kongruent	SA	461 (3.00)	
						VA	484 (2.05)	
					inkongruent	SA	487 (5.24)	
						VA	532 (4.49)	
					neutral	SA	463 (3.65)	
						VA	483 (2.54)	
VF des Zielreizes × Kongruenz × Instruktion	2, 60	0.00 (0.02)	1.00 (.98)	LVF	kongruent	SA	453 (2.83)	
						VA	498 (1.92)	
					inkongruent	SA	475 (4.69)	
						VA	527 (3.45)	
					neutral	SA	454 (3.48)	
						VA	478 (2.05)	
				RVF	kongruent	SA	456 (3.00)	
						VA	499 (1.92)	
					inkongruent	SA	471 (5.24)	
						VA	522 (3.97)	
					neutral	SA	452 (3.65)	
						VA	474 (2.08)	
Ebene × VF des Zielreizes × Kongruenz × Instruktion	2, 60	1.88 (2.84)	.16 (.07)	global	LVF	kongruent	SA	446 (2.93)
							VA	503 (1.37)
						inkongruent	SA	457 (3.78)
					VA		512 (2.41)	
					neutral	SA	445 (3.13)	
						VA	468 (1.43)	
						RVF	kongruent	SA
					VA			523 (2.21)
					inkongruent		SA	461 (5.60)
				VA		522 (3.45)		
				neutral	SA	443 (3.84)		
					VA	470 (1.76)		
					lokal	LVF	kongruent	SA
				VA				493 (2.48)
				inkongruent			SA	492 (5.60)
						VA	542 (4.49)	
				neutral		SA	464 (3.84)	
						VA	488 (2.67)	
RVF	kongruent	SA	461 (3.26)					
		VA	476 (1.63)					
	inkongruent	SA	481 (4.88)					
VA		522 (4.49)						
neutral	SA	461 (3.45)						
	VA	478 (2.41)						