

Auditorischer Neglekt und auditorische Extinktion bei Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt

Dipl.-Psych. Gundhild Leifert-Fiebach

Vom Promotionsausschuss des Fachbereichs Psychologie
der Universität Koblenz-Landau
zur Verleihung des akademischen Grades Doktor der Philosophie (Dr. phil.)
genehmigte Dissertation.

Datum der Disputation: 30. April 2008

Vorsitzende des Promotionsausschusses: Prof. Dr. Annette Schröder

Erstgutachter: Prof. Dr. Monika Pritzel

Zweitgutachter: PD Dr. Wolfgang Guldin

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden auditorische Vernachlässigungen (auditorische Extinktion und auditorischer Neglekt) bei Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt untersucht. Neben diesen Patienten mit rechtshemisphärischer Hirnschädigung wurde eine hinsichtlich des Alters kontrollierte Vergleichsgruppe untersucht. Als Verfahren zur Untersuchung des auditorischen Neglekts und der auditorischen Extinktion wurden drei aus der Literatur adaptierte experimentelle Verfahren eingesetzt, in denen sowohl alltagsnahe (Zahlenwörter, Alltagsgeräusche) als auch alltagsferne (Rauschen) akustische Reize monaural und binaural präsentiert wurden. In einem der Verfahren wurde ein monaural und binaural präsentiertes Rauschen durch den Stimulus unterbrochen.

Über alle Untersuchungsbedingungen hinweg wiesen die Patienten im Vergleich zu der Kontrollgruppe in den untersuchten Bereichen deutlich schlechtere Leistungen auf. Unter monauralen Untersuchungsbedingungen machten die Patienten unabhängig vom präsentierten Stimulusmaterial wenig Fehler mit einer tendenziellen Abhängigkeit der Performanz von der Präsentationsseite, wobei rechtsseitig präsentierte Reize besser erkannt wurden. Monaurale Reizdetektion bei gleichzeitiger Präsenz eines kontinuierlichen Hintergrundgeräusches führt darüber hinaus zu einer deutlich schlechteren kontraläsionalen Detektionsleistung sowie zu einer Abhängigkeit der Detektionsleistung von der Art des Stimulusmaterials. Diese Ergebnisse liefern einen Hinweis auf eine grundsätzliche Beeinträchtigung der kontraläsionalen Diskriminationsfähigkeit in der untersuchten Patientengruppe, welche in der vorliegenden Studie als kritisches Merkmal des auditorischen Neglekts angesehen werden.

Bei der binauralen Stimuluspräsentation zeigte sich, dass identische, simultan an beiden Ohren präsentierte akustische Reize von den Patienten kaum ihren getrennten Ursprungsorten zugeschrieben werden können. Die Patienten identifizierten diese Reize häufig als monaural, was charakteristisch für das Störungsbild der Extinktion ist, und zeigten eine Tendenz, diese Reize dem rechten, auf der Seite der Hirnschädigung gelegenen, Ohr zuzuschreiben. Unter dichotischen Präsentationsbedingungen, das heißt bei simultaner Darbietung von zwei ungleichen akustischen Reizen, steigert sich dagegen die Lokalisations- und Identifikationsleistung der Patienten signifikant. Zusätzlich zeigte sich unter dichotischen Untersuchungsbedingungen eine deutliche Asymmetrie der Extinktionsseite, mit einer signifikant häufigeren Extinktion linksseitiger im Vergleich zu rechtsseitigen Reizen. Insgesamt zeigt sich eine Abhängigkeit der Testergebnisse von den spezifischen Bedingungen der Reizpräsentation und dem Alltagsrelevanz des Stimulusmaterials.

Die Ergebnisse zeigen, dass nahezu alle untersuchten Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt auch von Vernachlässigungsphänomenen in der auditorischen Modalität betroffen sind. Allerdings konnte kein genereller Zusammenhang der Schweregrade der Symptome in der auditorischen und visuellen Modalität nachgewiesen werden. Während sich ein Zusammenhang hinsichtlich der Schwere der Beeinträchtigung für den auditorischen Neglekt zeigte, ließ sich diese Assoziation für die auditorische Extinktion nicht nachweisen. Auf Grundlage der vergleichenden Analyse der untersuchten experimentellen Testverfahren zur auditorischen Vernachlässigung wird vorgeschlagen, dass Neglekt und Extinktion auch in der auditorischen Domäne als sinnvolle Störungsbilder beibehalten sollten und ihre Unterscheidung in Analogie zur visuellen Modalität vorgenommen werden kann. Die vorliegenden Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit des Einsatzes experimentell-neuropsychologischer Aufgaben in der klinischen Praxis um räumlich-attentionale Beeinträchtigungen in der akustischen Reizverarbeitung nach einer Hirnschädigung erfassen zu können. Es wird eine Testbatterie bestehend aus einem auditorischen Extinktionstest – mit simultaner Darbietung von identischen und unterschiedlichen binauralen Stimuli – sowie einem Neglekttest vorgeschlagen, bei dem unterschiedliche Zielreize in der Gegenwart eines kontinuierlichen binauralen Hintergrundrauschens detektiert werden müssen.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Menschen bedanken, die dazu beigetragen haben, dass die vorliegende Arbeit zustande gekommen ist.

An erster Stelle gilt mein Dank den Patienten, die sich darauf eingelassen haben, über die neuropsychologische Standarddiagnostik hinaus an den zeitaufwendigen auditorischen Untersuchungen teilzunehmen, und den gesunden Probanden, die sich trotz Befürchtungen hinsichtlich ihrer Testleistung bereit erklärten, mich bei der Erhebung der Kontrolldaten zu unterstützen.

Die Offenheit von Prof. Horst Hummelsheim, die Studie an der von ihm geführten Neurologischen Rehabilitationsklinik in Leipzig Bennewitz durchführen zu können, hat die Arbeit erst ermöglicht. In der Klinik standen mir Dr. Hartwig Woldag bei der Erfassung der akustisch evozierten Potentiale und Nancy Vogt bei der Erhebung des Audiogramms hilfreich zur Seite.

Darüberhinaus bedanke ich mich herzlichst bei Frau Prof. Monika Pritzel. Ihrem Vertrauen und ihrer zeitüberdauernden Unterstützung verdanke ich die Realisierung und Beendigung dieser Arbeit.

Mein ganz besonderer Dank geht an meine Eltern, an meinen Mann Christian, der dieses Unterfangen ebenso liebevoll wie bereitwillig mitgetragen hat und an meine wundervollen Kinder Niklas, Yannick und Julian, für die das Zustandekommen dieser Arbeit manchmal eine Geduldprobe dargestellt hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Reizweiterleitung und Verarbeitungswege im auditorischen System	5
2.1	Richtung und Lautstärke einer Schallquelle	7
2.2	Geräuschlokalisation und Geräuschidentifikation	7
3	Allgemeine Einführung in das Konzept Aufmerksamkeit	11
3.1	Selektive Aufmerksamkeit und Mehrfachaufgabenkompetenz	12
3.2	Crossmodale Aufmerksamkeit	14
3.3	Neuroanatomische Grundlagen der Aufmerksamkeit	15
3.4	Auditorische Aufmerksamkeit	19
3.5	Störungen der Aufmerksamkeit	21
4	Vernachlässigungsphänomene	23
4.1	Neglekt	23
4.2	Extinktion	32
4.3	Auditorische Beeinträchtigungen bei Patienten mit visuellem Neglekt	36
4.4	Zusammenfassung	51
5	Fragestellungen der Arbeit	53
6	Methoden	55
6.1	Neuropsychologische Diagnostik	55
6.2	Diagnostik der auditorischen Verarbeitung	58
6.3	Stichproben	62
6.4	Experimentelle Verfahren	66
7	Auditorischer Extinktionstest	69
7.1	Stichproben	69
7.2	Experimentelle Prozedur	69
7.3	Stimulusmaterial	70
7.4	Datenauswertung	72
7.5	Ergebnisse	72
7.6	Diskussion	77

8	Auditorischer Neglekttest	85
8.1	Stichproben	85
8.2	Experimentelle Prozedur	85
8.3	Stimulusmaterial	86
8.4	Datenauswertung	87
8.5	Ergebnisse	87
8.6	Diskussion	94
9	Dichotischer Neglekttest	107
9.1	Stichproben	107
9.2	Experimentelle Prozedur	107
9.3	Stimulusmaterial	107
9.4	Datenauswertung	108
9.5	Ergebnisse	108
9.6	Diskussion	113
10	Gesamtdiskussion	123
10.1	Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse	123
10.2	Verarbeitung monauraler akustischer Reize bei Patienten mit visuellem Neglekt	125
10.3	Verarbeitung binauraler akustischer Reize bei Patienten mit visuellem Neglekt	127
10.4	Schlussfolgerungen	130
11	Literatur	137
	Anhang	155
	Anhang 1: Beispiel für ein Testergebnis im Durchstreichtest	156
	Anhang 2: Beispiel für ein Testergebnis im Abzeichentest	157

1 Einleitung

Aufmerksamkeitsfunktionen stellen grundlegende Leistungen dar, die für nahezu jede praktische und intellektuelle Tätigkeit erforderlich sind. Orientierungsreaktionen, die selektive Auswahl und die bevorzugte Verarbeitung verhaltensrelevanter Umgebungsreize stellen eine wichtige Voraussetzung für adäquates Handeln in einfachen und komplexen Situationen dar. Darüber hinaus sind andere kognitive Leistungen – Gedächtnis, Sprache, Handlungsplanung und Handlungsausführung – auf diese Aufmerksamkeitsleistungen angewiesen. Ist die Fähigkeit, Reize der akustischen und visuellen Umgebung selektiv zu verarbeiten, verloren gegangen, so ist auch das adäquate Handeln des Organismus in seiner Umwelt und die Bewältigung täglicher Anforderungen beeinträchtigt. Aufmerksamkeitsbeeinträchtigungen sind bei 80% aller Hirnschädigungen zu beobachten und haben für die betroffenen Patienten Konsequenzen. So ist die Fähigkeit, mit der Umgebung und mit Interaktionspartnern angemessen zu kommunizieren und zielgerichtet zu handeln, bei Patienten nach Hirnschädigung häufig beeinträchtigt.

Insbesondere das in dieser Arbeit untersuchte Störungsbild des auditorischen und visuell-räumlichen Neglekts stellt eine prototypische Störung der selektiven Aufmerksamkeit dar. Betroffene Patienten sind nicht mehr in der Lage, Reize insbesondere der kontraläsionalen Seite bewusst zu verarbeiten und passende Orientierungsreaktionen auf visuelle oder akustische Stimuli zu zeigen. Darüber hinaus leiden die betroffenen Patienten häufig unter einer Extinktion, das heisst einer defizitären Verarbeitung von simultan aus beiden Raumhälften dargebotenen Reizen. Sie gehören zu einer für den Kliniker herausfordernden Patientengruppe, da die Symptome im klinischen Alltag sehr offensichtlich sind und mit einem hohen Maß an Alltagsbeeinträchtigungen einhergehen - und dennoch von den Patienten häufig nicht wahrgenommen werden. Die kontraläsionale Raum- und Körperseite wird von diesen Patienten in unterschiedlichen Ausprägungen und in unterschiedlichen Modalitäten vernachlässigt.

Neben der Therapie dieser Störungsbilder spielt die Diagnostik eine wichtige Rolle in der neuropsychologischen Rehabilitation. Im Bereich des visuellen Neglekts und der visuellen Extinktion existiert eine Vielzahl von standardisierten und normierten Untersuchungsverfahren. Der Bereich der auditorischen Diagnostik verfügt dagegen bisher nicht über solcherlei Verfahren, weshalb im klinischen Alltag bei der auditorischen Diagnostik auf relativ ungenaue Alltags-testungen zurückgegriffen werden muss. Um diesen Umstand zu verbessern, werden in dieser Arbeit neu entwickelte Verfahren vorgestellt, die zur Diagnostik der auditorischen Vernachlässigung herangezogen werden können.

Eine Vorversion dieser Testbatterie, bestehend aus fünf experimentellen auditorischen Verfahren, wurde in einer Pilotstudie an 17 neurologischen Patienten erstmals eingesetzt. Bei den Testverfahren handelte es sich sowohl um Adaptationen von in der Literatur beschriebenen Verfahren als auch um neu entwickelte Verfahren zur Überprüfung von auditorischen Vernachlässigungsphänomenen. In der durchgeführten Pilotstudie gab es deutliche Hinweise auf die unterschiedliche Güte der Verfahren hinsichtlich der Erfassung von auditorischen Störungen. Darüber hinaus wurde ein Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein eines visuellen Neglekts und dem Phänomen der auditorischen Extinktion offensichtlich, welcher in der Literatur kontrovers diskutiert wird.

Die vorliegende Arbeit ist eine Weiterführung dieser Pilotstudie, in der die Testverfahren optimiert und an neurologischen Patienten mit dem Störungsbild des visuellen Neglekts sowie an einer gesunden altersähnlichen Kontrollgruppe überprüft werden. Ziel dieser Arbeit ist es, auf der einen Seite die verwendeten Verfahren auf ihre ökologische Validität hin zu überprüfen und geeignete Verfahren für den klinischen Alltag herauszustellen, und andererseits mittels der verwendeten Verfahren eine Abgrenzung unterschiedlicher auditorischer Vernachlässigungsphänomene zu treffen. Bezüglich der ökologischen Validität der Verfahren stellt sich die Frage, inwiefern unterschiedliches auditorisches Reizmaterial einen Einfluss auf die Leistungsvarianz von Patienten mit einer, hauptsächlich durch eine Aufmerksamkeitsbeeinträchtigung gekennzeichneten, auditorischen Vernachlässigung hat. Darüber hinaus wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit der in der Literatur diskutierte Frage nachgegangen, inwiefern ein Zusammenhang oder auch eine Dissoziation zwischen Neglekt in der Auditorik und im visuellen Bereich besteht.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sieben Kapitel. Im Mittelpunkt des zweiten Kapitels steht eine Einführung in die Reizweiterleitung und die unterschiedlichen Verarbeitungswege des auditorischen Systems. Da die vorliegende Arbeit Reizdetektion, Reizidentifikation und Reizlokalisierung im Bereich der Auditorik untersucht, werden auch Ergebnisse zu den neuronalen Grundlagen der Geräuschlokalisierung und Geräuschidentifikation dargestellt. Kapitel 3 führt ein in Theorien und Modelle der Aufmerksamkeitsforschung. Hierbei werden sowohl psychologische Konzepte verschiedener Aspekte der Aufmerksamkeit als auch neuroanatomische Modelle, welche auf Befunden aus der modernen funktionellen Bildgebung basieren, dargestellt. Kapitel 4 beschreibt die Vernachlässigungsphänomene Neglekt und Extinktion ausführlicher. Beiden gemeinsam ist die Nichtbeachtung von Reizen in der der Hirnschädigung gegenüberliegenden Raumhälfte. Neben der genauen Beschreibung der Störungsbilder und deren neuroanatomischer Lokalisation werden ferner psychologische Modelle und Theorien dargestellt, die der Erklärung dieser Phänomene dienen. Im Verlauf wird die Frage diskutiert, ob es sich bei den Störungsbildern um verschiedene Ausprägungsgrade eines Symptoms, oder um diskrete Entitäten handelt.

Darüber hinaus wird ein Schwerpunkt dieses Kapitels auf den aktuellen Forschungsstand zu auditorischen Beeinträchtigungen bei Patienten mit visuellem Neglekt gelegt. Insbesondere Studien, die sich auf auditorische Detektions-, Lokalisations- und Identifikationsleistungen beziehen, werden dargestellt und zum Teil kritisch diskutiert.

Kapitel 5 stellt die aus den Ergebnissen der Vorstudie und aktuellen Befunden aus der Literatur abgeleiteten Fragestellungen dieser Arbeit dar. Kapitel 6 widmet sich der Darstellung der verwendeten Testverfahren zur Feststellung des Schweregrads des visuell-räumlichen Neglekts und der Beschreibung der Verfahren zur Untersuchung der Hörfähigkeit der Patienten. Des Weiteren werden in Kapitel 6 die Einschlusskriterien für die Aufnahme der Patienten¹ in die Studie dargestellt und die Stichprobe detailliert beschrieben. Im letzten Abschnitt dieses Kapitels werden allgemeine methodische Aspekte der Experimente zu auditorischem Neglekt und Extinktion beschrieben, welche gleichermaßen für alle Experimente gelten. Die folgenden Kapitel 7 bis 9 beschreiben die spezifische Methodik und die Ergebnisse von drei experimentellen Studien und umfassen jeweils auch eine Diskussion der Ergebnisse. Kapitel 7 berichtet einen auditorischen Extinktionstest, Kapitel 8 berichtet einen auditorischen Neglekttest, und Kapitel 9 berichtet einen dichotischen Neglekttest. Das letzte Kapitel enthält eine integrierende Gesamtdiskussion der Ergebnisse.

¹ Im Rahmen dieser Arbeit werden die Begriffe ‚Patienten‘ und ‚Kontrollprobanden‘ stellvertretend für männliche und weibliche Studienteilnehmer und -teilnehmerinnen verwendet.

2 Reizweiterleitung und Verarbeitungswege im auditorischen System

Das auditorische System ermöglicht es Schall, d.h. periodische Luftdruckschwankungen in einem bestimmten Frequenzbereich, als eine Hörwahrnehmung zu erfassen. Das auditorische System besteht aus einem peripheren Anteil, welcher das äußere, mittlere und innere Ohr und den Hörnerv einschließt, sowie einem zentralen Teil, welcher neben verschiedenen rhombencephalen Kerngebieten zwei mesencephale, ein diencephales und mehrere telencephale Zentren beinhaltet. Nach einer Dekomposition des Schalldrucksignals in die zu Grunde liegenden Frequenzen durch Haarsinneszellen in der Cochlea des Innenohrs bleibt eine frequenzgeordnete Repräsentation des akustischen Signals (d.h. eine tonotope Organisation) über den gesamten auditiven Verarbeitungsweg bis hin zum auditiven Kortex erhalten.

Aufgrund der in dieser Arbeit untersuchten auditorischen Beeinträchtigung, deren Ursache primär zentralnervösen Ursprungs ist, werden im Verlauf dieses Kapitels nur die zentralen auditorischen Verarbeitungsstufen beschrieben. Die folgenden Ausführungen basieren im Wesentlichen auf Übersichtsarbeiten von Kandel et al. (2000), Hellbrück (1993) und Schröger et al. (2002).

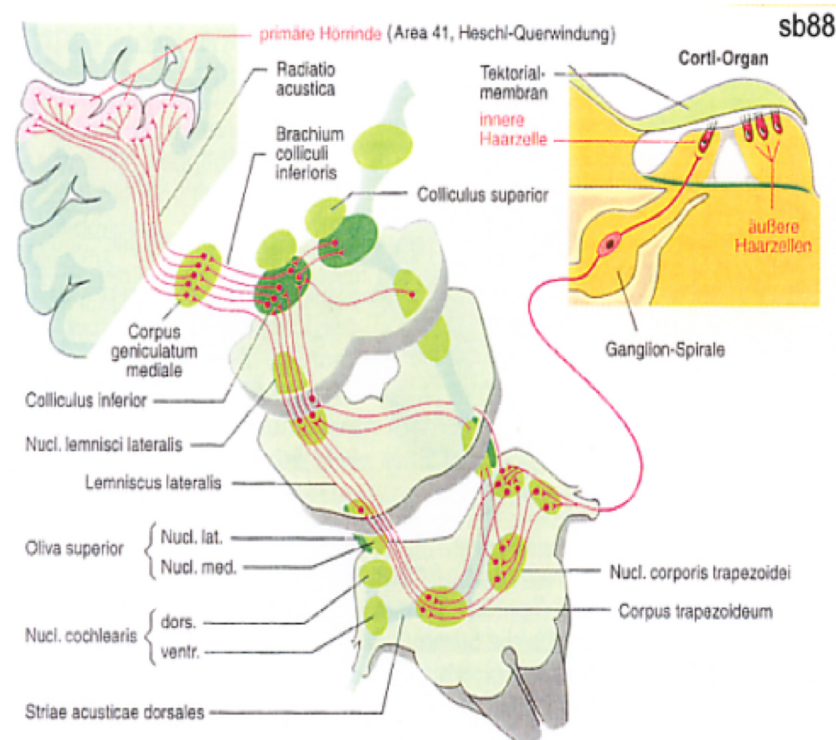


Abbildung 2.1: Menschliche Hörbahn.

Die im Innenohr durch die Haarsinneszellen der Cochlea entstandene Erregung wird über Fasern des Nervus acusticus zu den drei Hörkernen (Nuclei cochlearis), der ersten zentralen Umschaltstation im unteren Kleinhirnstiel, übertragen. Im Hörnerv sind der Informationsgehalt eines akustischen Reizes (Frequenz, Intensität, Tondauer, zeitliches Intensitäts- und Frequenzprofil) nicht nur in einem Aktionspotentialmuster, sondern auch durch den Typ der verarbeitenden Neurone codiert (Phillips, 1993). Während die Cochleariskerne ihren Eingang nur von einem Ohr erhalten, werden die meisten der nachfolgenden Schaltstellen mit Informationen von beiden Ohren versorgt. Von den Nuclei cochlearis aus teilt sich die Hörbahn in drei Bahnen. Die seitliche Schleifenbahn (Lemniscus lateralis), die den Hauptstrang des Hörnervs darstellt, führt zur der dem wahrnehmenden Ohr gegenüberliegenden (d.h. kontralateralen) Seite. Einige Fasern des Lemniscus lateralis enden in der Formatio retikularis. Der Großteil der Fasern des Lemniscus lateralis führt über den Colliculus inferior und das Corpus geniculatum mediale als Radatio acustica zur kontralateralen Hörrinde (siehe Abbildung 2.1). Zwei weitere Stränge des Hörnervs projizieren vom Nucleus cochlearis ventralis zum ipsilateralen und kontralateralen Olivenkomplex, einer Ansammlung von Kerngebieten des auditiven Systems im Hirnstamm. Auf der ipsilateralen Seite vermittelt ein geringer Teil von Nervenfasern auch Informationen zur ipsilateralen Hörrinde. Wie Abbildung 2.1 zeigt, erhält sowohl die mediale als auch laterale obere Olivenkern jeder Hirnstammseite jeweils binaurale Informationen, d.h. Signale von beiden Ohren. Bis zur oberen Olive weist die aufsteigende auditive Bahn einen hohen Grad an divergenter Verschaltung auf, d.h. die auditive Information wird wie beschrieben parallel auf viele Kerngebiete verteilt. Im inferioren Colliculus des Mittelhirns wandelt sich dieses Bild, denn dieser Kern ist eine der wichtigsten Integrationsstelle für auf- und absteigende Bahnen und eine obligatorische Schaltstelle für alle zum Thalamus und Kortex aufsteigenden auditiven Fasern. Vom Corpus geniculatum mediale des Thalamus zieht die Hörbahn durch den Pars sublenticularis und die Capsula interna zum zerebralen Kortex.

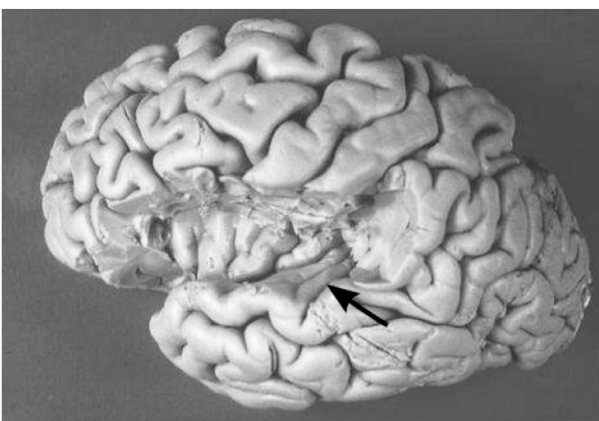


Abbildung 2.2: Auditorischer Kortex. Die supratemporalen Regionen und der insuläre Kortex sind in dieser Darstellung freigelegt. Der Gyrus temporalis transversus, hier mit zwei Windungen, ist durch einen schwarzen Pfeil markiert. (Quelle: <http://commons.wikimedia.org>; Autor: John A. Beal; Creative Commons License).

Das Zielgebiet dieser Hauptprojektionen ist der primäre auditorische Kortex. Der auditorische Kortex liegt in der Sylvischen Fissur, die den Temporallappen vom Frontal- und Parietallappen abgrenzt, auf der supratemporalen Ebene (d.h. der Oberseite des Temporallappens). Im hinteren Abschnitt der supratemporalen Ebene finden sich Querwindungen, von denen die vorderste (die sogenannte Heschlsche Querwindung, auch als Gyrus temporalis transversus bezeichnet) als Sitz des Hörzentrums gilt (Voss & Herlinger, 1986; siehe Abbildung 2.2).

Die Kernregion des auditorischen Kortex (die so genannte ‚core‘-Region) erhält die Projektionen aus dem Corpus geniculatum mediale des Thalamus. Um diese Region herum windet sich der auditive Gürtel („belt“, sekundärer auditorischer Kortex), der seinen Eingang aus der Core-Region erhält. Die Belt-Region wiederum projiziert zum tertiären auditorischen Kortex, der sich um die Belt-Region lagert. Das derzeitige Konzept der auditorischen Verarbeitung (Rauschecker, 1998; Schröger et al. 2002) legt eine gleichzeitige parallele und serielle Verarbeitung in mehreren Feldern im primären, sekundären und tertiären auditorischen Kortex zugrunde. Diese verschiedenen Felder lassen sich an der Art ihrer tonotopen Organisation und an den Antwort-eigenschaften der Neurone in den jeweiligen Arealen unterscheiden. Wahrscheinlich werden in den verschiedenen Feldern einer Verarbeitungsstufe unterschiedliche Aspekte der auditiven Information parallel verarbeitet. In den aufeinander folgenden Stufen vom primären bis zum tertiären auditiven Kortex werden dann seriell immer komplexere Merkmale der wahrgenommenen akustischen Signale extrahiert und ausgewertet, bis hin zum Sprach- und Musikverständnis in höheren Assoziations-Arealen.

2.1 Richtung und Lautstärke einer Schallquelle

Im Hirnstamm werden zwei Parameter, die sich aus dem Vergleich der Informationen der beiden Ohren ergeben, zur Abschätzung der Richtung von Schallquellen genutzt: die interaurale Zeitdifferenz (IZD) und die interaurale Lautstärkedifferenz (ILD). IZD und ILD werden in der medialen und lateralen superioren (oberen) Olive ausgewertet. Neben der superioren Olive sind das Corpus geniculatum mediale des Thalamus und der Colliculus inferior mit hoher Wahrscheinlichkeit Zellformationen, die eine wichtige Rolle bei der Schallquellenlokalisierung spielen (Yin & Kuwada, 1984). Im auditorischen Kortex werden die im Hirnstamm und Thalamus vorverarbeiteten Parameter (Intensität, binaurale Differenzen) in Wahrnehmungsgrößen wie Lautheit und Richtung einer Schallquelle umgesetzt (Schröger, 1996).

2.2 Geräuschlokalisierung und Geräuschidentifikation

Als zwei in getrennten Bahnen verarbeitete Aspekte werden Identifikation und Lokalisation akustischer Signale diskutiert (Romanski et al., 1999, Rauschecker & Tian, 2000).

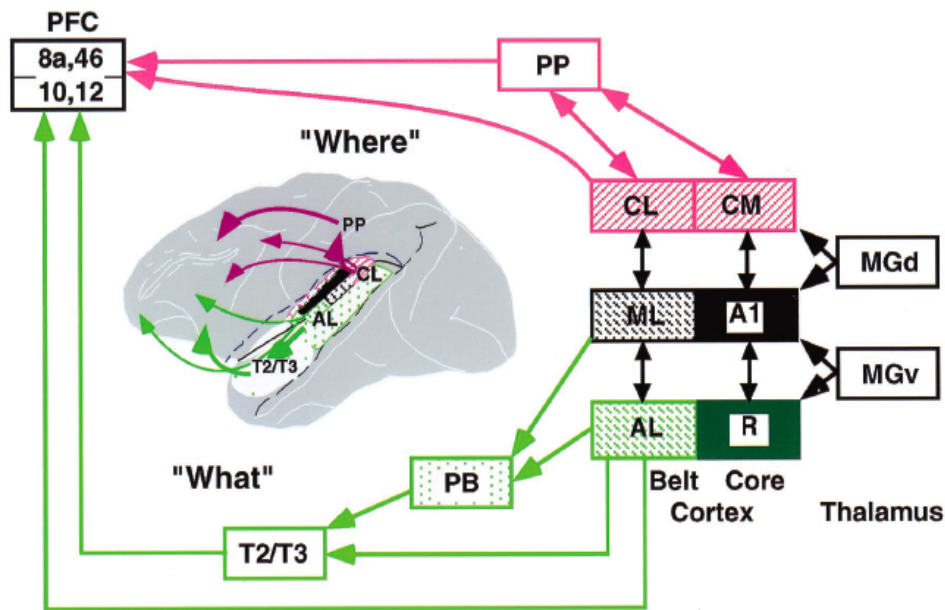


Abbildung 2.3: Separate Verarbeitungswege für Geräuschidentifikation („What“) und Geräuschlokalisierung („Where“) im auditorischen System. Ausgangspunkt der beiden Verarbeitungswege ist der primäre auditorische Kortex (A1), welcher Projektionen vom Corpus geniculatum mediale (MGd, MGv) des Thalamus erhält. Regionen der Belt-Region des auditorischen Kortex: AL, anterolateral; CL, caudolateral; CM, caudomedial; ML, middle lateral; R, rostrolateral. PB, parabelt. T2/T3, auditorischer Assoziationscortex. PP, posteriorer Parietalcortex. PFC, Präfrontalkortex.

Neuere Studienergebnisse weisen darauf hin, dass die Geräuschlokalisierung und Geräuschidentifikation auf kortikalem Niveau unabhängig voneinander, in anatomisch distinkten neuronalen Netzwerken verarbeitet werden (Maeder et al., 2001; Alain et al., 2001; Bellmann et al., 2001; Clarke & Bellmann Thiran, 2004). Dieses Modell, obwohl plausibel und sehr ähnlich der Organisation des visuellen Systems, wird momentan durchaus noch kritisch diskutiert (Middlebrooks, 2002) und muss durch weitere experimentelle Belege spezifiziert werden. Der diesem Modell zugrunde liegende Verarbeitungsmodus wäre analog zum heute akzeptierten Modell der visuellen Verarbeitung (Ungerleider & Mishkin, 1982), welches einen ventralen Verarbeitungsweg (durch extrastriäre Regionen des Okzipital- und Temporallappens) für die Objekterkennung und einen dorsalen Verarbeitungsweg (durch parietale Regionen) für die Objektlokalisierung annimmt. Erste empirische Ergebnisse weisen darauf hin, dass auch in der auditorischen Domäne anterior-ventrale Projektionen für die Identifikation und Benennung von auditorischen Objekten (ventraler Weg) existierten sowie ein posterior-dorsaler Verarbeitungspfad, der für die räumliche Geräuschlokalisierung, die Detektion von Quellenbewegung und die räumliche Teilung von Geräuschquellen zuständig ist (dorsaler Weg; Arnott et al., 2004; Hall, 2003; Rauschecker & Tian, 2000; Scott & Johnsrude, 2003; siehe Abbildung 2.3).

Unterstützung erfährt dieses Modell beispielsweise durch eine Studie mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) von Maeder und Kollegen (2001). In verschiedenen experimentellen Bedingungen wurden die Identifikation und die Lokalisation von Geräuschen untersucht und es zeigten sich deutliche Aktivierungsunterschiede zwischen diesen zwei Aspekten der akustischen Wahrnehmung. In einer Rekognitionsaufgabe zeigte sich eine größere Aktivierung des mittleren Gyrus temporalis sowie des beidseitigen Precuneus und des posterioren Anteils des linken Gyrus frontalis inferior als bei einer Lokalisationsaufgabe. Bei der Lokalisationsaufgabe zeigte sich hingegen eine größere Aktivierung von unteren Teilen des inferioren Parietallappens sowie des posterioren Anteil des Gyrus frontalis inferior und des Gyrus frontalis medialis bilateral. Diese Ergebnisse und die Annahme eines ventralen und dorsalen akustischen Verarbeitungsweges wurden durch elektrophysiologische Studien sowohl am Primaten als auch Menschen bestätigt (Alain et al., 2001; Anourova et al., 2001).

Insgesamt waren über alle Studien hinweg die Aktivierungen durch auditorische räumliche Stimuli bilateral. Einige Autoren gehen nichtsdestotrotz von einer Dominanz der rechten Hemisphäre aus (Griffiths & Green, 1999; Weeks et al., 1999; Zatorre et al., 2002), eine Schlussfolgerung, die im Einklang mit der Annahme einer globalen hemisphärischen Asymmetrie des menschlichen Gehirns für räumliche Verarbeitung steht (Mesulam, 2000). Es gibt allerdings auch Studien, die keine Anzeichen für eine Lateralisierung der auditorischen räumlichen Verarbeitung finden konnten (Bushara et al., 1999; Woldorff et al., 1999).

Eine Organisation der höheren auditorischen kortikalen Verarbeitung in separate Objekterkennungs- und Raumlokalisationswege könnte vorhersagen, dass ein auditorischer Neglekt unterschiedlich zu diesen verschiedenen Aspekten der akustischen Signaldetektion und Signalidentifikation related sein kann. Clarke et al. (2002) konnten in einer Studien an 15 rechtshemisphärisch geschädigten Patienten zeigen, dass Geräuscherkennung und Geräuschlokalisierung unabhängig voneinander geschädigt sein können. In dieser Untersuchung zeigten vier der Patienten normale Ergebnisse in der Geräuscherkennung und schwere Beeinträchtigungen in der Geräuschlokalisierung, während drei andere Patienten Probleme in der Geräuscherkennung hatten, aber die akustischen Signale gut lokalisieren konnten. Diese doppelte Dissoziation zwischen Geräuschlokalisierung und Geräuscherkennung bestätigt die Ergebnisse aus Aktivierungsstudien und elektrophysiologischen Untersuchungen (Maeder et al., 2001; Alain et al., 2001; Anourova et al., 2001) sowie die Ergebnisse weiterer Patientenstudien (Clarke et al., 2000).

3 Allgemeine Einführung in das Konzept Aufmerksamkeit

Aufmerksamkeit ist ein mentaler Prozess, dessen wesentliche Funktion in der perzeptiven Selektion von Inhalten oder Informationen besteht, mit dem Ziel, bestimmte Reize dem Bewusstsein bzw. der Steuerung von Denken und Handeln zugänglich zu machen (Müller, 2003). Aufmerksamkeitsgesteuerte Selektion ist notwendig, da die Kapazität unseres Gehirns, verschiedene Reize simultan zu verarbeiten, limitiert ist. Aufgrund der eingeschränkten Verarbeitungskapazität muss das menschliche Gehirn in vielen Situationen verhaltensrelevante Reize (auditiv, visuell, taktil, olfaktorisch, gustatorisch) aus einer Vielzahl von Informationen in unserer Umwelt selektieren und andere, weniger wichtige Informationen mit geringerer Priorität, vernachlässigen. Stimuli, die Zielen, Bedürfnissen oder Trieben des Individuums entsprechen, werden eher verarbeitet als irrelevante Stimuli, ein Mechanismus der als ‚Top-Down‘-Kontrolle der sensorischen Verarbeitung bezeichnet wird².

Neben der bewussten Selektion von Stimuli ist es für das menschliche Überleben wichtig, plötzliche Veränderungen in der sensorischen Umgebung, wie z.B. laute Geräusche, helles Licht und sich unerwartet bewegende Objekte, rasch wahrzunehmen und sich diesen „automatisch“ zuwenden zu können. Dies bedeutet, dass auch unerwartete, neue, saliente oder potentiell gefährliche Ereignisse mit hoher Priorität im Gehirn verarbeitet werden können, unabhängig von aktuellen Verhaltenszielen. Diese so genannte ‚Bottom-Up‘-Kontrolle der sensorischen Verarbeitung³ ermöglicht ein flexibles Umgehen mit sich dynamisch verändernden Situationen. Unser Organismus muss auf neuartige Reize adäquat reagieren und das eigene Verhalten an die veränderten Umgebungsbedingungen anpassen können. Er muss also die Vielzahl der Ereignisse, die seine Umgebung konstituieren, identifizieren, diskriminieren und – noch bevor diese Ereignisse unser Bewusstsein erreichen – in der Lage sein, diese gegebenenfalls zu selektieren.

Solche Prozesse der Informationsverarbeitung bestimmen maßgeblich das menschliche Handeln und haben eine grundlegende Gemeinsamkeit: sie resultieren in einer Hinwendung zum Ereignis. Diese Hinwendung zu unerwarteten oder bedeutungsvollen Reizen wird als Orientierungsreaktion beschrieben und setzt die sensorische Verarbeitung dieser Ereignisse voraus. Die dynamische Interaktion zwischen kognitiven Faktoren (Top-Down) und sensorischer

² Top-down-Verarbeitung: Verarbeitungsrichtung, die an einem Vergleichsweise hohen Verarbeitungsniveau ansetzt und daher den Gegensatz zu reizgetriebener Verarbeitung bildet (Müsseler, 2002).

³ Bottom-up-Verarbeitung: Von der Stimulation an den Rezeptoren ausgehende Informationsverarbeitung, die weitgehend unabhängig von anderen kognitiven Prozessen (Gedächtnis, Motivation, usw.) verläuft (Müsseler, 2002).

Stimulation (Bottom-Up) kontrolliert wann, wie und in welche Richtung wir unsere Aufmerksamkeit richten (Corbetta & Shulman, 2002). Das Konstrukt der Aufmerksamkeit, wie es heutzutage in der kognitiven Psychologie verwendet wird, integriert diese unterschiedlichen Aspekte der menschlichen Informationsverarbeitung. Es umfasst also sowohl automatisierte Aufmerksamkeitsverlagerungen (Bottom-Up-Prozesse) als auch die bewusst gesteuerte Auswahl sensorischer Informationen (Top-Down-Kontrolle). Aufmerksamkeit ist kein singuläres Konzept, sondern beschreibt eine Vielzahl von psychologischen Prozessen. Gemeinsam ist diesen eine selektive Modulation der Verarbeitung und Repräsentation eines oder mehrerer Reize aus der Umwelt (Styles, 1997).

Aufmerksamkeitsprozesse können darüber hinaus nicht als einheitliche Funktionen angesehen werden, sondern müssen hinsichtlich ihrer Intensität und Selektivität unterteilt werden. Die Intensitätsdimension betrifft die Bereiche der Alertness⁴, der Daueraufmerksamkeit und der Vigilanz⁵ (Sturm, 2005). Die Dimension Selektivität kann in die Bereiche selektiv fokussierte Aufmerksamkeit, in den Aufmerksamkeitswechsel und in die Aufmerksamkeitsteilung untergliedert werden. Im Folgenden werden selektive Aufmerksamkeit, Mehrfachaufgabenkompetenz (Aufmerksamkeitsteilung) und cross-modale Aufmerksamkeit – als bedeutendste und für die vorliegende Untersuchung relevante Aspekte der Aufmerksamkeit – eingeführt. Daran anschließend wird ein Überblick über neuroanatomische Grundlagen der Aufmerksamkeit gegeben. Abschließend werden unterschiedliche Störungen der Aufmerksamkeit kurz angesprochen. Eine detaillierte Einführung in die Störungsbilder Neglekt und Extinktion folgt in Kapitel vier. Das vorliegende Kapitel versteht sich nicht als eine erschöpfende Einführung in die Aufmerksamkeitsforschung (siehe etwa Styles, 1997; Müller & Krummenacher, 2002), sondern als ein Versuch, einen Überblick über die für das Verständnis der vorliegenden Arbeit notwendigen Aspekte des psychologischen Konstruktes Aufmerksamkeit zu geben.

3.1 Selektive Aufmerksamkeit und Mehrfachaufgabenkompetenz

Fast alle frühen Experimente in der Aufmerksamkeitsforschung fanden unter auditiven Versuchsbedingungen statt, da Ohren im Gegensatz zu Augen weder willkürlich bewegt noch verschlossen werden können (Broadbent, 1971). Eines der wichtigsten experimentellen Paradigmen zur Untersuchung von Aufmerksamkeitsfaktoren stellten dichotische Aufgaben dar. Im Rahmen einer dichotischen Aufgabe werden Probanden simultan an beiden Ohren entweder identische oder unterschiedliche Stimuli präsentiert. Die zwei Eingangskanäle (rechtes und linkes

⁴ Alertness: Bezeichnung für eine generelle, ungerichtete Aufmerksamkeitsaktivierung, d.h. einen Zustand allgemeiner Wachheit, die entweder intrinsisch oder durch einen externen Reiz aufrechterhalten wird (Devinsky & D'Esposito, 2004).

⁵ Daueraufmerksamkeit und Vigilanz: Fähigkeit, die Aufmerksamkeit unter Einsatz mentaler Anstrengung über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten. Unter extrem monotonen Bedingungen wird von Vigilanz, in Situationen mit hoher Reizdichte von Daueraufmerksamkeit gesprochen.

Ohr) können hierbei getrennt kontrolliert werden und die Probanden werden durch unterschiedliche Instruktionen dazu gebracht, ihre Aufmerksamkeit entweder selektiv auf einen Kanal auszurichten, oder zwischen den beiden Eingangssignalen zu teilen. Entsprechend werden Aufgabenstellungen gewählt, die entweder die selektive Aufmerksamkeit (Konzentration auf eine Geräuschquelle oder eine Stimme) oder die geteilte Aufmerksamkeit (Konzentration auf zwei oder mehrere unterschiedliche Geräuschquellen oder Stimmen, häufig auch auf unterschiedliche Stimuli in verschiedenen Sinnesmodalitäten) untersuchen. Grundlegende Paradigmen und Befunde, insbesondere zur selektiven (und geteilten) auditorischen Aufmerksamkeit werden im Folgenden kurz dargestellt.

Eine der ersten Informationsverarbeitungstheorien, die auch den Ausgangspunkt für spätere Theorievorschläge und Kontroversen bildet, stellt die „Filtertheorie“ von Broadbent (1958) dar, die auch auf Befunden von Welford (1952) zur Psychologischen Refraktärperiode⁶, von Cherry (1953) zum Cocktailparty-Phänomen⁷ und von Broadbent (1954) zum dichotischen Hören beruht. Laut dieser Theorie gibt es nur einen seriellen, kapazitätslimitierten Verarbeitungskanal. Nur einer von zwei gleichzeitig in einem sensorischen (z.B. auditorischen) Speicher befindlichen Reizen kann auf Grund seiner physikalischen Merkmale einen selektiven Filter passieren. Broadbent postuliert die Existenz eines selektiven, seriellen und kapazitätslimitierten zentralen Prozessors (Filter), der zwischen der unendlich komplexen Umwelt und dem kapazitätslimitierten Verarbeitungskanal irrelevante Stimuli früh auf Basis physikalischer Reizmerkmale herausfiltert. Nur wenn die Information durch den Filter gelangt und in den limitierten Verarbeitungskanal eintritt, wird sie identifiziert. In der Aufmerksamkeitsliteratur wird dieser Filter auch häufig mit der Metapher eines Flaschenhalses („bottleneck“) beschrieben. Insbesondere in den 60er Jahren drehte sich ein Großteil der Forschung um die genauere Beschreibung der exakten Verarbeitungsstufe – „frühe“ versus „späte“ Selektion – auf der irrelevante Informationen herausgefiltert werden. Eine Frage, die als ‚Suche nach dem Flaschenhals‘ beschrieben wird (Treisman & Geffen, 1967; Deutsch & Deutsch 1963). So kam etwa Moray (1959) zu dem Schluss, dass Informationen, die nicht bewusst wahrgenommen werden, dennoch unbewusst analysiert werden und es konnte gezeigt werden, dass Information im nicht beachteten Kanal semantisch bis zu einer bestimmten Stufe verarbeitet wird. Treisman (1964) versuchte diesen Befunden in ihrer „Attenuations-Theorie der Aufmerksamkeit“⁸ Rechnung zu tragen. Sie ging im Gegensatz zu den Annahmen Broadbents davon aus,

⁶ Psychologische Refraktärperiode: Interpretation des experimentellen Befundes, dass die Reaktionszeit auf den zweiten Reiz von zwei aufeinander folgenden Reizen von der Zeitverzögerung zwischen dem Darbietungsbeginn des ersten Reizes und dem Darbietungsbeginn des zweiten Reizes abhängt, im Sinne eines zentralen Engpasses („bottleneck“) in der menschlichen Informationsverarbeitungskapazität.

⁷ Cocktail-Party-Phänomen: Fähigkeit, eine große Menge der im Raum vorhandenen akustischen Signale gleichzeitig – als undifferenzierte Geräuschkulisse- zu hören. Trotz der Kodierung aller am Ohr ankommenden akustischen Signale können wir nur einen kleinen Ausschnitt der in diesen Signalen enthaltenen Informationen zu einer gegebenen Zeit (bewusst) wahrnehmen, die Wahrnehmung wird auf einen Ausschnitt dieser Reize „eingestellt“.

⁸ Attenuations-Theorie der Aufmerksamkeit: Die Theorie geht von einer abgeschwächten Weiterleitung und Verarbeitung nicht beachteter Informationen aus. Der Ort der Selektion ist flexibel, wenn auch relativ früh,

dass ein Selektionsmechanismus die Weiterleitung nicht bewusst wahrgenommener Informationen lediglich abschwächt und die Verarbeitung teilweise stattfindet. Einen komplett anderen Vorschlag im Vergleich zu Broadbents und Treismans Annahmen machten Deutsch und Deutsch (1963) in ihrer „Theorie der späten Selektion“. Diese Theorie postuliert die volle Analyse und Weiterleitung aller eintreffenden Informationen und eine spät erfolgende Selektion aufgrund ihrer Wichtigkeit.

Neuere Untersuchungen zur Kontroverse zwischen „früher“ und „später“ Reizselektion zeigten Ansatzpunkte für integrative Modellvorstellungen auf. So schlagen etwa Johnston und Heinz (1979) vor, dass der Lokus der Aufmerksamkeitsselektion flexibel und von spezifischen Aufgabenfaktoren abhängig ist. Generell erfolgt die Selektion nach dieser Annahme so früh in der Verarbeitung, wie es die Aufgabenanforderungen erlauben, um den Kapazitätsbedarf während der Aufgabenausführung so weit wie möglich zu minimieren. Alternativ wurde von Lavie (1995) vorgeschlagen, dass die Anforderungen der Aufgabe an die Zielreizselektion bestimmen, ob aufgabenrelevante Informationen früh oder spät selektiert werden. Sind die Aufmerksamkeitsanforderungen gering, so werden irrelevante Distraktoren mitverarbeitet und erst spät selektiert und können so Antwortinterferenzen verursachen. Bei großer Aufmerksamkeitsbeanspruchung (z.B. bei der Aufmerksamkeitsteilung) hingegen können keine Distraktoren parallel verarbeitet werden und es findet eine frühe Selektion statt (Lavie, 1995). Shiffrin und Schneider (1977) unterscheiden in ihrem Modell zwischen automatischer und kontrollierter Verarbeitung. Automatische, stark überlernte Aufgaben sind hierbei nicht von einer bewussten Auswahl oder Selektion abhängig, wohingegen unvertraute Aufgaben eine bewusste Anstrengung erfordern. Automatische Verarbeitung erfolgt parallel und unterliegt daher theoretisch keiner Kapazitätsbeschränkung. Hingegen erfolgt die kontrollierte Verarbeitung seriell, da sie in hohem Masse von der Interferenz durch andere Aufgaben abhängt. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass die Stufe der Aufmerksamkeitsselektion flexibel ist und von spezifischen Aufgabenanforderungen, deren Inhalt und Komplexität, abhängt. Folglich kann es auf die Frage, ob die Selektion „früh“ oder „spät“ stattfindet, keine singuläre Antwort geben (Allport, 1989). Entsprechend weisen auch neuroanatomische Studienergebnisse (siehe Abschnitt 3.3) auf separierbare Aufmerksamkeitsnetzwerke hin.

3.2 Crossmodale Aufmerksamkeit

In vielen Alltagssituationen sind mehrere Sinne bei der räumlich selektiven Aufmerksamkeit oder auch bei der Aufmerksamkeitsteilung beteiligt. So kann beispielsweise die visuelle Aufmerksamkeit auf eine Person gerichtet sein, und gleichzeitig hören wir bewusst, was diese Person sagt. Ein Aspekt der empirischen Forschung zur Aufmerksamkeit widmet sich der Frage, ob räumliche Aufmerksamkeitsorientierung modalitätsspezifisch, d.h. getrennt für die

auf einer perceptiven Stufe angesetzt. Das erreichte Analyseniveau hängt von der verfügbaren Verarbeitungskapazität ab.

verschiedenen Sinne, stattfindet oder ob cross-modale Abhängigkeiten zwischen Aufmerksamkeitsprozessen verschiedener Modalitäten existieren. Für die auditive und visuelle Aufmerksamkeitsausrichtung konnten Spence und Driver (1994, 1996) beispielsweise zeigen, dass die willkürliche Ausrichtung der auditiven Aufmerksamkeit auf eine Seite des Raumes auch die Verarbeitung visueller Reize, die seitengleich auftreten, unterstützt. Auch die Ausrichtung der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit führt zu einer Verbesserung der Verarbeitung auditiver Reize am beachteten Ort. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass auch unwillkürliche Aufmerksamkeitsorientierungen in einer Modalität unwillkürliche Reaktionen in den anderen Modalitäten auslösen (Ward et al., 2000).

Nach Driver und Spence (1998) existieren separierbare Aufmerksamkeitssysteme für verschiedene Modalitäten, die im Regelfall gleichzeitig operieren und miteinander verbunden sind. Diese Synergie (Spence und Driver, 1994), insbesondere zwischen visueller und auditiver Aufmerksamkeit, besteht, um unsere Interaktion mit der Umwelt zu optimieren. Unterschiedliche sensorische Informationen, die ihren Ursprung an der identischen räumlichen Lokalisation haben, sind normalerweise mit dem gleichen Objekt verbunden. Posner (1990) geht in seinem Modell der Aufmerksamkeit davon aus, dass es modalitätsspezifische Aufmerksamkeitsmechanismen gibt. Jedoch nimmt Posner (1990) zwei hierarchisch aufgebaute Aufmerksamkeitsmechanismen an, von denen einer modalitätsspezifisch und ein zweiter übergeordnet, d.h. supramodal, arbeitet.

3.3 Neuroanatomische Grundlagen der Aufmerksamkeit

Im Folgenden wird ein Überblick über aktuelle Modellvorstellungen zu den neuroanatomischen Grundlagen von Aufmerksamkeitsprozessen gegeben. Generell werden partiell getrennte Netzwerke in Hirnregionen angenommen, die unterschiedliche Aufmerksamkeitsfunktionen haben und für die Top-Down- und Bottom-Up-Verarbeitung sensorischer Stimuli von Bedeutung sind (Corbetta & Shulman, 2002; Devinsky & D'Esposito, 2004). So schlagen beispielsweise Posner und Petersen (1990) die Existenz paralleler Netzwerke für die Aufmerksamkeitsaktivierung, Aufmerksamkeitsselektion und Aufmerksamkeitsorientierung vor. Biologisch sind diese Netzwerke allerdings nicht vollständig unabhängig voneinander. Eine Dysfunktion innerhalb des einen Netzwerkes kann daher Funktionen beeinflussen, die durch die anderen Netzwerke vermittelt werden (Devinsky & D'Esposito, 2004). Die meisten empirischen Untersuchungen zu neuroanatomischen Grundlagen von Aufmerksamkeit wurden mittels funktionell-bildgebender Verfahren (Positronen-Emissions-Tomographie, funktionelle Magnetresonanztomographie, siehe etwa Rösler, 2001) durchgeführt und betreffen insbesondere die visuelle Domäne. Neben der Tatsache, dass Aufmerksamkeitsnetzwerke des Gehirns als generelle theoretische Grundlage für die vorliegende Arbeit von Bedeutung sind, soll hier darauf hingewiesen werden, dass einige Autoren davon ausgehen, dass Teile der im Folgenden beschriebenen Aufmerksamkeitsnetzwerke bei Patienten mit visuell räumlichem Neglekt geschädigt sind (z. B. Corbetta & Shulman, 2002).

3.3.1 Arousal- und Alerting-Netzwerk

Dieses System, welches einen Zustand allgemeiner Wachheit vermittelt und für eine generelle, ungerichtete Aufmerksamkeitsaktivierung⁹ verantwortlich ist, bezieht als neuronales Netzwerk den Hirnstammanteil der *Formatio reticularis*, thalamische Gebiete und den dorsolateralen präfrontalen und inferioren parietalen Kortex mit ein (Devinsky & D'Esposito, 2004; Coull et al., 1996). Eine allgemeine, ungerichtete Aufmerksamkeitsaktivierung und Wachheit ist eine generelle Voraussetzung sowohl für die Top-Down- als auch für die Bottom-Up-Verarbeitung von Reizen.

3.3.2 Selektiv-attentionales Netzwerk (Top-Down-Verarbeitung)

Ein System, welches primär für die selektive, bewusste Ausrichtung der Aufmerksamkeit zuständig ist, zentriert sich um den dorsalen Anteil des posterioren Parietalkortex, den superiores Aspekt des Frontalhirns (McDonald et al., 2000) und um ein limbisches Areal, den anterioren cingulären Kortex (Mesulam, 2000; Sturm et al., 1999). Dieses Netzwerk ist für die kognitive Selektion von sensorischen Informationen sowie von Verhaltensantworten verantwortlich und spielt eine wichtige Rolle bei der gerichteten Aufmerksamkeit in Situationen, in denen eine Reizantizipation besteht (Shulman et al., 2001; Sturm et al., 1999). Das selektiv-attentionale Netzwerk ist von besonderer Bedeutung für die Top-Down-Kontrolle der sensorischen Verarbeitung und scheint für die Fähigkeit, Aufmerksamkeit auf mehrere Informationsquellen gleichzeitig zu verteilen, wichtig zu sein. Im Kontext dieses Top-Down-Netzwerkes vermittelt der Parietalkortex sensorisch-attentionale Funktionen. Der Parietalkortex reagiert beispielsweise auf Aufmerksamkeitsverschiebungen zwischen Objekten gleicher Lokalisation (Serences et al., 2001). Bezogen auf die drei Stufen der räumlichen Verschiebung der visuellen Aufmerksamkeit nach Posner (1987; siehe weiter unten Kapitel 4.1.7.1.2) scheint der posteriore Parietallappen eine wichtige Rolle bei der Lösung der Aufmerksamkeit von einem Reiz zu spielen, wenn die Aufmerksamkeit z.B. zu einem Reiz in der gegenüberliegenden Raumhälfte verschoben werden soll (Posner et al., 1984). Bei konkurrierenden oder miteinander interferierenden Aufgaben erfolgt nach Norman und Shallice (1986) eine Koordination durch das so genannte „Supervisory Attentional System“, ein Aufmerksamkeitsüberwachungssystem, dessen Lokalisation von den Autoren im frontalen Kortex angenommen wird. Der dorsolaterale Präfrontalkortex vermittelt motorische und exekutive attentionale Funktionen, wie etwa die Beibehaltung von attentionalen Sets durch das Arbeitsgedächtnis (Desimone & Duncan, 1995; Miller & Cohen, 2001), während der cinguläre Kortex motivationale Aspekte der selektiven Aufmerksamkeit vermittelt.

⁹ Arousal ist ein physiologischer Zustand der Erregung, eine allgemeine Aktivierung des Kortex mit dem Effekt gesteigerter Aufmerksamkeit und Wachheit.

Obwohl das selektive Aufmerksamkeitsnetzwerk eher bilateral arbeitet und jede Hemisphäre für den attentionalen Fokus auf die kontralaterale Körperhälfte und die kontralaterale Umgebung zuständig ist, zeigen empirische Untersuchungen je nach Aufgabenstellung eine Dominanz der rechten Hemisphäre für die selektive Aufmerksamkeit (Pardo et al., 1990; Posner & Petersen, 1990, Sturm et al. 1999) und bei Task-Switching-Aufgaben (Aufgaben-Wechsel-Paradigmen). Aufgaben, die eine extrinsische Reizvorwarnung beinhalten (Sturm & Willmes, 2001), zeigen dagegen eine dominante Rolle insbesondere des linken dorsalen posterioren Parietallappens (Shulman et al., 2001; Sohn et al., 2000). Loose et al. (2003) fanden während der Ausführung einer visuell-auditiven Aufmerksamkeitsteilungsaufgabe eine links präfrontale Aktivierung. Im Gegensatz zu einer einfachen Aufgabenstellung (nur visuelle oder auditive Teilaufgabe) nahm die Aktivierung während der multimodalen Aufmerksamkeitsteilungsaufgabe in den sensorischen Verarbeitungsgebieten ab und im präfrontalen Kortex zu.

3.3.3 Orientierungsnetzwerk (Bottom-Up-Verarbeitung)

Das dritte System, welches primär rechtshemisphärisch lateralisiert ist, zentriert sich um den posterioren temporo-parietalen Übergangskortex und den ventralen frontalen Kortex (Corbetta et al. 2000). Dieses Netzwerk wird durch die Detektion von nicht beachteten Stimuli oder sensorischen Ereignissen mit geringer Auftretenshäufigkeit, unabhängig von Lokalisation, Modalität oder Antwortanforderungen, moduliert. Das Orientierungsnetzwerk ist in die Erkennung von relevanten sensorischen Reizen involviert, insbesondere wenn diese salient und nicht beachtet sind und eine Orientierungsreaktion auslösen können. Es handelt sich bei dem Orientierungsnetzwerk demzufolge um die Bottom-Up-Komponente des kortikalen Aufmerksamkeitssystems. Im Gegensatz zum dorsalen frontoparietalen Netzwerk ist das rechte ventral-frontoparietale Orientierungsnetzwerk nicht aktiv, wenn Stimulusreize mit vorhersagenden Informationen bzgl. kommender Ereignisse verarbeitet werden, sondern nur bei Stimuli, die außerhalb des Verarbeitungsfokusses liegen, aber trotzdem verhaltensrelevant sein können. Die meisten bildgebenden Untersuchungsergebnisse zum Orientierungsnetzwerk basieren auf Orientierungsaufgaben mit visuellen Stimuli. In diesen Studien zeigen sich der superiore Colliculus des Mittelhirns (Kustov & Robinson, 1996; Ignashechenkova et al., 2004), das Pulvinar im Thalamus (Petersen et al., 1985) sowie der posteriore Parietalkortex und das temporoparietale Übergangsbereich (Corbetta et al, 2000; Friedrich et al. 1998) als Hauptaktivierungsgebiete der attentionalen räumlichen Orientierung. Im superioren Colliculus werden sensorische Landkarten für das visuelle, auditive und somatosensorische System miteinander und darüber hinaus mit motorischen Karten integriert. Durch diese direkte Verbindung zwischen den verschiedenen perzeptuellen Kanälen und motorischen Mechanismen können Stimuli in einer Modalität auch eine Orientierungsreaktion zu relevanten räumlichen Gebieten in anderen Modalitäten ermöglichen und reflexive Bewegungen von Armen und Beinen vermitteln. Neurophysiologische Untersuchungen an der Katze

(beschrieben durch Schröger et al., 2002, S. 107) haben beispielsweise gezeigt, dass Neurone in den Colliculi superiori des Mittelhirns für die Integration visueller und auditiver Informationen eine wichtige Rolle spielen. Neurone in diesem Kerngebiet reagierten in der erwähnten Studie besonders gut auf audiovisuelle Informationen, solange diese bimodale Stimulation der verschiedenen Sinne räumlich koinzident und gleichzeitig oder zeitlich nah aufeinander folgend auftritt.

Der Pulvinar ist direkt mit dem Colliculus superiori und verschiedenen kortikalen Gebieten (posteriorer Parietallappen, inferiorer Temporallappen, Okzipitallappen) verbunden und filtert irrelevante Stimuli von der kontralateralen Seite aus (LaBerge & Buchsbaum, 1990). Unilaterale Pulvinarläsionen führen zu verlangsamten Antworten auf kontraläsionale Zielreize (Posner et al., 1988). Vermutlich können auch irrelevante Informationen aus dieser Raumhälfte nach einer Schädigung nicht mehr effektiv gefiltert werden.

Dem posterioren Parietallappen wird einerseits eine Rolle bei der Steuerung der Aufmerksamkeit auf die kontraläsionale Seite (Corbetta et al., 1995) und bei der Loslösung des attentionalen Fokusses („disengagement“) von der ipsiläsionalen Seite zugewiesen (Rafal & Robertson, 1995; Posner et al., 1984). Dieser Prozess muss als eine Voraussetzung für die Orientierung hin zu neuen Informationen angesehen werden. Zusätzlich spielt der posteriore Parietallappen eine wichtige Rolle bei der Kreation mentaler räumlicher Repräsentationen (Robertson et al., 1997; Goodale et al., 1991).

Auch Orientierungsreaktionen können durch kognitive Prozesse geprägt sein und Top-Down-Signale, die unsere Erwartungen reflektieren, können die sensorische Salienz von Objekten verändern. Aktuelle Forschungsergebnisse sprechen für eine dynamische Interaktion von Bottom-Up- und Top-Down-Signalen bei der Orientierung hin zu sensorischen Stimuli (Yantis & Jonides, 1990; Folk et al., 1992). Ein potentieller Mechanismus hierfür sind Projektionen multisensorischer Neurone des Assoziationskortex zu den Colliculi superiori. Es wird angenommen, dass die Assoziationskortex durch diese Projektionen einen Top-Down-Einfluss auf orientierendes und attentionales motorisches Verhalten ausüben (Wallace, 1993).

Umgekehrt arbeitet das Orientierungsnetzwerk als „Alertingfunktion“ für das selektive Aufmerksamkeitssystem wenn die Stimuli außerhalb des Aufmerksamkeitsfokusses liegen (Corbetta & Shulman, 2002).

3.3.4 Zusammenfassung

Es gilt heutzutage als erwiesen, dass Aktivitätsänderungen sensorischer Neurone aufgrund der Verhaltensrelevanz der von diesen Neuronen kodierten Reize als neuronales Korrelat von auf der Verhaltensebene beobachtbaren Aufmerksamkeitseinflüssen angesehen werden können. Die Ausrichtung oder Fokussierung der Aufmerksamkeit kann die Aktivität von Neuronen systematisch

und selektiv erhöhen oder erniedrigen, und führt dazu, dass kortikale Repräsentationen beachteter sensorischer Signale verstärkt und diejenigen unbeachteter Signale abgeschwächt werden. Die Funktionsweise dieser Aufmerksamkeitsmechanismen basiert auf zwei Netzwerken aus verteilten Hirnregionen, von denen eines für unwillkürliche Orientierungsreaktionen und das andere für willkürlich initiierte Aufmerksamkeitsleistungen zuständig ist. Da die in der vorliegenden Arbeit erhobenen Daten primär die auditorische Verarbeitungsdomäne betreffen, wird im Folgenden genauer auf Ergebnisse der auditorischen Aufmerksamkeitsforschung eingegangen.

3.4 Auditorische Aufmerksamkeit

Analog zur visuellen Domäne unterliegen Aufmerksamkeitsprozesse in der auditiven Domäne deutlichen Grenzen. Bei gleichzeitiger Existenz unterschiedlicher Geräuschquellen (wie dies etwa im Straßenverkehr oder bei Menschenansammlungen der Fall ist) sind wir oft nicht in der Lage, allen unterschiedlichen Informationen im gleichen Maße bewusst zu folgen. Es ist dem Menschen nicht möglich, beliebig viel strukturiertes Reizmaterial, wahrgenommen als geordnete 'Ströme' von Empfindungen, voneinander zu trennen. Forschungsergebnisse zur Anzahl gleichzeitig wahrnehmbarer Schallereignisse deuten darauf hin, dass wir maximal bis zu drei oder vier Ströme ausbilden und bewusst wahrnehmen können (Schröger et al., 2002). Auch in der akustischen Modalität werden willkürliche (Top-Down-) und unwillkürliche (Bottom-Up-) Aufmerksamkeitsmechanismen unterschieden. Es konnte gezeigt werden, dass primär-auditive Prozesse durch gezieltes Ausrichten der Aufmerksamkeit beeinflusst werden können (z.B. Hansen & Hillyard, 1980). Insbesondere ist es möglich, unter kognitiver (Top-Down-) Kontrolle, bei intentional gesteuertem Verhalten, Einfluss auf frühe akustische Verarbeitungsschritte wie etwa der Analyse akustischer Signale im primären und sekundären auditorischen Kortex zu nehmen (Alho, 1992). Für unwillkürliche Orientierungsreaktionen wird im Bereich der Auditorik ein modalitätsspezifischer Mechanismus angenommen, welcher Veränderungen in der Umwelt detektiert und eine wichtige Rolle bei der Aufmerksamkeitszuwendung zu vorher nicht beachteten Geräuschquellen oder bei der Wahrnehmung von Veränderungen in der akustischen Umgebung spielt (Schröger, 1997).

3.4.1 Psychophysiologische Untersuchungen zur auditorischen Aufmerksamkeit

Die Untersuchung von Phänomenen der auditorischen Aufmerksamkeit erfordert den Einsatz von Methoden, welche es erlauben, bewusste und vorbewusste Veränderungen perzeptueller Prozesse zu beobachten. Eine Möglichkeit hierfür sind elektrophysiologische Methoden wie das Elektroencephalogramm (EEG) oder die Magnetencephalographie (MEG). Mit beiden Techniken lassen sich durch die Berechnung ereigniskorrelierter Potentiale (EKPs) oder ereigniskorrelierter Felder (EKFs) aufmerksamkeitsbedingte Modulationen neuronaler Prozesse mit einer hohen zeitlichen Auflösung untersuchen (siehe etwa Rösler, 2001, für einen Überblick über diese

Methoden). Insbesondere mit Hilfe dieser Methoden konnte gezeigt werden, dass die Detektion von Veränderungen in der akustischen Umgebung ein prä-attentiv, d.h. vorbewusst, arbeitender Mechanismus ist.

Die Reaktion des primären auditorischen Kortex auf akustische Stimulation zeigt sich im EKP in einem Komplex aus einer positiven (P1), einer negativen (N1) sowie einer weiteren positiven (P2) Potentialveränderung (EKP-Komponente), welche ca. 50, 100 bzw. 200 ms nach Beginn der Stimuluspräsentation ihr Maximum erreichen. Schon früh konnte gezeigt werden, dass diese Komponenten des EKPs durch Aufmerksamkeitsinstruktionen, und somit durch willkürliche Aufmerksamkeitslenkung, beeinflusst werden können. So kann etwa die Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf ein Ohr die Amplitude der EKP-Komponenten, die von der akustischen Stimulation dieses Ohres hervorgerufen werden, erhöhen (z.B. Hansen & Hillyard, 1980). Die unwillkürliche (vorbewusste oder prä-attentive) Hinwendung zu einem unerwarteten Ereignis in der akustischen Umgebung spiegelt sich in einer weiteren EKP-Komponente im Zeitbereich zwischen 100 und 250 ms nach Beginn der Stimuluspräsentation wieder, der so genannten Mismatch-Negativierung (MMN; Näätänen et al., 1978, 1980). Diese Komponente des EKPs wird experimentell durch seltene Unregelmäßigkeiten in sich wiederholenden akustischen Reizabfolgen hervorgerufen (Näätänen, 1992). Eine solche Unregelmäßigkeit kann eine Abweichung erster Ordnung sein, wie beispielsweise eine Änderung der Frequenz, der Intensität oder des Entstehungsortes eines Tons (Näätänen et al., 1989). In einer Vielzahl von Studien wurde gezeigt, dass die MMN ein Korrelat automatischer, prä-attentiver Prozesse darstellt, in dem Sinne dass sie sogar durch Ereignisse außerhalb des Aufmerksamkeitsfokusses evoziert wird (Paavilainen et al., 1993; Alho et al., 1994). Die MMN wird als elektrophysiologisches Korrelat eines automatischen Prozesses angesehen, der Unterschiede zwischen einer neuronalen Repräsentation des akustischen Umfeldes und einem aktuellen Reiz detektiert (Schröger, 1997). Es wird angenommen, dass eine Gedächtnisspur für kürzlich eingetretene (Standard-) Ereignisse in einem auditiven Speicher existiert, mit welcher der aktuelle Reiz verglichen wird.

Studien zur Lokalisation der neuronalen Generatoren der MMN-Komponente (Giard et al., 1990) oder ihres magnetoencephalographischen Äquivalents (Alho et al., 1998) zeigen, dass die MMN im bzw. in unmittelbarer Nähe des primären auditorischen Kortex (im superioren Temporallappen) generiert wird. Ein weiterer Generator, welcher einen modulatorischen Einfluss auf die MMN hat, wurde im dorso-lateralen Präfrontalkortex identifiziert (Giard et al., 1990). Diese Befunde werden unterstützt durch Untersuchungen an Patienten mit Läsionen in diesen Hirnarealen, bei denen eine Reduktion der MMN beobachtet wurde (z. B. Alain et al., 1998). Mit Hilfe der funktionellen Magnetresonanztomographie konnte gezeigt werden, dass auch die neuronalen Generatoren einer weiteren aufmerksamkeitsrelevanten EKP-Komponente, der so genannten P300 oder P3, in superior gelegenen Arealen des Temporallappens zu finden sind. Die P3 zeigt sich im Gegensatz zum prä-attentiven Auftreten der MMN, wenn Probanden bewusst Zielreize detektieren (Sutton et al., 1965; Herrmann & Knight, 2001). Während die Detektion von

neuen, unerwarteten Reizen (reflektiert in einer Sub-Komponente der P3, der sog. P3a) den mittleren Anteil des Gyrus temporalis superior (lateral zum auditorischen Kortex) aktivierte (Opitz et al. 1999), rief die Detektion eines vordefinierten Zielreizes im klassischen Sinne (P3b) erhöhte Aktivität im hinteren Anteil des Gyrus temporalis superior hervor (Menon et al., 1997; Opitz et al., 1999). Bei einer fMRT-Untersuchung von Schnitker et al. (2002) zeigte sich über unterschiedliche Stimulusbedingungen (Töne, Geräusche, Wörter) hinweg ein rechtshemisphärisches fronto-parietales Netzwerk, welches den allgemeinen Alertnessanteil der Aufgaben widerspiegeln könnte. Die Autoren interpretieren die darüber hinaus gesehenen Aktivierungen eines links-fronto-parietalen Netzwerkes (superiorer und inferiorer Parietallappen, medialer und inferiorer Gyrus frontalis) als spezifisch selektiven Aufgabenanteil. Je nach materialspezifischer Anforderung zeigten sich zusätzlich unterschiedlich ausgeprägte temporale Aktivierungen.

Downar und Mitarbeiter (2000) untersuchten mit Hilfe der fMRT, welche Regionen des Gehirns bei der Detektion von Veränderungen in der sensorischen Umwelt involviert sind. Bei unimodaler auditiver Stimulation zeigten sich Aktivierungen in den Brodmann-Arealen 41, 42 und 22 des rechten und linken Gyrus temporalis superior. Diese Areale stellen den primären und sekundären auditorischen Kortex dar und unterstützen somit die berichteten Befunde zur neuroanatomischen Lokalisation der EKP-Korrelate prä-attentiver Veränderungsdetektion. Die in den genannten Studien identifizierten Areale ähneln den Gehirnregionen, die bei Patienten mit Hirnschädigungen, die unter einer Beeinträchtigung der bewussten Verarbeitung kontraläsional präsentierter auditorischer Reize und fehlenden Orientierungsreaktionen leiden, verletzt sind (Deouell et al., 2000; siehe Kapitel 4).

3.5 Störungen der Aufmerksamkeit

Orientierungsreaktionen, die selektive Auswahl und die bevorzugte Verarbeitung verhaltensrelevanter Umgebungsreize sind eine wichtige Voraussetzung für adäquate Reaktionen auf sich ändernde Umweltbedingungen. Ist die Fähigkeit, Reize in der akustischen oder visuellen Umgebung selektiv zu verarbeiten, verloren gegangen, so sind auch das adäquate Handeln des Organismus in seiner Umwelt und die Bewältigung täglicher Anforderungen beeinträchtigt. Dies trifft insbesondere für Patienten mit einer erworbenen Hirnschädigung zu. Störungen der Aufmerksamkeitsfunktion, z.B. nach Hirnschädigung, führen zu weit reichenden Folgen in nahezu allen Lebensbereichen. Aufmerksamkeitsbeeinträchtigungen gehören zu den häufigsten Funktionsstörungen nach Hirnschädigung. Die Fähigkeit, mit der Umgebung und mit Interaktionspartnern angemessen zu kommunizieren und zielgerichtet zu handeln, ist bei diesen Patienten häufig beeinträchtigt und die Aufmerksamkeitsprobleme wirken sich häufig negativ auf den Rehabilitationserfolg aus. Darüber hinaus führen Beeinträchtigungen im Bereich der Aufmerksamkeit auch zu Schwierigkeiten bei der Bewältigung des Alltags, z.B. in Form von reduzierten Reaktionsgeschwindigkeiten, etwa beim Autofahren, und einer erhöhter Ablenkbarkeit,

z.B. in Leistungssituationen. Insgesamt ist für viele Patienten eine geregelte Arbeitstätigkeit aufgrund von Aufmerksamkeitsstörungen, die in unterschiedlicher Ausprägung und unterschiedlichen Schweregraden auftreten können, nicht mehr möglich.

Beeinträchtigungen können sowohl die Aufmerksamkeitsintensität als auch die Aufmerksamkeitsselektivität betreffen. Störungen der Aufmerksamkeitsintensität betreffen die Reaktionsschnelligkeit bei der Aufmerksamkeitsaktivierung (Alertness) und die Daueraufmerksamkeit. Bei Patienten im Akutzustand nach Hirnschädigung ist eine erschwerte Ansprechbarkeit häufig prominent. Zu den markanten Veränderungen nach Hirnschädigungen unterschiedlicher Ätiologie gehört eine allgemeine Verlangsamung, die häufig auf Alertnessprobleme zurückzuführen ist. Patienten mit Problemen im Bereich der Daueraufmerksamkeit ermüden rasch und müssen bei vielen alltagspraktischen oder intellektuellen Tätigkeiten häufig Pausen einlegen. Störungen der Aufmerksamkeitsselektivität betreffen insbesondere die Reaktionsgenauigkeit, etwa beim Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus und bei der Aufmerksamkeitsteilung. Patienten nach Hirnschädigung leiden häufig unter einer erhöhten Ablenkbarkeit und Interferenzanfälligkeit. Situationen, in denen viele Ereignisse parallel ablaufen, sind eine große Belastung für den Patienten.

Zu den neuropsychologischen Störungsbildern, die vorrangig durch beeinträchtigte Aufmerksamkeitsleistungen erklärt werden, gehören die Extinktion (siehe Kapitel 4.2) und der Neglekt (siehe Kapitel 4.1) als Prototyp einer Störung, die das selektive Aufmerksamkeitsnetzwerk einbezieht und durch beeinträchtigte Orientierungsreaktionen gekennzeichnet ist. Da diese beiden Störungsbilder von zentraler Bedeutung für die vorliegende Arbeit sind, werden sie im folgenden Kapitel gesondert dargestellt.

4 Vernachlässigungsphänomene

4.1 Neglekt

4.1.1 Phänomenologie

Bei Patienten mit einer erworbenen Hirnschädigung, etwa als Folge eines Schlaganfalls, eines Schädelhirntraumas oder einer Hirnblutung, wird mit dem Begriff ‚Neglekt‘ eine Verhaltensstörung bezeichnet, die vor allem durch das Nichtbeachten von Reizen in der der Hirnschädigung gegenüberliegenden (d.h. kontraläsionalen) Seite des Raums charakterisiert ist. Bereits 1918 (Holmes) und 1917 (Poppelreuther) wurden neurologisch bedingte Vernachlässigungsphänomene beschrieben und als Aufmerksamkeitsprobleme diskutiert. Der Begriff Neglekt geht wahrscheinlich auf Pineas (1931) zurück, der eine Frau beschrieb, die die linke Raumhälfte¹⁰ nicht wahrgenommen hat. Patienten zeigen vor allem nach rechtshemisphärischen Hirnschädigungen qualitativ distinkte Muster von Auslassungen und Störungen in der linken Raum- und Körperhälfte sowie bei der mentalen Repräsentation kontraläsionaler Vorstellungen. Dem Neglekt werden Symptome wie eingeschränkte Such- und Explorationsbewegungen in den kontraläsionalen Teil des Raumes, partielle Vernachlässigungen des eigenen Körpers und auch einzelner Objekte, sowie eine beeinträchtigte mentale Repräsentation der linken Körper- und Raumhälfte zugeschrieben. Viele dieser Symptome haben bis auf einen kontraläsionalen Gradienten einer zunehmenden Beeinträchtigung mit vergleichsweise gut erhaltener Leistungsfähigkeit auf der ipsiläsionalen (in der Regel: rechten) Seite des Raumes (Vallar, 1998) wenig miteinander gemein.

Der Terminus Neglekt wird sowohl für die Sensorik (Sehen, Hören, Fühlen) als auch für die Motorik verwendet. Die Vernachlässigung ist häufig in mehreren Sinnesmodalitäten (multimodal) zu beobachten, kann aber auch nur eine Sinnesmodalität betreffen. Die Existenz des Neglekts ist den Patienten häufig nicht bewusst (Anosognosie¹¹). Auf die Symptome angesprochen, werden diese vom Patienten zum Teil negiert. Von einem Neglekt kann nur dann gesprochen werden, wenn die beobachteten Beeinträchtigungen nicht primär auf sensorische (z.B. Hemianopsie¹²) oder motorische Störungen (z.B. Hemiparese¹³) zurückgeführt werden können. Die insbesondere in der

¹⁰ Der Begriff Raumhälfte wiederum stellt ein komplexes Konstrukt dar, welches durch unterschiedliche Referenzsysteme beschrieben werden kann: Augenposition, Kopf- oder Körperposition.

¹¹ Anosognosie ist das mit einer umschriebenen Hirnschädigung einhergehende, pathologische Nichterkennen einer offensichtlich bestehenden Erkrankung wie etwa einer Halbseitenlähmung, einer kortikalen Blindheit, Hemianopsie oder Taubheit (Karnath, 2003).

¹² Hemianopsie: Halbseitenblindheit.

¹³ Hemiparese: Halbseitenlähmung.

frühen Literatur zum Neglekt (De Renzi et al., 1984) verwendete klare Trennung zwischen primär sensorischen und höher geordneten kognitiven Ursachen einer Vernachlässigung scheint aus heutiger Sicht eher eine konzeptuelle denn eine rein empirische Trennung darzustellen. Momentan existiert eine Übereinstimmung, dass sensorische Beeinträchtigungen eine Neglektssymptomatik überlagern können und die dem Neglekt zugeschriebene Symptomatik hierdurch verstärkt werden kann (Doricchi & Angelelli, 1999). Da Patienten auf der nicht beachteten Seite aber nicht seh- bzw. hörbeeinträchtigt sein müssen, scheint es sich beim Neglekt primär um ein Problem auf einer höheren Wahrnehmungsebene zu handeln. Obwohl die frühen Stufen der Reizverarbeitung bis hin zu sekundären und tertiären sensorischen Regionen des Kortex häufig intakt sind, nehmen Neglekt-Patienten Reize aus dem kontraläsionalen Umfeld nicht wahr bzw. können ihre Aufmerksamkeit nicht auf diese Reize lenken (Robertson & Marshall, 1993; Bisiach & Vallar 2000; Driver & Vuilleumier, 2001).

4.1.2 Verhaltensbeobachtungen im klinischen Alltag bei visuellem und auditivem Neglekt

Die oben beschriebenen klinischen Symptome des Neglekts lassen sich im Alltag direkt beobachten. Patienten mit klinischen Zeichen eines Neglekts zeigen im täglichen Leben sowohl mit der Hand als auch mit den Augen beeinträchtigte Suchbewegungen. Sie sind nicht mehr in der Lage, Gegenstände oder Objekte, die kontraläsional positioniert sind, zu finden. Dies ist sogar dann beobachtbar, wenn diese Patienten wissen, dass sich die Gegenstände in ihrer Reichweite befinden. Typische linksseitige Vernachlässigungen zeigen sich etwa beim Essen, wenn beispielsweise nur der ipsiläsionale Tellerinhalt gegessen wird oder beim Suchen von Personen. Beim Rangieren mit dem Rollstuhl und beim Laufen kollidieren Neglektpatienten häufig mit Hindernissen im kontraläsionalen Raum, wie etwa Wänden oder Türen. Um das geschilderte Verhalten zu erklären, tendieren Neglekt-Patienten zumeist zu externalen Attribuierungen, ohne die eigene Erkrankung realistisch einzuschätzen. Durch die Verlagerung des Explorationsfeldes in den ipsiläsionalen Raum kommt es zu kontraläsionalen Auslassungen beim Lesen, Schreiben und Abzeichnen. Aufgrund der Vernachlässigung der eigenen, in der Regel linken Körperseite kämmen, rasiern oder schminken Patienten die linke Seite ihres Gesichtes nicht mehr und ziehen sich häufig nur unvollständig an. Trotz vorhandener Kraft im kontraläsionalen Arm oder Bein hängen bei einigen Patienten die Extremitäten schlaff zur Seite und werden nicht spontan genutzt.

Ein auditiver Neglekt zeichnet sich klinisch insbesondere durch das Ausbleiben der Orientierungsreaktion auf akustische Reize, zumeist aus der linken Hälfte des Außenraumes, aus – trotz intakter sensorischer Hörbahn (Heilman & Valenstein, 1972). Werden rechtshemisphärisch geschädigte Patienten in der Klinik von links angesprochen, so bleibt eine Antwortreaktion entweder ganz aus, oder Neglektpatienten zeigen häufig ein Antwortverhalten, welches erkennen lässt, dass die Patienten den Ursprungsort des Reizes in der rechten Raumseite annehmen (so genannte Alloakusis; Diamond & Bender, 1965).

Interessanter Weise sind die genannten Neglektssymptome im Rahmen der Therapie zumeist kurzzeitig durch die Darbietung von Hinweisreizen kompensierbar. Werden auffällige oder zusätzliche Reize auf der kontraläsionalen Seite platziert, so kann dies zu einer Verbesserung der Wahrnehmungsleistung führen. In diesem Falle wird die Aufmerksamkeit unwillkürlich durch die auffälligen Reize in das kontraläsionale Hemifeld gelenkt (siehe auch Kapitel 3.3.3). Man spricht hier auch von einer Bottom-Up-Aufmerksamkeitslenkung. Als Hinweisreize können auch zusätzliche (oft mehrfach wiederholte) verbale Instruktionen gegeben werden. Da in diesem Falle die Aufmerksamkeit bewusst in den kontraläsionalen Raum gelenkt wird, spricht man hier von einer Top-Down-Beeinflussung der Aufmerksamkeit (siehe auch Kapitel 3.3.2). Als Folge dieser Beeinflussungen kann die Vernachlässigung kurzzeitig überwunden werden, so dass Gegenstände in der vernachlässigten Raumphälfte aufgefunden werden und zuvor vernachlässigte Gliedmaßen eingesetzt werden können. Insgesamt variiert das Ausmaß der Vernachlässigung und weiterer klinisch beobachtbarer Symptome mit Schweregrad und Stadium der Erkrankung.

4.1.3 Prävalenz

Schätzungen zur Prävalenz des visuellen Neglekts liegen nach rechtshemisphärischen Infarkten bei 33-85% und nach linkshemisphärischen Infarkten bei 0-24% (Pedersen et al., 1997). Die große Schwankungsbreite der Ergebnisse erklärt sich einerseits durch unterschiedliche Messzeitpunkte nach der Schädigung (in der Akutphase einer Hirnschädigung sind mehr Neglektssymptome beobachtbar) und andererseits durch die Unterschiedlichkeit der verwendeten Testverfahren zur Diagnose des Neglekts.

4.1.4 Diagnostik des Neglekt

Neben der Verhaltensbeobachtung im klinischen Alltag werden zur visuellen Neglekt Diagnostik üblicherweise Papier- und Bleistifttests eingesetzt. Diese verschiedenen Untersuchungsverfahren haben unterschiedliche Testsensitivitäten und aus diesem Grund ist eine ausführliche Untersuchung, bei der nicht nur ein Test, sondern verschiedene Verfahren eingesetzt werden, für die Differentialdiagnostik und die strategische Therapieplanung unerlässlich. Für eine gute Übersicht zur neuropsychologischen Neglekt Diagnostik siehe Lezak (1995). Dem Wissensstand der Autorin zufolge existieren in der Literatur keine standardisierten und normierten Verfahren im Bereich der auditorischen Diagnostik kontraläsionaler Vernachlässigungen. Gängige klinische Untersuchungen, die durch das simultane Klicken der Finger an beiden Ohren oder durch die gleichzeitige Darbietung einer Geräuschquelle (Glocke, Streichholzschachtel) an beide Ohren gekennzeichnet sind, bieten höchst ungenaue Ergebnisse und können durch vielerlei Störvariablen beeinflusst werden.

4.1.5 Ursachen und neuroanatomische Grundlagen des Neglekts

Häufigste Ursache für einen Neglekt sind ausgedehnte Infarkte der Arteria cerebri media, zumeist der rechten Hemisphäre, die insbesondere zu Schädigungen der rechten perisylvischen Region in der Gegend des inferioren Parietallappens, des posterior-superioren Temporallappens, aber auch des inferioren Frontallappens (Vallar, 1993; Husain & Kennard, 1996; Karnath et al., 2001) führen. Neuere Ergebnisse aus der funktionellen Bildgebung zeigen, dass die Hirnregionen, die typischerweise bei Neglektpatienten geschädigt sind, multimodale Raumrepräsentationen enthalten (Anderson et al., 1997; Macaluso & Driver, 2004).

In einer Untersuchung mittels der Methode der Positronenemissionstomographie (PET) zeigten Coghill und Mitarbeiter (2001), daß Läsionen des rechten, nicht aber des linken, posterioren Parietalkortex sowohl zu taktilem als auch zu visuell-räumlichem Neglekt führen können. Die Autoren interpretierten dies als Hinweis darauf, dass der rechte posteriore Parietalkortex Teil eines Netzwerks rechtshemisphärischer Areale ist, welches als räumliches Aufmerksamkeitssystem (siehe Kapitel 3.3.2 und 3.3.3) anzusehen ist. Diese und ähnliche Ergebnisse unterstützen die Annahme, daß Raum-Repräsentationen sowohl des Körpers als auch des extrapersonalen visuellen und akustischen Raums auf einem Netzwerk beruhen, welches hauptsächlich rechtshemisphärisch angesiedelt ist. Übereinstimmend mit dieser Annahme konnten Kaiser und Kollegen (2000) in einer MEG-Studie zeigen, daß supra-temporale und posterior parieto-temporale Hirnregionen der rechten Hemisphäre sowohl auf ipsilaterale als auch auf kontralaterale akustische Freifeldgeräusche (Geräuschverschiebungen von der Mittellinie aus) reagieren, wohingegen links-hemisphärische Regionen nur auf kontralaterale Verschiebungen reagieren. Die beiden genannten Studien (Coghill et al., 2001; Kaiser et al., 2000) sind interessant, da sie einen potentiellen Mechanismus beschreiben, der erklären könnte, warum nach rechts-parietalen Läsionen Auslassungen häufiger für Stimuli im linken als im rechten Halbfeld gefunden werden. Nach einer linksparietalen Läsion kann der rechtsseitige Raum weiterhin durch die rechte Hemisphäre verarbeitet werden, der Ausfall des links-parietalen Systems wird so kompensiert. Im Gegensatz dazu steht bei einer rechtsparietalen Läsion keine Kompensation für die Verarbeitung der linken Raumhälfte zur Verfügung.

Karnath und Mitarbeiter (2001) zeigten hingegen in tierexperimentellen Studien am Affen, daß es insbesondere Läsionen des superioren temporalen Kortex sind, die Verhaltensveränderungen provozieren, die dem menschlichen visuell-räumlichen Neglekt ähneln. Bis vor wenigen Jahren ging man von der Annahme aus, daß die anatomische Grundlage des Neglekts in einer Läsion des rechten inferioren Parietallappens und der Übergangsregion zwischen Temporal-, Parietal- und Okzipitallappen (TPO) zu finden ist (Heilman et al., 1983; Vallar & Perani, 1986; Leibovitch et al., 1998). Beim Affen hingegen führen Läsionen des inferioren Parietallappens nicht zu einer visuellen Vernachlässigung, sondern zu Problemen bei der Steuerung der Hand beim Greifen nach Objekten (Misreaching) und zu Orientierungsproblemen im Raum. Nach dem die Autoren in ihrer

Studie Patienten mit Gesichtsfeldausfällen ausgeschlossen haben, zeigte sich bei Karnath et al. (2001) keine weitere Beteiligung des inferioren Parietallappens oder der TPO-Region beim Neglekt. Stattdessen zeigte sich über viele Patienten hinweg der hintere Anteil des rechten Gyrus temporalis superior als konsistentester Läsionsort. Andere Autoren (Marshall et al., 2002) schlussfolgern daher, dass der superiore Temporallappen nicht ausschliesslich, sondern zusätzlich zur Schädigung anderer Hirnregionen, zu den Symptomen eines linksseitigen Neglekts beiträgt.

Verschiedene Studien haben darüber hinaus dokumentiert, dass spezifische Schädigungen der Basalganglien, insbesondere des Putamen und des Nucleus caudatus, aber auch Läsionen des Pulvinar im Thalamus zum kontraläsionalen Neglekt führen können (Karnath, 2001). Die Assoziationsgebiete des Gyrus temporalis superior haben direkte Verbindungen zum Putamen und zum Nucleus Caudatus. Hier zeigt sich ein kortiko-subkortikales Netzwerk aus Putamen, Nucleus Caudatus, Pulvinar und dem Gyrus temporalis superior, welches eine wichtige Rolle für das räumliche Bewusstsein zu spielen scheint. Schädigungen unterschiedlicher Komponenten dieses Netzwerkes können einen visuell-räumlichen Neglekt verursachen (Karnath et al., 2001).

4.1.6 Multisensorische Aspekte des Neglekts

In den letzten Jahren wurde das Thema der multimodalen Verarbeitung und Raumrepräsentation in den kognitiven Neurowissenschaften ausführlich untersucht (siehe etwa Andersen et al., 1997, und Macaluso & Driver, 2004). Basierend auf Einzelzelleitungen an Affen und anderen Tieren (Andersen & Buneo, 2002; Duhamel et al., 1998; Graziano & Gandhi, 2000) zeigt sich, dass die Gebiete, die weithin mit Neglektsymptomen assoziiert werden (z.B. inferiorer Parietallappen, Vallar 2001; superiorer temporaler Kortex, Karnath, 2001; prämotorischer und frontaler Kortex, Hussain & Kennard, 1996) auf multiple sensorische Modalitäten reagieren. Insbesondere der superiore und inferiore Parietallappen und der prämotorische Frontallappen scheinen eine fundamentale Rolle bei der multisensorischen Verarbeitung des Raumes zu spielen (Macaluso & Driver, 2001). Diese multisensorischen Aspekte spezifischer Gehirnregionen könnten eine Erklärung für die häufig auftretende Assoziation von Neglektsymptomen in unterschiedlichen Modalitäten sein.

4.1.7 Psychologische Erklärungsmodelle des Neglekt

Nachfolgend werden die in der Literatur diskutierten Erklärungsmodelle zu den Ursachen des Neglekts in Kürze dargestellt (für eine ausführlichere Darstellung siehe Karnath, 2002). Die unterschiedlichen hier vorgestellten Modelle schliessen sich nicht notwendiger Weise gegenseitig aus; sie stehen zum Teil in wechselseitiger Verbindung. Defizite der räumlichen Aufmerksamkeit, des räumlichen Gedächtnisses, der mentalen Repräsentation des Raumes sowie Probleme bei der Transformation multimodaler sensorischer Informationen und bei der Initiierung motorischer

Handlungen können alle zum klinischen Bild des Neglekts beitragen. Einzelne Autoren haben angemerkt, dass es folglich angesichts dieser unterschiedlichen Aspekte und Erklärungsansätze des Neglekts schwierig ist, die unterschiedlichen Formen der Beeinträchtigung auf einen singulären supramodalen Prozess zurück zu führen (Stone et al., 1998).

4.1.7.1 *Aufmerksamkeitshypothesen*

Die Ansicht, dass Beeinträchtigungen im Bereich der Aufmerksamkeit dem Neglekt zugrunde liegen, resultiert aus der Beobachtung, dass das Ausmaß der kontraläsionalen Vernachlässigung durch verschiedene Aufmerksamkeitsmanipulationen beeinflusst werden kann. Wie bereits weiter oben beschrieben, können saliente sensorische Hinweisreize, insbesondere wenn diese einen hohen Neuheitswert haben, zu einer verbesserten Bottom-Up-Aufmerksamkeitsausrichtung führen (Butter et al., 1990). Genauso können unter bestimmten Umständen verbale, auf die kognitive Kontrolle abzielende Instruktionen, durch eine Top-Down-Lenkung der Aufmerksamkeit (Riddoch & Humphreys, 1983) die Neglektsymptomatik zumindest vorübergehend reduzieren. Es existieren unterschiedliche Aufmerksamkeitshypothesen, die sich nicht gegenseitig ausschließen, sondern sich ergänzen und zum Teil gleichzeitig zur Erklärung herangezogen werden können.

4.1.7.1.1 Neglekt als Problem der ipsiläsionalen Aufmerksamkeitsbindung

Die Vernachlässigung kontralateraler Reize beruht auf einer Zerstörung desjenigen neuronalen Netzwerkes einer Hemisphäre, welches die Aufmerksamkeitsfunktionen für die gegenüberliegende Hirnhälfte steuert (Heilman & Abell, 1980; Mesulam, 1981). Kinsbourne (1970) geht von der Annahme zweier sich wechselseitig inhibierender Verarbeitungsmechanismen aus, welche die Orientierung der Aufmerksamkeit zur jeweils gegenüberliegenden Seite des Raumes bewirken. Der rechtshemisphärisch repräsentierte Prozessor orientiert die Aufmerksamkeit zur linken Seite und der linkshemisphärisch repräsentierte zur rechten Seite. Die Schädigung einer Hemisphäre führt demnach zur Schwächung des zur kontralateralen Seite hin orientierten Prozessors und zu einem Überwiegen der Aufmerksamkeitsorientierung in die ipsiläsionale Richtung. Hieraus resultiert eine überdurchschnittlich starke automatische Aufmerksamkeitsorientierung in die ipsiläsionale Raumhälfte. Im Rahmen dieses theoretischen Ansatzes wird daher von einer ipsiläsionalen Aufmerksamkeitsbindung bzw. von einem „attentional bias“ (Kinsbourne, 1970) gesprochen. Als deutliches Beispiel hierfür steht etwa die Beobachtung, dass Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt im Gegensatz zu Gesunden beim Lesen ihre Suche nicht am linken Rand des Textes, sondern meist im ipsiläsionalen Raum, also in der Mitte des Textes, beginnen (bei Personen mit europäischer Schriftsprache; Ladavas et al., 1990). Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass die Hypothese der ipsiläsionalen Aufmerksamkeitsbindung keine zufriedenstellende Erklärung für die extrem erhöhte Auftretenswahrscheinlichkeit des Neglekts bei rechts- im Gegensatz zu links-hemisphärischen Läsionen gibt.

4.1.7.1.2 Neglekt als Störung der Aufmerksamkeitsverlagerung

Grundannahme der in diesem Ansatz vertretenen „Disengagement“-Hypothese ist, dass Patienten die kontraläsionale Seite des Raumes vernachlässigen, da sie sich nicht aus dem ipsiläsionalen Aufmerksamkeitsraum lösen und dadurch die Aufmerksamkeit nicht in die kontraläsionale Richtung verlagern können (Posner et al., 1987; Posner & Peterson, 1990). Die Disengagement-Hypothese knüpft an Posners Dreiphasenmodell der Aufmerksamkeitsverlagerung¹⁴ (Posner & Cohen, 1984) an. Ähnlich wie Kinsbournes Hypothese (siehe vorhergehender Abschnitt) zielt auch dieses Modell auf eine Erklärung der beim Neglekt erhöhten ipsiläsionalen Aufmerksamkeitsbindung. Im Gegensatz zu Kinsbournes Modell wird hier allerdings der Schwerpunkt auf einen spezifischeren Prozess innerhalb des Konstruktes Aufmerksamkeit gelegt, nämlich auf eine beeinträchtigte Loslösung der Aufmerksamkeit aus dem ipsiläsionalen Raum.

Zusammen genommen beschreiben die beiden bisher dargestellten Hypothesen (ipsiläsionale Aufmerksamkeitsbindung und Störung der Aufmerksamkeitsverlagerung) Neglekt als eine pathologisch erhöhte rechtsseitige attentionale Bindung, einhergehend mit der Unfähigkeit, die Aufmerksamkeit in ausreichendem Maße in die linke Raumhälfte zu richten (Posner & Driver, 1992; Kinsbourne, 1987; Mesulam, 1998). Dies wird auf eine Störung in den für die Aufmerksamkeitslenkung zuständigen Gehirnregionen zurückgeführt.

4.1.7.1.3 Neglekt und beeinträchtigte Vigilanz

Chatterjee und Kollegen (1992; siehe auch Pardo et al., 1991) gehen neben den oben ausgeführten Annahmen davon aus, dass Neglekt-Patienten aufgrund eines schnellen Vigilanz-einbruchs und einer schnellen Habituation (Gewöhnung) rascher unaufmerksam werden als Menschen ohne Hirnschädigung. Vigilanz ist eine Funktion der Arousalfähigkeit. Patienten mit Neglekt haben eine reduzierte Arousalfähigkeit (Heilman et al., 1978; Storrie-Baker et al., 1997) und können daher ihre Aufmerksamkeit nur in begrenztem Maße längere Zeit fokussieren. Robertson et al. (1997) und Hjaltason et al. (1996) konnten darüber hinaus zeigen, dass Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt unter Beeinträchtigungen der Daueraufmerksamkeit leiden, und dass ein entsprechendes Aufmerksamkeitstraining auch zu deutlichen Verbesserungen im Bereich des visuell-räumlichen Neglekts führt.

¹⁴ Das Phasenmodell der Aufmerksamkeitsverlagerung (Posner et al., 1987) unterscheidet drei Unterprozesse bei der mentalen Verlagerung der Aufmerksamkeit: 1. die Lösung der Aufmerksamkeit vom gegenwärtigen Fokus („disengagement“), 2. die Verschiebung der Aufmerksamkeit („shift“) und 3. die erneute Fokussierung auf ein neues Ziel („engagement“).

4.1.7.2 *Gedächtnishypothese des Neglekts*

Zusätzlich zu den Beeinträchtigungen im Bereich der Aufmerksamkeit können Patienten mit Neglekt anterograde Gedächtnisdefizite für sensorisch dargebotene Stimuli aufweisen. Nach einer Hirnschädigung haben Patienten mit räumlichem Neglekt häufig Probleme, sich an Stimuli zu erinnern, die kontraläsional dargeboten wurden. Diese anterograde Gedächtnisbeeinträchtigung wurde in verschiedenen Modalitäten gefunden. Bei der randomisierten Präsentation von Konsonanten über den Kopfhörer zum linken und zum rechten Ohr wurden Patienten mit räumlicher Beeinträchtigung aufgefordert den Stimulus entweder sofort oder nach einem Distraktorreiz zu benennen. Die Distraktoren führten bei den Stimuli, die dem kontraläsionalen Ohr zugeführt wurden, zu einem größeren Gedächtnisproblem (Heilman et al., 1974).

Des Weiteren wurden in der Literatur Patienten beschrieben, die nicht mehr in der Lage sind, die kontraläsionale Raumseite aus dem Gedächtnis zu beschreiben (Bisiach & Luzatti, 1978; Denny-Brown & Banker, 1954). Denny-Brown und Banker diskutierten diese Beeinträchtigung als eine retrograde Gedächtnisstörung. Konträr zur Interpretation dieser Autoren gehen andere Autoren (wie etwa Rizzolatti & Berti, 1990, und Halligan & Marshall, 1991) von einer Störung der Raumrepräsentation aus.

4.1.7.3 *Repräsentationshypothese des Neglekts*

Wie bereits im vorherigen Abschnitt beschrieben, vernachlässigen Neglektpatienten nicht nur aktuell vorhandene Objekte, sondern haben auch Probleme bei der gedanklichen Vorstellung von Objekten im kontraläsionalen Raum sowie der kontraläsionalen Seite ihres Körpers (Rizzolatti & Berti, 1990; Bisiach & Luzatti, 1978). Diese Beobachtung stützt die Annahme, dass bei diesen Patienten die mentale Repräsentation des Außenraumes verändert ist. Untersuchungsergebnisse der Arbeitsgruppe um Bisiach und Mitarbeiter zeigen überzeugend, dass die Vernachlässigung nicht allein auf der Seite von Perzeption und Handlung, sondern auch in der mentalen Vorstellung des Raumes, dem topografischen Gedächtnis, zu finden ist. Die Autoren schlossen aus ihren Beobachtungen, dass der kontraläsionale Neglekt aktuell vorhandener Informationen wie auch gespeicherter sensorischer Eindrücke durch das Fehlen ihrer inneren, mentalen Repräsentation hervorgerufen wird.

Neuere Modelle gehen von einer verzerrten Repräsentation des Raumes entlang der Horizontalachse aus. Diese Verzerrungen führen entweder zu einer allgemeinen Stauchung (Halligan & Marshall, 1991) oder zu kontraläsionalen Dehnungen und ipsilateralen Stauchungen (Milner, 1987; Bisiach et al., 1996) in der mentalen Repräsentation des Raumes. Andere Autoren (Ferber & Karnath, 2001) konnten jedoch zeigen, dass die angenommene Verzerrung, untersucht an der Wahrnehmung von Distanzen entlang der horizontalen Raumachse, sich bei Neglektpatienten nicht von derjenigen einer gesunden Vergleichsgruppe unterschied.

4.1.7.4 *Transformationshypothese des Neglekts*

Ein aktueller Erklärungsansatz zum Neglekt (Andersen et al., 1993; Karnath, 1994, 1997) geht von einer Beeinträchtigung der neuronalen Transformation der afferenten multimodalen sensorischen Informationen in ein egozentrisches Koordinatensystem der Raumwahrnehmung aus. Das Gehirn verfügt über neuronale Repräsentationen des Raumes, die den visuellen Außenraum in nichtretinalen, Körper- und Umgebungs-bezogenen Koordinatensystemen abbildet (Andersen et al., 1993). Die Transformation afferenter Signale von verschiedenen peripheren Sinnesorganen – wie etwa der Retina, den Muskelspindeln der Halsmuskulatur oder den Cupulae des Vestibularapparates – in nichtretinale Referenzsysteme ermöglicht, daß visuell-räumliche Informationen unabhängig von Augen- und Kopfbewegungen repräsentiert werden. Neben visuellen, vestibulären und propriozeptiven Signalen ist darüber hinaus die Integration taktiler und auditiver Informationen von Bedeutung (Lewald & Karnath, 2000). Diese Annahme geht von einer beeinträchtigten neuronalen Transformation der afferenten Informationen in nichtretinale Koordinatensysteme aus (Karnath, 1994, 1997; Ventre et al., 1984).

4.1.7.5 *Motorisch-intentionale Hypothese des Neglekts*

Watson und Mitarbeiter (1978) argumentieren, dass die Beeinträchtigung, mit einem Reiz zu interagieren, auch in der Abwesenheit sensorischer Ausfälle durch ein beeinträchtigtes Antwortverhalten gekennzeichnet sein könnte. Neglektpatienten reagieren somit nicht auf Reize, obwohl sie diese wahrnehmen können. Coslett et al. (1990) und Tegner und Levander (1991) konnten zeigen, dass insbesondere frontale Läsionen mit intentionalen Problemen, also solchen, in denen der Patient die eigentliche Handlung nicht initiiert und es zu einem Ausbleiben von Aktionen in den kontraläsionellen Raum kommt, einhergeht (halbseitige Akinesie¹⁵). Patienten mit linksseitigem Neglekt benötigen mehr Zeit für die Ausführung von Bewegungen in den vernachlässigten Raum als in die ipsiläsionale Raumhälfte (Heilman, 1985). Auch Bisiach et al. (1990) unterstützen die Idee, dass ein räumlicher Neglekt mit einem motorisch-intentionalen Bias assoziiert sein kann, der dazu führt, daß sich Patienten insbesondere in den kontraläsionalen Raum hinein bewegungsärmer zeigen (direktionale Hypokinesie¹⁶).

¹⁵ Akinesie: Zustand der kompletten Bewegungsarmut und Bewegungshemmung von Rumpf, Gliedern und Gesichtsmuskulatur.

¹⁶ Hypokinesie: Zustand der verminderten Beweglichkeit, die durch einen Mangel an Spontanmotorik gekennzeichnet ist.

4.2 Extinktion

Das Auftreten eines Neglekts nach Hirnschädigung geht in sehr vielen Fällen mit einer weiteren Aufmerksamkeitsstörung einher, der so genannten Extinktion.

4.2.1 Phänomenologie

Patienten, die unter einer Extinktion leiden, beachten bei simultaner bilateraler Stimulation den Reiz im kontraläsionalen Halbraum nicht oder kaum. Wichtig ist hierbei, dass der gleiche Reiz bei singulärer, monauraler Darbietung erkannt wird. Viele Patienten mit Neglekt zeigen auch eine Extinktionssymptomatik. Extinktion zeigt sich am deutlichsten auf kontraläsionale Reize bei gleichzeitiger ipsiläsionaler Stimulation, kann aber auch auftreten, wenn beide Stimuli auf der gleichen Seite präsentiert werden (Driver & Vuilleumier, 2001). Extinktion kann innerhalb des Sehens, Hörens oder Fühlens beobachtet werden, oder sogar zwischen zwei Ereignissen in unterschiedlichen Modalitäten (Mattingley et al., 1997b).

4.2.2 Prävalenz

Während Neglekt oft mit Extinktion einhergeht, müssen Patienten mit einer Extinktion nicht notwendiger Weise einen Hemineglekt aufweisen. In einer Studie von De Renzi und Mitarbeitern (1984) wurde eine Ohrextinktion nach simultaner Reizpräsentation an beiden Ohren bei 50% aller Schlaganfallpatienten in der Frühphase nach einer Hirnschädigung gefunden. Eine Vernachlässigung konnte sowohl bei rechts- als auch bei linkshemisphärischen Hirnschädigungen nachgewiesen werden, blieb aber bei rechts-hemisphärischen Patienten deutlich länger bestehen. Patienten können Beeinträchtigungen in einer oder in mehreren Modalitäten aufweisen. Während der Hemineglekt häufig innerhalb von Wochen nach Schädigungseintritt rückläufig ist, bleibt die Extinktion zumeist lange bestehen (Weinstein, 1994). Fraglich ist, ob es sich beim Neglekt und der Extinktion um unterschiedliche Ausprägungsgrade einer Störung oder um diskrete Entitäten handelt, die allerdings häufig zusammen auftreten.

4.2.3 Ursachen und neuroanatomische Grundlagen der Extinktion

Obwohl die Extinktion nach unterschiedlichen Läsionen beobachtet werden kann, tritt sie sehr häufig bei Patienten mit fokalen parietalen Läsionen auf, die primär-sensorische Verarbeitungswege nicht betreffen (Vallar et al., 1994).

4.2.4 Psychologische Erklärungsmodelle

Als mögliche Ursachen einer Extinktion werden sowohl Probleme der eingeschränkten Aufmerksamkeitskapazität (Duncan, 1996), als auch Probleme bei der Verarbeitung konkurrierender sensorischer Reize (Heilman et al., 1993; Posner et al., 1984) angenommen. Auch neurologisch gesunde Menschen können nicht unendlich viele multiple sensorische Ereignisse bewusst wahrnehmen, selbst wenn eine Vielzahl von Reizen verarbeitet wird (Duncan, 1980). Hieraus abgeleitet kann Extinktion auch als räumlich spezifische pathologische Verstärkung einer auch im normalen System existierenden Kapazitätseinschränkung, multiplen Zielen Aufmerksamkeit zu schenken (Driver & Vuilleumier, 2001). Hemisphärische Schädigungen können laut diesen Annahmen nicht nur zu einer attentionalen ipsiläsionalen Bindung, sondern zu einer generellen Reduktion der zur Verfügung stehenden Aufmerksamkeitskapazitäten führen (Bender, 1952; Heilman et al., 1970; Riestra et al., 2001). Es kann davon ausgegangen werden, dass bei der simultanen Darbietung von zwei Reizen auf beiden Ohren in der Hörbahn eine Art Wettbewerb um begrenzte Ressourcen stattfindet. In einem geschädigten Gehirn kommt es bei diesem Wettbewerb im Rahmen der Extinktion zu einer Reduktion der Stimulusstärke in einem der beiden Eingangskanäle (Heilman et al., 1987). Der genaue Mechanismus, der zu einer Wahrnehmungsreduzierung unter bilateral simultaner Stimulation führt, ist jedoch bisher unbekannt.

Driver und Vuilleumier (2001) gehen darüber hinaus von einem kritischen generellen Prinzip aus, welches sowohl auf den Neglekt als auch auf die Extinktion zutrifft: das räumliche Defizit wird in kompetitiven Situationen am offensichtlichsten, das heißt in Situationen, in denen mehrere Reize um limitierte Aufmerksamkeitsressourcen konkurrieren. Neuerdings wird in der Literatur auch für die Extinktion auf die mögliche Trennung von Verarbeitungswegen für Reizidentifikation und Reizlokalisierung hingewiesen. Bei der Extinktion existiert eine Dissoziation zwischen der Objektidentifikation bzw. Objekterkennung und der Objektlokalisierung (Humphreys, 1989; Driver, 1996). Diese Dissoziation wird auf eine anatomische Trennung zwischen einem ventralen Verarbeitungsweg für die Objekterkennung und einem dorsalen Verarbeitungsweg für die Objektlokalisierung in der auditorischen Domäne zurückgeführt (Deouell & Soroker, 2000; Clarke & Bellmann Thiran, 2004; Shisler et al., 2004), analog zu dem in der visuellen Modalität etablierten Modell (Ungerleider & Mishkin, 1982). Das heißt, auditorische Lokalisationsprobleme können zumindest teilweise auf Schwierigkeiten bei der Verbindung der Identität auditorischer Stimuli mit deren räumlicher Lokalisierung zurückgeführt werden (Shisler et al., 2004). Die Fähigkeit, Identität und Lokalisierung bei der Wahrnehmung auditorischer Stimuli zu verbinden, wird von den Autoren als eine wichtige Voraussetzung angesehen, Stimuli dem Bewusstsein zuzuführen und sie nicht zu vernachlässigen.

4.2.5 Extinktion in der visuellen Modalität

Visuelle Extinktion ist das am häufigsten beschriebene Extinktionsphänomen, obwohl auch auditorische Extinktion (siehe folgender Abschnitt) und somatosensorische Extinktion berichtet wurden. Patienten mit visueller Extinktion haben kein Problem, ein einzelnes Objekt in einer der beiden Gesichtsfeldhälften zu identifizieren. Sie haben jedoch Schwierigkeiten, wenn in beiden Gesichtsfeldhälften gleichzeitig je ein Objekt (d.h., bilateral simultan) dargeboten wird. Wie oben beschrieben, wird der kontraläsionale Stimulus von den Patienten in dieser Präsentationsbedingung nicht wahrgenommen. Darüber hinaus scheint die Aufgabenstellung einen deutlichen Einfluss auf das Ausmaß der Extinktion zu haben. Eine leichte Veränderung kann großen Einfluss auf das Untersuchungsergebnis haben (Vuilleumier & Rafal, 1999). In der Untersuchung von Vuilleumier und Rafal kam es bei drei rechts parietal geschädigten Patienten bei der Frage, wo visuelle Formstimuli dargeboten wurden, zu einer deutlichen kontraläsionalen Extinktion, während sie die Anforderung, die Formen zu zählen und nicht ihre räumliche Lokalisation anzugeben, gut bewältigen konnten. Auch eine präattentive Gruppierung von eigentlich konkurrierenden Stimuli ist bei Patienten mit visueller Extinktion, unabhängig von der räumlich-attentionalen Beeinträchtigung, möglich (Mattingley et al., 1997a).

Volpe, Le Doux und Gazzaniga (1979) konnten zeigen, dass Patienten mit visueller Extinktion kein primär visuell-sensorisches Verarbeitungsdefizit aufweisen. Vielmehr zeigen diese Patienten ein höher geordnetes Aufmerksamkeitsproblem, was sich daran zeigt, dass diese Patienten, die nicht in der Lage sind, simultan dargebotene Objekte frei abzurufen oder zu benennen, durchaus bewerten konnten, ob die visuell bilateral präsentierten Objekte identisch sind oder nicht (Volpe, Le Doux & Gazzaniga, 1979). Die Patienten waren jedoch nicht in der Lage anzugeben, auf welcher Informationsbasis ihre Einschätzung beruht. Berti et al. (1992) haben untersucht, bis zu welcher Verarbeitungsstufe (d.h., von der reinen Perzeption bis zur Objekterkennung) die Patienten die vernachlässigten Reize prozessieren. In dieser Studie zeigte sich, dass die beschriebenen ‚gleich/ungleich‘-Bewertungen auch dann noch überzufällig korrekt vorgenommen werden konnten, wenn es sich bei den beiden präsentierten Stimuli um unterschiedliche Perspektiven desselben Objektes handelte. Es scheint hierdurch klar, dass mindestens einige Ausprägungen des extinguierten Reizes eine Wahrnehmungsebene der vernachlässigten Objekte erreichen, die nicht mehr von visuellen Oberflächenmerkmalen sondern von der Objektidentität bestimmt wird. Volpe et al. (1979) nahmen an, dass der extinguierte Stimulus eine Verarbeitungsebene erreicht, die einen Vergleich zwischen zwei Objekten ermöglicht. Die so etablierte Repräsentation des wahrgenommenen Objekts ist allerdings der bewussten Wahrnehmung nicht zugänglich. Aufgrund dieser Ergebnisse kann man davon ausgehen, dass trotz der fehlenden bewussten Wahrnehmung der kontraläsionalen Seite semantische Eigenschaften verdeckt zugänglich sind.

4.2.6 Extinktion in der auditorischen Modalität

Extinktion von auditorischen Stimuli unter bilateral simultaner Stimulation in Verbindung mit Extinktionsphänomenen in der visuellen und auch taktilen Modalität wurden von Bender und Diamond (1965) und Heilman und Valenstein (1972) berichtet. Die Ähnlichkeit zwischen den auditorischen Extinktionsphänomenen und der visuellen Extinktion hat bei vielen Autoren dazu geführt, auditorische Defizite, insbesondere Detektionsdefizite unter bilateral simultaner Stimulation, als auditorische Extinktion zu beschreiben (De Renzi et al., 1984, 1989). Interessanter Weise wurden die gleichen Verhaltensdefizite von anderen Autoren zum Teil als auditorischer Neglekt klassifiziert (Heilman & Valenstein, 1972; Hugdahl et al., 1991). Im Bereich der Auditorik, der insgesamt deutlich weniger erforscht ist als Neglekt und Extinktion in der visuellen Modalität, stellt sich also zusätzlich das Problem der exakten Definition von Neglekt und Extinktion, sowie der Abgrenzung der beiden. Beaton und McCarthy (1993, 1995) sprechen sich dafür aus, die Bezeichnung auditorische Extinktion zu wählen, solange nicht theoretische und neuroanatomische Erkenntnisse über die zugrunde liegenden Mechanismen auditorischer Vernachlässigungsphänomene eine genauere Abgrenzung der beiden Phänomene erlauben. Sie leiten damit eine bis heute nicht geklärte Debatte über die Richtigkeit der verwendeten Terminologie ein (siehe Beaton & McCarthy, 1993, 1995; Hugdahl & Wester, 1994). Ein erster Definitionsversuch, der Extinktion als perzeptuelles Problem und Neglekt als Aufmerksamkeitsproblem verstand, wurde wieder verworfen (Beaton & McCarthy, 1995). Ungeklärt ist weiterhin, ob Extinktion unter dichotischen Präsentationsbedingungen ein primäres Aufmerksamkeitsproblem reflektiert, und als solches der Diagnose auditorischer Neglekt entspricht.

Die analoge Terminologie für visuelle und auditorische Extinktion und Neglekt könnte implizieren, dass die auditorischen Defizite aus der gleichen Beeinträchtigung resultieren wie die Defizite im visuellen Bereich (d.h. entweder attentional oder repräsentational bedingt sind) und das Substrat einer supramodalen Störung darstellen. Weitere Überlegungen lassen diese Schlussfolgerung aber anzweifeln:

1. Die Inzidenz der Extinktion des kontralateralen Ohres (über Kopfhörer) scheint vergleichbar bei links und rechtshirnig geschädigten Patienten, ein Befund, der in scharfem Gegensatz zur Auftretensdominanz von visuellem Neglekt und visueller Extinktion nach rechtshemisphärischen Läsionen steht (Stone et al., 1991, 1993). De Renzi et al. (1984) beschreiben kontralaterale Ohrextinktion bei 40% der von ihnen untersuchten hirngeschädigten Patienten, ohne höhere Prävalenz für entweder rechts- oder linksseitige Hirnschädigungen. Allerdings schien die kontraläsionale Extinktion nach rechtshemisphärischen Schädigungen tendenziell länger anzuhalten. Insgesamt existieren nur wenige Studien, in denen explizit unterschiedliche Schädigungsgruppen miteinander verglichen werden. Patienten mit linkshemisphärischen Schädigungen unterliegen aufgrund der häufig konfundierenden Sprachprobleme größeren Untersuchungsschwierigkeiten als rechtshemisphärisch geschädigte Patienten.

2. Eine beeinträchtigte Fähigkeit, kontraläsionale Stimuli unter simultan-binauraler Stimulation zu detektieren, wurde nach einer Reihe von unterschiedlichen Hirnschädigungen beobachtet. Diese umfassten auch Hirnregionen, die nicht zwangsläufig mit visuellem Neglekt assoziiert werden, wie etwa auditorische Regionen im Temporallappen (Kimura, 1967; Sparks et al., 1970) oder das Corpus Callosum (Milner et al., 1968; Sparks & Geschwind, 1968).

Bisherige Studien haben keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen kontraläsionalen Detektionsdefiziten bei binauralen Höruntersuchungen, sprich auditorischer Extinktion, und dem visuellen Neglekt erbracht (De Renzi et al., 1984). Allerdings weisen neuere Studien, die mit größeren Patientienstichproben durchgeführt wurden, auf die Existenz eines korrelativen Zusammenhangs zwischen Auftreten von auditorischer Extinktion und visuellem Neglekt hin (Pavani et al., 2004). Diese unterschiedlichen Ergebnisse bezüglich des Zusammenhangs der genannten Phänomene werden im Folgenden diskutiert.

4.3 Auditorische Beeinträchtigungen bei Patienten mit visuellem Neglekt

Mittlerweile wurden mehrere systematische Untersuchungen der auditorischen Verarbeitung bei Patienten mit visuellem Neglekt durchgeführt. Da die Differenzierung zwischen der auditorischen Extinktion und dem auditorischen Neglekt im Vergleich zur visuellen Modalität aufgrund der oben genannten Schwierigkeiten nicht eindeutig ist, werden im Folgenden die Studienergebnisse zur auditorischen Vernachlässigung nicht konzeptuell nach Extinktion oder Neglekt getrennt dargestellt, sondern anhand der gestellten Aufgaben bearbeitet. Die Ergebnisse der publizierten Studien haben gezeigt, dass visuelle Neglektpatienten in einer Reihe von auditorischen Aufgaben, welche die Detektion, Identifikation oder Lokalisation akustischer Reize erfordern, kontraläsionale Defizite manifestieren können. Detektions-, Identifikations- und Lokalisationsleistungen können laut einer neueren Untersuchung (Clarke & Bellman Thiran, 2004) anhand der zugrunde liegenden anatomischen Verarbeitungswege unterschieden werden. Diese Autoren fanden in ihrer Arbeit Hinweise auf eine der Organisation des visuellen Verarbeitungssystems (Ungerleider & Mishkin, 1982) analoge Aufteilung in Verarbeitungswege für Identität („was“) und Lokalisation („wo“). Clarke und Bellman Thiran (2004) gehen davon aus, dass innerhalb eines dorsalen Netzwerkes Geräusche lokalisiert und Orientierungsreaktionen ausgelöst werden. Demnach führt eine Störung innerhalb des dorsalen Netzwerkes zu einer beeinträchtigten räumlichen Repräsentation und zu direktionalen Fehlern bei der auditorischen Lokalisation. Diese Beeinträchtigung wird von den Autoren als Neglekt klassifiziert. Innerhalb des ventralen auditorischen Verarbeitungsweges findet eine Analyse des Geräuschinhaltes und der Trennung unterschiedlicher simultaner Geräuschquellen statt. Eine Beeinträchtigung des ventralen auditorischen Verarbeitungsweges führt zu kontraläsionalen Auslassungen bei der Objektidentifikation und -detektion, wofür die Autoren ein attentionales Problem als Ursache annehmen (Clarke & Bellman Thiran, 2004).

4.3.1 Untersuchungen zur Geräuschdetektion

In experimentellen Studien zur Geräuschdetektion mittels Kopfhörer an Patienten mit visuellem Neglekt kommen kontraläsionale Auslassungen von singulären, unilateral präsentierten Geräuschen eher selten vor (Hugdahl & Wester, 1994; Efron et al., 1983). Auch bei der Untersuchung von unilateraler Geräuschwahrnehmung mittels einfacher Detektionsaufgaben im Freifeld findet sich kaum ein Zusammenhang zwischen Neglektssymptomen im visuellen Bereich und koauftretenden auditorischen Defiziten (De Renzi et al., 1984; Bender & Diamond, 1965; Bisiach et al., 1984; Pavani et al., 2003; Vallar et al., 1995; Pavani et al., 2002). Die erhaltene Detektionsfähigkeit unilateraler auditorischer Reize kann im freien Feld darauf zurückgeführt werden, daß das Geräusch beide Ohren erreicht und somit bilateral zu beiden auditorischen Cortices weitergeleitet wird. Daraus ergibt sich, dass auch im Falle der Schädigung einer Hemisphäre, die andere Hirnhälfte in der Lage ist, im Freifeld wahrgenommene Geräusche zu verarbeiten, die normalerweise bevorzugt von der geschädigten Hirnhälfte verarbeitet werden (De Renzi et al., 1989).

Schlechte Detektionsleistungen von über der Hörschwelle liegenden kontraläsional dargebotenen Geräuschen werden bei Neglektpatienten vor allem unter bilateralen Präsentationsbedingungen beobachtet (Heilman & Valenstein, 1972; De Renzi et al., 1989). Dieses Phänomen wurde – unter der Annahme einer zugrunde liegenden Aufmerksamkeitsstörung – in der Literatur häufig als auditorischer Neglekt bezeichnet (z.B. De Renzi et al., 1989; Hugdahl et al., 1991; Soroker et al., 1997). Die meisten Untersuchungsergebnisse zum sogenannten auditorischen Neglekt unter Detektionsanforderungen basieren auf dichotischen¹⁷ Hörtests, also auf der simultanen Präsentation zweier unterschiedlicher Stimuli an beiden Ohren (z.B. Hugdahl et al., 1991; Soroker et al., 1997; Deouell & Soroker 2000; Bellman et al., 2001). Diese schlechte Detektionsleistung unter bilateralen Stimulationsbedingungen – die an die gleichzeitige Wahrnehmung zweier konkurrierender Geräusche geknüpft ist – kann alternativ auch als auditorisches Äquivalent der visuellen und taktilen Extinktion (Clarke & Bellmann Thiran, 2004) diskutiert werden, bei der das kontraläsionale Defizit unter der Präsenz eines konkurrierenden, im ipsiläsionalen Raum präsentierten Stimulus, offensichtlich wird.

Bei einer Untersuchung an 45 Patienten mit visuellem Neglekt mittels einer auditorischen Detektionsaufgabe wurde ein vierminütiger 1000 Hz-Ton, der gelgentlich durch sehr kurze Pausen von 300 ms Länge unterbrochen wurde, über Kopfhörer präsentiert (De Renzi et al., 1989). Der Stimulus wurde entweder binaural oder monaural dargeboten und die Patienten hatten die Aufgabe, die Pausen zu detektieren. In den monauralen Durchgängen war die Zielseite vorhersagbar, während die Patienten in dem binauralen Durchgang nicht vorhersehen konnten, auf welcher Seite der nächste Zielreiz auftreten würde. Nur einer von 15 linkshemisphärisch beeinträchtigten Patienten zeigte eine leichte Beeinträchtigung bei diesen Aufgaben. Im Gegensatz dazu zeigten

¹⁷ dichotisch: Hörbedingung, bei der der Schallreiz, der dem einen Ohr dargeboten wird unterschiedlich ist zu dem, der zeitgleich dem anderen Ohr dargeboten wird. Der Reiz kann unterschiedlich sein in Bezug auf Schalldruck, Frequenz, Dauer, Bandbreite oder Identität.

neun der 30 rechtshemisphärisch geschädigten Patienten Probleme unter der binauralen Anforderung. Von diesen neun Patienten zeigten sieben auch einen schweren visuellen Neglekt. Insgesamt betrafen die meisten der Auslassungen (d.h. nicht detektierte Unterbrechungen des 1000 Hz-Tons) das linke Ohr, also die kontraläsionale Raumhälfte. Die neurologischen Schädigungen der beeinträchtigten Patienten wurden primär thalamisch oder rechts parietal lokalisiert. De Renzi und Mitarbeiter (1989) bezeichneten diese beeinträchtigte Detektionsfähigkeit für Reize der kontraläsionalen Seite unter bilateraler Stimulationsbedingung als auditorischen Neglekt.

In einer weiteren Detektionsstudie (Karnath et al., 2002) wurden vier rechtshemisphärisch geschädigte Patienten mit Symptomen einer auditorischen Extinktion mit einer Gruppe rechtshemisphärisch geschädigter Patienten ohne auditorische Extinktion und einer altersangepassten Kontrollgruppe gesunder Probanden verglichen. Die vier Patienten wurden mit einer auditorischen Extinktion klassifiziert, da sie mindestens 90% der monaural links dargebotenen Stimuli richtig detektieren konnten, aber unter bilateral simultaner Stimulation weniger als 50% der linken Reize berichteten. Im Untersuchungsparadigma wurden den Patienten und der Kontrollgruppe über Kopfhörer rechts- und linksseitige Geräuschstimuli mit einem interauralen¹⁸ Zeitunterschied präsentiert, so dass ein räumlicher Stimuluseindruck entstand. Es sollte angegeben werden, auf welcher Seite der Stimulus als erstes zu hören war. Das Interstimulusintervall zwischen rechtem und linkem Stimulus variierte von 50 bis 700 ms mit einer zufälligen Verteilung. Die rechtshemisphärisch geschädigten Patienten ohne auditorische Extinktion und die gesunden Kontrollprobanden unterschieden sich signifikant von den vier Patienten mit auditorischer Extinktion, nicht aber voneinander. Die Patienten mit auditorischer Extinktion nahmen diotisch präsentierte, das heisst binaural zeitlich minimal versetzte, Stimuli als simultan wahr, wenn das Geräusch am linken Ohr tatsächlich durchschnittlich 270 ms vor dem rechtsseitigen Geräusch präsentiert wurde. Unter Rückgriff auf andere Befunde kann hier geschlussfolgert werden, dass auditorische Extinktion mit einem chronischen Aufmerksamkeitsbias in Richtung der ipsiläsionalen Hemisphäre einhergeht. Die so genannte „Prior-Entry-Annahme“ kann für dieses Ergebnis herangezogen werden. Sie sagt vorher, dass ipsiläsionale Reize früher als synchrone kontraläsionale Stimuli wahrgenommen werden. Das heißt, sensorische Ereignisse, die an einem Ort stattfinden, auf den die räumliche Aufmerksamkeit gerichtet ist, werden tendenziell vor physikalisch synchronen Ereignissen an nicht beachteten Orten wahrgenommen (Zackon et al., 1999). Ähnliche Ergebnisse, die diese Annahme bestätigen, wurden von Patienten mit visueller Extinktion berichtet (Baylis et al., 2002; Rorden et al., 1997). Es lässt sich somit schließen, dass die beobachtete Wahrnehmungsverzögerung kontraläsionaler Reize bei Patienten mit Extinktion auf einen durch die Hirnläsion bedingten chronischen räumlichen Aufmerksamkeitsbias in Richtung der ipsiläsionalen Seite zurück zu führen ist.

¹⁸ interaural: Eigenschaftswort, welches sich auf Bedingungen bezieht, die zwischen beiden Ohren herrschen.

In einer weiteren Untersuchung (Beaton & McCarthy, 1993) finden sich erste Hinweise darauf, daß die schlechte Detektions- und Identifikationsleistung beim dichotischen Hören durch die Unfähigkeit eines verletzten Gehirns bedingt ist, bewusst zwei konkurrierende Informationen zu verarbeiten. Eine schlechte Erinnerungsleistung, verbunden mit einer guten Wiedererkennensleistung, wird in dieser Studie als Hinweis auf die Existenz eines „verdeckten Bewusstseins“ für unterdrückte („extinguierte“) Reize interpretiert. Obwohl diese Studie nicht primär eine Detektionsstudie sondern eine Gedächtnisstudie ist, sind die Ergebnisse trotzdem in diesem Zusammenhang von Interesse, da sie auf eine potentielle Ursache, wie z.B. eine beeinträchtigte bewusste Verarbeitung, der beeinträchtigten Detektions- und Identifikationsleistungen hindeutet.

Auf Basis der bisherigen Untersuchungsergebnisse stellten einige Autoren (Beaton & McCarthy, 1993; Bellmann et al., 2001) die Annahme in Frage, dass die schlechte Geräuschdetektion des kontraläsionalen Ohres während konkurrierender bilateraler dichotischer Stimulation tatsächlich einen engen Bezug zum Neglekt des kontraläsionalen auditorischen Raumes hat und postulierten, dass die Extinktion eher ein Aufmerksamkeitsproblem darstellt. In diesem Zusammenhang wurde die Hypothese entwickelt, dass es sich bei der auditorischen Extinktion primär um eine Unterdrückung der auditorischen Information handelt, welche in das kontraläsionale Ohr eintritt. Die Existenz einer kontraläsionalen Ohrunterdrückung wurde schon in den 60er Jahren im Zusammenhang mit dichotischem Hören und hemisphärischer Lateralisation bei Gesunden erwähnt (Kimura, 1967; Sparks & Geschwind, 1968). Unter dichotischen Stimulationsbedingungen könnte eine unilaterale Läsion dazu führen, dass Reize vom kontraläsionalen Ohr den Wettbewerb um die neuronalen Ressourcen des kontralateralen akustischen Verarbeitungspfad es nicht mehr gewinnen können, und das Signal vom ipsiläsionalen Ohr dominant zu beiden Hörcortices transportiert wird. Dies könnte zu einer schlechten Detektionsleistung für kontraläsional präsentierte Reize führen (Kimura, 1967; Milner et al., 1968; Sparks & Geschwind, 1968). Ob die hier berichteten Störungen in der Detektionsleistung bei visuellen Neglektpatienten eher eine (aufmerksamkeitsbedingte) Unterdrückung des auditorischen Inputs vom kontraläsionalen Ohr reflektieren oder eher ein höher geordnetes räumliches Defizit darstellen, ist noch umstritten (Beaton & McCarthy, 1993, 1995; Bellmann et al., 2001). Eine linksseitige Ohrunterdrückung (entspricht Aufmerksamkeitshypothese) scheint jedoch, obwohl hinreichend für Detektionsergebnisse unter dichotischen Bedingungen, als alleinige Determinante nicht auszureichen, um die Gesamtheit der auditorischen Defizite bei visuellen Neglektpatienten zu erklären.

Insgesamt zeigen Neglektpatienten insbesondere dann schlechte Detektionsleistungen für über der Wahrnehmungsschwelle dargebotene kontraläsionale Geräusche, wenn diese auditorischen Zielreize simultan mit anderen, konkurrierenden Geräuschen dargeboten werden. Unter diesen Bedingungen wurden kontraläsionale auditorische Defizite sowohl bei Freifelduntersuchungen als auch bei der dichotischen Präsentation über Kopfhörer beobachtet. Aus diesen Ergebnissen ergibt sich als zentrale Frage für aktuelle Studien, ob die kontraläsionalen auditorischen Defizite ein direktes Ergebnis des räumlichen Ursprungs des Geräusches oder eine

Konsequenz der schlechten Verarbeitungsleistung des auditorischen Inputs vom kontraläsionalen Ohr sind. Aus den nachfolgend dargestellten Identifikationsstudien ergibt sich, dass eine rein links-lateralisierte Ohrunterdrückung nicht die Gesamtheit der so genannten auditorischen Neglektpatienten adäquat beschreibt und man höchstwahrscheinlich unterschiedliche Erklärungsmuster für unterschiedliche Manifestationen des auditorischen Neglekts heranziehen muss.

4.3.2 Untersuchungen zur Geräuschidentifikation

Neben der Detektion ist die Identifikation von Geräuschen ein weiterer bedeutender Aspekt der auditorischen Verarbeitung. Eine Reihe von experimentell-neuropsychologischen Studien haben untersucht, inwiefern Identifikationsprobleme in der auditorischen Modalität einen Bezug zu Neglekt und Extinktion haben. Identifikationsaufgaben gehen im Vergleich zu Detektionsaufgaben über die bloße Wahrnehmung eines Stimulus hinaus und lassen einen Rückschluss auf die Tiefe der bewussten Verarbeitung zu. Ein Rückschluss, ob höhere kognitive Mechanismen in Extinktion und/oder Neglekt involviert sind, kann so gezogen werden. Typischerweise wird bei Studien zur Identifikation auditorischer Reize als Stimulusmaterial verbales Material verwendet (wie etwa Konsonant-Vokal-Paare, Soroker et al., 1995a, oder Wörter, Bellmann et al., 2001), obwohl auch die Diskrimination von nicht-verbalen Stimuli untersucht wurde (z.B. Tonhöhen-Diskrimination; Pavani et al., 2002). Wie bei den Detektionsaufgaben mit monauraler Reizdarbietung konnte auch bei Identifikationsaufgaben mit unilateralen auditorischen Stimuli kein konsistentes Defizit für kontraläsional dargebotene Reize bei visuellen Neglektpatienten gefunden werden. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen rechts- und linksseitiger Identifikationsleistung bei monauraler Präsentation von Konsonant-Vokal-Paaren (Hugdahl et al., 1991) oder bei zweisilbigen Wörtern (Bellmann et al., 2001).

Systematische auditorische Defizite bei Identifikationsaufgaben wurden unter binauraler simultaner Stimulation häufiger beobachtet. Unter diesen Darbietungsbedingungen konnten Defizite für kontraläsionale Geräusche sowohl in Freifelduntersuchungen (Soroker et al., 1995b; Calamaro et al., 1995; Soroker et al., 1997; Deouell & Soroker, 2000) als auch bei dichotischer Präsentation über Kopfhörer (Hugdahl et al., 1991; Bellmann et al., 2001) ermittelt werden. Diese Defizite waren bei Patienten mit visuellem Neglekt in größerem Ausmaß als bei gesunden Probanden zu finden. Darüber hinaus ergaben einige Studien schlechtere Ergebnisse für die linksseitige Geräuschidentifikation bei visuellen Neglektpatienten als bei rechtshirrig geschädigten Patienten ohne Neglekt (Calamaro et al., 1995; Pavani et al., 2004).

Soroker und Mitarbeiter (1997) untersuchten bei rechtshemisphärisch geschädigten Patienten (acht Patienten mit und sieben Patienten ohne visuellem Neglekt) den Zusammenhang zwischen visuellen und auditorischen Vernachlässigungen mittels Geräuschlokalisations- und Geräuschidentifikationsaufgaben, die mit geöffneten und verbundenen Augen unter Freifeldstimulation durchgeführt wurden. Eine auditorische Extinktion manifestierte sich sowohl bei Patienten mit als

auch ohne visuellem Neglekt. Bei bilateral-simultaner auditorischer Stimulation wurden linksseitige Stimuli signifikant häufiger extinguiert als rechtsseitige Reize. Bei unilateraler auditorischer Stimulation zeigten rechtshemisphärisch geschädigte Patienten mit visuellem Neglekt Probleme, linksseitige Geräuschstimuli zu lokalisieren. Bei einer Identifikationsaufgabe zeigten beide Gruppe eine starke Beeinträchtigung für linksseitige Stimuli. Interessanter Weise konnten die Lokalisations- und Identifikationsprobleme der Patienten mit und ohne Neglekt durch das Verbinden der Augen reduziert werden. Im Vergleich zur Kontrollgruppe waren die Ergebnisse allerdings weiterhin signifikant schlechter. Diese Beeinträchtigungen der Lokalisation und Identifikation linksseitiger auditorischer Reize unter unilateraler Stimulation wurden von Soroker und Mitarbeitern (1997) als Neglekt in der auditiven Modalität klassifiziert. Das Verbinden der Augen führt nach Aussage der Autoren entweder zu einer Reduktion ablenkender und um Aufmerksamkeit konkurrierender Stimuli in der visuellen Modalität, oder es könnte die modalitätsspezifische auditorische räumliche Verarbeitung von der dominanten visuell-räumlichen Karte lösen. Letztere Annahme würde implizieren, dass Neglekt in anderen Modalitäten als dem Sehen zu einem großen Teil durch einen visuellen Neglekt bedingt ist. In einer Studie der gleichen Arbeitsgruppe (Deouell & Soroker, 2000) wurde der Frage nachgegangen, ob im freien Feld unter dichotischer Präsentation extinguierte Phoneme (da, ba, pa) bewusst identifiziert werden können. Die 14 rechtshemisphärisch geschädigten Patienten mit deutlichen Zeichen einer auditorischen Extinktion sollten nach der Stimulusdarbietung erst berichten, welche Silben sie gehört haben und anschließend die Stimulusseite angeben. Die Patienten zeigten deutliche Detektions- und Lokalisationsprobleme bei kontraläsionalen Reizen, konnten aber interessanterweise auch spontan nicht berichtete Reize überzufällig oft richtig identifizieren. Die Identifikationsrate zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen rechts- und linksseitig präsentierten Stimuli. Aufgrund der nachgewiesenen Dissoziation zwischen intakter Verarbeitung (Identifikationsleistung) und den Problemen bei der bewussten Wahrnehmung der Stimuli, gehen die Autoren bei der Extinktion eher von einem Bewusstseinsproblem als von einer Beeinträchtigung der Stimulusverarbeitung aus. Nach Meinung der Autoren (Deouell & Soroker, 2000) könnte diese Dissoziation der Fähigkeit, Stimuli exakt zu lokalisieren und zu identifizieren, durch die bereits oben dargelegte Annahme erklärt werden, dass Objekterkennung und Raumlokalisierung in getrennten ventralen und dorsalen Verarbeitungswegen verarbeitet werden (Soroker et al., 1995a, 1995b; Humphreys, 1999; Clarke & Bellman Thiran, 2004). Mit einem ähnlichen Paradigma konnten die gleichen Autoren allerdings zeigen, dass visuelle Neglektpatienten mit auditorischer Extinktion bei einer stärker lateralisierten Lautsprecheraufstellung (90° von der Mitte im Vergleich zu 60° bei Deouell & Soroker, 2000) weniger akkurat in ihrer Identifikationsleistung kontraläsionaler Zielreize sind als gesunde Kontrollpersonen (Soroker et al., 1995a). Interessanter Weise korrelierte bei sechs von Soroker et al. (1995a) untersuchten Patienten die Beeinträchtigung für die Erkennung von linkssitigen auditorisch präsentierten Silben stark mit der Ausprägung des visuellen Neglekts.

Das bereits weiter oben eingeführte Argument, dass auditorische Defizite unter binauraler Stimulation bei Detektionsaufgaben aus einer Unterdrückung des Signals vom linken Ohr resultieren und nicht auf eine Störung der kontraläsionalen räumlichen Verarbeitung zurückzuführen sind (Beaton & McCarthy, 1993, 1995), könnte prinzipiell auch durch die dargestellten Ergebnisse der Studien mit Identifikationsaufgaben gestützt werden. Andererseits gibt es aber auch zunehmend empirische Hinweise darauf, dass die Erklärung der Extinktion als linksohrige Unterdrückung nicht ausreichend sein mag. Insbesondere zeigte sich, dass Untersuchungsergebnisse nicht nur vom tatsächlichen Ort der Geräuschquelle und von einer internen Konkurrenz linker und rechter Verarbeitungswege abhängig sind, sondern auch vom subjektiv wahrgenommenen räumlichen Ursprung der Reize mitbestimmt werden. Auditorische Stimuli, die von der linken Seite präsentiert werden, können eher wahrgenommen werden, wenn vorgetäuscht wird, dass sie aus der rechten Raumhälfte stammen. In einer Studie konnte diese Veränderung erreicht werden, indem ein auditorischer Stimulus weit links präsentiert wurde, während eine fiktive visuelle Geräuschquelle (Lautsprecher) rechts installiert wurde (Soroker et al., 1995a, 1995b). Obwohl linksseitige Stimuli primär das linke Ohr erreichen, wurde ihre Identifikation durch eine subjektiv wahrgenommene räumliche Lokation in der rechten Raumhälfte verbessert.

In einer weiteren auditorischen Identifikationsstudie wurde der Zusammenhang zwischen der Seite des stimulierten Ohres und der subjektiv wahrgenommenen Geräuschposition untersucht (Bellmann et al., 2001). Vier rechtshemisphärisch geschädigten Patienten mit einer linksseitigen auditorischen Extinktion und Anzeichen eines visuellen Neglekts wurden bilateral simultan Wörter präsentiert. In separaten Blöcken wurden die Stimuli entweder dichotisch (simultan-binaurale Präsentation unterschiedlicher Wörter) oder diotisch (binaurale Präsentation mit einem interauralen Zeitunterschied von 1 ms) präsentiert. Die Patienten hatten die Aufgabe, beide Wörter zu identifizieren. In letzterer Situation kann ein selektiver Fehler, linke Stimuli zu identifizieren, nicht ausschließlich durch eine Inhibition des schwächeren ipsilateralen Verarbeitungsweges im Sinne einer Extinktion erklärt werden, da die Reizung nicht zeitgleich erfolgt. Alle vier Patienten zeigten im dichotischen Test Beeinträchtigungen für die linksseitig simultan präsentierten Reize. Im Gegensatz dazu zeigten nur zwei dieser Patienten Probleme auch im diotischen Test. Sie zeigten damit unabhängig von der Lateralisierungsmethode ein generelles Identifizierungsproblem für kontraläsional dargebotene Geräusche, was über eine reine Extinktion und die Konkurrenz um Aufmerksamkeitsressourcen hinausgeht, und von den Autoren als auditorischer Neglekt mit räumlicher Ursache diskutiert wird. Die Studie von Bellman et al. (2001) legt nahe, dass bei einigen rechtshemisphärisch geschädigten Patienten kontraläsionale auditorische Defizite kritisch davon abhängen, welches Ohr das jeweilige Geräusch zuerst erreicht, während in anderen Fällen die Defizite durch eine Störung der Raumrepräsentation erklärbar sind. Ungeklärt ist, wie die zwei von Bellmann und Mitarbeitern (2001) beschriebenen unterscheidbaren Typen der auditorischen Vernachlässigung mit Auftreten und Ausprägung des visuellen Neglekts in Zusammenhang stehen.

In einer weiteren Studie an 11 rechtshemisphärisch beeinträchtigten Patienten (Pavani et al., 2004) wurde untersucht, inwieweit auditorische Defizite bei der Identifikation dichotisch präsentierter verbaler Reize mit visuell-räumlichem Neglekt verbunden sind. Bei den 11 Patienten wurden kontraläsionale Defizite in einem dichotischen Test festgestellt, welche von diesen Autoren als Existenz eines auditorischen Neglekts interpretiert wurden. Diese auditorischen Probleme korrelierten signifikant mit den Ergebnissen im visuellen Durchstreichtest. Auch wenn einige kontraläsionale Beeinträchtigungen im dichotischen Test bis zu einem gewissen Maß auf eine Unterdrückung des auditorischen Inputs des kontraläsionalen Ohres zurück zu führen sind und somit eher typisch für Extinktion statt Neglekt sind, scheinen diese Defizite dennoch eine Beziehung zum visuellen Neglekt zu haben. Diese korrelative Beziehung von Beeinträchtigungen über unterschiedliche Modalitäten hinweg wurde von den Autoren als Evidenz für ein höher geordnetes Defizit, im Gegensatz zu einem eher auf der sensorischen Ebene angesiedelten Erklärungsmodell wie der Ohrunterdrückung, gewertet.

Carlyon und Mitarbeiter (2001) konnten zeigen, dass rechtshemisphärisch geschädigte visuelle Neglektpatienten während einer dichotischen Präsentation über Kopfhörer für linksseitige auditorische Stimuli weniger attentionale Ressourcen zur Verfügung haben als für rechtsseitige. In dieser Untersuchung sollten schnell hintereinander präsentierte Reize, die in der Regel als eine Einheit wahrgenommen werden (auditorisches ‚Streaming‘), als getrennte Ströme identifiziert werden (auditorische ‚Stream-Segregation‘). Diese Fähigkeit hängt unter anderem von vorhandenen Aufmerksamkeitskapazitäten ab (Anstis & Saida, 1985; Rock et al., 1992). Patienten mit visuellem Neglekt zeigten auf dem linken Ohr im Vergleich zum rechten Ohr signifikant größere Schwierigkeiten, die auditorischen Reize als getrennte Ströme wahrzunehmen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass auditorische Identifikations- und Diskriminationsstudien, genau wie die vorher beschriebenen Detektionsstudien, kontraläsionale Defizite bei Patienten mit visuellem Neglekt bei der auditorischen Verarbeitung insbesondere unter binaural simultanen Stimulationsbedingungen zeigen. Bei Aufgaben mit unilateralen auditorischen Stimuli konnte kein konsistentes Defizit für kontraläsional dargebotene Reize bei visuellen Neglektpatienten gefunden werden. Einige der neuen experimentellen Herangehensweisen, die mit den auditorischen Identifikationsstudien in Verbindung stehen (wie etwa die Induktion von illusionären Veränderungen einer wahrgenommenen Geräuschquelle oder der kontrollierte Gebrauch von auditorischen Hinweisreizen, wie etwa minimale Zeitverschiebungen bei diotischer Präsentation), zeigen neue Aspekte dieser kontraläsionalen auditorischen Defizite und ihrer Beziehung zu visuell-räumlichen Neglektstörungen auf. Viele der neuen Studien sprechen für die Involvierung höher geordneter räumlicher Faktoren, wie etwa der subjektiv wahrgenommenen externen Position der Geräuschquelle, sowie für eine wichtige Rolle räumlicher Aufmerksamkeitsprozesse bei den kontraläsionalen auditorischen Defiziten, die bei visuellen Neglektpatienten beobachtet werden können.

4.3.3 Untersuchungen zur Lokalisation von Geräuschen

Neben den Bereichen der auditorischen Signalerkennung (Detektion) und Signalidentifikation können Defizite der auditorischen Verarbeitung auch eine Beeinträchtigung der Fähigkeit, Geräusche zu lokalisieren, betreffen. Denny-Brown und Mitarbeiter (1952) beschrieben einen Patienten, dessen Fähigkeit, unilateral präsentierte Geräusche zu detektieren, erhalten war, der jedoch eine auffallende Misslokalisierung linksseitig präsentierte Geräusche in den rechten Raum zeigte. Dieses Phänomen wurde als Alloakusis (Bender & Diamond, 1965) oder Allochiria (Bisiach & Vallar, 2000) bezeichnet. Bender und Diamond (1965) beschrieben auch Patienten mit „halbräumlicher Desorientierung“ und Problemen bei der Verarbeitung kontraläsional präsentierte auditorischer Reize. Von diesen Patienten wurden insbesondere linksseitig präsentierte Geräusche als von der anderen Seite oder der Mitte des Raumes stammend beschrieben. Altman et al. (1979) berichteten über psychiatrische Patienten, die nach elektrischer Stimulation der rechten Hemisphäre transiente Beeinträchtigungen der Geräuschlokalisierung zeigten. Interessanter Weise wurden zeitgleich visuelle Neglektssymptome beobachtet. Altman et al. (1979) schlossen aus dieser Beobachtung, dass auditorische und visuell-räumliche Störungen relatierte Manifestationen eines multimodalen, beim Neglekt beeinträchtigten Hirnmechanismus darstellen.

Eine der ersten Studien, die sich systematisch der Frage der auditorisch-räumlichen Funktionen beim Menschen gewidmet hat, wurde von Bisiach und Mitarbeitern (1984) durchgeführt. Bei rechtshemisphärisch geschädigten Patienten wurde die Fähigkeit, Geräusche zu lokalisieren, mittels eines so genannten stereophonischen Tests untersucht. Dieser Test simulierte bei gleichzeitiger Reizpräsentation an beiden Ohren eine räumliche Lateralisierung der akustischen Reize durch interaurale Intensitätsunterschiede. Es wurden sowohl für linksseitige als auch rechtsseitige Zielreize systematische directionale Fehler mit einer Bevorzugung des ipsiläsionalen Raumes gefunden. 107 Patienten sollten manuell auf die Raumseite des durch den Lautsprecher stereophon präsentierten Tones zeigen. Die Patienten wurden anhand des Läsionsortes (links vs. rechts) und der Präsenz oder Abwesenheit eines visuellen Neglekts in vier Gruppen unterteilt. Die Ergebnisse zeigten, dass 25 rechtshemisphärisch geschädigte Patienten die größten systematischen directionalen Abweichungen beim Zeigen auf das Geräusch hatten. Innerhalb der Gruppe zeigten 15 Patienten einen visuellen Neglekt im Durchstreichtest. Dieser auditorische räumliche Bias nach rechtshemisphärischen Schädigungen wurde auch in zwei weiteren Studien derselben Arbeitsgruppe gefunden (Vallar et al., 1995; Sterzi et al., 1996). Die Autoren betrachten die Beeinträchtigungen als Manifestation eines räumlichen Neglekts und interpretieren diesen als Schädigung eines neuronalen Netzwerkes, welches die interne Repräsentation des egozentrischen Raumes implementiert. Diese Annahme entspricht einem theoretischen Konzept, welches Neglekt als eine Beeinträchtigung der mentalen Raumrepräsentation sieht und klassischer Weise den Aufmerksamkeitstheorien des Neglekts (Mesulam, 1981) entgegensteht.

Auch in weiteren Studien, in denen hirngeschädigte Patienten unter Freifeldstimulation Geräuschquellen lokalisieren mussten, zeigten Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen die stärksten Beeinträchtigungen (Ruff et al., 1981; Ladavas & Pavani, 1998; Pinek et al., 1989; Pinek & Brouchon, 1992; Pavani & Ladavas, 1999; Pavani et al., 2003). Die Relation zwischen Lokalisationsdefiziten und dem visuellen Neglekt bleibt allerdings kontrovers. Ruff et al. (1981) berichteten, dass rechts posteriore Läsionen Lokalisationsdefizite für ipsiläsionale und kontraläsionale Geräusche produzierten. Die Autoren konnten aber keine reliable Assoziation zwischen diesen auditorischen Defiziten und visuellen Neglektssymptomen finden. Pavani und Kollegen (Pavani & Ladavas, 1999; Pavani et al., 2003) konnten bei visuellen Neglektpatienten größere Lokalisationsfehler für Freifeldgeräusche mit linksseitigem und zentralem Ursprung, im Vergleich zu rechtsseitigen Freifeldgeräuschen, als bei rechtshemisphärisch geschädigten Kontrollpatienten erkennen. In einer zeitbegrenzten Diskriminationsaufgabe (Pavani et al., 2002) mit Freifeldgeräuschen auf der ipsiläsionalen und kontraläsionalen Vertikalen waren die Patienten mit Neglekt langsamer und weniger akkurat als rechtshemisphärisch geschädigte Patienten ohne Neglekt, insbesondere für kontraläsionale Geräusche. Die Autoren interpretieren diese Ergebnisse dahingehend, dass Neglektpatienten unter einer erhöhten räumlichen Unsicherheit in der Kodierung von Geräuschlokalisationen leiden. Dies trifft sowohl für die horizontale als auch für die vertikale Raumachse zu. Fehler sind hiernach nicht nur auf systematische horizontale Verschiebungen, sondern auf generelle Probleme mit der kontraläsionalen Raumrepräsentation zurückzuführen.

Ein möglicher Grund für auffallende Diskrepanzen in den Ergebnissen unterschiedlicher Studien bezüglich der Relation von auditorischen Lokalisationsdefiziten und visuellem Neglekt wurde erstmals von Bisiach et al. (1984) vorgebracht. Bisiach et al. (1984) weisen im Zusammenhang mit der Diskussion des von diesen Autoren beobachteten, statistisch nicht signifikanten Effekts des visuellen Neglekts auf die Geräuschlokalisation darauf hin, dass auditorische Lateralisierungsaufgaben unter Umständen eine sensitivere Methode zur auditorischen Neglekterkennung darstellen könnten, als dies zum Beispiel der Durchstreichtest in der visuellen Modalität erlaubt. Eine weitere mögliche Interpretation der abweichenden Ergebnisse bezüglich der Beziehung zwischen visuellem Neglekts und auditorischen Lokalisationsbeeinträchtigungen, die in vielen Untersuchungen gefunden wurde, in denen Patienten manuell auf die Geräuschquellen zeigen mussten, geht von einem Beitrag des Sehens bei der Ausführung auditorischer Aufgaben aus: Präsenz oder Absenz visuellen Inputs kann das manuelle Zeigen zur Geräuschquelle verändern, auch in Abwesenheit aufgabenrelevanter visueller Informationen. Akkuratere Lokalisationsantworten werden typischerweise bei gesunden Menschen eher beobachtet, wenn die Augen geöffnet sind als bei geschlossenen Augen (Warren, 1970; Platt & Warren, 1972), auch wenn die Geräuschquelle selber unsichtbar ist. Dieses Phänomen, auch visuelle Facilitation genannt, wird einer besseren Auge-Hand-Koordination bei der Präsenz von visueller Information zugeschrieben (Platt & Warren, 1972). Allerdings scheinen visuelle Neglektpatienten hierbei einen gegenteiligen Effekt zu zeigen (siehe Soroker et al., 1997). Das Verbinden der Augen konnte in

dieser Untersuchung die auditorische Lokalisations- und Identifikationsleistung bei Patienten mit visuellem Neglekt und bei rechtshemisphärisch geschädigten Patienten verbessern.

In zwei Studien, welche die Geräuschlokalisierung durch manuelle Zeigebewegungen erforderten (Pavani & Ladavas, 1999; Pavani et al., 2005), waren weder die Geräuschquellen noch die Hand, mit der die Patienten ihre Antwort ausführten, sichtbar. Das Zeigen auf die Geräuschquelle wurde sowohl mit verbundenen Augen als auch mit geöffneten Augen untersucht. Ein ähnliches Muster wie bei der normalen visuellen Facilitation bei gesunden Probanden konnte im Gegensatz zu den Ergebnissen von Soroker et al. (1997) bei rechtshemisphärischen Kontrollpatienten ohne visuellen Neglekt beobachtet werden. Bei dieser Gruppe war die Zeigeleistung mit geöffneten Augen besser als mit geschlossenen Augen. Bei den Neglektpatienten zeigte sich ein umgekehrtes Muster (Pavani & Ladavas, 1999; Soroker et al., 1997). Sie wiesen bei der Lokalisation mit geöffneten Augen einen größeren Zeigefehler als mit verbundenen Augen auf, und zeigten insbesondere eine Tendenz, verstärkt in den ipsiläsionalen Raum zu zeigen. Darüber hinaus korrelierte die Schwere des visuell-räumlichen Neglekts für unterschiedliche Patienten signifikant mit der Differenz zwischen Lokalisationsfehlern bei auditorischer Lokalisation mit geöffneten versus geschlossenen Augen. Größere Zeigefehler (d.h. Abweichungen von der tatsächlichen Position der Geräuschquelle) bei geöffneten Augen gingen mit stärkerem visuellem Neglekt einher. Dieses Ergebnis schlechterer Leistung bei auditorischer Lokalisation mit offenen im Vergleich zu geschlossenen Augen bei visuellen Neglektpatienten spricht gegen die Annahme, dass visuelle Facilitation bei der Lokalisation mit offenen Augen lediglich das Ergebnis erhöhter phasischer Aufmerksamkeit („Alertness“) ist (Robertson et al., 1997). Wahrscheinlicher erscheint auch auf Basis dieser Ergebnisse eine Störung der Raumwahrnehmung, die für viele Neglektpatienten ursächlich für die Symptome ist.

Der Befund einer Abhängigkeit der Schwere der Lokalisationsfehler von der Verfügbarkeit visueller Information könnte eine mögliche Lösung für die beobachteten Diskrepanzen zwischen früheren Studien liefern. Einige der Studien, die keine konsistenten Lokalisationsfehler für kontraläsionale Geräusche bei visuellem Neglekt berichteten, gebrauchten Versuchsbedingungen, in denen die Augen der Patienten verbunden waren (Pinek et al., 1989; Ruff et al., 1981). Auch Soroker et al. (1997) konnten durch das Verbinden der Augen die auditorischen Ergebnisse visuellen Neglektpatienten deutlich verbessern. Der Ausschluss des Sehens könnte bei den Patienten zu einer Reduktion von unterschiedlichen ablenkenden Distraktorreizen führen. Dieser Schluss würde nahe legen, dass auditorische, taktile oder motorische Verarbeitung durch einen intermodalen Wettbewerb, insbesondere mit visuellen Stimuli, Aufmerksamkeitsressourcen einbüßt. Eine alternative Erklärung könnte darin liegen, dass das Verbinden der Augen modalitätsspezifische räumliche Prozessen unterstützt, die dadurch von dem habituell eher genutzten visuellen Referenzsystem unabhängig werden.

4.3.3.1 *Rolle des Sehens bei der Geräuschlokalisierung*

Insgesamt weisen die berichteten Ergebnisse auf eine wichtige Rolle des Sehens für die Lokalisation von Geräuschquellen hin. Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass bei den berichteten Experimenten durchaus eine Konfundierung zwischen der Lokalisationsleistung und der Notwendigkeit der Auge-Hand-Koordination beim Gebrauch manueller Zeigebewegungen als Maß für auditorische Raumverarbeitung entstehen kann. Durch die Erfordernis direktonaler motorischer Antworten auf einen auditorischen Stimulus besteht die Möglichkeit, dass die beobachteten direktonalen Lokalisationsfehler Konsequenz eines systematischen Fehlers auf der Verarbeitungsebene der Planung oder Ausführung der motorischen Antwort sein können, und nicht die direkte Konsequenz einer veränderten Perzeption der Geräuschlokalisierung. Diese potentielle Konfundierung wird besonders relevant bei Lokalisationsaufgaben mit Neglektpatienten. Es ist bekannt, dass einige Neglektpatienten – zusätzlich zu attentionalen, repräsentationalen und perzeptuellen Defiziten – Probleme bei der Initiierung und Ausrichtung von motorischen Aktionen in den kontraläsionalen Raum haben. Berichtet wird etwa die direktonale Hypokinesie (Heilman et al., 1985; Bisiach et al., 1990). Auch Bisiach und Mitarbeiter (1984) diskutierten, dass die von ihnen beobachtete systematische Unterschätzung der linksseitigen Ekzentrität von Geräuschen bei Neglektpatienten in einer Zeigaufgabe – im Gegensatz zu einem rein auditorisch-räumlichen Problem – das Ergebnis einer reduzierten motorischen Explorationsleistung für die kontraläsionale Raumseite sein könnte.

Ein alternatives experimentelles Vorgehen zur auditorischen Lokalisation, das weder eine direktonale motorische Antwort noch einen Vergleich zwischen Geräuschposition und Körper- oder Kopfmittellinie erfordert (und somit nicht unter der diskutierten potentiellen motorischen Konfundierungen leidet), wurde von Pavani et al. (2001) verwendet. In dieser Studie sollten die Patienten eine verbale Positionseinschätzung zweier Töne abgeben, die mit einem kurzen Inter-Stimulus-Intervall von 500 ms von zwei der neun möglichen Positionen im Freifeld präsentiert wurden. Die Aufgabe wurde entweder mit geöffneten oder verbundenen Augen durchgeführt. In 20% der Fälle kamen beide Töne von derselben Position im Raum, in 80% der Fälle von unterschiedlichen Raumpositionen. Die Patienten sollten verbal antworten, ob die beiden gehörten Töne von derselben Geräuschquelle stammen oder nicht. Rechtshirig geschädigte Patienten ohne Neglekt waren in der Lage, die Tonpositionen reliabel zu diskriminieren – sobald ihr Abstand mehr als 20° betrug. Eine ähnliche Testleistung zeigten Neglektpatienten, wenn mindestens einer der beiden Töne aus der rechten Raumhälfte entsprang. Kamen beide Töne aus dem kontraläsionalen Raum, konnten Töne auch bei über 30° Abstand nicht als räumlich voneinander getrennt wahrgenommen werden. Dieses Ergebnis wurde nicht durch Vorhandensein oder Fehlen von visuellem Input beeinflusst. Diese Studie von Pavani et al. (2001) demonstriert ein genuin auditorisches Lokalisierungsdefizit für den kontraläsionalen Raum, welches nicht auf direktonale motorische Antwortanforderungen zurückgeführt werden kann, und welches darüber hinaus auch unabhängig von der Intaktheit der mentalen Repräsentation der individuellen Körpermittellinie ist.

Dieses Ergebnis erfährt eine weitere Unterstützung durch elektrophysiologische Studien, welche zeigen, dass das ereigniskorrelierte Hirnpotential, welches auf eine plötzliche Veränderung in der Geräuschkulisse zurückzuführen ist, die so genannte auditorische Mismatch-Negativierung (siehe Kapitel 3.4.1), bei Neglektpatienten für Veränderungen im kontraläsionalen Raum reduziert ist. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Veränderung die räumliche Position des Geräusches mit einbezieht. Auch dieses elektrophysiologische Maß, welches als eine Reflektion vor-bewusster Veränderungsdetektion gilt, ist nicht beeinflusst durch direktionale motorische Antworten der Patienten und kann daher als ein relativ unkundiertes Maß der räumlichen Probleme von Neglektpatienten gelten.

4.3.3.2 Fazit Geräuschlokalisierung

Insgesamt zeigen rechtshemisphärisch geschädigte Patienten, hiervon insbesondere Patienten mit visuellem Neglekt, über unterschiedliche experimentelle Paradigmen zur Geräuschlokalisierung und über verschiedene Stimulationsmethoden (Freifeld, Kopfhörer) hinweg vor allem kontraläsionale auditorische Lokalisationsprobleme bei binauraler diotischer oder dichotischer Präsentation der Reize. Die Relation zwischen auditorischen Lokalisationsdefiziten und visuellem Neglekt bleibt allerdings kontrovers wobei die zum Teil divergierenden Ergebnisse der verschiedenen Studien durch den Beitrag des Sehens bei der Ausführung auditiver Lokalisationsaufgaben miterklärt werden können. Die Präsenz oder Absenz von visuellem Input und manuellen Zeigebewegungen in den kontraläsionalen Raum können interferierende Variablen darstellen und auditorische Lokalisationsaufgaben deutlich beeinflussen. Größere Abweichungen von der tatsächlichen Geräuschposition (Zeigefehler) bei geöffneten Augen gingen größtenteils mit einem stärker ausgeprägten visuellem Neglekt einher. Im Gegensatz zu gesunden Probanden hatte der Ausschluss des Sehens bei visuellen Neglektpatienten einen ergebnisverbessernden Einfluss. Insgesamt werden die Beeinträchtigungen visueller Neglektpatienten bei der auditiven Lokalisation als Schädigung eines Netzwerkes angesehen, welches die internale Repräsentation des egozentrischen Raumes implementiert. Die Patienten leiden unter einer erhöhten räumlichen Unsicherheit in der Kodierung von Geräuschlokalisierungen.

4.3.4 Existiert eine empirische Relation zwischen visuell-räumlichem Neglekt und auditorischen Identifikations-, Detektions- und Lokalisationsaufgaben?

Bisherige Ergebnisse zeigen, dass Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt eine Reihe von pathologischen Veränderungen in verschiedenen auditorischen Aufgaben haben können. Auditorische Defizite wurden primär für die Identifikation und Detektion kontraläsionaler auditorischer Zielreize beschrieben, zeigen sich aber auch in der Lokalisierung kontraläsionaler akustischer Stimuli. Über unterschiedliche Studien und Aufgabenanforderungen (d.h. Detektion, Identifikation und Lokalisation) hinweg wurden mehr auditorische Beeinträchtigungen bei visuellen Neglekt-

patienten als bei rechtshirrig geschädigten Patienten ohne Neglekt beobachtet (Bisiach et al., 1984; Vallar et al., 1995; Pavani et al., 2001, 2002; Soroker et al., 1997; Tanaka et al., 1999). Andererseits wurden aber auch Dissoziationen zwischen auditorischen Beeinträchtigungen und visuellem Neglekt berichtet (De Renzi et al., 1984; Ruff et al. 1981; Sinnott et al., 2006). Das heißt, in den bisher veröffentlichten Studien leiden nicht alle Patienten mit visuellem Neglekt auch zwangsläufig unter einer auditorischen Beeinträchtigung. Diese Unterschiede in den Ergebnissen zwischen visueller und auditorischer Modalität sind zum Teil auf die unterschiedliche Sensitivität der Tests, die zur Erfassung visueller und auditiver Beeinträchtigungen verwendet werden, zurück zu führen. Während in den meisten empirischen Untersuchungen die Testbatterie zur Erfassung auditorischer Beeinträchtigungen methodisch sehr aufwendig ist, werden visuelle Beeinträchtigungen häufig nur mit Papier- und Bleistifttests erfasst, welche anfälliger sind für Boden- oder Deckeneffekte. Idealerweise sollten gleichwertig sensitive Verfahren für die zwei Modalitäten verwendet werden. Dies ist jedoch nahezu unmöglich, da die Entscheidung, welche Variablen (Genauigkeit, Geschwindigkeit, Stimulusgleichheit) über die verschiedenen sensorischen Modalitäten hinweg vergleichbar sind, sehr schwierig ist. Insgesamt benutzen die meisten Studien der auditiven Perzeption bei visuellen Neglektpatienten starke, weit über der Wahrnehmungsschwelle liegende akustische Stimuli. Mögliche Zusammenhänge zwischen den Hörschwellen der beiden Ohren – die nach einer Hirnschädigung durchaus beeinträchtigt sein können – und dem Schweregrad von auditorischem und visuell-räumlichem Neglekt sind demzufolge bisher eher übersehen worden.

Weiterhin ist es – unabhängig vom verwendeten Stimulusmaterial – methodisch immer problematisch, zwei dichotomisierte Patientengruppen (Patienten mit vs. Patienten ohne Neglekt) zu vergleichen, da diese auf den cut-off-Werten unterschiedlicher Testverfahren basieren und für Abstufungen einer Symptomatik wenig Raum lassen. Ein alternativer Ansatz ist der Vergleich zwischen auditorischen Defiziten und der Stärke des visuellen Neglekts. Pavani et al. (2004) reanalysierten ihre existierenden Datensätze (Pavani & Ladavas, 1999; Pavani et al., 2001, 2002), um sie auf die Existenz einer konsistenten Relation zwischen der Schwere des visuellen Neglekts und der Schwere von auditorischen Defiziten getrennt nach unterschiedlichen verwendeten experimentellen Messinstrumenten zu testen. In allen Studien zeigten die Patienten unilaterale rechtshemisphärische Läsionen, keine schweren kognitiven Beeinträchtigungen, einen normalen Hörbefund oder nur milden Hörverlust mit weniger als 15dB Unterschied zwischen den Hörschwellen der beiden Ohren. Das überraschende Ergebnis dieser Reanalyse war eine signifikante Korrelation zwischen der Leistung in klinischen Tests zum visuellen Neglekt und der auditorischen Leistung, welche in 10 von 14 abhängigen auditorischen Variablen gefunden wurde. Diese konsistenten Befunde deuten auf eine empirische Beziehung zwischen der Schwere des visuellen Neglekts bei Durchstreichtests und der Existenz auditorischer Beeinträchtigungen hin. Dieser Befund stützt die Annahme, dass viele der neuroanatomischen Gebiete, die typischerweise bei Neglektpatienten beeinträchtigt sind (d.h., inferiorer und superiorer Parietallappen sowie

superior temporale, prämotorische und frontale Hirnregionen), wichtige Regionen für die Verarbeitung von multisensorischer Rauminformation sind. Diese Hirnregionen könnten ein gemeinsames multimodales Substrat für die von Pavani und Mitarbeitern (2004) und vielen anderen Studien berichteten auditorischen und visuellen Defizite darstellen. Neurophysiologische Tierstudien untermauern diese Annahme. Multisensorische Neurone, die auf Stimulation in mehr als einer Modalität reagieren (z.B. Sehen und Hören) und räumliche Selektivität aufweisen, wurden im Parietallappen, im superioren Temporallappen und in prämotorischen Gebieten gefunden (Mazzoni et al., 1996; Stricanne et al., 1996; Andersen et al., 1997; Graziano & Gross, 1998). Subkortikal wurden multisensorische Zellen in den Colliculi superiori (Stein & Meredith, 1993) sowie in den Basalganglien (Hikosaka et al., 1989) gefunden. In den letzten Jahren schließlich haben auch funktionell bildgebende Studien an neurologisch gesunden Probanden multisensorische Antworten in den genannten Hirnregionen gefunden. So haben etwa Bushara et al. (1999) gezeigt, dass visuelle und auditorische Lokalisationsaufgaben überlappende Hirnareale im superioren und inferioren Parietallappen beider Hemisphären sowie im rechten medialen Frontalkortex aktivieren. Assoziierte auditorische und visuell-räumliche Defizite könnten prinzipiell entweder aus einer Schädigung einer multisensorischen räumlichen Repräsentation oder aus einer Schädigung direkt nebeneinander liegender unimodaler räumlicher Repräsentationen unterschiedlicher Modalitäten entspringen. Diese zwei möglichen Erklärungen können momentan – basierend auf behavioralen und ersten bildgebenden Daten – nur schwer separiert werden.

4.3.5 *Schlußfolgerungen hinsichtlich der Relation zwischen auditorischen und visuellen Vernachlässigungsphänomenen*

Interessanter Weise wird in der Neuropsychologie traditionell nicht der Nachweis eines Zusammenhangs zweier Störungen (in diesem Fall der attentional-räumlichen Defizite in visueller und auditorischer Modalität), sondern die Demonstration selektiver Defizite nach unterschiedlichen Hirnschädigungen – so genannte Dissoziationen – favorisiert (Shallice, 1988). Hierbei gelten doppelte Dissoziationen, welche die Spezifität bestimmter Hirnregionen für bestimmte sensorische oder kognitive Prozesse demonstrieren, als stärkste Evidenz. Im Falle der Neglectforschung zeigen doppelte Dissoziationen in seltenen Fällen (siehe etwa De Renzi et al., 1984; Ruff et al. 1981) zwar, dass einige auditorische und visuelle räumliche Repräsentationen trennbar sind. Dies ist jedoch keine ausreichende Evidenz gegen die mittlerweile vielfältigen assoziativen und korrelativen Muster, die auf einen Zusammenhang der Defizite in der visuellen und auditorischen Modalität hinweisen (z.B. Bisiach et al., 1984; Beaton & McCarthy, 1993; Soroker et al., 1997; Bellmann et al.; 2001; Pavani et al., 2004). Darüber hinaus kann aus dem Nachweis einer doppelten Dissoziation zwischen den beiden Modalitäten nicht automatisch geschlossen werden, dass es keine gemeinsamen multisensorischen Repräsentationen gibt, deren Schädigung assoziierte Defizite hervor bringen können. Die wenigen Studien, die auf eine komplette Trennung zwischen auditorischen und visuell-räumlichen Repräsentationen hinweisen, scheinen also kein

generelles Organisationsprinzip abzubilden. Vielmehr scheint es so zu sein, dass diese wenigen Studien wichtige Informationen zur Abgrenzung der höheren multimodalen Hirnstrukturen liefern. Mit den Neuerungen der hochauflösenden strukturellen und funktionellen bildgebenden Verfahren wird in Zukunft untersucht werden können, ob es systematische Unterschiede zwischen Patienten mit dissoziierten versus assoziierten visuellen und auditiven Defiziten gibt.

4.4 Zusammenfassung

Insgesamt scheint die Existenz von auditorischen Defiziten bei visuellen Neglektpatienten etabliert. Übereinstimmende Ergebnisse aus unterschiedlichen experimentellen Paradigmen und von diversen auditorischen Messungen haben eine konsistente räumliche Beeinträchtigung der auditorischen Verarbeitung bei einem großen Anteil rechtshemisphärisch geschädigter Patienten mit visuellem Neglekt gezeigt. Auditorische Defizite wurden primär für kontraläsionale Zielreize bei Identifikations- und Detektionstests unter bilateralen Stimulationsbedingungen gesehen. Geräuschlokalisationsaufgaben zeigen auch bei unilateraler Stimulation dominante kontraläsionale Defizite. Darüber hinaus haben Beobachtungen aus vielen Studien demonstriert, dass die Annahme einer alleinigen linksohrigen Unterdrückung (Aufmerksamkeitshypothese) nicht ausreicht, um alle beobachtbaren auditorischen Defizite zu erklären. Es gilt, betrachtet man die bisher zugängliche Literatur, als etabliert, dass eine Schädigung höherer räumlicher Faktoren als Ursache des Neglekts involviert sein muss, auch wenn hier genaue Wirk- und Schädigungsmechanismen noch diskutiert werden. Weiterhin scheint die Verfügbarkeit von Aufgabenirrelevanten visuellen Informationen zur Schwere der auditorischen Defizite bei visuellen Neglektpatienten beizutragen. Dies scheint jedoch vor allem auf die direktionalen räumlich-motorischen Anforderungen beim Antworten durch Zeigebewegungen in vielen Studien zurück zu gehen. Die genannten unterschiedlichen auditorischen Defizite korrelieren zum Teil mit der Schwere des visuellen Neglekts, insbesondere mit den Ergebnissen des Durchstreichtests. Dies lässt es als nahe liegend erscheinen, dass eine Relation zwischen auditiven und visuellen Defiziten besteht, eine Annahme, die wiederum kompatibel ist mit der Existenz von multimodalen räumlichen Repräsentationen insbesondere in Hirnregionen, die typischerweise bei Neglektpatienten geschädigt sind.

5 Fragestellungen der Arbeit

Wie bereits dargestellt, liegen dieser Arbeit Ergebnisse einer Pilotstudie sowie aktuelle Befunde aus der Forschungsliteratur zum auditorischen und visuellen Neglekt sowie aus der Aufmerksamkeitsforschung zugrunde. Aus den vorhergehenden Kapiteln lässt sich ableiten, dass die neuropsychologischen Störungsbilder des auditorischen Neglekts und der auditorischen Extinktion nicht ausreichend klar voneinander abgegrenzt sind. Zusätzlich existiert keine allgemein akzeptierte Diagnostik für diese Störungsbilder. Drei experimentelle Testverfahren zur Feststellung von auditorischer Extinktion (De Renzi et al., 1984) und auditorischem Neglekt (De Renzi et al., 1989; Soroker et al., 1997), die bisher beschrieben wurden, lassen sich aufgrund der definitorischen Unsicherheit nicht eindeutig voneinander abgrenzen und sind bisher nicht vergleichend untersucht worden. Zusätzlich muss die Frage aufgeworfen werden, ob die Ergebnisse der beschriebenen Testverfahren zur Untersuchung auditorischer Vernachlässigungsphänomene von der spezifischen Wahl der akustischen Stimuli beeinflusst sind. Während De Renzi und Mitarbeiter (1984, 1989) einfache Sinustöne für ihre Experimente verwendeten, präsentierten Soroker et al. (1997) im Rahmen ihres dichotischen Neglekttests gesprochene Silben als Stimuli. Beiden Reizklassen weisen eine, im Vergleich etwa zu bedeutungshaltiger Sprache und alltäglichen Umgebungsgeräuschen, geringe ökologische Validität (im Sinne einer mangelnden Alltagsrelevanz für die Patienten) auf.

Der grundlegende Ansatz der vorliegenden Arbeit basiert daher auf der systematischen Untersuchung einer Stichprobe von Neglekt-Patienten mit den drei bisher beschriebenen experimentellen Verfahren zur Bestimmung auditorischer Vernachlässigungsphänomene. Diese umfassen einen auditorischen Extinktionstest (De Renzi et al., 1984; siehe Kapitel 7), einen auditorischen Neglekttest (De Renzi et al., 1989) sowie einen dichotischen Neglekttest (Soroker et al., 1997; siehe Kapitel 9). Hierbei wird die etablierte neuropsychologische Diagnostik zur Untersuchung des visuell-räumlichen Neglekts zur Identifikation der Patienten herangezogen. Zusätzlich zu diesem vergleichenden Ansatz der vorliegenden Studie wurden die auditorischen Paradigmen der Originalarbeiten aus der Perspektive einer kritischen Betrachtung der ökologischen Validität des Stimulusmaterials angepasst bzw. erweitert, um die Frage der Abhängigkeit der Untersuchungsergebnisse von der Alltagsrelevanz der akustischen Reize untersuchen zu können. Mittels dieses Untersuchungsansatzes sollen folgende spezifischen Fragestellungen beantwortet werden:

1. Der Zusammenhang zwischen Vernachlässigungsphänomenen in der visuellen und auditiven Modalität wird in der Literatur kontrovers diskutiert (vgl. Sinnott et al., 2007; Eramudugolla et al., 2007; siehe auch Kapitel 4.3.4). Es ist daher ein Ziel dieser Untersuchung, zu bestimmen, in welchem Ausmaße die untersuchten Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt zusätzlich unter auditorischen Vernachlässigungen kontraläsionaler Reize leiden. Ziel ist es, herauszuarbeiten, wie stark die beschriebenen auditorischen und visuell-räumlichen Vernachlässigungen, insbesondere kontraläsionaler Reize, miteinander assoziiert sind.
2. Im klinischen Sprachgebrauch und auch in der betreffenden Literatur werden die Begriffe auditive Extinktion und auditiver Neglekt nur unzureichend von einander abgegrenzt. Im Rahmen dieser Arbeit sollen Kriterien zur Differenzierung dieser beiden neuropsychologischen Störungsbilder identifiziert werden. Ziel ist es, spezifischere Definitionen für auditorischen Neglekt und auditorische Extinktion aus den Untersuchungsdaten abzuleiten. Insgesamt soll eine klarere Abgrenzung der beiden Phänomene ermöglicht werden.
3. In der Untersuchung soll darüber hinaus die Frage beantwortet werden, ob die in der Literatur kontrovers diskutierte Ursache der auditorischen Extinktion (vgl. Kapitel 4.2) besser durch sensorisch-perzeptuelle oder durch attentionale Beeinträchtigungen zu erklären ist. Neue Einsichten sollen hier aus dem direkten Vergleich der Beeinträchtigungen bei der Verarbeitung binaural-gleicher (siehe De Renzi et al., 1984) und binaural-ungleicher (dichotischer; siehe Soroker et al., 1997) akustischer Reizpräsentation gewonnen werden.
4. Als Krankheitssymptome werden der auditorische Neglekt und die auditorische Extinktion häufig diagnostisch vernachlässigt. Standardisierte Untersuchungsverfahren, welche sich im Rahmen der klinischen Routinetätigkeit einsetzen lassen, existieren nicht. Zusätzlich bestehen Zweifel an der ökologischen Validität der beschriebenen experimentellen Verfahren zur Bestimmung von Extinktion und Neglekt in der auditorischen Domäne (De Renzi et al., 1984, 1989; Soroker et al., 1997). Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist daher die vergleichende Überprüfung der drei bisher beschriebenen experimentellen Verfahren – auditorischer Extinktionstest, auditorischer Neglekttest und dichotischer Neglekttest – hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Diagnostik auditorischer Vernachlässigungsphänomene. Spezielles Interesse gilt hierbei dem Versuch, aus den verwendeten Verfahren denjenigen Test und das spezifische Stimulusmaterial zu identifizieren, welche sich – unter Berücksichtigung der ökologischen Validität – am besten für den Einsatz im klinischen Alltag eignen.

6 Methoden

6.1 Neuropsychologische Diagnostik

Zur Bestimmung des Schweregrades des visuell-räumlichen Neglekts wurden rechts-hemisphärisch geschädigte Patienten am Neurologischen Rehabilitationszentrum Leipzig-Bennewitz mit zwei klinisch etablierten Testverfahren untersucht. Die Patientenauswahl für die experimentellen Untersuchungen (siehe Abschnitt 6.3 unten) basierte auf dieser Diagnostik. Die neuropsychologischen Testverfahren werden im Folgenden beschrieben.

6.1.1 Durchstreichtest

Explorationsprobleme bei Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt werden in der klinisch-neuropsychologischen Praxis häufig mit Durchstreichtests untersucht. Ferber und Karnath (2001) berichteten, dass der Glockendurchstreichtest (Gauthier et al., 1989) und der Buchstabendurchstreichtest (Weintraub & Mesulam, 1985) die Explorationsprobleme von Neglektpatienten am besten abbilden. Die Leistung im klinisch häufig verwendeten Liniendurchstreichtest (Albert, 1973) wurde mit den Ergebnissen in vier weiteren Durchstreichtests verglichen. Hierbei zeigten der Buchstabendurchstreichtest und der Glockendurchstreichtest die reliabelsten Ergebnisse und konnten 94% aller Patienten mit visuellem Neglekt identifizieren. Bezüglich ihrer Sensitivität sind diese Tests somit beispielsweise dem Liniendurchstreichtest deutlich überlegen. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse wurde für die vorliegende Untersuchung der Buchstabendurchstreichtest zur Diagnostik des visuellen Neglekts verwendet.

6.1.1.1 Testmaterial

Aufgabe der Patienten beim Buchstabendurchstreichtest nach Weintraub und Mesulam (1985) ist es, 60 Zielreize (Buchstabe „A“) innerhalb einer großen Zahl von über eine Din A4-Seite verteilten Distraktoren (d.h., anderen Buchstaben des Alphabets) zu finden und durchzustreichen. Ein Beispiel des Buchstabendurchstreichtests ist in Abbildung 6.1 dargestellt. Es befinden sich jeweils 30 Zielreize auf der rechten Seite des Blattes und 30 Zielreize auf der linken Seite des Blattes. Zielreize und Distraktoren heben sich beim Buchstabendurchstreichtest, im Gegensatz zu anderen Durchstreichaufgaben, nicht deutlich voneinander ab. Diese Konstruktion des Stimulusmaterials erfordert eine höhere attentionale Leistungsfähigkeit. Bei Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt führen erhöhte Anforderungen an die selektive visuelle Aufmerksamkeit zu einer

abnehmenden Leistungsfähigkeit bei visuellen Suchaufgaben (Rapcsak et al., 1989). Der Buchstabendurchstreichtest reflektiert daher durch seine erhöhten Anforderungen an die visuelle Aufmerksamkeitsfokussierung direkt die grundlegenden Explorationsdefizite dieser Patienten und legt ihre typische Beeinträchtigung bei der Reaktion auf Stimuli im kontraläsionalen Halbfeld offen (Heilman et al., 1993).

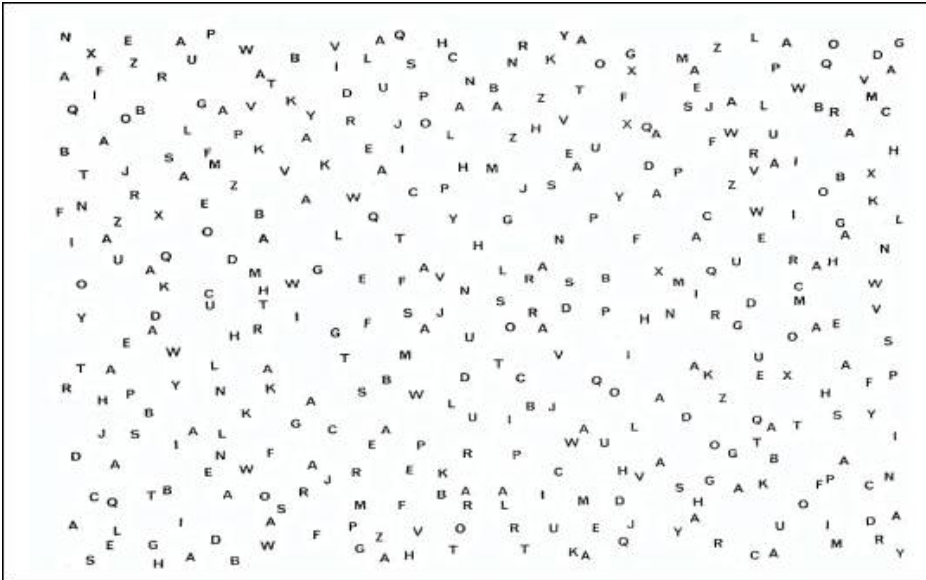


Abbildung 6.1: Durchstreichtest zur neuropsychologischen Diagnostik des visuell-räumlichen Neglekts. Aufgabe der Patienten ist es, alle Buchstaben „A“ auf dem Blatt zu finden und durchzustreichen.

6.1.1.2 Testdurchführung

Das Testblatt (Din A4) wurde auf die sagittale Mittellinie des Körpers des Patienten zentriert und am Tisch festgeklebt. Das Blatt konnte auf diese Weise vom Patienten nicht bewegt werden. Es gab keine Begrenzung der Bearbeitungszeit, und der Untersucher saß dem Patienten direkt gegenüber. Die Patienten beendeten die Bearbeitung, sobald sie mit ihrer eigenen Durchstreichleistung zufrieden waren und auf Nachfragen erklärten, sie hätten alle Zielreize durchgestrichen.

6.1.1.3 Auswertung

Bei einer Untersuchung, an der gesunde Kontrollpersonen teilnahmen, konnten Weintraub und Mesulam (1985) zeigen, dass Personen über 80 Jahre beim Buchstabendurchstreichtest durchschnittlich vier Zielreize in jedem visuellen Halbfeld übersehen. Dies entspricht einer Rate von 13,3% (8 von insgesamt 60) ausgelassenen Zielreizen. Da in der Literatur keine Normierungen für unterschiedliche Altersgruppen und Kontrollpersonen existieren und da in der vorliegenden Studie die Patienten durchschnittlich jünger waren als in der oben genannten Studie, wurde als Kriterium für die Diagnose eines visuell-räumlichen Neglekts auf Basis des Buchstaben-

durchstreichtests eine Mindestfehlerrate von 8,3% (d.h., fünf oder mehr Auslassungen) festgelegt (siehe Anhang 1 für ein typisches Ergebnis eines Neglektpatienten aus der vorliegenden Studie bei diesem Test). Daraus ergibt sich als Einschlusskriterium für die im Folgenden berichteten experimentellen Studien eine Fehlerrate von 8,3% oder mehr im Buchstabendurchstreichtest. Die Rate an ausgelassenen Zielreizen im Buchstabendurchstreichtest wurde zusätzlich verwendet, um für die vorliegende Arbeit eine Einteilung des Schweregrads des visuell-räumlichen Neglekts vorzunehmen:

- milder Neglekt: 8,3% – 25% (5 Auslassungen – 15 Auslassungen)
- moderater Neglekt: 26,7% – 48,3% (16 Auslassungen – 29 Auslassungen)
- schwerer Neglekt: 50% – 73,3%: (30 Auslassungen – 44 Auslassungen)
- sehr schwerer Neglekt: 75% – 100% (45 Auslassungen – 60 Auslassungen)

6.1.2 Abzeichentest

Zeichen- und Abzeichentests sind eines der am weitesten verbreiteten Diagnostikverfahren zur Untersuchung des visuell-räumlichen Neglekt. Halligan und Robertson (1992) argumentieren, dass Abzeichentests, die auf visuellen Input zurückgreifen, eine höhere Sensitivität zur Identifikation eines visuell-räumlichen Neglekts aufweisen im Vergleich zu Zeichnungen aus dem Gedächtnis. Aus diesem Grunde wurde in der vorliegenden Studie ein klinisch weit verbreiteter Abzeichentest in die Neglektdiagnostik aufgenommen.

6.1.2.1 Testmaterial

Die Patienten wurden gebeten, drei Zeichnungen einfacher Objekte (Stern, Haus, Blume; siehe Abbildung 6.2), welche auf einem horizontal positionierten Din A4-Blatt dargeboten wurden, zu kopieren. Die verwendete Bildvorlage wird standardmäßig in der klinisch-neuropsychologischen Diagnostik des visuell-räumlichen Neglekt verwendet (siehe z.B. Behavioral Inattention Test; Wilson, Cockburn & Halligan, 1987).

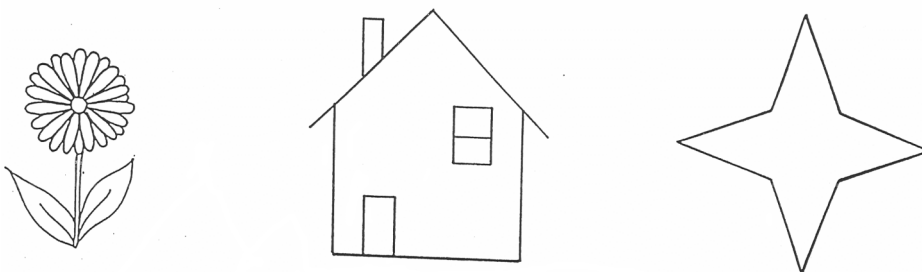


Abbildung 6.2: Vorlage für den Abzeichentest zur Diagnostik des visuell-räumlichen Neglekt.

6.1.2.2 Testdurchführung

Die Testdurchführung erfolgte analog zu den Untersuchungsbedingungen des Durchstreichtests (siehe Abschnitt 6.1.1.2).

6.1.2.3 Auswertung

In einer Untersuchung an gesunden Probanden ($n = 456$) zeigten Azouvi und Kollegen (2002), dass bei einem Abzeichentest, der dem oben beschriebenen Verfahren ähnelt, von den Versuchsteilnehmern keine Auslassungen gemacht wurden. Aus diesem Grunde wurde bei der Patientengruppe im Rahmen der vorliegenden Studie jede Auslassung als Anzeichen einer visuellen Vernachlässigung bewertet (siehe Anhang 2 für ein typisches Ergebnis eines Neglektpatienten aus der vorliegenden Studie bei diesem Test). Auslassungen von mindestens einem linksseitigen Detail wurden mit einem Punkt bewertet, ein zusätzlicher Punkt wurde vergeben, wenn linksseitige Details auf die rechte Seite gezeichnet wurden. Neben den Auslassungen wurden noch Verzerrungen und Hinzufügungen bewertet, so dass insgesamt maximal neun Punkte (d.h., drei je Objekt) vergeben werden konnten. Verzerrungen und Hinzufügungen wurden aber aufgrund ihrer möglichen Konfundierung mit visuo-konstruktiven und visuo-motorischen Beeinträchtigungen (siehe etwa Lezak, 1995) nicht als Zeichen einer linksseitigen Vernachlässigung bewertet.

6.2 Diagnostik der auditorischen Verarbeitung

Eine Voraussetzung für die Untersuchung von aufmerksamkeitsbedingten Vernachlässigungsphänomenen im auditorischen Bereich ist der Ausschluss von peripher-sensorischen Beeinträchtigungen der Hörfähigkeit. Um die Hörfähigkeit der in die vorliegende Studie eingeschlossenen Patientinnen und Patienten zu gewährleisten, wurde die Hörfähigkeit der Patientengruppe mittels zweier Verfahren untersucht, der Tonschwellenaudiometrie und den akustisch evozierten Potenzialen. Im Folgenden werden diese beiden Verfahren kurz beschrieben und ihre Rolle bei der Patientenselektion dargestellt.

6.2.1 Tonschwellenaudiometrie

Bei den folgenden Ausführungen zum Audiogramm wurde primär auf das Lehrbuch „Hören. Physiologie, Psychologie, Pathologie“ von Jürgen Hellbrück (1993) zurückgegriffen. Mit Audiometrie werden Verfahren bezeichnet, die Eigenschaften und Parameter des Gehörs vermessen. Die in der vorliegenden Untersuchung verwendete Methode ist die Tonschwellenaudiometrie. Es handelt sich hierbei um die Messung der Hörschwelle für Sinustöne, also um die Bestimmung der minimalen Lautstärke eines Tones, ab der dieser vom untersuchten Individuum wahrgenommen werden kann, bestimmt an Sinustönen unterschiedlicher Tonhöhe (Frequenz).

Das Ergebnis dieser Messungen für mehrere unterschiedliche Frequenzen wird in einem Tonschwellenaudiogramm (siehe beispielhaft Abbildung 6.2) eingetragen. Auf dem Testblatt markieren senkrechte Linien die Testfrequenz in Hertz und die waagerechten Linien stellen die individuelle Hörschwelle in Dezibel, relativ zur normalen Ruhehörschwelle, dar. Wie Abbildung 6.2 zeigt, variiert die Hörschwelle in Abhängigkeit von der Tonhöhe. Zusätzlich bestehen klare Unterschiede im Tonschwellenaudiogramm zwischen Gesunden und Personen mit Hörschädigungen, als auch zwischen gesunden Individuen.

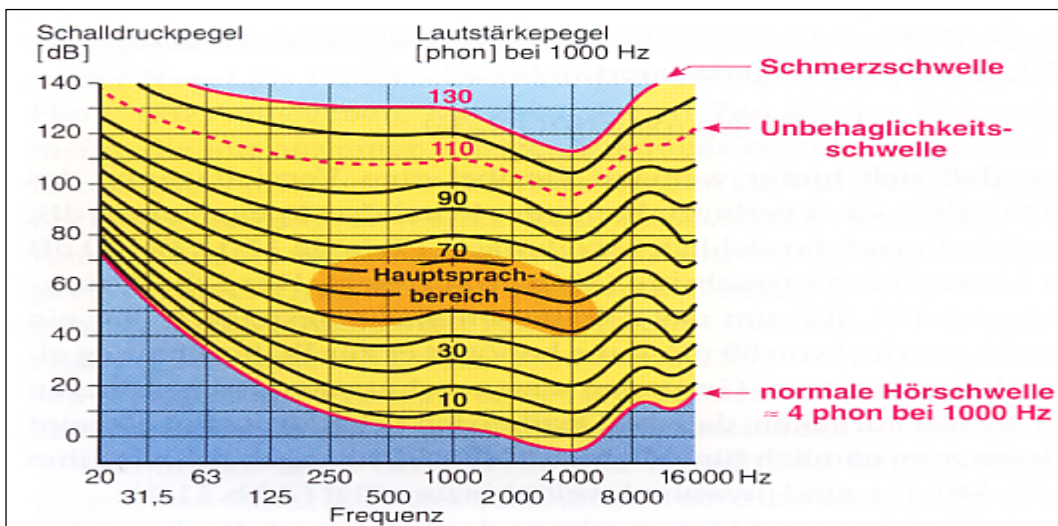


Abbildung 6.2: Beispielhafte Darstellung der Hörschwelle (unterer Pfeil), Unbehaglichkeitsschwelle (mittlerer Pfeil) und der Schmerzschwelle (oberster Pfeil) im Bereich von 20 bis 16000 Hz.

Gemessen wird sowohl die Luftleitung, das heißt die Wahrnehmung von Schallschwingungen, welche über die Luft im Gehörgang an das Trommelfell gelangen, als auch die Knochenleitung. Bei letztgenannter werden die Schallschwingungen durch einen speziellen Knochenleitungshörer direkt auf den Schädelknochen übertragen. Die Differenz zwischen Knochenleitungsschwelle und Luftleitungsschwelle ist wichtig für die Differentialdiagnose von Hörstörungen.

6.2.1.1 Experimentelle Prozedur

Die Tonschwellenaudiometrie wurde durchgeführt mittels eines im klinischen Alltag eingesetzten Standardgeräts der Firma Präcitronic. Luft- und Knochenleitungshörschwellen wurden für Frequenzen zwischen 250 Hz und 8000 Hz bestimmt.

6.2.1.2 Durchführung

Die Hörschwelle ist eine Reizschwelle. Die Aufgabe der Teilnehmer bei der Hörschwellenbestimmung stellt keine hohen intellektuellen Anforderungen. Die Teilnehmer müssen angeben, sobald sie einen Ton hören („kleinster hörbarer Schalldruck“). Die sorgfältige

Durchführung der Aufgabe erfordert allerdings eine hohe Konzentration. Aus diesem Grunde müssen Übungs- und Ermüdungserscheinungen berücksichtigt werden. Aber auch das Entscheidungskriterium, welches unterschiedliche Personen zugrunde legen, kann bei psychophysischen Untersuchungen wie der Hörschwellenbestimmung interindividuell unterschiedlich sein. Während es Personen gibt, die eher risikofreudig sind und eine Tonempfindung auch bereits dann angeben, wenn sie sich noch nicht völlig sicher sind, neigen vorsichtigere Personen dazu, Tonwahrnehmungen eher später zu berichten. Weiterhin spielen Motivation und Erwartung der Testpersonen eine wichtige Rolle. Aus diesen Gründen wurde die Audiometrie von einer erfahrenen Kollegin aus der Sprachabteilung des Neurologischen Rehabilitationszentrums Leipzig-Bennewitz durchgeführt, die ausreichend Erfahrung mit der Durchführung der Audiometrie hat, um den genannten Faktoren bei der Untersuchung neurologischer Patienten Rechnung zu tragen.

6.2.1.3 *Einschlusskriterium*

Wie Abbildung 6.2 zeigt, variiert Sprache im Frequenzbereich zwischen 250 Hz und 4000 Hz. Für die Perzeption der in der vorliegenden Studie präsentierten akustischen Reize (Ton- und Rauschstimuli, Wörter und Alltagsgeräusche) wurde eine intakte Hörfähigkeit (Luftleitung) für den Frequenzbereich zwischen 500 und 2500 Hz als Einschlusskriterium für die Patienten angesetzt.

6.2.2 **Akustisch evozierte Potenziale**

Der Begriff akustisch evozierte Potenziale (AEPs) steht gleichzeitig für ein medizinisch-biologisches Phänomen sowie für eine medizinische Messmethode, mit der unter anderem Schwerhörigkeit untersucht werden kann. Als AEPs werden elektrisch messbare Nervenimpulse bezeichnet, die im Gehirn entstehen, wenn Schallsignale auf das Ohr treffen. AEPs bilden von akustischen Reizen evozierte neuronale Prozesse ab und sind als exogene Komponenten des Elektroenzephalograms (EEG), im Gegensatz zu sogenannten endogenen EEG-Komponenten, nicht von höheren kognitiven Prozessen wie der Aufmerksamkeitssteuerung beeinflussbar. Diese Invarianz der AEPs macht es möglich, AEPs zu diagnostischen Zwecken einzusetzen. Gestörte Verarbeitungsmechanismen im Verlauf der auditorischen Hörbahn zeigen sich hierbei durch veränderte AEPs (siehe auch weiter unten). Bei der Erhebung der AEPs ist keine auf den auditorischen Reiz gerichtete Aufmerksamkeit erforderlich, jedoch ein generell hohes Vigilanzniveau.

Die akustischen Reize zur Untersuchung von AEPs werden in einem Verstärker erzeugt und über einen Kopfhörer ausgegeben. Bei den Reizen handelt es sich fast immer um so genannte kurze „Klicks“¹⁹. Diese Schallreize, deren Abstand möglichst kurz gewählt ist, damit in kurzer Zeit

¹⁹ „Klick“ (engl. click) ist eine allgemein verbreitete Bezeichnung für sehr kurze Schallreize. Diese werden von den meisten Menschen wie ein „Klicken“ empfunden. Die wesentlichen Eigenschaften der Klicks sind, dass sie sehr kurz sind (im Bereich weniger Millisekunden) und ihr Frequenzspektrum breitbandig

eine Höchstzahl an Messungen stattfinden kann, werden durch das Mittelohr geleitet und lösen im Innenohr Nervenimpulse aus. Durch ihr breites Frequenzspektrum reizen die für AEPs verwendeten Klicks hierbei einen großen Anteil der Haarzellen im Innenohr. Die Nervenimpulse aus dem Innenohr werden über die Hörbahn an das Stammhirn, Mittelhirn und den Kortex transportiert. Synapsen in Hirnstammkernen und Thalamus produzieren hierbei eine große Anzahl synchroner elektrischer Impulse, welche zu Stromflüssen führen, die sich durch Leitfähigkeiten des umgebenden Gewebes bis an die Kopfoberfläche ausbreiten. Hier können die entstehenden Ströme mit empfindlichen Messgeräten erkannt und dargestellt werden. Da im Messsignal eine große Menge an Störsignalen vorliegen, wird eine Vielzahl solcher Reizantworten aufgezeichnet und (relativ zum Anfang der Stimuluspräsentation) das arithmetische Mittel aller Reizantworten gebildet. Dieses gemittelte EEG-Signal wird als AEP bezeichnet. Am zeitlichen Abstand zwischen verschiedenen Amplituden-Maxima im AEP kann nun erkannt werden, ob die Nervenfasern und Kerngebiete des auditorischen Verarbeitungsweges normal funktionieren oder nicht.

Die einzelnen Wellen des akustisch evozierten Potenzials zeigen unterschiedliche Periodenlängen, beginnend direkt nach der Reizung mit sehr schnellen Schwankungen und endend nach einigen 100 Millisekunden mit langsamen Potenzialveränderungen. Traditionell werden die Wellen des akustisch evozierten Potenzials entsprechend ihrer Latenz in frühe akustisch evozierte Potenziale (FAEP, 1 bis 10 ms), mittellatente (MLAEP, 10 bis 50 ms) und späte Potenziale (SAEP, 50 bis 250 ms) eingeteilt. Die Ursprungsorte der frühen AEPs liegen im Hirnstamm und diejenigen der späten AEPs im Kortex. Mittellatente AEPs haben Generatoren sowohl im Mittelhirn als auch im Kortex und werden nur nach ihrer Latenz klassifiziert. Da die Organisation der afferenten Hörbahn tatsächlich aber wesentlich komplizierter ist als die angegebene Abfolge (Innenohr – Hirnstammkerne – Mittelhirn – Kortex) und massive Hemisphärenkreuzungen und parallele Zweige aufweist, entstehen die einzelnen Wellen als Summe der Aktivität aus mehreren neuronalen Generatoren. Spätestens bei den mittellatenten Potentialen müssen also mehrere, in überlappenden Zeitbereichen aktive neuronale Generatoren in räumlich getrennten Strukturen angenommen werden. Obwohl der Mechanismus der Entstehung der mittellatenten AEPs bisher nur sehr unzureichend bekannt ist, gilt als sicher, dass verschiedene Quellen in subkortikalen Strukturen (insbesondere der Colliculus inferior), thalamokortikale Projektionen und Quellen im primären Hörkortex beteiligt sind (Legatt, Arezzo & Vaughan, 1986).

6.2.2.1 Stimulusmaterial und experimentelle Prozedur

Die akustischen Klick-Reize für die Untersuchung der AEPs bestanden aus einem kurzen Rauschstimulus mit einem Frequenzbereich von 500 Hz bis 2000 Hz. Präsentiert wurden die Klicks bei einer Lautstärke von 85 dB. Die Erhebung der AEPs erfolgte mit einer Klinik-üblichen Apparatur.

ist (aber oft durch Filter beschränkt).

6.2.2.2 Durchführung

Die Erhebung der AEPs wurde im Rahmen der klinischen Diagnostik von einem erfahrenen Neurologen am Neurologischen Rehabilitationszentrum Leipzig-Bennewitz durchgeführt.

6.3 Stichproben

6.3.1 Patientengruppe

Die Patientenstichprobe, die in den drei experimentellen Studien untersucht wurde, wurde aus den Patienten des Neurologischen Rehabilitationszentrums Leipzig-Bennewitz im Zeitraum zwischen August 2002 und Juni 2003 rekrutiert. Insgesamt nahmen 28 rechtshemisphärisch geschädigte Patientinnen und Patienten der Rehabilitationsphasen C und D (zur Einführung in die Phaseneinteilung im Rahmen der neurologischen Rehabilitation, siehe Schönle und Stemmer, 2000) an der Untersuchung teil. Patienten dieser Phasen sind mindestens teilmobilisiert, aber bei alltäglichen Verrichtungen zum Teil noch auf pflegerische Hilfe angewiesen. Drei der Patienten wurden aufgrund von Problemen mit der auditorischen Verarbeitung ausgeschlossen (siehe weiter unten). Bei einzelnen Tests wurden jedoch teilweise auch weniger als 25 Patienten erhoben, etwa bedingt durch Aufmerksamkeitsprobleme oder Entlassungen während der Erhebungsphase. Die Anzahl der Beobachtungen je Test ist in dem jeweiligen Kapitel explizit angegeben.

6.3.1.1 Einschlusskriterien

Alle untersuchten Patienten hatten entweder einen Infarkt der Arteria media cerebri rechts oder eine intrazerebrale Blutung rechts. Neben der abgesicherten neuroanatomischen Befundung einer rechtshemisphärischen Schädigung mittels Computertomographie oder Magnetresonanztomographie wurde die klinische Verhaltensbeobachtung als wichtigstes Auswahlkriterium herangezogen. Die ausgewählten Patienten mussten – in Anlehnung an Ferber und Karnath (2001) – mindestens leichte Anzeichen von folgendem Verhalten zeigen:

5. Spontane Abweichung von Kopf und Augen in Richtung ipsiläsionale (das heißt, rechte) Seite.
6. Orientierungsreaktionen primär in die ipsiläsionale Richtung.
7. Vernachlässigung kontraläsionaler Menschen oder Objekte.

Eingeschlossen wurden ausschließlich Patienten, die einen stabilen klinischen Zustand aufwiesen und nach Aufklärung eine verbale Einverständniserklärung abgeben konnten. Die kognitiven Fähigkeiten ließen jeweils ein ausreichendes Instruktionsverständnis und eine gute Kooperationsfähigkeit erwarten. Patienten, welche nach diesen Kriterien identifiziert wurden, wurden in einem zweiten Schritt neuropsychologisch hinsichtlich der Existenz und der Bestimmung des Schweregrads eines visuell-räumlichen Neglekts diagnostisch untersucht, wie in Abschnitt 6.1 beschrieben. Darüber hinaus wurden Patienten, die im Bereich der sensorischen Verarbeitung

akustischer Reize massive Defizite zeigten (siehe Abschnitt 6.2), von der weiteren Teilnahme an der vorliegenden Studie ausgeschlossen. Hierbei wurde der Audiometrie, die bei allen Patienten durchgeführt werden konnte, höheres Gewicht zugewiesen, während AEPs, wenn möglich, zur weiteren detaillierteren Charakterisierung der Hörfähigkeit erhoben wurden. Bei Hinweisen auf leichte periphere Verarbeitungsstörungen wurden Patienten bei Vorliegen eines Audiogramms im Normalbereich in die Studie eingeschlossen. Drei Patienten konnten aufgrund einer nachgewiesenen Altersschwerhörigkeit nicht an der Untersuchung teilnehmen.

6.3.1.2 Stichprobenbeschreibung

Das mittlere Alter der 25 in die Studie eingeschlossenen Patienten betrug 69 Jahre (Standardabweichung = 8; Minimum = 52 Jahre; Maximum = 85 Jahre). Von den 16 teilnehmenden Männern und neun Frauen hatten 20 einen Infarkt und fünf (A01, A11, A16, A20, A25) eine intrazerebrale Blutung erlitten. Zwischen dem Zeitpunkt der Hirnschädigung und der neuropsychologischen Untersuchung für diese Arbeit lagen durchschnittlich 10,6 Wochen (Standardabweichung = 7,3; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 29 Wochen) Krankenhausaufenthalt. Für eine Zusammenfassung der Patientenbeschreibung, der Ergebnisse der neuropsychologischen Untersuchung des visuell-räumlichen Neglekts, der Audiometrie und der akustisch evozierten Potentiale siehe Tabelle 6.1.

6.3.1.3 Neuropsychologische Neglekt-Diagnostik

6.3.1.3.1 Buchstabendurchstreichtest

Die Ergebnisse im Buchstabendurchstreichtest sind in Tabelle 6.1 dargestellt. Insgesamt zeigten fünf der Patienten im Buchstabendurchstreichtest einen gut kompensierten bzw. rückläufigen visuellen Neglekt, mit vier oder weniger Auslassungen am linken Rand des Blattes. Zwei dieser Patienten (A02 und A05) stellten sich im Durchstreichtest mit null Fehlern als unauffällig dar. Bei diesen fünf Patienten war ein Neglekt nichtsdestotrotz über Beeinträchtigungen in der klinischen Verhaltensbeobachtung (linksseitige Vernachlässigungen) und im Abzeichentest noch offensichtlich, so dass auch diese Patienten in die Studie eingeschlossen wurden. Acht der untersuchten Patienten zeigten in diesem Test einen milden visuellen Neglekt mit bis zu 15 ausgelassenen linksseitigen Buchstaben, zwei einen moderaten Neglekt mit bis zu 29 linksseitigen Auslassungen, weitere drei einen schweren Neglekt mit bis zu 44 Auslassungen und sechs Patienten zeigten einen sehr schweren visuellen Neglekt mit bis zu 60 Auslassungen von 60 Zielreizen. Bei einem Patienten (A09) konnten nur die Ergebnisse des Abzeichentests (siehe nächster Abschnitt) und die klinische Verhaltensbeobachtung zur Diagnose eines moderaten visuellen Neglekts herangezogen werden.

Tabelle 6.1: Patientenbeschreibung

Patient	Zeit ¹	Geschlecht	Alter	Durchstreichtest ²	Abzeichen-test ³	Audiometrie	FAEPs ⁴	MAEPs ⁵
A01	9	M	66	52	2	Aufprob. ⁶	Nb. ⁷	nicht ableitbar
A02	7	W	68	0	1	Aufprob.	Nb.	nicht erhoben
A03	5	M	72	7	4	Nb.	Nb.	nicht ableitbar
A04	26	M	61	54	6	Nb.	Nicht erhoben	nicht erhoben
A05	16	M	82	0	2	Nb.	Nicht erhoben	nicht erhoben
A06	4	W	85	35	8	Nb.	bds. Hinweise auf periphere Störung	nicht ableitbar
A08	5	W	60	6	2	Nb.	Nb.	Nb.
A09	12	M	65	nicht erhoben	5	Nb.	Nicht erhoben	nicht erhoben
A10	2	M	65	49	3	Nb.	Nb.	Nb.
A11	18	M	69	5	2	Aufprob.	medulläre Läsion bds.	Nb.
A12	9	W	79	10	6	Aufprob.	Nb.	Nb.
A13	23	M	54	3	2	Nb.	Nb.	Nb.
A14	7	W	65	36	1	Nb.	Nb.	Nb.
A15	6	M	69	54	6	Nb.	Nicht ableitbar	nicht ableitbar
A16	19	W	81	54	6	Aufprob.	Nb.	nicht erhoben
A17	3	M	67	18	1	Aufprob.	Nb.	Nb.
A18	10	M	67	14	2	Nb.	li: Nb.; re: leichte periphere Läsion	Nb.
A19	8	M	69	42	5	Nb.	nicht ableitbar	nicht erhoben
A20	29	M	52	2	1	Nb.	leichte periph. Läsion bds.	nicht ableitbar
A21	12	M	71	5	1	Nb.	nicht erhoben	nicht erhoben
A22	7	M	68	10	5	Aufprob.	V.a. ⁸ periphere Störung; Hirnstamm intakt	Nb.
A23	6	M	67	51	5	Aufprob.	Nb.	Nb.
A24	4	W	73	6	1	Nb.	Nb.	nicht ableitbar
A25	7	W	74	2	3	Nb.	Nb.	Nb.
A26	10	M	67	19	4	Nb.	nicht erhoben	nicht erhoben

¹ Zeit seit Ereignis (in Wochen)

² Auslasserrate

³ Auslassungen & rechtsseitige Verschiebungen

^{4/5} frühe/mittellatente akustisch evozierte Potenziale

⁶ Aufmerksamkeitsprobleme

⁷ Normalbefund

⁸ Verdacht auf

6.3.1.3.2 Abzeichentest

Tabelle 6.1. zeigt die Summe der Auslassungen und linksseitigen Details, die auf die rechte Seite gezeichnet wurden. Insgesamt zeigten 14 Patienten bei diesem Test Auslassungen und damit deutliche Zeichen eines visuellen Neglekts. Keine Auslassungen, aber leichte bis deutliche Verzerrungen beim Abzeichnen und damit auch deutliche Hinweise auf eine beeinträchtigte Raumwahrnehmung, zeigten die restlichen 11 Patienten. Von den 25 in die Untersuchung eingeschlossenen Patienten zeigten acht Patienten Ergebnisse im Abzeichentest, die nicht mit der Schweregradeinteilung des Buchstabendurchstreichtests übereinstimmen. Dieses Ergebnis lässt sich durch die weiter oben diskutierten Ergebnisse von Ferber und Karnath (2001) erklären, die berichten, dass ein Durchstreichtest mit vielen Distraktoren sensitiver ist in der Erfassung eines visuellen Neglekts als ein Abzeichentest. Eine weitere Erklärung für teilweise unterschiedliche Ergebnisse von klinischer Verhaltensbeobachtung und neuropsychologischer Neglekttestung bei diesen Patienten könnte in erlernten Kompensationsstrategien zu finden sein, die bereits therapeutisch vermittelt wurden. Die Therapieintensität der jeweiligen Patienten konnte in dieser Arbeit jedoch nicht erfasst werden.

Die Ergebnisse des Abzeichentests wurden aus diesem Grund, sowie aufgrund fehlender Normierung und möglicher Ergebniskonfundierungen mit visuo-konstruktiven Problemen, nicht zur primären Diagnostik des Neglekt-Schweregrades herangezogen. Eine Ausnahme stellen hierbei Fälle dar, in denen der Durchstreichtest ein unauffälliges Ergebnis erbrachte, der Abzeichentest aber auf eine visuell-räumliche Beeinträchtigung hinwies (siehe oben Abschnitt 6.3.1.3.1). Wie bereits unter Abschnitt 6.3.1.3.1 beschrieben, musste Patient A09 allein auf Basis der Ergebnisse des Abzeichentests (5 Auslassungen und Verschiebungen) und klinischer Verhaltensbeobachtung diagnostiziert werden, wobei ein moderater visueller Neglekt festgestellt wurde.

6.3.1.4 *Testung der auditorischen Perzeptionsleistung*

6.3.1.4.1 Tonschwellenaudiometrie

Insgesamt konnte von allen 25 Patienten ein Audiogramm erhoben werden. Einen Normalbefund zeigten 17 Patienten, bei den restlichen 8 Patienten kam es zu Problemen beim Aufgabenverständnis oder zu massiven Interaktionen mit Aufmerksamkeitsproblemen, ohne dass Anhaltspunkte für eine Altersschwerhörigkeit offensichtlich geworden wären. Insbesondere widersprach dieser Befund der Audiometrie auch der Verhaltensbeobachtung während alltäglicher Interaktionen, so dass diese Patienten trotzdem in die Untersuchungsstichprobe aufgenommen wurden. Somit wurden aufgrund der Einschlusskriterien bezüglich der Tonschwellenaudiometrie keine Patienten von der Studie ausgeschlossen. Wie bereits weiter oben erwähnt (siehe Abschnitt 6.3.1.1) konnten drei weitere Patienten aufgrund einer Altersschwerhörigkeit nicht an der Untersuchung teilnehmen.

6.3.1.4.2 Akutisch evozierte Potentiale

Insgesamt konnten von 20 Patienten die frühen akustisch evozierten Potentiale und von 17 Patienten die mittellatenten akustisch evozierten Potentiale gemessen werden. Von insgesamt fünf Patienten (A04, A05, A09, A21, A26; siehe Tabelle 6.1) konnten im Rahmen der klinischen Routine keine AEPs erhoben werden. Diese Patienten zeigten jedoch einen Normalbefund im Audiogramm. Die Messung der frühen AEPs ergab 13 Normalbefunde, fünf Patienten mit leichten peripheren Störungen (siehe Tabelle 6.1) sowie zwei weitere Patienten, bei denen FAEPs nicht abgeleitet werden konnten. Diese zwei Patienten (A15 und A19; siehe Tabelle 6.1), sowie drei der fünf Patienten mit leichten peripheren Störungen (A06, A18 und A20), zeigten einen Normalbefund im Audiogramm. Zwei weitere Patienten (A11 und A22) waren im Audiogramm durch Aufmerksamkeitsprobleme beeinträchtigt, zeigten jedoch einen Normalbefund bei den mittel-latenten AEPs. Bei den mittellatenten AEPs zeigten 11 Patienten einen Normalbefund und sechs weitere kein ableitbares Potential. Von diesen sechs Patienten zeigten fünf einen Normalbefund im Audiogramm, während ein Patient (A01) bei der Audiometrie durch Aufmerksamkeitsprobleme beeinträchtigt war. Dieser Patient zeigte einen Normalbefund bei den FAEPs.

6.3.2 Kontrollgruppe

Neben den rechtshemisphärisch geschädigten Patienten mit testpsychologisch nachgewiesenem visuell-räumlichem Neglekt nahmen an der Untersuchung 16 gesunde Kontrollpersonen teil, deren durchschnittliches Alter 66 Jahre (Standardabweichung = 5; Minimum = 55 Jahre; Maximum = 74 Jahre) betrug. Bei der Kontrollgruppe handelte es sich um 9 Männer und 7 Frauen ohne bekannte neurologische oder psychiatrische Erkrankungen.

6.4 Experimentelle Verfahren

Die drei auditorisch-neuropsychologischen Experimente wurden in einem ruhigen Untersuchungszimmer durchgeführt. Den Versuchsteilnehmern wurden über einen Kopfhörer (Beyerdynamic DT 770) akustische Signale entweder an einem Ohr (monaural) oder an beide Ohren (binaural) präsentiert. Durch eine geschlossene Bauweise ist der verwendete Kopfhörer so konstruiert, dass er eine sehr gute Isolation gegen Außengeräusche bietet. Die Versuchsteilnehmer wurden also nicht durch unkontrollierbare Umweltgeräusche beeinflusst. Zusätzlich stellte diese Bauweise des Kopfhörers sicher, dass akustische Reize, die zu einem Ohr präsentiert wurden, nicht unbeabsichtigter Weise über das andere Ohr wahrgenommen wurden.

Bei den akustischen Stimuli handelte es sich um ein breitbandiges Rauschen, um digital aufgezeichnete Alltagsgeräusche oder um gesprochene Wörter. Diese wurden als digitale Wave-Dateien auf einem Computer gespeichert. Die Präsentation aller Experimente wurde durch die Software Presentation (Neurobehavioral Systems; <http://www.neurobs.com>) gesteuert. Die

akustischen Stimuli wurden bei einer für die Teilnehmer angenehmen und gut verständlichen Lautstärke präsentiert. Die gesamte Durchführungszeit der experimentellen Testung betrug ca. 80 Minuten pro Patient. Die Untersuchungen wurden auf zwei Sitzungen verteilt, um Ermüdungserscheinungen bei den Patienten vorzubeugen. Abhängig vom jeweiligen Test erforderte das Antwortverhalten von den Patienten und Kontrollpersonen entweder eine verbale Antwort oder eine Handreaktion auf wahrgenommene akustische Zielreize. Bei denjenigen Experimenten, bei denen die Versuchsteilnehmer Reize detektieren mussten, wurden spontane Reaktionen der Probanden registriert. Bei Experimenten, welche die Lokalisation oder Identifikation der präsentierten Stimuli erforderten, wurden die Versuchsteilnehmer darüber hinaus auch bei Unsicherheit um eine Antwort gebeten.

Die experimentelle auditorisch Testung unterteilt sich in drei separate Experimente. Diese werden in den folgenden Kapiteln detailliert hinsichtlich ihrer experimentellen Prozeduren und Ergebnisse beschrieben.

7 Auditorischer Extinktionstest

7.1 Stichproben

Der auditorische Extinktionstest wurde bei 24 der insgesamt 25 Patienten sowie bei der gesamten Kontrollstichprobe durchgeführt. Patient A22 wurde aus der Datenauswertung ausgeschlossen, da für diesen Patienten nur drei (von 30) Beobachtungen aufgezeichnet werden konnten.

7.2 Experimentelle Prozedur

Die experimentelle Untersuchung der Extinktion in der auditorischen Domäne basiert auf einer Modifikation eines von De Renzi und Mitarbeitern (1984) beschriebenen Verfahrens. Die allgemeinen experimentellen Rahmenbedingungen wurden bereits in Abschnitt 6.4 dargestellt. Zur Untersuchung der Extinktion in der auditorischen Domäne wurden den Probanden über Kopfhörer 30 kurze akustische Reize vorgespielt. Stimuli wurden entweder zum rechten Ohr (10 Stimuli), zum linken Ohr (10 Stimuli) oder binaural (10 Stimuli) präsentiert. Diese experimentelle Prozedur basiert auf einer von De Renzi und Mitarbeitern (1984) beschriebenen Untersuchung. Im Unterschied zu der von De Renzi et al. (1984) beschriebenen Prozedur wurden die akustischen Stimuli in der vorliegenden Untersuchung über Kopfhörer präsentiert, um sicher zu stellen, dass das jeweilige Ohr nicht von der Tonquelle in der gegenüber liegenden Raumhälfte stimuliert werden kann. Eine weitere Änderung im Vergleich zur von De Renzi et al. (1984) beschriebenen Studie ist die Verwendung von drei unterschiedlichen Stimulustypen, im Gegensatz zu den von De Renzi et al. verwendeten Sinustönen. Die verwendeten akustischen Reize werden weiter unten ausführlicher beschrieben. Aufgabe der Patienten und Kontrollprobanden war es, den Stimulus zu detektieren und verbal oder durch manuelles Zeigen anzugeben, auf welcher Raumseite er jeweils präsentiert wurde.

Monaurale und binaurale Stimuli wurden in randomisierter, das heißt zufällig bestimmter und nicht vorhersagbarer, Reihenfolge dargeboten. Antworten wurden nur dann registriert, wenn die Patienten und Kontrollprobanden die Stimuli tatsächlich bemerkten. Am Bildschirm des Stimulationscomputers, welchen die Versuchsteilnehmer nicht einsehen konnten, konnte die Versuchsleiterin ablesen, welcher Stimulus präsentiert wurde und gab während der Testdurchführung die Antworten der Teilnehmer in den Computer ein. Die maximal erlaubte Antwortzeit war fünf Sekunden. Nach dieser Zeit, bzw. nachdem eine Antwort am Computer eingegeben wurde, folgte

nach einem variablen Intervall von 8 +/- 4 Sekunden der nächste Stimulus. Die Gesamtlänge des Experiments variiert in Abhängigkeit von der Schnelligkeit, mit der die Patienten antworteten.

7.3 Stimulusmaterial

Wie bereits weiter oben erwähnt, wurde der auditorische Extinktionstest im Rahmen der vorliegenden Untersuchung in drei Varianten mit jeweils unterschiedlichen akustischen Reizen durchgeführt. Diese Veränderung gegenüber dem Vorgehen in der Originaluntersuchung von De Renzi et al. (1984) erlaubte es, Einflüsse der Alltagsrelevanz von wahrgenommenen akustischen Reizen auf die Diagnose der auditorischen Extinktion zu untersuchen.

7.3.1 Extinktionstest mit Rauschstimuli

Der erste Untertest des Extinktionstests verwendet als Zielreiz ein breitbandiges weißes Rauschen, also einen akustischen Rauschstimulus mit konstanter Amplitude im abgedeckten Frequenzspektrum. Mit Hilfe der Tonbearbeitungssoftware CoolEdit (jetzt: Adobe Audition; <http://www.syntrillium.com>) wurde ein weißes Rauschen von 500 ms Dauer (entsprechend der Länge der Sinustöne in der Studie von De Renzi et al., 1984) generiert. Dieses wurde mit einem Bandpass von 500 Hz – 2000 Hz gefiltert (siehe Abbildung 7.1). Um einen natürlich klingenden Anfang und Ende des Klangs zu erzielen, wurden die ersten und letzten 20 ms der Klangdatei als Fade-in bzw. Fade-out definiert. In diesem Zeitfenster steigt das Signal in seiner Amplitude gleichmäßig von 0% bis 100% Lautstärke an bzw. fällt von 100% bis 0% ab. Alle Klangdateien wurden als Stereoklänge erstellt. Während binaurale Rauschstimuli das beschriebene Klangsignal auf beiden Kanälen enthielten, enthielten die monauralen Stimuli nur auf einem der beiden Kanäle (rechts bzw. links) ein Klangsignal. Die Klangdateien wurden Amplituden-normalisiert (70%), um eine vergleichbare maximale Amplitude im Vergleich zu den anderen verwendeten Stimuluskategorien zu gewährleisten.

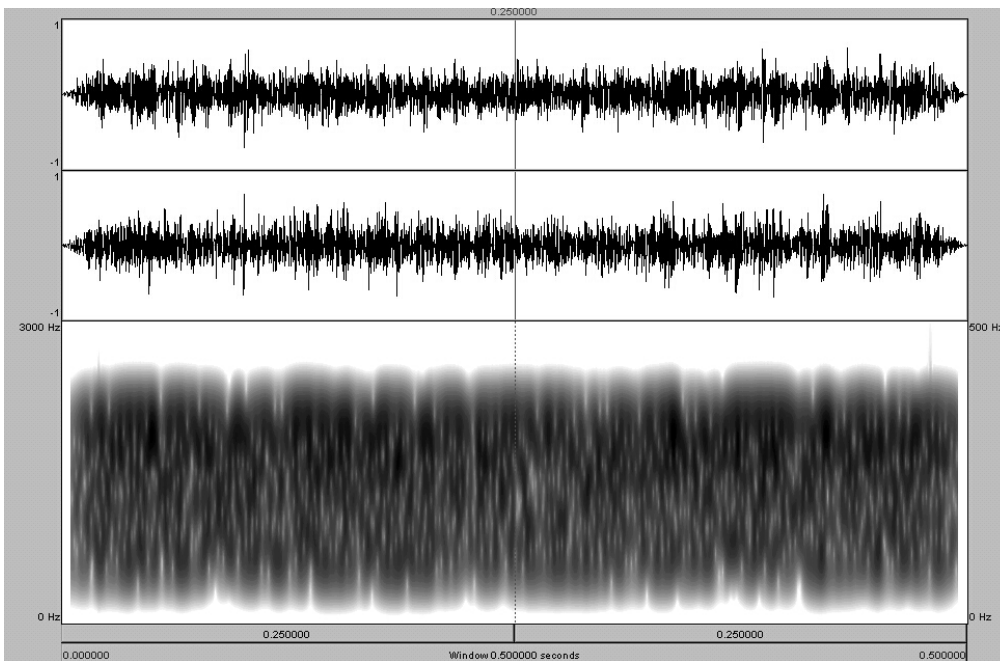


Abbildung 7.1: Visualisierung des Rauschstimulus, dessen Frequenzbereich (siehe untere Bildhälfte) auf 500 – 2000 Hz eingeschränkt wurde. Die oberen beiden Zeilen zeigen den Amplitudenverlauf über die Zeit (0 – 500 ms) für den linken und rechten Stereokanal. Die Grafik wurde erstellt mittels der Tonbearbeitungssoftware PRAAT (<http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>) erstellt.

7.3.2 Extinktionstest mit Alltagsgeräuschen

Zehn digitalisierte Alltagsgeräusche (Dampfer, (Tür-)Klingel, Fahrradklingel, Glocke, Hundegbell, Hupe, klirrendes Glas, mähendes Schaf, Telefonklingeln, Wecker) mit einer mittleren Dauer von 646 ms (Standardabweichung 87,9; minimale Länge 489 ms; maximale Länge 785 ms) wurden in diesem Untertest anstelle der Rauschstimuli verwendet. Monaurale und binaurale Stimuli wurden analog zu den Rauschstimuli (siehe vorheriger Abschnitt 7.3.1) generiert. Die Klangdateien wurden Amplituden-normalisiert (70%), um eine vergleichbare maximale Amplitude über alle Stimuluskategorien sicher zu stellen.

7.3.3 Extinktionstest mit Wörtern

Für diesen Untertest wurden Ziffernwörter von Null bis Neun von einer professionellen Sprecherin gesprochen, am Computer digitalisiert und manuell in getrennte Klangdateien (Wave-Format) gespeichert. Die Wave-Dateien umfassten das gesprochene Signal, sowie jeweils 50 ms Ruhe vor dem Beginn des gesprochenen Signals und nach dem Ende des gesprochenen Signals, um einen natürlichen An- und Abklang des gesprochenen Wortes zu gewährleisten. Die mittlere Länge der Wave-Dateien war 543,67 ms (Standardabweichung 47,74; minimale Länge 467,89 ms; maximale Länge 599,8 ms). Die Klangdateien wurden Amplituden-normalisiert (70%), um eine vergleichbare maximale Amplitude über alle Stimuli sicher zu stellen.

7.4 Datenauswertung

Der Extinktionstest erfordert die Detektion und Lokalisation akustisch dargebotener Reize. Für die deskriptive und statistische Auswertung wurde die Anzahl der korrekt detektierten und lokalisierten Reize als Prozentzahl bestimmt, spezifisch für jeden Präsentationsort. Die Daten der drei Testversionen wurden in einer Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Stimulustyp (Rauschen, Alltagsgeräusche und Wörter) und Präsentationsort (links, recht und binaural) analysiert. Analysen wurden sowohl getrennt durchgeführt für gesunde Probanden und Patienten, als auch in einer gemeinsamen Analyse mit dem zusätzlichen Faktor Gruppe. Zusätzlich wurden getrennte Analysen für Patienten mit mildem bis moderatem visuellem Neglekt sowie für Patienten mit schwerem bis sehr schwerem visuellem Neglekt durchgeführt.

7.5 Ergebnisse

Im Rahmen des Extinktionstest war es Aufgabe der Probandinnen, akustische Reize zu detektieren und deren Präsentationsort (links, rechts oder binaural) zu bestimmen. Als Reize wurden Rauschstimuli, Wörter und Alltagsgeräusche verwendet. Die im Folgenden berichteten Ergebnisse für den auditorischen Extinktionstest repräsentieren den Prozentsatz korrekt lokalisierter Stimuli. Dieses Maß impliziert, dass die akustischen Reize detektiert wurden und der Präsentationsort (links, rechts, binaural) korrekt identifiziert wurde. Die kritische Bedingung sind hierbei binaural präsentierte Reize, da in der Literatur berichtet wurde, dass binaurale Reize häufig fälschlicher Weise als monaural interpretiert werden.

7.5.1 Deskriptive Beschreibung der Ergebnisse

Die spezifische Lokalisationsleistung für Patienten und Kontrollgruppe, in Abhängigkeit von Stimulustyp und Präsentationsort, ist in Abbildung 7.2 dargestellt. Im Mittel lokalisierten Kontrollprobanden 89,2% der binaural präsentierten Stimuli, 98,4% der links und 98,6% der rechts präsentierten Stimuli korrekt. Lediglich zwei Patienten waren in ihrer Lokalisationsleistung, insbesondere in Bezug auf Rauschstimuli, vergleichbar zu den Kontrollprobanden (beide 100% bei Geräuschen und Wörtern und 80% bzw. 90% bei Rauschstimuli). Ein weiterer Patient zeigte sich bei Geräuschen und Wörtern auf einem vergleichbaren Leistungsniveau wie Kontrollprobanden (100% korrekte Lokalisationen in jeder Bedingung), nicht aber bei Rauschstimuli, und ein Patient zeigte das gleiche Leistungsniveau nur bei der Lokalisation von Wörtern.

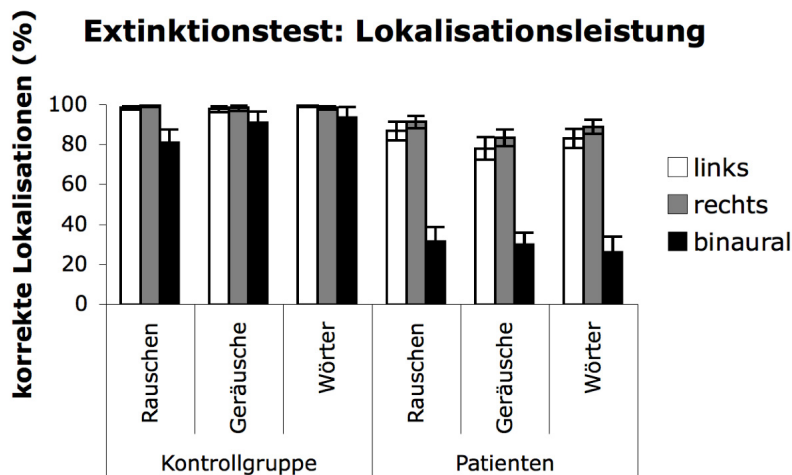


Abbildung 7.2: Lokalisationsleistung der Kontrollprobanden und Patienten im Extinktionstest, in Abhängigkeit von Stimulustyp und Präsentationsseite. Fehlerindikatoren in diesem und allen folgenden Diagrammen repräsentieren den Standardfehler des Mittels.

Im Gruppenmittel lokalisierten Patienten 29% weniger Stimuli korrekt als Kontrollprobanden. Die erhöhte Schwierigkeit der Lokalisation von binaural präsentierten Reizen bei Neglektpatienten zeigt sich insbesondere im direkten Vergleich der Performanz für binaurale und monaurale Stimuli. Im Mittel liegt die Performanz in den beiden monauralen Bedingungen (links: 82,5%; rechts: 87,8%) bei den Patienten 55,5% über der Performanz in der binauralen Bedingung (29,7%). Bei den Kontrollprobanden betrug die Differenz zwischen binauralen und monauralen Stimuli im Vergleich lediglich 9,3%.

7.5.2 Lokalisationsleistung bei der gesunden Kontrollgruppe

Gesunde Kontrollprobanden zeigten in der varianzanalytischen Auswertung der Lokalisationsleistung einen signifikanten Haupteffekt des Präsentationsort ($F(2,32) = 5,2; p = 0,01$). Dieser Haupteffekt kann durch einen multiplen Mittelwertsvergleich mit Bonferroni-Korrektur auf eine reduzierte Leistung für binaurale Stimuli im Vergleich zu monauralen Stimuli (beide $p < 0,001$) zurückgeführt werden. Monaurale Stimuli von links vs. rechts unterschieden sich nicht in der Lokalisationsleistung. Die Lokalisationsleistung gesunder Probanden wird leicht vom Stimulustyp beeinflusst (Rauschen: 93,1% korrekt lokalisiert; Alltagsgeräusche: 95,9%; Wörter: 97,3%). Ein signifikanter Haupteffekt des Stimulustyp in der Varianzanalyse ($F(2,32) = 4; p < 0,05$) lässt sich allerdings durch multiple Mittelwertsvergleiche nicht weiter auflösen (alle paarweisen Vergleiche $p > 0,35$). Eine signifikante Interaktion zwischen Stimulustyp und Präsentationsohr ($F(2,32) = 10,3; p < 0,0005$) zeigt, dass die Lokalisationsleistung vor allem bei Rauschstimuli durch den Präsentationsort beeinflusst wird ($F(2,32) = 10,3; p < 0,0005$) (siehe auch Abbildung 7.2). Sowohl links als auch rechts präsentierte Rauschstimuli wurden häufiger korrekt lokalisiert als binaural präsentierte Rauschstimuli (beide $t(16) < -3,2; p < 0,01$) und die Anzahl der korrekten Lokalisationen unterschied sich nicht zwischen links und rechts präsentierten Rauschstimuli ($t(16) = 1; p > 0,3$). Bei Alltagsgeräuschen ($F(2,32) = 2,7; p = 0,08$) und Wörtern ($F(2,32) = 1,1; p > 0,3$) wird die Performanz von der Präsentationsseite nur tendenziell oder gar nicht beeinflusst.

7.5.3 Lokalisationsleistung in der Patientengruppe

Ähnlich wie die Kontrollprobanden zeigten Patienten einen signifikanten Haupteffekt des Stimulustyp ($F(2,46) = 3,6$; $p < 0,05$; Rauschen: 70% korrekt lokalisiert; Alltagsgeräusche: 63,9%; Wörter: 66,1%), welcher jedoch durch paarweise Mittelwertsvergleiche nicht weiter aufgelöst werden konnte (all $p > 0,9$). Ein Haupteffekt Präsentationsort ($F(2,46) = 102,7$; $p < 0,0001$) lässt sich, wie auch bei den Kontrollprobanden auf signifikant schlechtere Leistung für binaurale im Vergleich zu links und rechts präsentierten Reizen zurückführen (beide $p < 0,0001$), wobei sich links und rechts präsentierte Reize nicht unterscheiden ($p > 0,6$). Die Interaktion zwischen Stimulustyp und Präsentationsort wird nicht signifikant ($F(2,46) < 1$).

Im direkten Gruppenvergleich zeigt sich auch statistisch, dass Patienten deutlich weniger Stimuli korrekt lokalisierten als die Kontrollprobanden ($F(1,39) = 41,5$; $p < 0,00001$). Eine signifikante Interaktion zwischen Gruppe (Kontroll- vs. Patientengruppe) und Stimulustyp ($F(2,78) = 4,8$; $p = 0,01$) lässt sich nicht sinnvoll statistisch auflösen. Eine Interaktion zwischen Gruppe und Präsentationsort ($F(2,78) = 39,3$; $p < 0,0001$) weist auf einen überdurchschnittlich starken Abfall in der Lokalisationsleistung der Patienten für binaurale Stimuli, im Vergleich zu monauralen Stimuli und im Vergleich zur Kontrollgruppe, hin. So zeigten zwar beide Gruppen, wie in den vorangehenden Absätzen berichtet, reliable Effekte des Präsentationsortes; dieser fiel aber bei den Patienten wesentlich stärker aus (siehe auch Abbildung 7.2). In der binauralen Bedingung beträgt der Gruppenunterschied in der Anzahl korrekter Antworten 59,5% (Welch-Zweistichproben-T-Test: $t(38,9) = 8,5$; $p < 0,00001$). Im Vergleich dazu liegt der Gruppenunterschied für links bzw. rechts präsentierte Reize bei 15,9% bzw. 10,8% (beide $p < 0,005$).

7.5.4 Lokalisationsleistung bei mild bis moderat beeinträchtigten Patienten

Patienten mit mild bis moderatem visuellem Neglekt zeigten einen signifikanten Einfluss der Präsentation ($F(2,18) = 36$; $p < 0,00001$) auf die Lokalisationsleistung. Sie waren mit 31,3% korrekten Lokalisationen bei binauralen Stimuli deutlich schlechter als bei monauralen Stimuli (links 82,3%; rechts 86%; beide paarweisen t-Tests $p < 0,00001$; siehe Abbildung 7.3). Ein signifikanter Stimulustyp-Effekt ($F(2,18) = 4,9$; $p < 0,05$) kann bei dieser Gruppe nicht weiter aufgelöst werden (alle $p > 0,8$) und legt daher keine eindeutigen Bedingungsunterschiede nahe. Die Interaktion zwischen Präsentationsort und Stimulustyp wurde nicht signifikant ($F(2,18) < 1$).

Im statistischen Vergleich mit der Kontrollgruppe war die Gruppe der mild bis moderat beeinträchtigten Patienten deutlich schlechter ($F(1,25) = 27,4$; $p < 0,0001$). Eine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Stimulustyp ($F(2,50) = 9,8$; $p < 0,0005$) weist darauf hin, dass die Performanz der Patienten von der Variation des Stimulustyps stärker betroffen war als die Performanz der Kontrollprobanden, obwohl der Stimulustyp-Effekt bei dieser Patientengruppe nicht weiter aufgelöst werden konnte (siehe oben). Eine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Präsentationsort ($F(2,50) = 25,9$; $p < 0,00001$) reflektiert die Tatsache, dass die Lokalisations-

leistung der Patienten bei binaural präsentierten Stimuli überproportional schlecht ist, wie dies auch für die Gesamtstichprobe der Patienten gezeigt wurde.

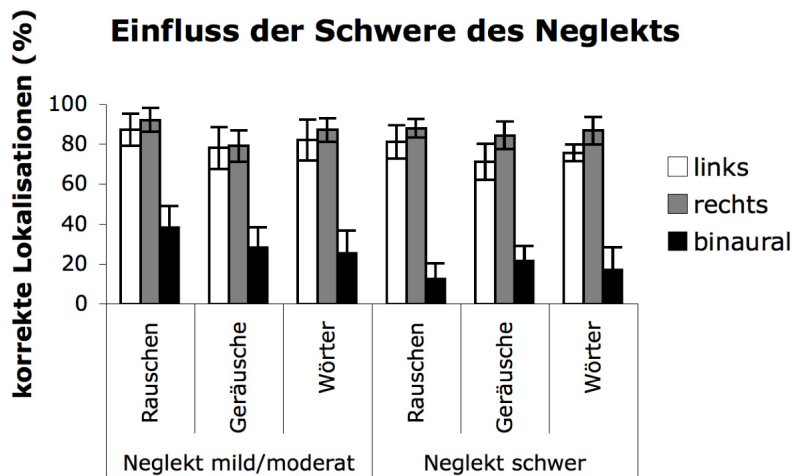


Abbildung 7.3: Einfluss der Schwere des Neglekts (mild bis moderat vs. schwer) auf die Lokalisationsleistung im Extinktionstest.

7.5.5 Lokalisationsleistung bei schwer beeinträchtigten Patienten

Der Leistungsabfall für binaural relativ zu monaural präsentierten Stimuli ist bei der Gruppe der schwer beeinträchtigten Neglekt-Patienten noch deutlicher ($F(2,16) = 63,3$; $p < 0,00001$). Diese Patienten lokalisierten binaural präsentierte Stimuli nur in 17,8% der Fälle richtig, im Vergleich zu 75,9% bei links und 86,3% bei rechts monauraler Präsentation (beide $p < 0,00001$; siehe Abbildung 7.3). Der Unterschied in der Lokalisationsleistung zwischen links und rechts präsentierten Reizen wurde im paarweisen Mittelwertsvergleich nicht signifikant ($p > 0,2$). Weder Stimulustyp-Effekt ($F(2,16) < 0,05$) noch die Interaktion zwischen Stimulustyp und Präsentationsort ($F(2,16) < 1$) waren für diese Patientengruppe bedeutsam.

Auch die schwer beeinträchtigten Patienten lokalisierten signifikant schlechter als Kontrollprobanden ($F(1,24) = 88,6$; $p < 0,00001$). In dieser Patientengruppe zeigte sich keine signifikante Interaktion zwischen Gruppe (schwer beeinträchtigte Patienten vs. Kontrollgruppe) und Stimulustyp. Hingegen war die Interaktion zwischen Gruppe und Präsentationsort hoch signifikant ($F(1,24) = 45,8$; $p < 0,00001$). Diese Interaktion zeigt, dass die Lokalisation von binaural präsentierten Stimuli auch in dieser Patientengruppe selektiv stärker beeinträchtigt ist als bei gesunden Kontrollprobanden. Obwohl die schwer beeinträchtigten Patienten hier deskriptiv schlechtere Lokalisationen für binaurale Stimuli zeigen als mild bis moderat beeinträchtigte Patienten (17,8% vs. 31,3%), zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Patientengruppen (Interaktion Patientengruppe (mild/moderat vs. schwer beeinträchtigt) x Präsentation: $F(2,34) = 1$; $p > 0,35$).

7.5.6 Qualitative Analyse der Lokalisationsfehler

Es ist über die reine Quantifizierung der Anzahl der fehllokalisierten binaural gleichzeitig präsentierten Reize hinaus von Interesse, zu untersuchen, ob die Natur des Verarbeitungsproblems bei den betroffenen Patienten eher in einer Nicht-Detektion der Reize zu finden ist oder in einer Fehllokalisierung des Reizes, d.h. in der fälschlichen Perzeption des beidohrig präsentierten Reizes als nur von einem Ohr stammend. Im letzteren Fall ist es von besonderer Bedeutung zu bestimmen, ob diese Fehler auf eine Bevorzugung eines der beiden Ohren schließen lassen.

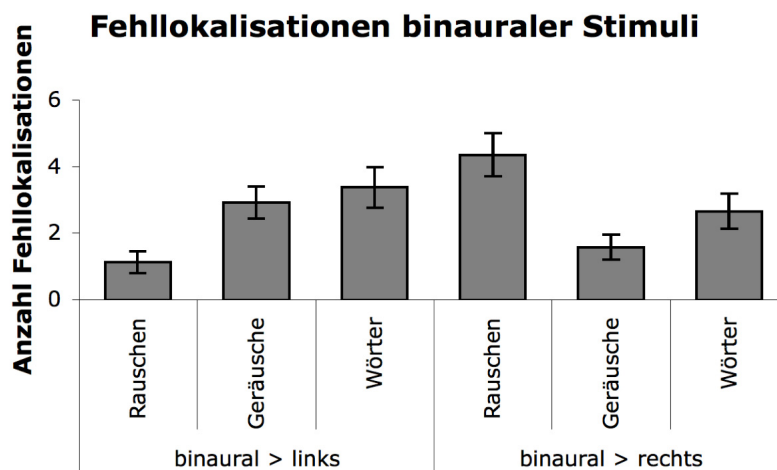


Abbildung 7.4: Seite der Fehl-attribution von fälschlicherweise als monaural lokalisierten binauralen Reizen. Die dargestellten Werte zeigen die Anzahl von Fehllokalisationen (von maximal 10 präsentierten binauralen Reizen), gemittelt über Patienten, in Abhängigkeit von der Seite, der die Reize zugeschrieben wurden.

Von den 70,3% nicht korrekt lokalisierten binaural präsentierten Reizen wurden 20% überhört, das heisst nicht detektiert. Die restlichen 50,3% inkorrekt Lokalisationen (Rauschstimuli: 52,1%; Geräusche: 40,9%; Wörter: 57,9%) zeigten im Mittel der individuelle Extinktionsraten für jede Seite, unabhängig vom Stimulustyp, signifikant mehr Fehlattraktionen von binauralen Reizen zur rechten als zur linken Seite (Haupteffekt Extinktionsseite: $F(1,41) = 7.29$; $p = .01$). Es zeigt sich zusätzlich in einer Interaktion zwischen Stimulustyp und der Extinktionsseite (binaural > links vs. binaural > rechts; $F(2,44) = 13,99$; $p < 0,001$), dass der Anteil an Fehllokalisationen nach ipsiläsional, d.h. von kontraläsionalen Extinktionen, signifikant größer ist bei Rauschstimuli als bei Wörtern oder Alltagsgeräuschen (paarweise T-Tests mit Bonferroni-Korrektur: Rauschen vs. Geräusche: $p < 0,01$; Rauschen vs. Wörter: $p < 0,01$; Geräusche vs. Wörter: nicht signifikant; siehe Abbildung 7.4).

7.6 Diskussion

7.6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse dieser Studie scheint es sich bei der auditorischen Extinktion, also bei der beeinträchtigten Detektion von zwei simultan präsentierten identischen auditorischen Stimuli an symmetrischen Punkten des personalen Raumes, um ein unter Patienten mit visuellem Neglekt häufig vorkommendes Phänomen zu handeln. Nur zwei Patienten zeigten bei allen drei Stimulustypen ein den gesunden Kontrollprobanden vergleichbar hohes Leistungsniveau, und nur zwei weitere Patienten zeigten bei mindestens einem der drei Stimulustypen ein der Kontrollgruppe vergleichbares Leistungsniveau bei der korrekten Lokalisation binauraler akustischer Reize.

Damit sind insgesamt über 80 Prozent der in dieser Studie untersuchten Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt zusätzlich von einer auditorischen Extinktion betroffen. Eine Abhängigkeit vom Schweregrad des visuellen Neglekt ließ sich nicht feststellen. Diese Patienten mit rechtshemisphärischer Schädigung nahmen unabhängig vom Stimulustyp binaural präsentierte Reize überzufällig häufig als monaurale Reize wahr. Dies steht im Gegensatz zu einer deutlich geringeren Fehlerrate bei monaural präsentierten Reizen sowie zu den Leistungen der gesunden Kontrollgruppe. Von den simultan beidseitig präsentierten Reizen wurden die kontraläsional, also linksseitig dargebotenen Reize, häufiger extingiert und fälschlicher Weise als monaural rechts präsentierte Reize berichtet. Der Anteil an Fehllokalisationen, die der rechten (ipsiläsionalen) Seite zugeordnet wurden, ist bei Rauschstimuli signifikant höher als bei Wörtern und Geräuschen. Insgesamt liegt allerdings das Ausmaß der kontraläsionalen Extinktion unterhalb des erwarteten Ergebnisses. In Vergleichsstudien zur auditorischen Extinktion von De Renzi et al. (1984) und Deouell und Soroker (2000) zeigten die betroffenen Patienten zu ca. 85% kontraläsionale Extinktionen. Allerdings waren hier auch nur insgesamt ca. 46% der untersuchten Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt von einer auditorischen Extinktion betroffen. Ipsiläsionale Extinktionen wurden von De Renzi und Mitarbeitern eher als ein transientes Problem eingestuft. Allerdings verwendeten Deouell und Soroker seitlich aufgebaute Lautsprecher und nicht wie im vorliegenden Experiment Kopfhörer, um die binauralen Reize zu präsentieren. Dies könnte ein wesentlicher Faktor bei der Erklärung der unterschiedlichen Ergebnisse sein.

Die Ergebnisse sprechen insgesamt für eine selektive Beeinträchtigung bei der Lokalisation von binaural zeitgleich präsentierten Stimuli. Dieser Befund ist unabhängig vom spezifischen Stimulustyp, also unabhängig davon, ob es sich beim dem akustischen Reiz um ein Rauschen, um gesprochene Wörter oder um Alltagsgeräusche handelt. Obwohl das Ausmaß der Extinktionsprobleme durch die Art des verwendeten Stimulusmaterials modifiziert werden kann, lässt sich die Extinktion auf diese Weise nicht vollständig aufheben. Dieses Ergebnis stellt einen klaren Unterschied zu den Ergebnissen des auditorischen Neglekttests (siehe Kapitel 8.5) dar, bei dem

bei der Präsentation von Alltagsgeräuschen und Wörtern 12 bzw. 14 Patienten ein den Kontrollprobanden vergleichbares Leistungsniveau zeigten. Die im Extinktionstest geforderte binaural simultane Lokalisationsleistung scheint also einer höheren Vulnerabilität zu unterliegen.

Die Lokalisationsleistung monaural präsentierter Stimuli zeigte in keiner der Untersuchungsgruppen eine signifikante Abhängigkeit von der Präsentationsseite des auditorischen Reizes. Dieses Ergebnis deckt sich mit früheren Berichten (Deouell & Soroker, 2000). Allerdings zeigten die Patienten tendenziell unter monauralen Stimulationsbedingungen eine bessere Lokalisationsleistung für rechtsseitig dargebotene Reize im Vergleich zu linksseitig dargebotenen Reizen.

7.6.2 Einfluss des Stimulustyps auf die Detektions- und Lokalisationsleistung

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur auditorischen Extinktion zeigen, dass die Fähigkeit, monaural oder simultan binaural präsentierte Stimuli zu detektieren und zu lokalisieren, nicht generell von der Art des Stimulustyps abhängt. Allerdings zeigt der jeweilige Stimulustyp bei den gesunden Kontrollprobanden einen leichten Einfluß auf die Lokalisationsleistung. Binaural präsentierte Rauschstimuli werden weniger oft korrekt lokalisiert als monaural präsentierte. Dieses Ergebnis liess sich für Wörter und Geräusche nicht finden und konnte auch in der Patientengruppe nicht repliziert werden. Bei den Patienten zeigte sich allerdings bei den Extinktionen eine kontraläsionale Stimulustypabhängigkeit. Es kam zu einer deutlich höheren kontraläsionalen Extinktion der Rausch-Stimuli im Vergleich zu Wörtern und Geräuschen. Der deutlichste Befund ist jedoch, dass viele Patienten nach rechtshemisphärischer Schädigung generell in ihrer Fähigkeit, simultan präsentierte identische Stimuli von einander zu diskriminieren, beeinträchtigt zu sein scheinen. Patienten zeigen über alle Experimentalbedingungen hinweg eine um ca. 29% schlechtere Leistung als die Kontrollgruppe. Eine mögliche Erklärung für diese Limitierung, die insbesondere attentionale Fähigkeiten zu betreffen scheint, wird weiter unten ausgeführt.

7.6.3 Einfluss des Präsentationsortes auf die Detektions- und Lokalisationsleistung

Besonders ausgeprägt ist bei den Patienten der Leistungsabfall in Abhängigkeit vom Präsentationsort. Während bei rechts und links monaural präsentierten Reizen nur durchschnittlich 13,4% mehr Fehler gemacht wurden als in der Kontrollgruppe, wurden bei binauralen Stimuli im Mittel 59,5% weniger korrekte Antworten gegeben als in der Kontrollgruppe. Neglektpatienten lokalisierten in der vorliegenden Studie unter der binauralen Stimulationsbedingung 55% weniger Stimuli korrekt als unter monauralen Bedingungen. Die Kontrollgruppe zeigte hier nur eine Leistungsverschlechterung von neun Prozent. Demnach ist die Beeinträchtigung der Detektion kontraläsionaler Stimuli unter bilateral-kompetitiven Bedingungen bei den rechtshemisphärisch geschädigten Patienten besonders ausgeprägt.

7.6.4 Zusammenhang visueller Neglekt und auditorische Extinktion

Da in dieser Untersuchung bis auf vier Patienten alle von einer Extinktion betroffen sind, scheint diese, wie bereits weiter oben erwähnt, nicht grundsätzlich abhängig vom Schweregrad des visuell-räumlichen Neglekts zu sein. Allerdings zeigte sich ein deutlicher Leistungsabfall von mild und moderat betroffenen zu schwer beeinträchtigten Patienten bezüglich der Anzahl korrekt detektierter Reize. Insgesamt übersteigt die hohe Anzahl der in der vorliegenden Studie von einer auditorischen Extinktion betroffenen Patienten deutlich den Prozentanteil an betroffenen Patienten, die z.B. De Renzi et al. (1984) in ihrer Untersuchung berichten. Eine Erklärung für diese gefundene Diskrepanz könnte in der Verschiedenheit der Untersuchungsgruppen liegen. De Renzi et al. (1984) haben eine Gruppe heterogener Patienten mit links- und rechtshemisphärischen Läsionen und Patienten sowohl mit als auch ohne Zeichen eines visuellen Neglekt eingeschlossen. Im Gegensatz dazu wurden in die vorliegende Untersuchung neben den gesunden Kontrollpersonen nur selektierte, rechtshemisphärisch geschädigte Patienten mit einem diagnostizierten visuellen Neglekt eingeschlossen. Die unterschiedlichen Ergebnisse könnten demnach darauf zurückzuführen sein, dass bei de Renzi et al. (1984) sowohl bezüglich der neuroanatomischen Schädigungen der in die Studie aufgenommenen Patienten als auch in Bezug auf die Ausgangsdaten auf der Verhaltensebene ein sehr heterogenes Bild vorlag, während die in die vorliegende Studie eingeschlossenen Patienten eine homogenere, im Durchschnitt stärker beeinträchtigte Gruppe darstellen. Die erhobenen Daten sprechen dafür, dass das Ausmaß des Zusammentreffens von visuell-räumlichem Neglekt und auditorischer Extinktion bisher unterschätzt wurde.

Die Schlussfolgerung einer Assoziation zwischen visuell-räumlichen Neglektsymptomen und auditorischer Extinktion steht in Einklang mit Ergebnissen einer Studie von Pavani und Mitarbeitern (2004), die einen sehr hohen Anteil kontraläsionaler auditorischer Extinktionen in einer Gruppe von Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt berichten. Pavani et al. (2004) berichten eine positive Korrelation zwischen dem Schweregrad der auditorischen Probleme und den Ergebnissen in einem visuellen Durchstreichtest, einem klassischen Test zur Diagnose des visuell-räumlichen Neglekts. Auch diese zusätzliche Analyse unterstützt die Annahme eines überzufällig hohen Zusammenhangs zwischen visuell-räumlichem Neglekt und auditorischer Extinktion. Ähnlich wie in der vorliegenden Studie konnten sowohl Bisiach und Mitarbeiter (1984) als auch Bellmann et al. (2001) insbesondere bei Patienten mit visuellem Neglekt eine hohe Rate kontraläsionaler auditorischer Extinktionen feststellen. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass in der vorliegenden Studie ein bedeutsamer Unterschied zwischen ipsi- und kontraläsionaler Extinktion nur für Rauschstimuli, nicht aber für Alltagsgeräusche und Wörter, festzustellen ist. Dies könnte ein Hinweis auf eine räumlich-unspezifische Schädigung attentionaler Kreisläufe sein.

Zusammen genommen legen die vorliegenden Ergebnisse und die verfügbaren Berichte in der Literatur nahe, dass zwischen den Beeinträchtigungen in der visuellen und auditorischen Modalität ein überzufälliger Zusammenhang besteht und möglicherweise ein supramodaler Mechanismus für

die Störungen in den verschiedenen Modalitäten verantwortlich ist. Diese Resultate sind ein zusätzlicher Beleg gegen Benders (1952) Theorie, dass es sich bei der Extinktion primär um ein sensorisches Problem handelt, eine Annahme die auch von de Renzi et al. (1984) unterstützt wurde. Unter dieser Annahme einer primär sensorischen Beeinträchtigung würde man auch Schwierigkeiten bei der Detektion von kontraläsionalen Reizen unter monauralen Stimulationsbedingungen erwarten. Diese Vorhersage erfüllte sich in der vorliegenden Studie nicht. Auch die beobachteten Stimulustyp-Abhängigkeiten, insbesondere im Ausmaß der kontraläsionalen Extinktion, sind durch solch ein primär von einer sensorischen Beeinträchtigung ausgehendes Modell nicht zu erklären.

Andere Autoren (z.B. Poppelreuther, 1917; Heilman & Valenstein, 1972) gehen von der Annahme aus, dass die Extinktion durch eine Aufmerksamkeitsstörung hervorgerufen wird, deren Ausprägung kontinuierlich variiert und welche am Ende des Kontinuums das Vollbild eines auditorischen Neglekts darstellt. Die in der hier untersuchten Stichprobe höhere Auftretensrate der auditorischen Extinktion, im Vergleich zu den Ergebnissen des Neglekttests (siehe folgendes Kapitel), sowie die weitgehende Unabhängigkeit von der Schwere des visuellen Neglekts, können diese Annahme unterstützen. Auch die starke Assoziation zwischen dem Auftreten von visuellem Neglekt und auditorischer Extinktion legt die Störung eines generellen attentionalen Mechanismus nahe, der insbesondere, aber nicht ausschließlich, die Aufmerksamkeit für die kontraläsionale Seite steuert (Mesulam, 1998; Heilman & Watson 1977). Verschiedene alternative Modelle zur Erklärung der Extinktion auf Basis einer Aufmerksamkeitsstörung werden weiter unten diskutiert.

7.6.5 Erklärungsansätze zur auditorischen Extinktion

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zur auditorischen Extinktion werden im Folgenden anhand theoretischer Störungsmodelle eingeordnet und kritisch diskutiert.

7.6.5.1 Extinktion als Folge einer Inhibition des ipsiläsionalen Verarbeitungswegs

Die in dieser Studie präsentierten Ergebnisse können als Folge einer Inhibition des schwächeren, ipsiläsionalen Verarbeitungsweges unter binaural-simultanen auditorischen Stimulationsbedingungen interpretiert werden. Im Rahmen dieses Modells wird davon ausgegangen, dass bei der simultanen Darbietung eines Reizes auf beiden Ohren in der Hörbahn eine Art Wettbewerb um begrenzte Verarbeitungsressourcen stattfindet, welcher dann im geschädigten Gehirn zu einer Reduktion der Stimulusstärke in einem der beiden Eingangskanäle führen kann (Heilman et al., 2003). Eine unilaterale Läsion, wie sie bei den untersuchten rechtshemisphärisch geschädigten Patienten gegeben ist, könnte die Reizweiterleitung vom kontraläsionalen Ohr zur ipsiläsionalen Hemisphäre unter simultan-binauralen Stimulationsbedingungen inhibieren. Diese selektive Inhibition eines Verarbeitungskanals könnte zu einer

Extinktion für kontraläsional präsentierte Reize führen. Im Gegensatz zu dem oben dargestellten sensorischen Extinktionsmodell nach Bender (1952) kommen sensorische Veränderungen höchstens als relative Beeinträchtigungen der sensorischen Verarbeitung (wie etwa prolongierte Latenzen für Stimuli, reduzierte Amplitude) zum Tragen. Die afferente Verarbeitung kontraläsionaler Stimuli ist prinzipiell möglich und findet weitgehend unbeeinträchtigt statt, solange kein konkurrierender ipsiläsionaler Reiz zur Extinktion des kontraläsionalen Stimulus aus dem Bewusstsein führt.

Angesichts der Ergebnisse der vorliegenden Studie ist dieses Modell in seiner Absolutheit zu relativieren. Da sich in der vorliegenden Untersuchung eine deutliche Lateralisierung der Extinktion nach kontraläsional nur bei bedeutungsfreien Rauschstimuli, nicht aber bei bedeutungstragenden Alltagsgeräuschen und Wörtern zeigte, wird hier geschlussfolgert, dass der von Heilman und Mitarbeitern (2003) beschriebene Mechanismus der Konkurrenz um begrenzte Aufmerksamkeitsressourcen in einer Interaktion mit höheren Verarbeitungssystemen steht. Da die verschiedenen Stimulustypen in randomisierter Abfolge präsentiert wurden, kann ausgeschlossen werden, dass es sich hier um einen strategischen, durch eine etwaige geblockte Präsentation der Stimulusbedingungen induzierten Aufmerksamkeitseffekt handelt. Es wird daher vorgeschlagen, dass schon im frühesten Stadium der Reizerkennung Feedback-Signale eine potentielle Bedeutsamkeit des Reizes an auditorische Verarbeitungssysteme rückmelden und somit der Extinktion des kontraläsionalen Verarbeitungsweges entgegenwirken. Solch ein Mechanismus mag bedeutsam sein, da Signale von beiden Ohren etwa beim Richtungshören verrechnet werden. Da in dem vorliegenden Extinktionsexperiment keine binaural ungleichen Reize vorkamen, und somit die Identifikation des Reizes auch auf Grundlage des Signals von einem Eingangskanal hätte erfolgen können, liegt auch hier die Vermutung nahe, dass es sich nicht um strategische, sondern um automatisierte Mechanismen der Aufmerksamkeitsausrichtung handeln könnte. Allerdings muss einschränkend berücksichtigt werden, dass die Aufgabe der Patienten nicht die Reizidentifikation sondern die Lokalisation der Stimuli war; ein strategischer, Aufgaben-bedingter Effekt lässt sich hier also nicht komplett ausschließen. Dieser würde allerdings die Annahme voraussetzen, dass solche strategischen Effekte für Wörter und Alltagsgeräusche leichter umzusetzen waren als für die Rauschstimuli.

Auf Grundlage dieser Betrachtungen ergibt sich für zukünftige Arbeiten einerseits ein Bedarf an Untersuchungen zur Verarbeitung von binaural gleichen, simultan präsentierten akustischen Reizen unter anderen Aufgabenbedingungen, welche nicht zentral eine Lokalisation erfordern. Zusätzlich liegt es nahe, Unterschiede in der Verarbeitung zwischen bedeutungsarmen Rauschstimuli und bedeutungstragenden akustischen Reizen mit Methoden, die eine höhere zeitliche Auflösung ermöglichen, zu untersuchen. So bieten ereigniskorrelierte Potentiale beispielsweise die Möglichkeit, residuale Verarbeitungsunterschiede auch bei den weniger häufig kontraläsional extingierten Wörtern und Alltagsgeräuschen zu detektieren. Als ein definitives Ergebnis der vorliegenden Untersuchung lässt sich jedoch festhalten, dass die kontraläsionale

Extinktion ein nicht absolut statischer Zustand ist, sondern von aktuellen Aufmerksamkeitsanforderungen, seien sie durch Aufgabenanforderungen oder Stimuluscharakteristika bestimmt, beeinflusst werden können.

7.6.5.2 Extinktion als Folge einer verzögerten Wahrnehmung kontraläsionaler Reize

Als weitere Erklärung für die vorliegenden Ergebnisse könnte die ‚prior-entry‘-Annahme (Tichtner, 1908) hinzugezogen werden, die davon ausgeht, dass sensorische Ereignisse, welche an einer Stelle im Raum oder am Körper auftreten, auf welche die räumliche Aufmerksamkeit gerichtet ist, schneller detektiert werden als solche, die physikalisch synchron, aber an nicht beachteten Stellen auftreten. Diese Situation ist vergleichbar mit der bei rechtshemisphärisch geschädigten Patienten mit Extinktion beobachtbaren besseren Wahrnehmung für ipsiläsionale Stimuli im Vergleich zu den zeitgleich präsentierten kontraläsionalen Stimuli sowohl im visuellen (Baylis et al. 2002), taktilen (Birch et al., 1967) als auch im auditorischen Bereich (Rorden et al., 1997; Karnath et al. 2002). Ein starker räumlicher Gradient der Raumrepräsentation, der durch eine unilaterale Schädigung insbesondere parietaler Regionen bedingt ist, führt dazu, dass die Patienten ihre Aufmerksamkeit chronisch in die rechte Raumhälfte gebunden haben. Patienten mit auditorischer Extinktion nehmen binaurale Stimuli erst als binaural synchron wahr, wenn der Ton dem linken Ohr durchschnittlich 280 ms vor dem Ton am rechten Ohr präsentiert wird (Rorden et al., 1997; Karnath et al., 2002). Karnath und Mitarbeiter (2002) gehen davon aus, dass die chronische Aufmerksamkeitsausrichtung von Extinktionspatienten auf die ipsiläsionale Seite (siehe auch Posner et al., 1984) zur Folge hat, dass ipsiläsionale Stimuli privilegierten Zugang zum Bewusstsein haben, was wiederum der prior-entry-Annahme (Tichtner, 1908) entspricht. Kontraläsionale Reize haben damit, insbesondere wenn sie wie in der vorliegenden Studie identisch sind mit den ipsiläsionalen Reizen, einen verzögerten Zugang zum Bewusstsein. Diese Annahme kann für die in der vorliegenden Untersuchung gesehene kontraläsionale Extinktion herangezogen werden, lässt allerdings eine Erklärung für die beobachteten ipsiläsionalen Extinktionen offen.

Die prior-entry-Hypothese stellt eine Variation der in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Aufmerksamkeitsmodelle dar, welche nur zum Teil im Einklang mit den vorliegenden Daten steht. Aufgrund des niedrigen zeitlichen Auflösungsvermögens der durchgeführten Verhaltensstudie (im Gegensatz beispielsweise zu elektrophysiologischen Untersuchungen), lässt sich diese Hypothese hier allerdings nicht direkt testen.

7.6.5.3 Extinktion als Folge einer generellen Aufmerksamkeitseinschränkung für multiple Reize

Eine Erklärung der vorliegenden Ergebnisse zur auditorischen Extinktion, die auch die hohe Anzahl ipsiläsionaler Extinktionen berücksichtigt, kann auch auf Basis empirischer Arbeiten an gesunden Probanden stattfinden. Auch wenn unsere sensorischen Systeme mehrere Reize

gleichzeitig verarbeiten können, so erreichen multiple Ziele nicht gleichzeitig unser Bewusstsein (Raymond et al., 1992). In der Literatur zum dichotischen Hören und zu hemisphärischer Spezialisierung bei gesunden Menschen wurde sowohl eine kontralaterale Ohrunterdrückung unter schwierigen Stimulusbedingungen (Kimura, 1967; Sparks & Geschwind, 1968) als auch eine generelle attentionale Limitierung bei der Verarbeitung konkurrierender auditorischer Stimuli beschrieben (Duncan, 1980; Eriksen & Spencer, 1969). Diese Effekte weisen eine gewisse Ähnlichkeit auf mit der Beeinträchtigung der hier untersuchten rechtshemisphärisch geschädigten Patienten. Diese sind zu einem hohen Grad in der Lage, einen singulären, monaural präsentierten Reiz zu detektieren und zu lokalisieren. Werden allerdings multiple konkurrierende Zielreize dargeboten, so kommt es zu einer Extinktion, die verstanden werden kann als räumlich spezifische Limitation der Fähigkeit, multiplen Zielen Aufmerksamkeit zu schenken.

Corbetta und Mitarbeiter (2005) gehen davon aus, dass fehlende Orientierungssignale aus der temporo-parietalen Übergangsregion der rechten Hemisphäre, die im Rahmen des Neglekts typischerweise geschädigt ist, zu einer asymmetrischen Aufmerksamkeitsauslenkung auf die rechte Raumhälfte durch superior-parietale Hirnregionen führen können. Diese Annahme kann die Extinktion kontraläsionaler, linksseitiger Reize auf einfache Weise erklären, da Reizen aus dieser Raumhälfte kontinuierlich weniger Aufmerksamkeitsressourcen zuteil werden. Dieses Modell würde also annehmen, dass bei vergleichbarer sensorischer Verarbeitung eine bewusste Wahrnehmung der kontraläsionalen Reize durch die reduzierte Aufmerksamkeit, die ihnen zuteil wird, verhindert wird und Stimuli auf der ipsiläsionalen Seite die verfügbaren Aufmerksamkeitskapazitäten binden.

Andere Ergebnisse legt Karnath (1988) vor, der zeigen konnte, dass Extinktionspatienten kontraläsionale visuelle Stimuli bei bilateraler Stimulation besser entdecken, wenn sie der Instruktion folgen, interferierende ipsiläsionale Ereignisse zu ignorieren. Solch eine strategische Kontrolle, wie sie hier durch die Aufgabeninstruktion initiiert wurde, reduziert die kompetitive Stärke ipsiläsionaler Ereignisse erheblich und erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass mehr kontraläsionale Reize das Bewusstsein erreichen (Duncan et al., 1999). Diese Beobachtungen zeigen, dass bei Extinktionspatienten die bewusste Kontrolle der selektiven Aufmerksamkeit relativ erhalten ist und dass eine bewusste Aufmerksamkeitsverlagerung in die kontraläsionale Raumhälfte möglich ist. Ein analoger Effekt kann potentiell auch in der vorliegenden Studie zu einer seitengleichen Extinktionsrate bei Alltagsgeräuschen und Wörtern geführt haben.

Auch anderen Autoren (Robertson, 1989; Vuilleumier & Rafal, 2000; Rafal, 1997) favorisieren die Annahme, dass es sich bei der Extinktion um eine räumlich spezifische, pathologisch verstärkte Ausprägung der auch bei gesunden Individuen beobachtbaren Schwierigkeit handelt, die Aufmerksamkeit simultan auf multiple Zielreize zu verteilen. Diese Annahme erfährt weitere Unterstützung durch die Tatsache, dass zum Beispiel das Ausmaß einer visuellen Extinktion durch die Gruppierung von ansonsten miteinander konkurrierenden Zielreizen reduziert werden kann

(Gilchrist et al., 1996; Mattingley et al., 1997a). Dies ist möglich, ohne die visuell-räumliche Konfiguration des visuellen Stimulus zu verändern. Solch präattentive Gruppierungseffekte, die dazu führen, dass räumlich getrennte Elemente als ein Perzept wahrgenommen werden (Kanizsa, 1976), scheinen auch bei Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen noch intakt zu sein. Vergleichbare Mechanismen könnten im Bereich der auditorischen Extinktion eine Rolle spielen.

7.6.6 *Schlußfolgerungen*

Die Annahme einer pathologischen Verstärkung von allgemeinen Aufmerksamkeitsbeschränkungen bei der Verarbeitung multipler Reize (Posner, 1984) sowie die Annahme der Beeinflussbarkeit des ipsiläsionalen Aufmerksamkeitsbias durch Aufgabenanforderungen (Karnath, 1988) sind im Einklang mit den hier berichteten Ergebnissen, lassen sich allerdings auf Basis der hier vorliegenden Ergebnisse nicht klar von dem weiter oben diskutierten Wettbewerbsmodell der Extinktion (Heilman et al., 2003) abgrenzen. Daher gelten die oben dargelegten Fragen und Einschränkungen auch für diese Modellvorstellung zur Extinktion. Allerdings bieten die Befunde zur präattentiven Gruppierung sensorischer Reize und ihrer Auswirkung auf die Extinktion (Gilchrist et al., 1996; Mattingley et al., 1997a) einen attraktiven Erklärungsansatz für die in der vorliegenden Studie beobachteten Unterschiede im Ausmaß der kontraläsionalen Extinktion zwischen Rauschstimuli einerseits und Wörtern und Alltagsgeräuschen andererseits. Insbesondere bietet dieses Modell eine mögliche Erklärung für die Tatsache, dass die Unterschiede in der Lateralisierung bei einer weitgehend zwischen Stimuluskategorien vergleichbaren Gesamtrate von Extinktionen beobachtet wurden. Die Gruppierungsmöglichkeit der Wörter und Geräusche in ein Perzept reduziert also nicht das Gesamtausmaß der Extinktionssymptomatik, hebt aber den klaren attentionalen Nachteil der kontraläsionalen Hemisphäre auf.

Generell wird es im klinischen Alltag schwierig bleiben, die Ursache einer Extinktion eindeutig zuzuordnen zu können, da sowohl Limitierungen der attentionalen Kapazität als auch geringfügige sensorische Leitungsstörungen und Beeinträchtigungen der Raumwahrnehmung zum Symptom beitragen können. Anhand der Datenlage kann aus diesem Experiment klar geschlossen werden, dass es sich bei der auditorischen Extinktion um eine Beeinträchtigung mit hoher Inzidenz handelt. Veränderungen am Stimulusmaterial führen hierbei zu keinen Veränderungen im Bereich der attentionalen Detektionsleistung, allerdings zu Veränderungen der Lokalisationsleistung.

8 Auditorischer Neglekttest

8.1 Stichproben

Der auditorische Neglekttest wurde bei 22 von 25 Patienten sowie bei der gesamten Kontrollstichprobe durchgeführt. Für die Patienten A09 und A16 konnten jeweils nicht alle Versionen des auditorischen Neglekttests erhoben werden.

8.2 Experimentelle Prozedur

Die experimentelle Untersuchung des Neglekt in der auditorischen Domäne basiert auf der Detektion unterschiedlicher akustischer Reize, welche in ein kontinuierliches Hintergrundgeräusch eingebettet sind. Hierbei wurde eine Modifikation eines von De Renzi und Mitarbeitern (1989) beschriebenen Verfahrens umgesetzt. Die allgemeinen experimentellen Rahmenbedingungen wurden bereits in Abschnitt 6.4 dargestellt. Zur Untersuchung des auditorischen Neglekts wurde den Probanden über Kopfhörer ein kontinuierliches weißes Rauschen vorgespielt. Hierzu wurde der unter Abschnitt 6.4 beschriebene Kopfhörer verwendet. Eingebettet in dieses kontinuierliche Rauschen wurden in zufällig bestimmter Abfolge jeweils 10 Zielreize zum linken und zum rechten Ohr präsentiert. Das Intervall zwischen den Zielreizen variierte um 12 ± 6 Sekunden, wobei die Abfolge der linken und rechten Zielreize, sowie die variablen Inter-Stimulus-Abstände einmalig bestimmt und fest in die Wave-Datei mit dem weißen Hintergrundrauschen mittels der Software CoolEdit implementiert wurden. Die akustischen Stimuli wurden in der vorliegenden Untersuchung über Kopfhörer präsentiert, um sicher zu stellen, dass das jeweilige Ohr nicht von der Tonquelle in der gegenüber liegenden Raumhälfte stimuliert werden kann. Eine Änderung im Vergleich zur von De Renzi et al. (1989) beschriebenen Studie ist die Verwendung von einem breitbandigen Rauschstimulus als kontinuierlichem Hintergrundgeräusch, im Gegensatz zu dem von De Renzi et al. verwendeten 1000 Hz-Sinuston. Analog zu dem von De Renzi et al. (1989) beschriebenen Verfahren wurden in einer Testversion (siehe Abschnitt 8.3.1) kurze Pausen in das kontinuierliche Hintergrundrauschen eingebettet, welche von den ProbandInnen detektiert werden mussten. Zusätzlich wurden zwei weitere Testversionen mit Alltagsgeräuschen und Wörtern durchgeführt. Desweiteren wurden von jedem der drei Tests monaurale Versionen erstellt und erhoben.

Aufgabe der Probanden war es, der Versuchsleiterin verbal mitzuteilen, wenn ein Zielreiz detektiert wurde und dessen Lokalisation anzugeben. Am Computer-Monitor, der für die Versuchsteilnehmer nicht einsichtig war, wurde der aktuelle Zielreiz angezeigt, so dass die Versuchsleiterin die Antworten der Teilnehmer korrekt kodieren konnte.

8.3 Stimulusmaterial

Als kontinuierliches Hintergrundgeräusch wurde in der Vorliegenden Anpassung des Paradigmas von De Renzi et al. (1989) ein Bandpass-gefiltertes (500 – 2000 Hz) weißes Rauschen verwendet, um eine breitere Abdeckung des sprachrelevanten Frequenzspektrums zu erreichen und so den Einfluss potentieller selektiver Ausfälle in einem umschriebenen Frequenzbereich auszugleichen. Eine Visualisierung des Frequenzspektrums dieses Rauschstimulus ist oben in Abbildung 7.1 dargestellt. Die Gesamtlänge dieses Hintergrundgeräusches betrug 4 Minuten und ca. 45 Sekunden.

Wie bereits weiter oben erwähnt, wurde der auditorische Neglekttest im Rahmen der vorliegenden Untersuchung in drei Varianten mit jeweils unterschiedlichen akustischen Reiztypen durchgeführt. Diese wurden mit dem oben beschriebenen Inter-Stimulus-Abstand in das kontinuierliche Hintergrundgeräusch eingebettet. Die gewählte Veränderung gegenüber dem Vorgehen in der Originaluntersuchung von De Renzi und Kollegen (1989) erlaubte es, Einflüsse der Alltagsrelevanz von wahrgenommenen akustischen Reizen auf die Detektionsleistung in der auditorischen Domäne zu bestimmen.

8.3.1 Neglekttest mit Pausen

Der erste Untertest des Neglekttests verwendete als Zielreiz in das Hintergrundrauschen eingebettete Pausen von 200 ms Länge (in Anlehnung an De Renzi et al., 1989). Mittels des Softwarepakets CoolEdit wurden die ersten und letzten 20 ms der Pause als Fade-out bzw. Fade-in definiert. In diesem Zeitfenster sinkt das Signal in seiner Amplitude gleichmäßig von bis auf 0% Lautstärke bzw. steigt am Ende der Pause wieder auf 100% an. Die resultierende Klangdatei wurde Amplitudennormalisiert (70%), analog zu dem unter 7.3.1 bis 7.3.3 beschriebenen Verfahren.

Alle Klangdateien wurden als Stereoklänge erstellt. Während binaurale Rauschstimuli auf beiden Kanälen das beschriebene Klangsignal und eingebettete Pausen enthielten, enthielten die Wave-Dateien für die monauralen Versionen des Neglekttests mit Pausen das Rauschen mit eingebetteten Unterbrechungen nur auf einem der beiden Kanäle (rechts bzw. links).

8.3.2 Neglekttest mit Alltagsgeräuschen

In der Version des Neglekttest mit Alltagsgeräuschen wurden die unter Abschnitt 7.3.2 beschriebenen Alltagsgeräusche, statt der Pausen, in das kontinuierliche Rauschen eingebettet. Binaurale und monaurale Versionen des Neglekttest mit Alltagsgeräuschen wurden wie in der Version mit Pausen (siehe vorheriger Abschnitt 8.3.1) generiert.

8.3.3 Neglekttest mit Wörtern

In der Version des Neglekttest mit Wörtern wurden die unter Abschnitt 7.3.3 beschriebenen gesprochenen Wörter, statt der Pausen, in das kontinuierliche Rauschen eingebettet. Binaurale und monaurale Versionen des Neglekttest mit Wörtern wurden wie in der Version mit Pausen (siehe Abschnitt 8.3.1) generiert.

8.4 Datenauswertung

Da Zielreize jeweils rechts oder links, aber nicht binaural präsentiert wurden, gibt die Betrachtung der Detektionsleistung erschöpfende Auskunft über potentielle Beeinträchtigungen in diesem Leistungsbereich. Insbesondere bemerkenswert ist hierbei die Version des Neglekttests mit Pausen; links oder rechts eingebettete Pausen vermitteln den Höreindruck einer Verschiebung des akustischen Reizes zur jeweils anderen Seite. Daher fällt Patienten und gesunden Probanden eine korrekte Lokalisation in dieser Testversion oft schwer und dissoziiert von der Detektionsleistung, welche insbesondere in diesem Untertest einen besseren Eindruck der tatsächlichen Leistung vermittelt. Deskriptive und statistische Analysen basieren auf der Anzahl nicht detektierter Reize (in Prozent), welche Messwiederholungsvarianzanalysen mit den Faktoren Präsentationsort (links, rechts) und Stimulustyp (Pausen, Alltagsgeräusche, Wörter) unterzogen wurden. Separate Varianzanalysen wurden gerechnet für die Testversionen binaural, monaural links und monaural rechts. Analysen wurden sowohl getrennt durchgeführt für gesunde Probanden und Patienten, als auch in einer gemeinsamen Analyse mit dem zusätzlichen Faktor Gruppe. Zusätzlich wurden getrennte Analysen für Patienten mit mildem bis moderatem visuellem Neglekt sowie für Patienten mit schwerem bis sehr schwerem visuellem Neglekt durchgeführt.

8.5 Ergebnisse

Die berichteten Ergebnisse für den auditorischen Neglekttest beziehen sich auf den Prozentsatz an Stimuli, die von den Versuchsteilnehmern nicht detektiert wurden. Dieses Maß spiegelt die Probleme der Patienten mit der Detektion akustischer Stimuli am besten wieder. Im Gegensatz dazu spiegelt die Anzahl inkorrekt beantworteter Reize Fehllokalisationen wieder, bei denen der kritische Reiz (d.h. der Stimulus oder die Pause in dem kontinuierlichen Rauschen) am

rechten Ohr dargeboten, aber dem linken Ohr zugeschrieben wurde und umgekehrt. Insbesondere in der Version des Neglekttests mit Pausen ist die korrekte Lokalisation jedoch durch den entstehenden Höreindruck einer Verschiebung des kontinuierlichen Hintergrundgeräusches zum anderen Ohr sehr schwer, was sich auch in einer leicht erhöhten Zahl von Fehllokalisationen bei den Kontrollprobanden in diesem Test zeigte. Nichtsdestotrotz weist aber auch eine Fehllokalisation darauf hin, dass die Veränderung im akustischen Umfeld wahrgenommen wurde, was im vorliegenden Kontext als das eigentlich bedeutsame Ergebnis angesehen werden muss. Die Anzahl tatsächlich detektierter Reize setzt sich aus der Anzahl korrekt lokalisierter Reize und der Anzahl von Fehllokalisationen zusammen; die Darstellung der Ergebnisse verlässt sich daher primär auf die Anzahl nicht detektierter kritischer Stimuli.

8.5.1 Deskriptive Beschreibung der Ergebnisse

Im Mittel überhörten gesunde Kontrollprobanden 4,7% der links präsentierten Pausen und 2,9% der rechts präsentierten Pausen. Im Vergleich dazu verpassten Patienten 46,5% der links präsentierten und 38,3% der rechts präsentierten Pausen. Innerhalb der Patientengruppe zeigten nur sechs Patienten eine den Kontrollprobanden vergleichbare Leistung: Drei Patienten überhörten keine Pause und drei weitere Patienten überhörten lediglich eine Pause.

Bei den Geräuschstimuli schneiden beide Gruppen deutlich besser ab. Kontrollprobanden verpassten im Mittel keine (links) bzw. 0,5% (rechts) der Reize, wobei letzteres Ergebnis darauf zurückgeht, dass ein Kontrollproband um die 9% der dargebotenen Reize verpasste. Bei den Geräuschstimuli liegen Patienten bei 13% (links) und 7,9% (rechts) verpassten Reizen, wobei 12 Patienten ein den Kontrollprobanden vergleichbares Ergebnis, also keine verfehlten Reize, zeigten, und vier weitere Patienten lediglich um die 10% der Reize verpassten.

Kein einziger Wortstimulus wurde von Kontrollprobanden überhört. 14 Patienten zeigten dasselbe Ergebnis, und zwei weitere Patienten verpassten 10% der Reize. Im Mittel überhörten die Patienten 13% der links präsentierten Wörter, im Vergleich zu nur 2,2% der rechts präsentierten Wörter.

8.5.2 Detektionsleistung bei der gesunden Kontrollgruppe

Insgesamt zeigte sich bei einer separaten statistischen Analyse der Kontrollgruppe kein signifikanter Unterschied zwischen den Detektionsraten für die verschiedenen Stimulustypen ($F(2,32) = 1,6$; $p > 0,2$) und Präsentationsseiten ($F(1,16) = 2,4$; $p > 0,14$; siehe Abbildung 8.1). Eine Interaktion zwischen Stimulustyp und Präsentationsseite, die sich in der Tendenz zeigt ($F(2,32) = 3$; $p = 0,07$), lässt sich durch paarweise t-Tests nicht weiter aufklären. Die Daten für die Patienten werden im Folgenden detailliert berichtet.

8.5.3 Detektionsleistung in der Patientengruppe

Bei der Detektion von Pausen, Klängen oder Wörtern in einem kontinuierlichen Hintergrundrauschen überhörten Patienten, unabhängig vom Schweregrad des Neglekts in der visuellen Domäne und unabhängig vom Stimulustyp, signifikant mehr Stimuli als gesunde Kontrollprobanden (Haupteffekt Gruppe: $F(1,38) = 14,1$; $p < 0,001$). Abbildung 8.1 schlüsselt die Performanz von Patienten und Kontrollprobanden nach Stimulustyp und stimuliertem Ohr auf. Es zeigt sich, dass die Detektionsleistung sowohl der Patienten als auch der Kontrollprobanden vom Stimulustyp abhängig ist. In der Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Stimulustyp zeigt sich ein signifikanter Haupteffekt ($F(2,76) = 23,9$; $p < 0,001$), welcher darauf zurück zu führen ist, dass Pausen tendenziell seltener detektiert werden als Alltagsgeräusche ($p = 0,081$; multipler Mittelwertsvergleich mit p-Wert-Korrektur nach Holm) oder Wörter ($p = 0,081$). Dieser Befund muss allerdings auch im Lichte einer signifikanten Interaktion zwischen Gruppe und Stimulustyp betrachtet werden ($F(2,76) = 12,0$; $p < 0,001$). Ein Effekt des Stimulustyp ist deutlich ausgeprägt bei den Patienten ($F(2,44) = 22,5$; $p < 0,001$), aber in der Kontrollgruppe nicht signifikant ($F(2,32) = 1,6$; $p > 0,2$; siehe oben Abschnitt 8.5.2). Der Stimulustyp-Haupteffekt in der Patientengruppe beruht auf einer deutlich schlechteren Leistung für die Detektion von Pausen relativ zu Klängen und Wörtern (beide $p < .0001$; multipler Mittelwertsvergleich mit p-Wert-Korrektur nach Holm), während sich die Detektionsleistung für Klänge und Wörter bei der Patientengruppe nicht signifikant unterscheidet.

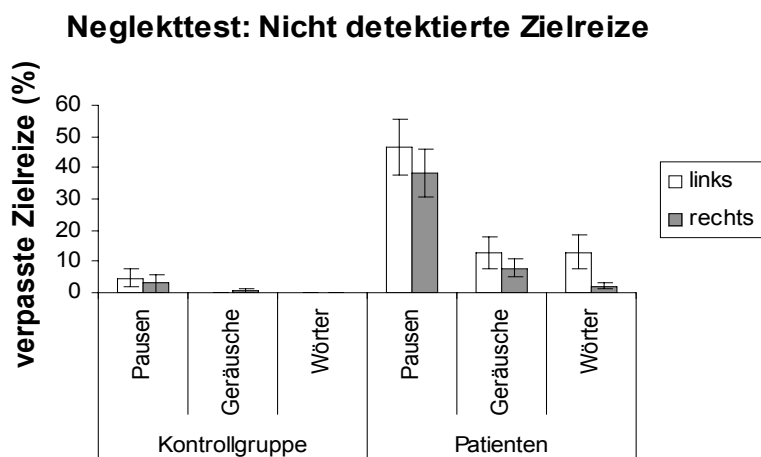


Abbildung 8.1: Anzahl (in Prozent) nicht detektierter Zielreize, in Abhängigkeit von Gruppe (Kontrollgruppe vs. Patienten), Stimulustyp (Pausen, Alltagsgeräusche, Wörter) und Präsentationsseite (linkes vs. rechtes Ohr). Die Fehlerindikatoren in diesem und allen folgenden Diagrammen repräsentieren den Standardfehler des Mittels.

Ein ähnliches Muster zeigt sich bei der Untersuchung des Einflusses des Präsentationsortes (rechtes vs. linkes Ohr) auf die Detektionsleistung (Abbildung 8.1). Ein Haupteffekt Präsentationsort ($F(1,38) = 7,3$; $p = 0,01$) wird qualifiziert durch eine Interaktion zwischen Gruppe und Präsentationsort ($F(1,38) = 4,5$; $p < 0,05$). Schlechtere Detektion auf dem linken (d.h. kontraläsionalen) Ohr zeigt sich nur für Patienten ($F(1,22) = 6,8$; $p < 0,025$), nicht aber für Kontrollprobanden ($F(1,16) = 2,4$; $p > 0,14$).

In der soeben berichteten globalen Analyse für beide Gruppen erreichen die Interaktionen zwischen Stimulustyp und Präsentationsort sowie zwischen Gruppe, Stimulustyp und Präsentationsort keine Signifikanz (beide $F < 1$). Der visuell-deskriptiv entstehende Eindruck, dass die links-rechts-Asymmetrie in der Anzahl der verpassten Zielreize bei den Patienten für Wort-Stimuli am stärksten ausgeprägt ist (s. Abbildung 8.1) lässt sich statistisch nicht bestätigen. Dies mag daran liegen, dass innerhalb der Gruppe der Patienten eine hohe Varianz in den Performanzmustern existiert, was die Sensitivität der statistischen Analyse unter Umständen schwächt. Aus diesem Grund wird im Folgenden die Stichprobe der Patienten anhand der Schwere des visuellen Neglekts in zwei Untergruppen, mild/moderater Neglekt versus schwerer Neglekt, aufgeteilt.

8.5.4 Detektionsleistung bei mild bis moderat beeinträchtigten Patienten

Patienten mit mildem und moderatem visuellem Neglekt (siehe Abschnitt 6.3.1) zeigten einen starken Einfluss des Stimulustyp auf die Detektionsleistung ($F(2,18) = 8,7$; $p < 0,0025$; Abbildung 8.2). In paarweisen Mittelwertvergleichen zeigt sich, dass Pausen deutlich schlechter detektiert werden als Alltagsgeräusche oder Wörter (beide $p < 0,05$), während sich Geräusche und Wörter hinsichtlich der Detektionsleistung nicht unterscheiden ($p > 0,85$). Im direkten Vergleich zur Kontrollgruppe zeigt sich bereits bei den mild und moderat beeinträchtigten Patienten eine deutlich erhöhte Anzahl an nicht detektierten Stimuli (Haupteffekt Gruppe: $F(1,25) = 10,9$; $p < 0,005$). Eine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Stimulustyp ($F(2,50) = 9,2$; $p < 0,0005$) weist darauf hin, dass Patienten zwar bei allen Stimulustypen schlechter sind als Kontrollprobanden, dies sich aber besonders ausgeprägt bei der Detektion von Pausen zeigt (Abbildung 8.2; $t(9,9) = -2,8$; $p < 0,025$; Geräusche: $p = 0,1$; Wörter: $p > 0,1$).

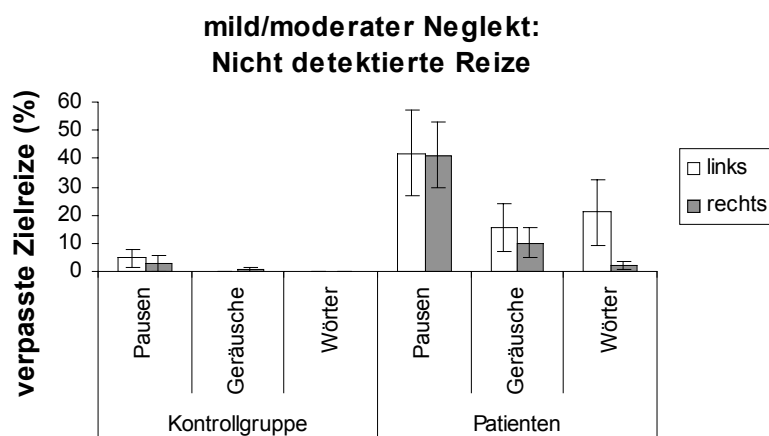


Abbildung 8.2: Anzahl (in Prozent) nicht detektierte Zielreize bei Patienten mit mildem bis moderatem visuellem Neglekt ($n = 10$), in Abhängigkeit von Gruppe (Kontrollgruppe vs. Patienten mild/moderat), Stimulustyp (Pausen, Alltagsgeräusche, Wörter) und Präsentationsseite (linkes vs. rechtes Ohr).

Das Präsentationsohr wirkt sich nicht direkt auf die Detektionsleistung aus ($F(1,9) = 1,8; p > 0,2$). Allerdings weist eine Interaktion zwischen Präsentationsohr und Stimulustyp in der Tendenz ($F(2,18) = 2,6; p = 0,1$) darauf hin, dass bei dieser Patientengruppe ein Vorteil für die Detektion von am rechten, also ipsiläsionalen Ohr präsentierten Wörtern besteht. Bei Einbezug der Kontrollgruppe in die Varianzanalyse der mild bis moderat beeinträchtigten Patienten zeigt sich, dass der Faktor Präsentationsseite keinen stärkeren Effekt auf die mild bis moderat beeinträchtigten Patienten als auf die Kontrollgruppe hat (Interaktion Gruppe x Präsentationsseite: $F(1,25) = 2,9; p > 0,1$).

8.5.5 Detektionsleistung bei schwer beeinträchtigten Patienten

Patienten mit schwerem und sehr schwerem visuellem Neglekt zeigen in der Anzahl nicht detektierter Reize sowohl einen Einfluss des Stimulustyp ($F(2,14) = 12,1; p < 0,001$; Pausen seltener detektiert als Geräusche und Wörter: beide $p < 0,001$; kein Unterschied zwischen Geräuschen und Wörtern) als auch einen tendenziellen Effekt des Präsentationsortes (linkes vs. rechtes Ohr; $F(1,7) = 4,0; p = 0,09$). Stimuli wurden am linken Ohr, also im kontraläsionalen Raum, schlechter detektiert (siehe Abbildung 8.3). Es zeigte sich keine statistisch signifikante Interaktion zwischen Stimulustyp und Präsentationsort ($F(2,14) < 1$).

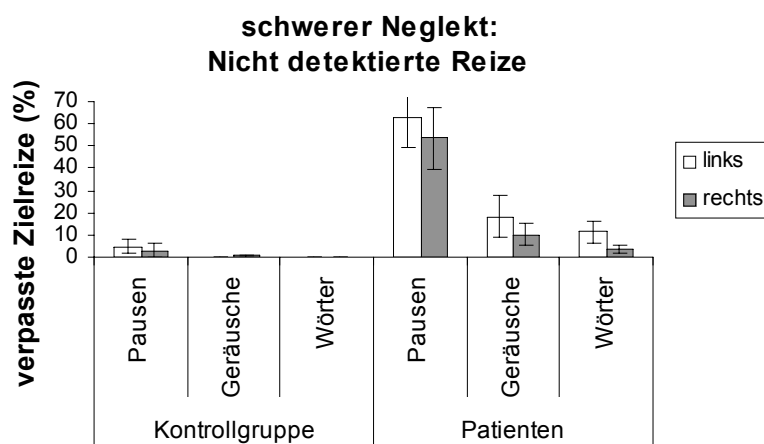


Abbildung 8.3: Anzahl (in Prozent) nicht detektierter Zielreize bei Patienten mit schwerem und schwerstem Neglekt ($n = 8$), in Abhängigkeit von Gruppe (Kontrollgruppe vs. Patienten schwer), Stimulus-Typ (Pausen, Alltagsgeräusche, Wörter) und Präsentationsseite (linkes vs. rechtes Ohr).

Im direkten statistischen Vergleich zur Kontrollgruppe sind schwer beeinträchtigte Patienten deutlich schlechter in ihrer Detektionsleistung (Haupteffekt Gruppe: $F(1,23) = 43; p < 0,00001$). Auch bei dieser Patientengruppe zeigt sich die überproportional schlechtere Leistung bei der Detektion von Pausen in einer Interaktion der Faktoren Gruppe und Stimulustyp ($F(2,46) = 18,8; p < 0,00001$; Pausen: $t(7,7) = -4,1; p < 0,005$; Geräusche: $t(7,7) = -2,5; p < 0,05$; Wörter: $t(7,7) = -2,3; p = 0,056$). Im Gegensatz zu den mild bis moderat beeinträchtigten Patienten zeigt sich bei dieser Patientengruppe zusätzlich eine Interaktion zwischen Gruppe und Präsentationsseite ($F(1,23) = 7,9; p = 0,01$). Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass schwer beeinträchtigte Patienten

schlechter bei der Detektion linksseitig im Vergleich zu rechtsseitig präsentierten Stimuli sind ($F(1,7) = 4$; $p = 0,08$), während die Kontrollgruppe keine derartigen Unterschiede zeigt ($F(1,16) = 2,4$; $p = 0,15$; Abbildung 8.3). Ein direkter Vergleich zwischen beiden Patientengruppen (mild/moderat vs. schwer) zeigt trotz der deskriptiv ersichtlichen Unterschiede in der Detektionsleistung keine signifikanten Unterschiede.

8.5.6 Fehllokalisationen bei detektierten Reizen

Eine weitere interessante Informationsquelle stellen die detektierten, aber inkorrekt lokalisierten Reize dar. Aus der Betrachtung dieser inkorrekten Antworten lassen sich potentiell qualitative Informationen bzgl. der Art der akustischen Verarbeitungsprobleme der Patienten ableiten. Visuell-deskriptiv (siehe Abbildung 8.4) zeigen sich hier vor allem Probleme bei der korrekten Lokalisation von Pausen; die hohe Rate an Lokalisationsfehlern von im Mittel 40,3% bei insgesamt relativ wenig Detektionsfehlern der gesunden Kontrollprobanden ist, wie bereits weiter oben (Abschnitt 8.5.1) erwähnt, durch den subjektiv entstehenden Höreindruck einer Verschiebung des Reizes zu der dem Präsentationsort gegenüber liegenden Seite zu erklären.

Bei den schwer beeinträchtigten Patienten sind häufigere Fehllokalisationen für linksseitig als für rechtsseitig präsentierte Stimuli beobachtbar, was sich deskriptiv zumindest für Pausen und Alltagsgeräusche zeigt, sowie deutlich häufigere Fehllokalisationen für Alltagsgeräusche und Wörter im Vergleich zu Kontrollprobanden sowie im Vergleich zu mild bis moderat beeinträchtigten Patienten (siehe Abbildung 8.4).

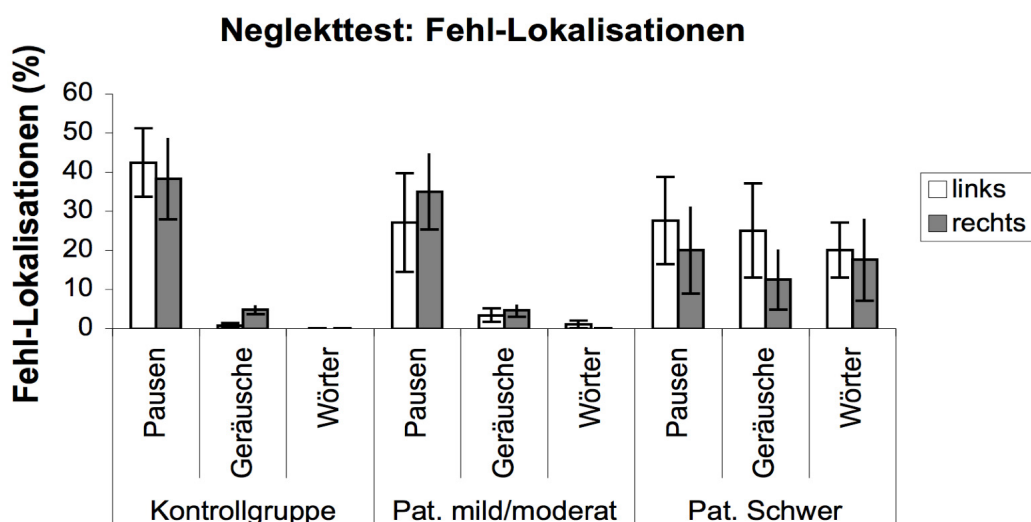


Abbildung 8.4: Anzahl (in Prozent) detektiertes, aber der falschen Präsentationsseite zugeschriebenen Zielreize bei Kontrollprobanden, Patienten mit mildem bis moderatem visuellen Neglekt und Patienten mit schwerem und schwerstem Neglekt, in Abhängigkeit von Stimulustyp (Pausen, Geräusche, Wörter) und Präsentationsseite (links; rechts).

In der statistischen Analyse der Fehllokalisationen zeigt sich eine Abhängigkeit der Anzahl der Fehllokalisationen vom Stimulustyp, unabhängig von der Experimentalgruppe (Haupteffekt Stimulustyp in der Analyse inkorrekt beantworteter Items: $F(2,76) = 30,7$; $p < 0,0001$). Wie in Abbildung 8.4 ersichtlich, sind Fehllokalisationen für Pausen deutlich häufiger als bei anderen Stimulustypen ($p < 0,0001$), während sich Alltagsgeräusche und Wörter nicht unterscheiden ($p > 0,6$). Wie bereits oben diskutiert spiegelt dieses Ergebnis eher das subjektiv wahrgenommene Perzept wieder, und nicht ein allgemeines Verarbeitungsproblem. Es zeigte sich aber auch im Rahmen einer Interaktion der Faktoren Gruppe und Stimulustyp ($F(2,76) = 3,1$; $p = 0,05$), dass Patienten zusätzlich auch bei Alltagsgeräuschen ($t(24,3) = -2$; $p = 0,05$) und gesprochenen Wörtern ($t(24,3) = -2,3$; $p < 0,05$) deutlich mehr Fehllokalisationen vornehmen als Kontrollprobanden (Abbildung 8.4), bei einer insgesamt geringen Anzahl von Auslassungen. Eine Abhängigkeit der Fehllokalisationen von der Präsentationsseite lässt sich statistisch nicht nachweisen. Im direkten Vergleich der mild/moderaten und der schweren Patientengruppen zeigen sich keine statistischen Effekte der Patientengruppe (alle $p > 0,1$).

8.5.7 Monauraler Neglekttest

Der akustische Neglekttest wurde auch in monauralen Versionen durchgeführt. Gesunde Kontrollprobanden machen bei diesem Test keine Fehler. Mild bis moderat beeinträchtigte Patienten verpassten im Mittel 18,8% der zu detektierenden Ereignisse, also weniger als unter binauraler Präsentation (vgl.: binaural links: 26,2%; binaural rechts: 17,7%, unabhängig vom Stimulustyp). Es zeigte sich bei dieser Patientengruppe ein signifikanter Stimulustyp-Effekt ($F(2,18) = 7$; $p < 0,01$) mit deutlich größeren Problemen bei der Detektion von Pausen (35%) im Vergleich zu Alltagsgeräuschen oder Wörtern (10% und 11,5%; beide $p = 0,05$; siehe Abbildung 8.5). In der Tendenz zeigt sich ein Einfluss der Präsentationsseite ($F(1,9) = 3,9$; $p = 0,08$), wobei wie erwartet über alle Stimulustypen hinweg weniger Auslassungen bei rechtsseitiger (13,7%) als bei linksseitiger Präsentation (24%) zu beobachten sind.

Analoge Ergebnisse zeigen sich bei schwer beeinträchtigten Patienten. Im Mittel verpassten diese Patienten 18,1% der zu detektierenden Ereignisse (vgl. binaurale Präsentation; links: 24,2%; rechts: 16,7%). Auch hier zeigte sich ein signifikanter Stimulustyp-Effekt ($F(2,14) = 7,2$; $p < 0,01$) mit einer höheren Anzahl verpasster Pausen (43,1%) im Vergleich zu Alltagsgeräuschen (8,6%) und Wörtern (2,5%; beide $p < 0,001$; kein Unterschied zwischen Geräuschen und Wörtern: $p = 0,5$). In der Tendenz zeigte sich zusätzlich ein Effekt der Präsentationsseite ($F(1,7) = 5,2$; $p = 0,056$; rechts 12,5% vs. links 23,8% verpasste Reize).

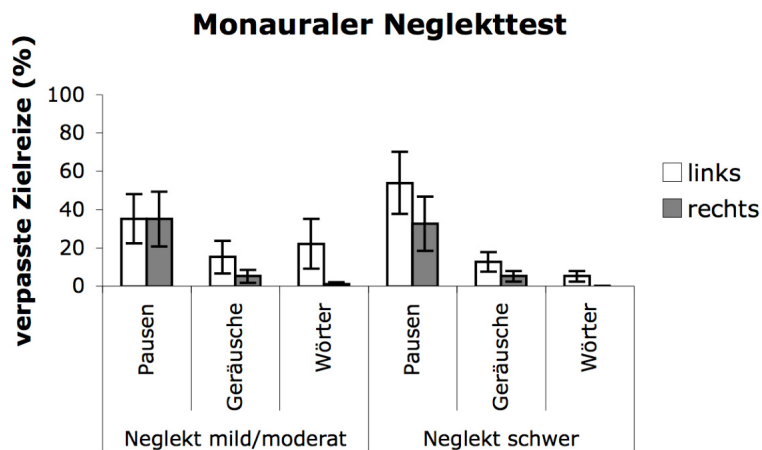


Abbildung 8.5: Anzahl (in Prozent) nicht detektierter Zielreize in den monauralen Versionen (rechts, links) des Neglekttests, dargestellt in Abhängigkeit von Stimulustyp und Schweregrad des visuell-räumlichen Neglekt.

8.6 Diskussion

Das Nicht-Detektieren von kurzen, monauralen Zielreizen, welche in ein kontinuierliches binaurales Hintergrundgeräusch eingebettet sind, wird in der Literatur häufig als kritischer Indikator für das Vorliegen eines auditorischen Neglekts angesehen (De Renzi et al., 1989; Hughdal et al., 1991; Soroker et al., 1997). In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich bei rechtshemisphärisch geschädigten Patienten mit visuellem Neglekt überzufällig häufig ein solchermaßen definierter auditorischer Neglekt: Bei der Detektion akustischer Zielreize (Pausen, Alltagsgeräusche und Wörter), deren Präsentationsseite nicht vorhersagbar war, überhörten Patienten fast 40% mehr Zielreize als gesunde Kontrollprobanden. Insgesamt zeigten nur sechs der 23 Patienten über alle drei Bedingungen hinweg ein unbeeinträchtigtes Ergebnis. Pausen wurden im Vergleich zu präsentierten Alltagsgeräuschen und Wörtern von den Patienten signifikant schlechter detektiert. Insbesondere die am linken Ohr präsentierten Zielreize wurden tendenziell eher überhört als solche, die dem rechten Ohr präsentiert wurden. Bei den Kontrollprobanden hingegen zeigte der Präsentationsort (rechtes vs. linkes Ohr) keinen Einfluss auf die Detektionsleistung. Zusätzlich kam es bei Patienten mit schwerem bis sehr schwerem visuellem Neglekt vermehrt zu Misslokalisationen (Alloakusis) der detektierten auditorischen Zielreize. Bei der monauralen Durchführung des Neglekttests zeigten sich ähnliche Effekte wie bei der binauralen Stimuluspräsentation, da auch bei monauraler Stimulation Pausen deutlich schlechter wahrgenommen wurden als Alltagsgeräusche und Wörter, und die Detektionsleistung im kontraläsionalen (linken) Raum schlechter war als ipsiläsional.

Im Folgenden werden die Resultate der monauralen und binauralen Testung separat diskutiert. Daran anschließend werden die vorliegenden Ergebnisse in Bezug zu aktuellen Theorien des Neglekts gesetzt und das Konzept des auditorischen Neglekts kritisch beleuchtet.

8.6.1 Binauraler Neglekttest

8.6.1.1 Einfluss des Stimulustyps auf die Detektionsleistung auditorischer Stimuli

Die auditorische Detektionsleistung im binauralen Neglekttest ist zu einem großen Teil abhängig von der Art der zu detektierenden auditiven Zielreize. Während sich bei den Kontrollprobanden hier kein bedeutsamer Zusammenhang zeigt, lässt sich die Stimulustyp-Abhängigkeit der Detektionsleistung bei der Gruppe der Neglektpatienten auch statistisch nachweisen. Das Erkennen von Pausen im Vergleich zu Alltagsgeräuschen und gesprochenen Wörtern, eingebettet in ein kontinuierliches binaural präsentiertes weißes Hintergrundrauschen, lieferte in beiden Untersuchungsgruppen die schlechtesten Ergebnisse. Dies zeigte sich für die Kontrollgruppe als Tendenz und war bei den Patienten statistisch hoch signifikant. Die Patienten waren im direkten Vergleich zur Kontrollgruppe jedoch deutlich, d.h. im Mittel um ca. 40%, schlechter in ihrer Leistung bei der Detektion von Pausen.

Das Ergebnis von 3 – 5% nicht detektierter Pausen bei der Kontrollgruppe, gekoppelt mit um die 40% Fehllokalisationen in dieser Bedingung, weist auf eine erhöhte Schwierigkeit dieser Experimentalbedingung hin. Im Lichte von nahezu fehlerfreier Performanz in den anderen Stimulustypbedingungen, ist der hohe Anteil an Fehllokalisationen für Pausen erklärungsbedürftig. Hervorgerufen durch das unerwartete Ereignis einer Pause an einem der beiden Ohren entsteht der subjektive Höreindruck einer Verschiebung des Signals auf die andere Seite, auf welcher das Hintergrundrauschen fortgesetzt präsentiert wird. In dieser Experimentalbedingung entsteht also nicht der Eindruck einer zusätzlichen Reizpräsentation auf der Seite der Pause, sondern der Verschiebung des Hintergrundrauschens auf die dem Zielreiz gegenüber liegende Seite. Daher ist in dieser Bedingung nicht nur bei Patienten, sondern auch bei Kontrollprobanden eine erhöhte Anzahl von Fehlern, insbesondere von Fehllokalisationen, beobachtbar. Darüber hinaus könnte die fehlende Detektion von 3 – 5% der präsentierten Pausen auf im Experiment nicht untersuchte Einbußen des Hörens bei den älteren Kontrollprobanden hindeuten. Eine leichte Altersschwerhörigkeit, die bei den anderen Bedingungen nicht zum Tragen kommt, könnte unter der Bedingung „Pause“ eine Erklärung für die unerwartet hohe Rate nicht detektierter Pausen bieten.

Obwohl die Patienten auch bei der Detektion von Alltagsgeräuschen und Wörtern im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant schlechtere Ergebnisse aufweisen, schnitten beide Untersuchungsgruppen im Vergleich zur Untersuchungsbedingung mit Pausen unter diesen Experimentalbedingungen wesentlich besser ab. Beide Gruppen zeigten hier eine geringere Auslasserquote bei der Detektion der Zielreize. Die Kontrollprobanden zeigten weder für links oder rechts präsentierte Wörter, noch für die auf der linken Seite dargebotenen Alltagsgeräusche Detektionsfehler. Es zeigte sich lediglich eine minimale Anzahl nicht detektierter Zielreize bei rechts präsentierten Alltagsgeräuschen. Interessanter Weise zeigten bei den Geräuschstimuli 12 Patienten ein den Kontrollpersonen vergleichbares Ergebnis und bei den Wörtern sogar 14 der rechtshemisphärisch geschädigten Patienten. Zu diesen 14 Patienten gehören auch 11 Patienten aus der Gruppe derer,

die bei der Detektion der Geräuschstimuli ein unbeeinträchtigt Ergebnis zeigten. Dieses Resultat deutet auf ähnliche Anforderungen bei den zwei unterschiedlichen Stimulusbedingungen (Alltagsgeräusche, Wörter) hin. Die Detektion von Sprachreizen, hier Zahlwörter, scheint für die Patienten die leichteste Untersuchungsbedingung darzustellen.

Wie bereits dargestellt, ist die Detektion von Pausen für die rechtshemisphärisch geschädigten Patienten signifikant schwieriger als die Detektion von vertrauten auditorischen Stimuli. Allerdings stellt die Detektion von Pausen in einem kontinuierlichen binauralen Hintergrundgeräusch eine in der normalen Umwelt kaum vorkommende Anforderung dar. Würde man die Detektion von Pausen, so wie in der Literatur beschrieben (De Renzi et al., 1989), zur Diagnose eines auditorischen Neglekts für die vorliegende Untersuchungsgruppe heranziehen, so würden von den 22 hier untersuchten Patienten 19 die Diagnose eines auditorischen Neglekts erhalten. Wäre die Untersuchungsbedingung mit Alltagsgeräuschen maßgeblich, so wären 11 Patienten betroffen, bei einer Untersuchung mit Wörtern als Zielreizen würde sich die Zahl derjenigen Patienten, welche die Diagnose eines auditorischen Neglekts erhalten, nochmals reduzieren. Einerseits demonstriert dieses Ergebnis eine hohe Sensitivität dieses Paradigmas für das Vorliegen von Problemen in der auditorischen Detektionsleistung. Andererseits ist davon auszugehen, dass die Alltagsrelevanz des so diagnostizierten Defizits in der auditorischen Domäne stark überschätzt wird. Unter Verwendung von akustischen Reizen mit höherer Alltagsrelevanz, wie etwa in der vorliegenden Studie Wörter oder Alltagsgeräusche, lassen sich zu erwartende Probleme für die Patienten besser abschätzen. Unter Berücksichtigung der ökologischen Validität ergeben sich hieraus folgende Implikationen:

1. Im Rahmen von Forschungsarbeiten kann die hochsensitive Bedingung „Pause“ verwendet werden, um Erkenntnisse zu gewinnen, die über rein klinische Befunde hinausgehen. Da diese Testbedingung auch für gesunde Kontrollprobanden eher schwierig zu bewältigen ist, scheint sie Symptome abzubilden, die über eine reine Extinktions- und Neglektsymptomatik hinausgehen.
2. Für die klinische Praxis und die Überprüfung alltagsrelevanter Leistungen scheinen die Untersuchungsbedingungen „Geräusche“ und „Wörter“ einen höheren Vorhersagewert für eine mögliche störungsspezifische Beeinträchtigung im Alltag zu besitzen.

8.6.1.2 Einfluss des Präsentationsortes auf die Detektionsleistung auditorischer Stimuli

Entsprechend der in der Literatur berichteten Befunde (Bisiach et al., 1984; De Renzi et al., 1984, 1989; Clarke et al., 2002) zeigten auch in dieser Untersuchung die Neglektpatienten eine schlechtere Detektionsleistung für linksseitig (d.h. kontraläsional) dargebotene Stimuli, im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden und im Vergleich zu ipsiläsional präsentierten Reizen. Der Effekt der Präsentationsseite zeigte sich deutlicher bei der Gruppe der schwer beeinträchtigten Patienten als bei der Gruppe der mild bis moderat beeinträchtigten Patienten. Diese vorliegenden

Ergebnisse machen deutlich, dass erwartete Seiteneffekte im Neglekttest nicht ausschließlich vom spezifischen Stimulustyp abhängig sind, sondern auch vom Schweregrad der Beeinträchtigung des visuell-räumlichen Neglekts. Insgesamt ist das Ergebnis eine Bestätigung für eine stabile Störung der kontraläsionalen Detektionsleistung nach rechtshemisphärischer Schädigung und damit für einen deutlichen Verarbeitungsvorteil für am rechten Ohr präsentierte Stimuli.

8.6.1.3 Einfluss der Schwere des visuell-räumlichen Neglekts auf die Detektionsleistung auditorischer Stimuli

Interessanter Weise scheinen die Patienten mit einer unbeeinträchtigten Leistung bei der Detektion von Alltagsgeräuschen und Wörtern tendenziell eher zu einer Untergruppe rechtshemisphärisch geschädigter Patienten zu gehören, deren visueller Neglekt testpsychologisch nicht mehr nachweisbar ist oder nur noch in milder Ausprägung existiert. Diese Ergebnisse legen also einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Vernachlässigungsphänomenen bei visuellem und auditivem Neglekt nahe.

Darüber hinaus zeigte sich insbesondere bei Patienten mit schwerem oder sehr schwerem visuellem Neglekt eine hohe Anzahl an Fehl-Lokalisationen, also inkorrekte Lokalisierungen detektierter Reize. Diese Fehllokalisationen, die in der Literatur als Alloakusis (Bender & Diamond, 1965; Bisiach & Vallar, 2000) bekannt sind, betreffen insbesondere die am linken Ohr, also zur rechten Hemisphäre, präsentierten Reize. Betroffen sind hierbei auch die von den Patienten leichter zu detektierenden Wörter und Alltagsgeräusche. Da nur ein kleiner Teil der Untersuchungsgruppe betroffen ist, liegt bei diesem Ergebnis die Vermutung nahe, dass zumindest bei dieser Subgruppe neben einer attentionalen auch eine Beeinträchtigung der Raumwahrnehmung und -repräsentation vorliegt. Diese Patienten können die präsentierten Reize detektieren aber nicht richtig lokalisieren, da die Wahrnehmung des Raumes beeinträchtigt ist.

Zusammenfassend lassen sich die berichteten Detektionsprobleme in der akustischen Domäne sowie die beobachteten Fehllokalisationen als Manifestation eines räumlichen Neglekts interpretieren, der in diesem Test unter Bedingungen konkurrierender akustischer Stimulation durch das am anderen Ohr weiterhin präsentierte Hintergrundrauschen hervortritt. Insbesondere der Befund der erhöhten Anzahl von Fehllokalisationen weist auf die Schädigung eines neuronalen Netzwerkes hin, welches die internale Repräsentation des egozentrischen Raumes implementiert (Mesulam, 1981). Dieses Ergebnis wirft die Frage der Alltagsrelevanz von Diagnosen auf, welche unter bisher etablierten Bedingungen gestellt wurden, da die Rate der überhörten Reize unter Verwendung alltagsrelevanter akustischer Reize deutlich sinkt.

8.6.2 Monauraler Neglekttest

8.6.2.1 Einfluss des Stimulustyps auf die Detektionsleistung auditorischer Stimuli

Interessanter Weise wurde nicht nur bei der binauralen Reizdarbietung, sondern auch in der monauralen Testbedingung eine signifikante Abhängigkeit vom Stimulustyp deutlich. Zwar sank über die Gruppe der Patienten hinweg die Fehlerquote deutlich ab, aber die Detektion von Pausen fiel den beeinträchtigten Patienten deutlich schwerer als die Detektion gesprochener Wörter und Alltagsgeräusche. Da bei dieser Bedingung kein konkurrierendes Rauschen am gegenüberliegenden Ohr zum Tragen kommt, zeigt sich durch die auch hier erhöhte Schwierigkeit für Pausen als Zielreize, dass diese Bedingung sehr hohe Anforderungen an perzeptuelle und attentionale Verarbeitungsmechanismen stellt, welche von Patienten mit einer rechtshemisphärischen Schädigung nur unzureichend erfüllt werden können.

8.6.2.2 Einfluss des Präsentationsortes auf die Detektionsleistung auditorischer Stimuli

Zudem zeigten die rechtshemisphärisch geschädigten Patienten tendenziell eine größere Beeinträchtigung bei der Detektion monaural links präsentierter Reize als bei der Detektion monaural rechts präsentierter Reize. Dieser Befund steht im Einklang mit den Ergebnissen von De Renzi und Mitarbeitern (1989), die bei einer monauralen Stimulation über Kopfhörer, und damit einer auf ein Ohr beschränkten Reizeinspielung, zeigten, dass einige ihrer rechtshemisphärisch geschädigten Patienten auch Detektionsdefizite bei der Präsentation unilateraler Stimuli aufwiesen. Dieses Ergebnis liefert Hinweise auf das Vorhandensein einer Störung, die, obwohl durch inter-hemisphärische Konkurrenz (wie im Falle des binauralen Neglekttests oder des Extinktionstests) verstärkt, auch ohne konkurrierenden Reiz aus der ipsiläsionalen Hemisphäre auftritt. Eine pathologisch verstärkte Aufmerksamkeitsausrichtung in die rechte Raumhälfte (Kinsbourne, 1977), generell reduzierte Aufmerksamkeitsfähigkeiten (Robertson, 2001) oder auch geringfügige sensorische Beeinträchtigungen (Kimura, 1967) können als Ursache dieser Defizite in Betracht gezogen werden.

Im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen berichteten andere Autoren, dass rechtshemisphärisch geschädigte Patienten unter Freifeldstimulation keine Probleme bei der Detektion monaural präsentierter akustischer Reize aufwiesen (Bisiach et al., 1984; Vallar et al., 1995; Pavani et al., 2003). Allerdings konnten unter Freifeldstimulationsbedingungen die akustischen Reize beide Ohren erreichen. Freifeldstimulation stellt somit eine von der vorliegenden Studie zu unterscheidende Testbedingung dar. Selbst wenn eine Hemisphäre geschädigt ist, kann in diesem Fall die ungeschädigte Hemisphäre akustische Reize verarbeiten, die von der kontraläsionalen Raumhälfte präsentiert werden. Es ist daher davon auszugehen, dass die vorliegenden Ergebnisse die zu Grunde liegende Störung besser abbilden, als die unter Freifeldstimulation durchgeführten Experimente.

Abschließend lässt sich schlussfolgern, dass bei der monauralen Testung der Detektionsleistung im Angesichte eines kontinuierlichen, am gleichen Ohr wie die Zielreize präsentierten Hintergrundgeräuschs, Einbußen bei Patienten festgestellt werden können. Da dies die einzige Experimentalbedingung zu sein scheint, in der die Reizverarbeitung der Patienten nicht in Konkurrenz steht mit am anderen Ohr wahrgenommenen Tönen, legt dieser Befund nahe, dass die dem auditorischen Neglekt zu Grunde liegende Störung nicht notwendiger Weise an eine Konkurrenz zwischen linkem und rechtem Eingangskanal gebunden ist.

8.6.2.3 Einfluss der Schwere des visuell-räumlichen Neglekts auf die Detektionsleistung auditorischer Stimuli

Unabhängig vom Schweregrad des visuellen Neglekts vernachlässigten die rechtshemisphärisch geschädigten Patienten unter monauralen Testbedingungen weniger Stimuli als unter der binauralen Stimulationsbedingung. Dies steht im weitesten Sinne im Einklang mit den Ergebnissen von Hughdahl und Wester (1994) und Efron et al. (1983), die unter monauralen Testbedingungen kaum Beeinträchtigungen in der auditorischen Detektionsleistung zeigten. Allerdings zeigt sich in der vorliegenden Studie im Gegensatz zu den zitierten Arbeiten nur eine relativ bessere monaurale Detektionsleistung als unter binauraler Stimulation; die mittleren Fehlerraten sowohl bei Patienten mit mild oder moderatem als auch bei schwerem Neglekt liegen nichtsdestotrotz deutlich höher als bei der gesunden Kontrollgruppe.

Die Unterschiede zwischen diesem Ergebnis und Ergebnissen früherer Arbeiten sind vermutlich dadurch bedingt, dass im Gegensatz zu anderen Studien (Hughdahl & Webster, 1994; Efron et al., 1983) in dem vorliegenden Neglekttest eine Konkurrenz innerhalb des monauralen Kanals zwischen kontinuierlichem Hintergrundgeräusch und den Zielreizen existierte. Dieses Ergebnis lässt Schlussfolgerungen auf die Natur des zu Grunde liegenden Problems beim auditorischen Neglekt zu. Möglicherweise spielt beim Neglekt eine grundlegende Beeinträchtigung der Diskriminationsfähigkeit kontraläsionaler auditorischer Reize eine große Rolle (Carlyon et al., 2001). Diese können die Symptomatik verstärken, müssen aber nicht notwendigerweise als Neglekt klassifiziert werden. Darüber hinaus deuten diese Ergebnisse, die nur eine geringfügige Verbesserung im monauralen Test im Vergleich zum binauralen Test zeigen, auf einen Zusammenhang zwischen visuellen und auditorischen Beeinträchtigungen hin.

8.6.3 Erklärungsansätze zum auditorischen Neglekt

Die beschriebenen und in den beiden vorangehenden Abschnitten diskutierten Ergebnisse zum bi- sowie monauralen Neglekttest werden im Folgenden anhand theoretischer Störungsmodelle eingeordnet und kritisch diskutiert. Hier werden insbesondere aufmerksamkeitsbasierte Modelle und Modelle, die Asymmetrien in der auditorischen Verarbeitung betonen, betrachtet.

8.6.3.1 *Aufmerksamkeits-theorien*

Im Kontext der Diskussion der Daten des Extinktionstest (siehe Kapitel 7.6.5) wurde bereits auf die chronische Aufmerksamkeitsausrichtung von Neglektpatienten auf die ipsiläsionale Seite Bezug genommen. Um eine Redundanz zu vermeiden, werden die Ergebnisse des Neglekttest primär unter dem Gesichtspunkt räumlich unspezifischer Aufmerksamkeitsanteile und Asymmetrien der auditorischen Wahrnehmung diskutiert.

8.6.3.1.1 Neglekt als Folge einer erhöhten pathologisch-rechtsseitigen Bindung und Unfähigkeit, die Aufmerksamkeit in die linke Raumhälfte zu richten

Zusammen genommen beschreiben diese beiden Hypothesen (ipsiläsionale Aufmerksamkeitsbindung und Störung der Aufmerksamkeitsverlagerung) Neglekt als eine pathologisch erhöhte rechtsseitige attentionale Bindung, die mit der Unfähigkeit einhergeht, die Aufmerksamkeit in ausreichendem Maße in die linke Raumhälfte zu richten (Posner & Driver, 1992; Kinsbourne, 1987; Mesulam, 1998; siehe auch Kapitel 4.1.7.1). Dies wird auf eine Störung in den für die Aufmerksamkeitslenkung zuständigen Gehirnregionen zurückgeführt (Corbetta et al., 2005).

Die hohe Zahl an kontraläsionalen Auslassern und Misslokalisationen in diesem Test lässt sich durch eine pathologisch erhöhte attentionale Bindung in die rechte Raumhälfte gut erklären. Die auch in diesem Test beobachteten spezifischen Seiteneffekte sind nicht von der Art des Stimulusmaterials abhängig, allerdings trifft dies für die Leistungsgüte deutlich zu. Aus diesem Grunde bieten diese räumlich spezifischen Modelle eine gute und in der Literatur (Posner et al., 1984) auch häufig belegte Erklärung für die Vernachlässigung von Reizen aus der kontraläsionalen Raumhälfte. Für die Abhängigkeit der Ergebnisse von der Art der zu detektierenden auditorischen Zielreize sind diese Erklärungen allerdings nicht ausreichend. Aus diesem Grunde werden im Folgenden die Ergebnisse im Rahmen von nicht-räumlichen Aufmerksamkeitsmodellen ausführlich diskutiert.

8.6.3.1.2 Neglekt als Folge einer räumlich unspezifischen Aufmerksamkeitsstörung

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse muss davon ausgegangen werden, dass die auditorische Detektionsleistung, im Kontext einer kontinuierlichen binauralen Hintergrundstimulation, durch die Art des zu detektierenden Stimulusmaterials deutlich zu beeinflussen ist. Robertson (1999) sieht eine Ursache des Neglekts in verminderten Daueraufmerksamkeitsleistungen (siehe Kapitel 4.1.7.1.3). Robertson macht also, im Gegensatz zu Posner (1984) oder Mesulam (1998), auch nicht-lateralisierte, allgemeine Aufmerksamkeitsdefizite für das lateralisiert auftretende Phänomen des Halbseitenneglekt mitverantwortlich.

Die neuroanatomischen Regionen, die beim unilateralen Neglekt häufig betroffen sind und für die Zieldetektion im Raum eine wichtige Rolle zu spielen scheinen, sind nach Pardo et al. (1991) auch bei der kontinuierlichen Überwachung („Monitoring“) der externalen Welt für infrequente Ziele involviert, eine Aufgabe die deutlich vigilanzabhängig ist. Räumlich nicht-selektive Komponenten des attentionalen Defizits beim unilateralen Neglekt könnten daher auch auf grundlegende Arousalsschwierigkeiten zurückgeführt werden.

Schwierigkeiten bei der Detektion von Pausen, wie im vorliegenden Test gegeben, könnten neben der Beeinträchtigung von spezifisch räumlichen auditorischen Faktoren (siehe Posner & Driver, 1992; Kinsbourne, 1987; Mesulam, 1998) vielmehr ein Abbild generell beeinträchtigter Aufmerksamkeitsfunktionen darstellen (Carlyon et al., 2001). Eine längerfristige Aufmerksamkeitszuwendung ist für neurologische Patienten unterschiedlichster Ätiologien ein zentrales Problem und stellt eine Funktion mit hoher Vulnerabilität dar (Sturm, 2005; Chatterjee et al., 1992). Es ist aus diesem Grunde davon auszugehen, dass längerfristige Aufmerksamkeitsleistungen, insbesondere im Rahmen von sehr gleichförmigen Aufgabenanforderungen die als Vigilanz beschrieben werden, auch bei Patienten mit räumlichem Neglekt beeinträchtigt sind. Auch Hjaltason et al. (1996) konnten eine starke Korrelation zwischen einerseits der Schwere des visuell-räumlichen Neglekts und andererseits der Ausprägung von Defiziten in der Daueraufmerksamkeit zeigen und vermuten eine Relation zwischen Neglekt und einer Beeinträchtigung der Daueraufmerksamkeit.

Von den drei unterschiedlichen Versionen des auditorischen Neglekttests ist die Pausendetektion diejenige mit den höchsten Anforderungen an die Vigilanz, während bei der Detektion von Alltagsgeräuschen und Wörtern bedeutungshaltige Reize präsentiert werden. Im Einklang mit dieser Analyse ist die Pausendetektion für Neglektpatienten die bei weitem schwierigste Stimulationsbedingung des auditorischen Neglekttests. Die hohe Anforderung an allgemeine Aufmerksamkeitsleistungen zeigt sich insbesondere auch darin, dass die Detektionsprobleme nicht überproportional stärker für links im Vergleich zu rechts präsentierten Reizen werden, sondern für Reizpräsentationen von rechts und links gleichmäßig ansteigen. Diese Ergebnisse stützen die Annahme eines Beitrags allgemeiner Aufmerksamkeitsfunktionen zur Symptomatik des auditorischen Neglekts. Aus klinischer Perspektive muss somit die Frage beantwortet werden, inwieweit wenig alltagsnahes Material wie etwa Pausen als Zielreize für die Detektionsaufgabe, welche durch eine starke Gleichförmigkeit erhöhte Anforderungen an Fähigkeiten wie die Vigilanz stellt, als geeignetes Reizmaterial zur Diagnostik auditorischer Vernachlässigungen angesehen werden kann. Aus diesem Grunde sind die Alltagsrelevanz dieser Testversion sowie ihre spezifische Aussage für differentialdiagnostische Fragestellungen kritisch zu hinterfragen.

Ist das zu detektierende Material hingegen alltagsnäher und salienter, und stellt aus diesem Grunde eine geringere Anforderung an Daueraufmerksamkeitsleistungen wie die Vigilanz, so scheinen die Patienten eher in der Lage zu sein, ihre selektive Aufmerksamkeit auf diese Stimuli

zu richten. Der dargebotene Stimulus wird eher wahrgenommen, als relevant erkannt und kann darüber hinaus sogar häufiger identifiziert und korrekt lokalisiert werden. Hierbei ist insbesondere bemerkenswert, dass die verbesserte Detektionsleistung, die auch bei kontraläsionaler Stimulation beobachtbar ist, ohne eine instruierte Aufmerksamkeitsausrichtung (im Sinne eines „cueing“) erreicht wird. Die Salienz der Alltagsgeräusche und Wörter reicht also aus, um während der perzeptuellen Verarbeitung der Reize eine Aufmerksamkeitsausrichtung zu erreichen. Es ist davon auszugehen, dass die Bedeutungshaltigkeit des akustischen Reizes die Aufmerksamkeitslenkung bzw. die Orientierungsreaktion zum Reiz unterstützt (Butter et al., 1990).

Es ist aus der Literatur bekannt, dass die Ausprägung der auditorischen Beeinträchtigung bei Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt experimentell durch crossmodale Aufmerksamkeitsverschiebungen (siehe Kapitel 3.2) beeinflusst werden kann. Solche Effekte können beispielsweise durch visuelle Illusionen (z.B. durch einen fiktiven Lautsprecher, der eine Lokalisationsquelle vortäuscht; Soroker et al., 1995; Pierson et al., 1983) oder durch Gruppierungseffekte (Mattingley et al., 1997a) hervorgerufen werden. Diese Daten wurden als Evidenz für die Beteiligung unspezifischer, das heißt modalitätsübergreifender Aufmerksamkeitsmechanismen an dem Störungsbild des auditorischen Neglekts gewertet. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass auch innerhalb der auditorischen Modalität abhängig von der Art des ausgewählten auditorischen Stimulusmaterials die Stärke der festgestellten auditorischen Beeinträchtigung beeinflusst werden kann. Erstere Effekte beeinflussen die Stärke des Neglekts durch den Einfluss des visuellen Systems auf die auditorische Wahrnehmung, letztgenanntes allein durch die in Abhängigkeit von Neuigkeitswert und alltagsrelevanter Bedeutsamkeit der untersuchten akustischen Reize und den in Abhängigkeit hiervon hervorgerufenen Orientierungsreaktionen. Diese Ergebnisse zeigen klar, dass die auditorische Detektionsfähigkeit in Abhängigkeit vom gewählten Stimulusmaterial in Testsituationen starken Schwankungen unterliegt und das diagnostizierte auditorische Defizit somit keinen statischen Zustand darstellt. Je potenter, alltagsrelevanter oder neuer die dargebotenen Stimuli, desto eher sind auch schwer beeinträchtigte Patienten in der Lage, Veränderungen in der räumlichen Umwelt zu detektieren und somit das beobachtbare Ausmaß der auditorischen Beeinträchtigung zu reduzieren. Dies entspricht dem klinischen Bild eines Neglektpatienten, dessen auditorische Orientierungs- und Aufmerksamkeitsfähigkeiten in der Verhaltensbeobachtung starken Schwankungen unterliegen sind. Die Ergebnisse sprechen gegen eine Schädigung primär sensorischer Fähigkeiten, und sie sprechen für eine klare Beteiligung von räumlich unspezifischen Aufmerksamkeitsanteilen an der Bewältigung der geforderten Detektionsaufgaben.

8.6.3.1.3 Neglekt als Folge einer Beeinträchtigung der Wechselwirkung von Bottom-Up- und Top-Down-Prozessen

Aktuelle Forschungsergebnisse sprechen für eine dynamische Interaktion von Stimulus-getriebenen (Bottom-Up-) Orientierungssignalen und einer frontal gesteuerten (Top-Down-) Aufmerksamkeitsausrichtung als einem grundlegenden Mechanismus von Orientierungsreaktionen zu sensorischen Stimuli hin (Yantis & Jonides, 1990; Folk et al., 1992; siehe auch Kapitel 3.3.2 und 3.3.3). Im Rahmen dieses Modells betrachtet, legen die Ergebnisse des auditorischen Neglekttests nahe, dass die akustisch-perzeptuelle Verarbeitung von auditorischen Reizen sowie die Stimulus-getriebene Wahrnehmung der Reize intakt sind, wenn die auditorischen Stimuli eine gewisse Reizschwelle überschreiten. Alltagsgeräusche und Wortstimuli haben einen hohen Neuheitswert und führen aus diesem Grunde zu einer verbesserten Bottom-Up-Aufmerksamkeitsausrichtung (Butter et al., 1990). Unter den gegebenen Testbedingungen ist es möglich, dass eine Pause als Zielreiz kein ausreichend starkes Orientierungssignal auslöst und somit dem selektiven Aufmerksamkeitssystem (Top-Down) nicht zugänglich gemacht wird, da der unterschwellige Reiz außerhalb des bewussten Aufmerksamkeitsfokus liegt. Dies mag darauf zurückzuführen sein, dass im Alltag die Detektion von Sprache und Geräuschen wichtig und häufig verhaltensrelevant ist, wohingegen das Erkennen von Stille eine geringere Relevanz hat.

Das hier dargelegte Verständnis des auditorischen Neglekts als einer Störung des Zusammenspiels von Stimulus-getriebenen, Bottom-Up-Mechanismen und willkürlicher Top-Down-Aufmerksamkeitsauslenkung kann als eine Erweiterung des im vorherigen Abschnitt dargestellten unspezifischen Aufmerksamkeitsmodells angesehen werden, welches eine weitere Spezifikation der Auswirkungen von alltagsrelevantem Stimulusmaterial auf spezifische Aufmerksamkeitsmechanismen erlaubt. Die vorliegenden Daten erlauben es nicht, zwischen diesen beiden Ansätzen zu diskriminieren.

8.6.3.2 *Neglekt als Folge bestehender Asymmetrien der auditorischen Wahrnehmung*

Die schlechtere Detektionsleistung für kontraläsional dargebotene Stimuli bei den untersuchten Patienten entspricht den Ergebnissen von Soroker und Mitarbeitern (1997), welche unter Bedingungen der dichotischen Stimuluspräsentation gewonnen wurden. Diese Autoren konnten in ihrer Untersuchung an rechtshemisphärisch geschädigten Patienten generell einen Wahrnehmungsvorteil für das rechte Ohr erkennen, welcher in der vorliegenden Arbeit bei der Detektion akustischer Reize unter Bedingungen eines kontinuierlichen Hintergrundrauschens repliziert werden konnte. Soroker et al. (1997) führen dies auf ein von Morais und Bertelson (1973) vorgestelltes Prinzip zurück, welches davon ausgeht, dass die mentale Repräsentation des auditorischen extrapersonalen Raums asymmetrisch aufgebaut ist und ein genereller Wahrnehmungsvorteil für das rechte Ohr existiert. In der Studie von Morais und Bertelson (1973) wurden den Versuchspersonen simultan über zwei Lautsprecher, welche links und rechts vom

Probanden lokalisiert waren, kurze Mitteilungen präsentiert. Die rechtshemisphärisch präsentierten Mitteilungen zeigten einen Perzeptionsvorteil und wurden schneller verarbeitet. In der vorliegenden Studie zeigten weder die Kontrollprobanden noch die rechtshemisphärisch geschädigten Patienten ohne Beeinträchtigung bei der Detektion von Pausen, Alltagsgeräuschen und Wörtern einen vergleichbaren generellen Seitenvorteil für ein Ohr. Damit stehen diese aktuellen Befunde im Gegensatz zu den Ergebnissen von Morais und Bertelson (1973). Ein Grund für diese divergierenden Ergebnisse könnte auf die Art der Stimuluspräsentation zurückgeführt werden. Die Reizpräsentation von Morais und Bertelson (1973) fand im Freifeld statt und nicht wie in der vorliegenden Untersuchung über Kopfhörer. Akustische Reize, die im freien Feld beide Ohren erreichen, zeigen andere Effekte als Stimuli, die jeweils nur ein Ohr erreichen (Pavani et al., 2004). Der Einfluss der Kompetition zwischen den Ohren ist größer, wenn unterschiedliche akustische Reize gleichzeitig die Ohren erreichen, als wenn ein singulärer Reiz monaural präsentiert wird, selbst wenn dies vor einem kontinuierlichen Hintergrundgeräusch geschieht. Eine mögliche Asymmetrie des extrapersonalen Raumes kann bei Freifeldstimulation bei der Verarbeitung von binaural ungleichen Stimuli eher zum Tragen kommen. Andererseits kann es sich bei den Ergebnissen der Kontrollpersonen in der vorliegenden Arbeit um einen Decken-Effekt handeln, da die Kontrollprobanden kaum Fehler machten. Die Untersuchungsbedingungen der vorliegenden Studie könnten für gesunde Personen zu leicht sein; ein Seitenvorteil wie bei Morais und Bertelson (1973) berichtet, könnte hingegen von der Komplexität oder der Schwierigkeit der Aufgaben abhängig sein. Darüber hinaus wurden mögliche Seitenunterschiede, die sich z.B. in schnelleren Reaktionszeiten zeigen könnten, nicht als Kriterium dieser Arbeit erfasst.

Insgesamt konnte der von Soroker et al. (1997) und Morais und Bertelson (1973) beschriebene generelle Vorteil des rechten Ohres bei gesunden Kontrollprobanden in der durchgeführten Untersuchung nicht repliziert werden. Ein genereller Seitenunterschied lässt sich daher als Erklärung für die spezifischen Einbußen der Patienten nicht heranziehen. Nur bei den Patienten, die über alle Bedingungen hinweg Schwierigkeiten mit der Bearbeitung der Detektionsaufgaben zeigten, konnte in der Tendenz eine schlechtere Wahrnehmungsleistung für kontraläsional, also linksseitig dargebotene Stimuli nachgewiesen werden.

8.6.4 Zum Konzept des auditorischen Neglekt

Aufgrund der Ergebnisse des vorliegenden Tests lässt sich ableiten, dass auch in der auditorischen Domäne, analog zur visuellen, die Vernachlässigung von in ein kontinuierliches Rauschen eingebetteten auditorischer Zielreizen eine stabile Störung darstellt und in der klinisch neurologischen Diagnostik Beachtung finden muss.

Insbesondere die unerwartet hohe Fehlerrate in der monauralen Experimentalbedingung deutet darauf hin, dass auditorische Detektionsprobleme bei Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt auch ohne auditorische Konkurrenz aus dem ipsiläsionalen Ohr auftreten. Da primäre

auditorische Reizweiterleitungsprobleme weitgehend ausgeschlossen werden konnten, muss die Problematik auf höhere kognitiver Ebene eingeordnet werden. Auf Grundlage der Daten und unter Einbezug der in der Literatur diskutierten Definitionsansätze und Nomenklatur scheint eine Unterscheidung der Symptome in die Konstrukte Neglekt und Extinktion in der auditorischen Modalität sinnvoll und deren Untersuchung durch geeignete Untersuchungsverfahren möglich. Für die auditorische Neglektdiagnostik scheint das vorliegende Verfahren sowohl als monauraler als auch als binauraler Test einen vielversprechenden Ansatz in der Differentialdiagnostik zu bieten. Für ein tiefer greifendes Verständnis des auditorischen Neglekt erscheint es sinnvoll, auch die monaurale Diskriminationsfähigkeit multipler Reize mit zu berücksichtigen.

8.6.5 Kritische Betrachtung des auditorischen Neglekttests

Um den vorliegenden Test für den klinischen Einsatz zu optimieren, sollten sowohl die eingeschränkte attentionale Verfassung neurologischer Patienten als auch die engen zeitlichen Gegebenheiten des klinischen Alltags auf einer neurologischen Kranken- oder Rehabilitationsstation Berücksichtigung finden. Aus diesem Grunde sollte die Testdauer verkürzt werden. Denkbar wäre, entweder auf Alltagsgeräusche oder Wörter als Stimulationsbedingungen zu verzichten, und nur noch die Pausen gegen eine der beiden alltagsnahen Reizbedingungen zu kontrastieren.

8.6.6 Schlussfolgerungen

Variierende und sich zum Teil kaum ergänzende Ergebnisse aus unterschiedlichen Studien zum so genannten auditorischen Neglekt (De Renzi et al., 1989; Deouell & Soroker, 2000; Karnath et al., 2002) könnten aufgrund der Erkenntnisse der vorliegenden Testergebnisse zu einem gewissen Maß auf die Verwendung unterschiedlicher Stimulusmaterialien zurückgeführt werden. Wie bereits diskutiert, liefern die vorliegenden Ergebnisse deutliche Hinweise darauf, dass die Detektion von Pausen zur Diagnose des auditorischen Neglekts nur wenig geeignet ist. Das Resultat wäre laut der vorliegenden Daten eine deutliche Überschätzung eines alltagsrelevanten Defizits. Soroker und Koautoren (1997) erwähnen in der Diskussion ihrer Ergebnisse aus einer Studie zur auditorischen Identifikations- und Lokalisationsleistung, dass die Testsensitivität durch das von ihnen verwendete Stimulusmaterial (verschiedene Konsonanten) deutlich erhöht wurde, insbesondere im Vergleich zu den in bisherigen Studien (De Renzi et al., 1989) verwendeten Pausen-Stimuli. In der Studie von Soroker et al. (1997) fand aber kein Vergleich unterschiedlicher Reizstimuli an der gleichen Patientengruppe statt. Insbesondere an diesem Punkt können die hier berichteten Ergebnisse statistisch klar zeigen, dass unterschiedliches Stimulusmaterial die Testsensitivität deutlich verändern kann und zu unterschiedlichen Ergebnissen innerhalb der gleichen Patientengruppe führen kann. Obwohl die Detektion von Pausen im Vergleich zu Wörtern und Alltagsgeräuschen sensitiver ist und signifikant mehr Patienten unter dieser Bedingung

Beeinträchtigungen aufweisen, scheint die so angestellte Diagnose nicht unbedingt alltagsrelevant zu sein. Ökologisch valider scheinen die Ergebnisse der Detektion von Wörtern und Alltagsgeräuschen. Auch visuelle Neglekttests verwenden in der Regel deutlich über der Wahrnehmungsschwelle liegende Reize zur Diagnose des visuellen Neglekts. Ein für die Praxis sinnvoller Untersuchungsansatz zur Diagnostik auditorischer Detektionsstörungen könnte die Kombination beider Untersuchungsbedingungen sein. Einerseits wird damit der hohen Testsensitivität der Pausen-Detektion als diagnostischem Maß für wohl eher unspezifisch beeinträchtigte auditorische Aufmerksamkeitsfunktionen Rechnung getragen. Andererseits kann eine Einschätzung der Alltagsrelevanz der räumlich-spezifischen Beeinträchtigung anhand der Detektionsleistung von Wörtern vorgenommen werden.

9 Dichotischer Neglekttest

9.1 Stichproben

Der auditorische Neglekttest wurde bei 23 von 25 Patienten sowie bei der gesamten Kontrollstichprobe durchgeführt.

9.2 Experimentelle Prozedur

Im dritten Teil der experimentellen Untersuchung wurden auditorische Aufmerksamkeitsdefizite mittels eines dichotischen Verfahrens untersucht. Dieses orientiert sich an einem von Soroker und Mitarbeitern (1997) beschriebenen Paradigma, welches diesen Autoren zufolge zur Identifikation des auditorischen Neglekt dienen kann. In der vorliegenden Version wurden, analog zu den beschriebenen Extinktions- und Neglekttests (siehe Kapitel 7 und 8), mit unterschiedlichen Stimulusmaterialien mit variierender Alltagsnähe gearbeitet.

Die allgemeinen experimentellen Rahmenbedingungen wurden bereits in Abschnitt 6.4 dargestellt. Im Rahmen der Untersuchung mit dem dichotischen Neglekttest wurde nur ein Stimulustyp verwendet, gesprochene Wörter. Diese wurden in vier Experimentalbedingungen (monaural links, monaural rechts, binaural gleich und binaural ungleich) mit vergleichbaren Parametern wie beim Extinktionstest (randomisierte Stimulusabfolge, variables Inter-Stimulus-Intervall von 8 ± 4 Sekunden) über Kopfhörer dargeboten. Auch die Eingabe der Antworten durch die Versuchsleiterin sowie der manuelle Start der Versuchsdurchgänge ist analog zu dem Vorgehen im auditorischen Extinktionstest. Die Aufgabe der Patienten und Probanden war die Lokalisation und Identifikation der Reize.

9.3 Stimulusmaterial

Als Stimulusmaterial wurden die unter Abschnitt 7.3.3 beschriebenen gesprochenen Wörter verwendet. Die binaural ungleichen Stimuli wurden spezifisch für den dichotischen Neglekttest erstellt, indem unterschiedliche Ziffernwörter in den rechten und linken Kanal der Stereo-Wave-Dateien mittels des Softwarepakets CoolEdit eingefügt wurden, wobei die beiden, oft unterschiedlich langen, Wörter gleichzeitig starteten und sich gegebenenfalls am Ende des Wave-Files in ihrer Länge leicht unterschieden. Insgesamt wurden zehn Reize je Versuchsbedingung, also insgesamt 40 Reize, präsentiert.

9.4 Datenauswertung

Die deskriptive und statistische Analyse des dichotischen Neglekttest beruht auf dem Prozentanteil inkorrekt beantworteter Reize. Dieser Kennwert wurde in zwei getrennten Varianzanalysen mit Messwiederholung untersucht. Diese umfassten einerseits eine Analyse mit dem Faktor Präsentationsort (links, rechts, binaural), sowie zweitens eine getrennte Analyse binauraler Stimulationsbedingungen, in deren Rahmen binaural gleiche und binaural ungleiche Reize miteinander verglichen wurden. Analysen wurden sowohl getrennt durchgeführt für gesunde Probanden und Patienten, als auch in einer gemeinsamen Analyse mit dem zusätzlichen Faktor Gruppe. Zusätzlich wurden getrennte Analysen für Patienten mit mildem bis moderatem visuellem Neglekt sowie für Patienten mit schwerem bis sehr schwerem visuellem Neglekt durchgeführt.

9.5 Ergebnisse

Der dichotische Neglekttest basiert auf der gleichzeitigen Präsentation unterschiedlicher Zahlwörter an den beiden Ohren (binaural unterschiedliche Stimulusbedingung). Diese Experimentalbedingung wird verglichen mit der Verarbeitung binaural gleicher Wörtern sowie mit monauraler Wortpräsentation links und rechts. Aufgabe der TeilnehmerInnen ist die Detektion, Identifikation und Lokalisation der präsentierten Wörter. Die im Folgenden berichteten Ergebnisse zur Performanz in dem dichotischen Neglekttest basieren auf dem Prozentsatz inkorrekt beantworteter Reize. Fehler können hier bedingt sein durch eine fehlende Reizdetektion, durch inkorrekte Identifikation der präsentierten Reize sowie durch fehlerhafte Zuordnungen der identifizierten Reize zu den beiden Präsentationsseiten. Aufgrund der gewählten Versuchsanordnung mit vier unterschiedlichen Experimentalbedingungen wird dem dichotischen Neglekttest eine besondere Sensitivität für die korrekte Identifikation von Reizen und der korrekten Lokalisation des Präsentationsortes zugeschrieben.

9.5.1 Deskriptive Beschreibung der Ergebnisse

Im Durchschnitt machten Kontrollprobanden bei der Durchführung des dichotischen Neglekttests 0,2% Fehler, während in der Patientengruppe eine mittlere Fehlerrate von 35,5% registriert wurde. Die Anzahl nicht detektierter Reize war bei den Patienten sehr gering (0,2%); Kontrollprobanden überhörten keine Reize. Während die Präsentationsart (monaural vs. binaural) keinen Einfluss auf die Performanz der Kontrollprobanden hatte (0% vs. 0,3%), wurde die Performanz der Patientengruppe deutlich durch die Präsentationsart moduliert (3,7% vs. 67,4%). Hierbei zeigt sich für die Patientengruppe, dass bei monauralen Reizen links 6,5% Fehler und rechts 0,8% Fehler gemacht wurden. Bei binauralen Reizen wurden deutlich mehr Fehler bei der Präsentation von binaural gleichen (78,7%) im Vergleich zu binaural ungleichen Reizen (56,1%) beobachtet (siehe Abbildung 9.1). Insgesamt zeigte nur ein Patient ein den Kontrollprobanden

vergleichbares Leistungsniveau (0% Fehler). Alle anderen Patienten zeigten in diesem Test Fehlerraten von 20% oder höher.

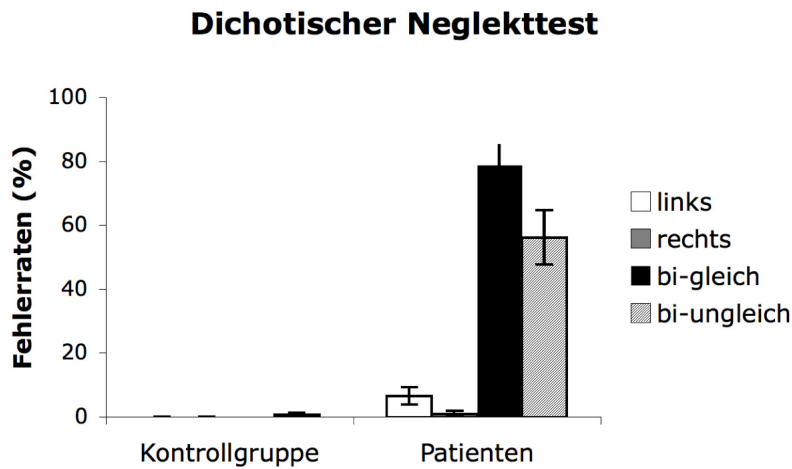


Abbildung 9.1: Mittlere Anzahl inkorrekt beantworteter Reize im dichotischen Neglekttest. Fehler können hier bedingt sein durch inkorrekte Identifikation oder durch fehlerhafte Zuordnung zur Präsentationsseite. Fehlerindikatoren in diesem und den folgenden Diagrammen repräsentieren den Standardfehler des Mittels. Bi-gleich: binaural gleich; bi-ungleich: binaural ungleich.

9.5.2 Performanz der gesunden Kontrollgruppe

Angesichts der äußerst geringen Fehlerraten der Kontrollprobanden bei der Bearbeitung des dichotischen Neglekttests sind keine statistisch bedeutsamen Unterschiede in Abhängigkeit von Präsentationsart oder Präsentationsort zu berichten.

9.5.3 Performanz der Patientengruppe

Der Performanzunterschied zwischen gesunden Kontrollprobanden und Neglektpatienten war hoch signifikant ($F(1,37) = 86,1; p < 0,00001$). Spezifischer zeigte sich, dass den Patienten kaum Fehler bei monauraler Stimuluspräsentation unterliefen (3,7%), sondern dass der Großteil der Bearbeitungsschwierigkeit dieser Patientengruppe auf die binaurale Präsentationsbedingung zurück zu führen ist (67,4%). Dieses Fehlermuster resultiert in einem signifikanten Haupteffekt der Präsentationsart (monaural vs. binaural; $F(1,37) = 159,7; p < 0,00001$) und, im Vergleich zur Kontrollgruppe, in einer hochsignifikanten Interaktion zwischen Gruppe (Patienten vs. Kontrollen) und Stimulationstyp ($F(1,37) = 109,3; p < 0,00001$). Diese Interaktion bestätigt das berichtete Fehlermuster: Während sich die Anzahl der Fehler bei den Kontrollprobanden nicht zwischen monauraler und binauraler Stimulation unterscheidet ($t(15) = 1; p > .3$), ist die Leistung der Patienten bei binauralen Stimuli hochsignifikant schlechter als bei monauralen Stimuli ($t(22) 12,7; p < 0,00001$). In den folgenden Unterkapiteln werden Seiteneffekte für monaurale Reize und Stimulustyp-Effekte für binaurale Reize (d.h. binaural gleiche vs. binaural ungleiche Reize) getrennt berichtet.

9.5.3.1 Performanz der Patientengruppe bei monauraler Stimulation

Im Folgenden wird die Performanz der Patienten bei monaural präsentierten Stimuli genauer untersucht. Die Neglektpatienten machten deutlich mehr Fehler für links als für rechts präsentierte Reize (6,5% vs. 0,8%). Dieses Performanzmuster für monaurale Stimuli führt zu einem signifikanten Gruppeneffekt ($F(1,37) = 4,5$; $p < 0,05$) mit schlechterer Performanz der Patientengruppe bei monauraler Präsentation, sowie zu einem signifikanten Effekt der Stimulationsseite ($F(1,37) = 7,8$; $p < 0,01$) mit schlechterer Performanz für links als für rechts präsentierte Stimuli. Diese Haupteffekte können allerdings nur im Lichte einer Interaktion zwischen Gruppe und Stimulationsseite ($F(1,37) = 5,5$; $p < 0,05$) sinnvoll interpretiert werden, da nur die Patientengruppe einen signifikanten links-rechts-Unterschied zeigt ($t(22) = 2,8$; $p = 0,01$), während Kontrollprobanden keine Fehler bei monaural präsentierten Reizen machten. Die von den Patienten falsch lokalisierten monauralen Reize umfassten hierbei zu 11,8% rechts präsentierte Reize, welche als links lokalisiert wurden, und zu 88,2% fälschliche Zuschreibungen von links präsentierten Reizen zur rechten Seite.

9.5.3.2 Performanz der Patientengruppe bei binauraler Stimulation

Auch bei binauraler Stimuluspräsentation zeigt sich eine deutlich reduzierte Leistung für Patienten im Vergleich zur Kontrollgruppe (67,4% vs. 0,3% Fehler; $F(1,37) = 103,2$; $p < 0,00001$). Die Fehler der Patienten bei binauralen Stimuli stellten fast ausschließlich Fehllokalisationen dar; nur 0,3% aller binauralen Stimuli wurden in der Patientengruppe gar nicht detektiert. Eine getrennte Betrachtung von binaural gleichen vs. binaural ungleichen Stimuli zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen gleich- und ungleich-binauralen Stimuli ($F(1,37) = 4,3$; $p < 0,05$), mit schlechterer Leistung für binaural-gleiche als für binaural-ungleiche Stimuli. Eine tendenziell signifikante Interaktion dieses Faktors mit Gruppe ($F(1,37) = 3,2$; $p = 0,08$) zeigt jedoch, dass dieser Effekt auf die Leistung der Patientengruppe zurück zu führen ist. Patienten machten bei binaural-gleichen Stimuli deutlich mehr Fehler als bei binaural ungleichen Stimuli (78,7% vs. 56,1%; $t(22) = 2,1$; $p < 0,05$), während Kontrollprobanden kaum Fehler machten und die Anzahl der Fehler nicht durch die Präsentationsart (gleich/ungleich) beeinflusst war (0% vs. 0,6%; $t(15) = 1$; $p > 0,3$).

Alle Fehler der Patienten bei binaural-gleichen Stimuli waren Extinktionen bzw. Fehllokalisationen, bei denen binaural-gleiche Stimuli als monaurale Reize berichtet wurden. Hier zeigte sich eine Bevorzugung der rechten Seite: 60,1% der binaural-gleichen Stimuli wurden als rechts präsentierte Reize berichtet, und 39,9% der Stimuli als links präsentierte Reize ($t(21) = 1,3$; $p > .2$). Dieses Fehlermuster, obwohl nicht signifikant, ist qualitativ analog zur Extinktion binaural präsentierter Reize im Extinktionstest (siehe Kapitel 7.5.1). Auch bei den binaural-ungleichen Stimuli stellten Extinktionen (d.h. genauer gesagt: Nicht-Identifikation eines der beiden Wörter aufgrund einer Extinktion des Eingangssignals des entsprechenden Ohres) den größten Anteil der

Fehler (77,5%) dar. Das Verhältnis von Vernachlässigungen der linken Seite (92,9%) zur rechten Seite (7,1%) fiel hier deutlich stärker aus ($t(16) = 11,6$; $p < 0,00001$; vgl. Abbildung 9.2). Die restlichen 22,5% Fehler ergaben sich daraus, dass binaural-ungleiche Stimuli als binaural-gleich wahrgenommen wurden. Dieses Fehlermuster zeigte sich bei acht Patienten. In diesen Fällen wird zwar nicht das komplette Signal eines Eingangskanals extinguiert, aber es muss davon ausgegangen werden, dass es hier zu einer Dominanz eines der beiden Eingangskanäle auf einer höheren sprachlichen Verarbeitungsebene kommt. Dieses Phänomen lässt sich daher als ‚semantische Extinktion‘ beschreiben. Auch bei den semantischen Extinktionen zeigt sich eine deutliche Dominanz für die Identifikation von am rechten Ohr präsentierten Reizen (87,5% vs. 12,5%; $t(7) = 4,6$; $p < 0,005$) gegenüber links präsentierten Reizen.

Extinktionen bei binauralen Stimuli

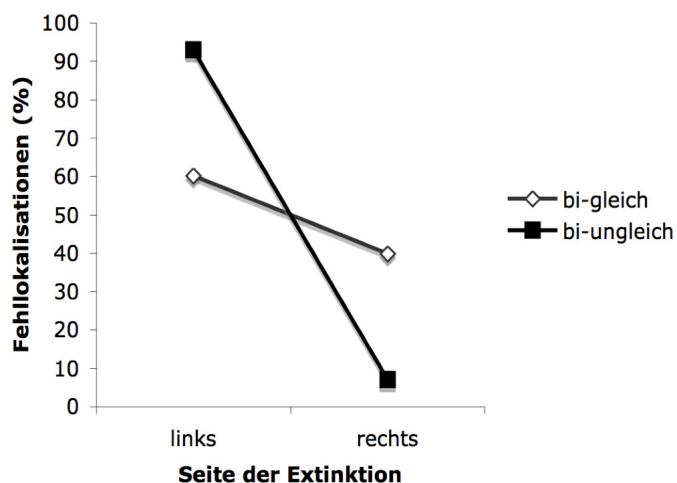


Abbildung 9.2: Extinktionen beim dichotischen Neglekttest. Dargestellt sind der Anteil nicht identifizierter linker vs. rechter Reize bei binaural-gleicher und binaural-ungleicher Stimulation.

9.5.4 Performanz der mild bis moderat beeinträchtigten Patienten

Unabhängig vom Stimulustyp machten mild bis moderat beeinträchtigte Patienten im Mittel 33,5% Fehler bei der Bearbeitung des dichotischen Neglekttest. Diese Gruppe der Patientenstichprobe machte deutlich mehr Fehler bei der Bearbeitung binaural präsentierter Reize (66,5%) als bei der Bearbeitung monauraler Reize (0,5%; $t(9) = 6,6$; $p < 0,00001$). Der Unterschied zwischen monaural-links und monaural-rechts präsentierten Reizen war nicht bedeutsam ($t(9) = 1$; $p > 0,3$). Im Kontrast hierzu gab es einen nicht-signifikanten Unterschied zwischen der Anzahl Fehler bei binaural-gleichen Stimuli (22%) und binaural-ungleichen Stimuli (45%; $t(9) = 1,7$; $p = 0,13$), der allerdings in die gleiche Richtung weist, wie in der Gesamtgruppe der Patienten.

Einfluss der Schwere des Neglekts

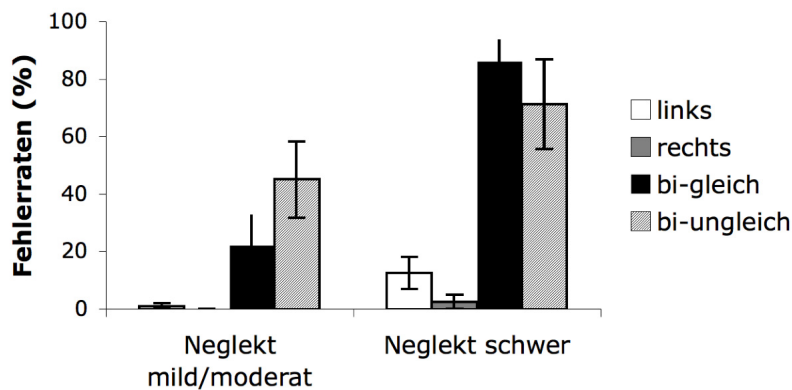


Abbildung 9.3: Einfluss der Schwere des visuell-räumlichen Neglekts (mild bis moderat vs. schwer bis schwerst) auf die Anzahl der Fehler, in Abhängigkeit von der Präsentationsart.

9.5.5 Performanz der schwer beeinträchtigten Patienten

Schwer beeinträchtigte Patienten machten durchschnittlich 43,1% Fehler bei der Bearbeitung des dichotischen Neglekttest. Der Unterschied in den Fehlerraten zwischen der Bearbeitung binaural präsentierter Reize (78,8%) und der Bearbeitung monauraler Reize (7,5%; $t(7) = 13,6$; $p < 0,00001$) ist in dieser Patientengruppe noch deutlicher als bei den mild bis moderat beeinträchtigten Patienten. Der Unterschied zwischen der Anzahl Fehler bei monaural-links (12,5%) und monaural-rechts präsentierten Reizen (2,5%) wurde bei den schwer beeinträchtigten Patienten signifikant ($t(7) = 2,4$; $p < 0,05$). Fehlerraten bei binaural-gleichen Stimuli (86,3%) und binaural-ungleichen Stimuli (71,3%) lagen deutlich höher als bei den mild bis moderat beeinträchtigten Patienten, zeigten allerdings eine geringere Differenz und unterschieden sich nicht signifikant ($t(7) = 0,75$; $p = 0,48$).

9.5.6 Performanzunterschiede zwischen mild bis moderat und schwer beeinträchtigten Patienten

Der direkte statistische Vergleich zwischen mild bis moderat vs. schwer beeinträchtigten Patienten ergab, dass letztere in der Tendenz mehr Fehler machten als mild bis moderat beeinträchtigte Patienten ($F(1,21) = 3,9$; $p = 0,08$). Eine Interaktion zwischen Patientengruppe und Präsentationsart (monaural vs. binaural) zeigte sich jedoch nicht ($F(1,21) = 1,2$; $p > 0,25$), was darauf hinweist, dass keine Evidenz für eine überproportionale Beeinträchtigung der schwerer beeinträchtigten Patienten existiert.

Um etwaige spezifische Effekte der Präsentationsseite (bei monauralen Reizen) oder der Präsentationsart bei binauralen Stimuli (gleich vs. ungleich) aufdecken zu können, wurde trotz dieses Ergebnisses eine getrennte Analyse der beiden Stimulusarten durchgeführt. Für monaural präsentierte Stimuli zeigt sich ein vergleichbares Ergebnis, mit tendenziell mehr Fehlern bei schwer beeinträchtigten Patienten (1,7% vs. 7,5%; $F(1,21) = 3,2$; $p = 0,09$), aber keiner Interaktion

zwischen Patientengruppe und Präsentationsseite ($F(1,21) = 1,9$; $p > 0,15$). Obwohl sich für binaural präsentierte Stimuli auch erhöhte Fehlerraten sowohl für binaural-gleiche Stimuli (mild/moderat: 75,7%; schwer: 86,3%) als auch für binaural ungleiche Stimuli (mild/moderat: 48%; schwer: 71,3%) zeigten, werden weder der Haupteffekt Gruppe ($F(1,21) = 2,4$; $p > 0,1$) noch die Interaktion zwischen Patientengruppe und Präsentationsart ($F(1,21) = 0,3$; $p > 0,6$) signifikant. Auch die Art der Fehler für binaural-unterschiedliche Stimuli unterscheidet sich nicht kritisch zwischen den beiden Gruppen: Während mild bis moderat beeinträchtigte Patienten 26,4% der inkorrekt beantworteten binaural-ungleichen Reize als binaural gleiche Reize berichteten und 73,6% als monaurale Stimuli berichteten, änderte sich dies auf 17,5% vs. 82,5% für schwer beeinträchtigte Patienten.

9.6 Diskussion

9.6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend lässt sich auch für den dichotischen Neglekttest sagen, dass Patienten signifikant mehr Fehler machten als die gesunden Kontrollprobanden, wobei hier eine hohe Fehlerrate unter binauralen Stimulationsbedingungen einer sehr geringen Fehlerrate bei monauraler Stimulation gegenüber steht. Beobachtet wurden primär Extinktionen, d.h. fälschliche Wahrnehmungen von binaural präsentierten Reizen als monaurale Reize. Extinktionen wurden hierbei häufiger bei binaural gleichen als bei binaural ungleichen Reizen beobachtet, was nahe legt, dass die unterschiedlichen Informationen in der binaural ungleichen Bedingung die beiden Eingangskanäle unterscheidbarer machen und somit einer Konkurrenz um limitierte Verarbeitungsressourcen auf perzeptueller Ebene entgegen wirken. Dieses Ergebnis wirft die Frage der Alltagsrelevanz von Testverfahren mit binaural gleichen Reizen, wie etwa dem Extinktionstest (siehe Kapitel 7) auf, da in Alltagssituationen häufig von Unterschieden zwischen den Eingangssignalen ausgegangen werden kann. Interessante Fragestellungen für weitere empirische Arbeiten ergeben sich daher aus der Untersuchung der Beeinflussbarkeit der Extinktion durch subtilere Merkmale auditorischer Reize, etwa durch Positions-, Zeit- oder Klangfarbenunterschiede. Unerwarteter Weise fallen Extinktionen bei binaural ungleichen Reizen, obwohl seltener, asymmetrischer aus: Während Extinktionen bei binaural gleichen Reizen die ipsiläsionale Seite in einem Verhältnis von 3:2 bevorzugten (60% wurden als von rechts kommend lokalisiert und nur 40% also von links kommend), wurden bei binaural ungleichen Stimuli zu mehr als 90% kontraläsionale Reize extingiert. Dies legt nahe, dass hier der Einfluss höherer Verarbeitungsstufen im Sprachsystem, welche etwa die Wortbedeutung repräsentieren, den Bias zur ipsiläsionalen Seite verstärkt.

Identifikationsfehler sind nahezu ausschließlich bei binaural unterschiedlicher Präsentation beobachtbar; in diesen Fällen wurden binaural ungleiche Reize zwar als binaural wahrgenommen,

allerdings fälschlicher Weise als binaural gleiche Reize interpretiert. Da es sich hier vorherrschend um ein Identifikationsproblem der kontraläsional präsentierten Wörter handelt, ist diese Problematik als eine Dominanz des ipsiläsional wahrgenommenen Reizes gegenüber dem kontraläsional präsentierten Reiz auf einer höheren Verarbeitungsebene im Sprachsystem beschreibbar, und wurde daher in der vorliegenden Arbeit als ‚semantische Extinktion‘ beschrieben (siehe Kapitel 9.5.3.2).

Insgesamt lässt sich als erste Feststellung aus dieser dritten Studie schlussfolgern, dass kontraläsionale Auslöschungen auch hier ein dominantes Störungsbild darstellen und die Annahme einer robusten Beeinträchtigung der Patienten durch die Extinktion, mit Einflüssen auf ein breites Spektrum auditorischer Anforderungen, unterstützt wird. Zweitens zeigt sich hier deutlich, dass der semantische Gehalt des wahrgenommenen Materials, welcher hier durch Identität vs. Unterschiedlichkeit gesprochener Wörter variiert wurde, die Konkurrenz der beiden Eingangskanäle um limitierte Aufmerksamkeitsressourcen beeinflusst. Insbesondere bedeutet dies, dass das Ungleichgewicht zwischen der Verarbeitung ipsi- und kontraläsionaler Reize nicht auf frühe, perzeptuelle Verarbeitungsebenen beschränkt ist, sondern auch auf späteren Stufen der Verarbeitung von Aspekten der Reizbedeutung zum Tragen kommt. Bestätigung findet diese Annahme insbesondere im Bereich des visuellen Neglekts. Hier konnte gezeigt werden, dass semantischen Merkmale und Identitätsmerkmale eines vernachlässigten Objektes implizit verarbeitet werden (Doricchi & Galati, 2000; McGlinchey-Berroth et al., 1993), ohne das Bewusstsein zu erreichen. Driver und Mattingley (1998) stellen aus diesen Befunden die Hypothese auf, dass der bei Neglektpatienten geschädigte inferiore Parietallappen als Verbindungsstelle zwischen semantischen Objekteigenschaften und räumlichen Objekteigenschaften dient. Dies könnte auch auf die vorliegenden Daten bezogen werden und erklären, warum der semantische Gehalt eines Reizes bei der Reizdetektion eine Rolle spielt.

9.6.2 Erklärungsansätze zur auditorischen Vernachlässigung

Die Resultate der monauralen und binauralen Aspekte des auditorischen Neglekttests bergen unterschiedliche Implikationen für das Verständnis der auditorischen Vernachlässigungsphänomene. Sie werden aus diesem Grunde in Bezug auf relevante theoretische Konstrukte getrennt diskutiert.

9.6.2.1 Diskussion der Ergebnisse der monauralen Testbedingung

Um eine Redundanz der Diskussion monauraler Stimuli zu vermeiden, wird im Folgenden auch auf die Diskussion der monauralen Auslassungen in Kapitel 8.6.2 verwiesen, die auch für die Diskussion und Interpretation der aus dem dichotischen Test vorliegenden Daten gelten. Unterschiede und auch Gemeinsamkeiten der verschiedenen monauralen Testbedingungen werden in der Gesamtdiskussion (siehe Kapitel 10) berücksichtigt.

Interessanter Weise war bei der unilateralen Präsentation der auditorischen Stimuli im vorliegenden Test eine Alloakusis der linksseitigen Stimuli signifikant häufiger zu beobachten als der rechtsseitigen Stimuli. Aus diesem Grund wird auf dieses Phänomen intensiver eingegangen. Obwohl dies nur einen kleinen Anteil der monaural links präsentierten auditorischen Stimuli betrifft, lassen diese Ergebnisse Rückschlüsse auf die Natur der auditorischen Störung bei der Verarbeitung alltagsnaher, kontraläsionaler Stimuli zu.

Als Erklärungsmodell für das beschriebene Phänomen kann die Binding-Theorie, die von unterschiedlichen Verarbeitungswegen bei der Lokalisation und Identifikation auditorischer Reize ausgeht (Soroker et al., 1997; Shisler et al., 2004; Clarke & Bellmann Thiran, 2004; siehe auch Kapitel 2.2 für empirische Evidenz zur Annahme getrennter dorsaler und ventraler Verarbeitungspfade im auditorischen System), herangezogen werden. Weitere theoretische Modelle (wie etwa die Transformationshypothese oder die Repräsentationshypothese; siehe Kapitel 4.1.7), deren Erklärungswert für die beschriebenen Phänomene als eher gering eingestuft wird, werden im Folgenden nicht berücksichtigt.

Die Alloakusis zeigte sich bei linksseitig präsentierten Zielreizen. Diese wurden, wie auch rechtsseitige Zielreize, fast konsistent von den Patienten korrekt identifiziert, aber nicht korrekt lokalisiert sondern überzufällig häufig als aus der rechten Raumbälfte stammend wahrgenommen. Dieses Ergebnis legt einerseits nahe, dass die räumliche Ausrichtung rechtshemisphärisch geschädigter Patienten vermehrt im ipsiläsionalen Raum (Karnath, 1997; Posner, et al., 1984; Mesulam, 1998) liegt. Darüber hinaus stützt dieses Ergebnis vorliegende Befunde zur monauralen Stimulusdarbietung von anderen Autoren (Deouell & Soroker, 2000; Clarke & Bellmann Thiran, 2004; Shisler et al., 2004), die von einer Dissoziation insbesondere bei rechtshemisphärisch geschädigten Patienten zwischen der räumlichen Verarbeitung und der Identifikation auditorischer Stimuli ausgehen. Die Fähigkeit, Identität und Lokalisation auditorischer Stimuli zu verbinden, die bei den untersuchten Patienten zum Teil beeinträchtigt scheint, wird von Shisler und Mitarbeitern (2004) als eine wichtige Voraussetzung angesehen, akustische Reize dem Bewusstsein zuzuführen. Auch wenn objektbasierte und raumbasierte kortikale Verarbeitungswege in der auditorischen Domäne noch nicht so gut untersucht sind wie in der visuellen Modalität, so unterstützen die vorliegenden Untersuchungsdaten die Vermutung, dass eine ähnliche Trennung der Verarbeitungswege, wie sie für das visuelle System postuliert wird, auch in der auditorischen Modalität existieren könnte (z.B. Romanski et al., 1999; Hall, 2003).

Die bei Deouell und Soroker (2000) gesehene, im Vergleich zu den vorliegenden Daten höhere Rate an Misslokalisationen linksseitig (d.h. kontraläsional) präsentierter auditorischer Stimuli könnte auf Unterschiede hinsichtlich Stimuli und Präsentationsart zwischen den Studien zurückgeführt werden. Konsonant-Vokal-Silben, wie von Deouell und Soroker (2000) verwendet, sind weniger alltagsrelevant und weniger vertraut als Zahlwörter. Im Vergleich dazu konnten Shisler und Mitarbeiter (2004) eine deutlich geringere Rate an Misslokalisationen bei unilateraler

Stimulation zeigen, was mit hoher Wahrscheinlichkeit, ähnlich wie in der vorliegenden Studie, auf das einfachere und schneller zu identifizierende Stimulusmaterial (Buchstaben) zurück geführt werden kann. Aus diesem Grunde ist es denkbar, dass die von Deouell und Soroker (2000) verwendeten Stimuli bereits für die korrekte Identifikation mehr Aufmerksamkeitsressourcen benötigen als die in der vorliegenden Studie verwendeten Reize, welche in der Folge für die Reizlokalisierung nicht mehr zur Verfügung stehen. Darüber hinaus vermittelt die Reizdarbietung über Lautsprecher, wie sie in der Studie von Deouell und Soroker (2000) durchgeführt wurde, auch dem ipsiläsionalen Ohr den gleichen Reiz und kann so möglicherweise zu einer höheren Verunsicherung bezüglich der korrekten Reizlokalisierung bei Patienten, deren Raumrepräsentation ohnehin beeinträchtigt ist, führen. Auch diese mögliche Quelle höherer Lokalisierungsschwierigkeit ist in der vorliegenden Studie ausgeschaltet, da die akustischen Reize über Kopfhörer präsentiert wurden und eine unbeabsichtigte Stimulation des jeweils anderen Ohres in den monauralen Experimentalbedingungen daher ausgeschlossen werden kann.

Zusammenfassend lässt sich mit Hinblick auf das im Rahmen des Binding-Modell beschriebene Problem bei der Integration von Stimulusidentität und Stimuluslokalisierung bei der Verarbeitung akustischer Reize (Deouell & Soroker, 2000; Clarke & Bellmann Thiran, 2004; Shisler et al., 2004), trotz der soeben diskutierten Performanzunterschiede, unterstützende Evidenz erkennen. Trotz geringer Fehlerraten in den monauralen Stimulationsbedingungen ist die Stimuluslokalisierung wesentlich stärker betroffen als die Stimulusidentifikation, was mit der Annahme einer räumlichen Dissoziation zwischen Identifikations- und Lokalisationsleistungen kompatibel ist.

9.6.2.2 Diskussion der Ergebnisse der binauralen Testbedingung

Im Vergleich zu den bereits weiter oben beschriebenen Verfahren des Neglekttests und des Extinktionstests ermöglichen insbesondere die Ergebnisse der binauralen Testbedingungen des dichotischen Neglekttests neue Einsichten in die Problematik der auditorischen Vernachlässigungsphänomene. Einige der in der Literatur diskutierte Erklärungsmodelle für die Vernachlässigung insbesondere kontraläsionaler Stimuli unter doppelt simultanen Stimulationsbedingungen werden im Folgenden diskutiert und anhand der vorliegenden Untersuchungsdaten bezüglich ihrer Erklärungsstärke kritisch bewertet. Weitere, aus der visuellen Neglektforschung entlehene Modellvorstellungen werden bewusst nicht hinzugenommen, da sie sich nur unzureichend auf die auditorische Domäne übertragen lassen bzw. da das durchgeführte Paradigma keinen ausreichenden Aussagewert enthält. Hierzu zählen unter anderem die Transformationshypothese (Karnath, 1997; Vallar, 1997; siehe Kapitel 4.1.7.4) und die Repräsentationshypothese (Bisiach & Luzatti, 1978; siehe Kapitel 4.1.7.3) des Neglekts.

Im Folgenden werden Aufmerksamkeitstheorien mit räumlich-spezifischem (Disengagement-Theorie; Prior-Entry-Hypothese) und räumlich-unspezifischen Erklärungsansatz sowie die Theorie

der Merkmalsbindung (Binding-Theorie) auf die vorliegenden Daten bezogen. Abschließend sollen die Ergebnisse der binauralen Testung herangezogen werden, um Annahmen über den Grad der bewussten Verarbeitung extingierter auditorischer Stimuli zu diskutieren.

9.6.2.2.1 Neglekt als Folge räumlich spezifischer Aufmerksamkeitsprobleme

Folgt man Theorien, die Neglekt als räumlich spezifische Aufmerksamkeitsstörung betrachten (Mesulam, 1998; Posner et al., 1984) und die der Annahme unterliegen, der Aufmerksamkeitsfokus bei rechtshemisphärisch geschädigten Patienten mit Neglekt liege stärker in der ipsiläsionalen als in der kontraläsionalen Raumseite, so hätten alle binaural synchron präsentierten auditorischen Stimuli von den Patienten in gleicher Weise extingiert werden müssen. Die vorliegenden Daten zeigen aber, dass das Ausmaß der Extinktion nicht nur von der Synchronizität (Karnath et al. 2002; siehe Kapitel 7.6.5.2) oder der Aufmerksamkeitsausrichtung (Posner et al., 1984; siehe Kapitel 7.6.5.3) abhängt, sondern auch davon, ob es sich um identische oder verschiedene Stimuli handelt, die binaural synchron präsentiert werden. Interessanter Weise wird bei der vorliegenden Arbeit einerseits die Extinktionsrate durch die Gleichheit der Stimuli signifikant erhöht und andererseits ist die kontraläsionale Extinktionsrate nur bei den binaural ungleichen Stimuli signifikant höher als die ipsiläsionale Extinktionsrate. Bei den binaural gleichen Stimuli werden zwar mehr (60%) kontraläsionale Stimuli extingiert, aber es kommt darüber hinaus auch zu einer deutlich höheren ipsiläsionalen Extinktionsrate (40%) als bei binaural ungleichen Stimuli.

9.6.2.2.1.1 Disengagement-Theorie

Die Disengagement-Theorie nach Posner und Mitarbeitern (1984; siehe Kapitel 4.1.7.1.2) beschreibt Extinktion und Neglekt als eine Beeinträchtigung der Fähigkeit, die Aufmerksamkeit aus der ipsiläsionalen Raumhälfte zu lösen, um kontralaterale Ereignisse zu entdecken. Im Kontext des Disengagement-Modells sollten daher keine Unterschiede zwischen binaural gleichen und binaural ungleichen Reizen erwartet werden, da der kontraläsionale Eingangskanal generell vernachlässigt wird. Die vorliegenden Daten bestätigen diese Vorhersage nicht, da es (a) klare Unterschiede in der Anzahl der Extinktionen zwischen binaural gleichen und ungleichen Reizen gibt und (b) Unterschiede in der rechts-links-Asymmetrie der fälschlicherweise als monaural interpretierten Reize zwischen binaural gleichen und ungleichen Reizen existieren. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sprechen also gegen eine strikte Interpretation von Extinktion als Disengagement-Problem. Vielmehr scheint die Hirnschädigung bei Patienten mit Neglekt und Extinktion einen chronischen Bias der räumlichen Aufmerksamkeit in Richtung der ipsiläsionalen Seite zu induzieren, der aber wiederum in Abhängigkeit von bestimmten Charakteristika des kontraläsionalen Stimulus modulierbar ist. Diese Reizcharakteristika lassen sich als Valenz, Salienz oder Stärke des Stimulus beschreiben. Eine hohe Ausprägung auf diesen Dimensionen kann zu einer erhöhten Aufmerksamkeitszugänglichkeit auch kontraläsional präsentierter Stimuli

führen, so dass diese mit höherer Wahrscheinlichkeit analysiert und dem Bewusstsein zugänglich gemacht werden.

9.6.2.2.1.2 Prior-Entry-Hypothese

Die „Prior-entry“-Hypothese, welche besagt, dass sensorische Ereignisse, die an einem Ort auftreten, auf den die räumliche Aufmerksamkeit gerichtet ist, früher wahrgenommen werden als physikalisch synchrone Ereignisse, auf welche die Aufmerksamkeit nicht gerichtet ist, wurde als Erklärung für die Beobachtung herangezogen, dass rechtshemisphärisch geschädigte Patienten, deren räumliche Aufmerksamkeitsausrichtung in den ipsiläsionalen Raum geht, ipsiläsionale Ereignisse zeitlich vor kontraläsionalen, synchron präsentierten Ereignissen wahrnehmen (Zackon et al., 1999). Dies wurde sowohl für taktile (Birch et al., 1967) als auch für visuelle (Rorden et al., 1997) und auditorische Ereignisse (Karnath et al., 2002) beobachtet. Auf Grund der vorliegenden Daten kann die Prior-entry-Hypothese, wie auch von Karnath und Mitarbeitern (2002) diskutiert, nicht als alleingültige kausale Erklärung für die auditorische Extinktion herangezogen werden. Die vorliegenden Daten machen deutlich, dass das Ausmaß der Extinktion nicht nur von der Gleichzeitigkeit der Reize abhängt, sondern auch sehr stark durch die Art des Stimulusmaterials modulierbar ist. In der vorliegenden Untersuchung wurde nicht die zeitliche Abfolge der Reize verändert, sondern die Gleichheit bzw. Ungleichheit der Reize. Die Patienten zeigten für binaural gleiche Stimuli eine signifikant höhere Extinktionsrate als unter binaural ungleicher Stimulation, obwohl die Stimuli unter beiden Bedingungen synchron präsentiert wurden. Zusätzlich ist es wichtig, dass die Patienten aufgrund der Verwendung einer randomisierten Stimulusabfolge in der vorliegenden Studie weder die Auftretensseite noch die Anzahl der präsentierten Stimuli (monaural vs. binaural) vorhersagen konnten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein Beitrag beider Mechanismen, Probleme beim Disengagement sowie Prior-Entry, zu den Extinktionen in der vorliegenden binauralen Bedingung des dichotischen Neglekttests beitragen können. Wie bereits weiter oben im Kontext des Extinktionstests diskutiert (siehe Kapitel 7.6.5), tragen die vorliegenden Daten jedoch nicht zur Unterscheidung dieser beiden Erklärungsansätze bei. Die vorliegenden Ergebnisse des Vergleichs der binaural unterschiedlichen und binaural gleichen Stimulationsbedingungen stellen jedoch starke Evidenz dar, dass weitere Faktoren in Abhängigkeit von der Stimulusidentität auf die Performanz einwirken. Die Annahme von Defiziten im Bereich spezifischer Aufmerksamkeitsprozesse müsste daher um mindestens einen weiteren Aspekt erweitert werden, welcher die Stimulusidentität berücksichtigt.

9.6.2.2.2 Neglekt als Folge räumlich unspezifischer Aufmerksamkeitsprobleme

Aus den vorliegenden Daten, die in Abhängigkeit von der Gleichheit/Ungleichheit der Stimuli deutliche Veränderungen in den Ergebnissen aufweisen, ohne dass diese durch eine räumliche

Veränderung der Versuchsanordnung erklärbar wären, und auf dem Hintergrund der Veröffentlichungen anderer Autoren (Robertson et al., 1997) scheint es nahe liegend, dass eine Erhöhung der nicht-räumlichen phasischen Alertness (d.h. der durch einen externen Reiz hervorgerufenen kurzfristigen Steigerung der Aufmerksamkeitsaktivierung) eine räumlich-selektive Aufmerksamkeitsbeeinträchtigung beeinflussen kann. Bei dieser Annahme wird von einer grundlegenden Schwierigkeit bei der Aufrechterhaltung eines basalen Erregungsniveaus („Arousal“) ausgegangen, also von Problemen mit der Fähigkeit, den allgemeinen Grad der Aktivierung des zentralen Nervensystems implizit aufrecht zu erhalten (tonische Alertness). Die Erhöhung des allgemeinen Aufmerksamkeitsniveaus (Alertness) geschieht klassischerweise durch einen Warnton (Sturm, 2005), könnte aber auch wie im vorliegenden Paradigma durch die Verschiedenheit der Stimuli angestoßen werden.

Diese Position geht auf empirische Arbeiten zurück (Robertson, 2001; Sturm, 2006), die zeigen, dass im Kontext von räumlichem Neglekt und der Vernachlässigung kontraläsionaler Reize eine Modifikation des Stimulusmaterials zu einer Erhöhung des Arousal führen und so das Ausmaß der räumlichen Störung reduzieren kann. Robertson (2001) konnte z.B. in einer Untersuchung zeigen, dass die phasische Erhöhung der Alertness durch einen Warnton zu einer verbesserten Wahrnehmung der linken Raumhälfte bei Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt führt.

In Bezug auf die vorliegenden Untersuchungsergebnisse muss allerdings die Frage gestellt werden, wie dieses Modell die unterschiedlichen Extinktionsraten sowie die Unterschiede in der links-rechts-Asymmetrie der Extinktionen zwischen binaural-gleichen und binaural-ungleichen Reizen erklären kann. Es lässt sich hier annehmen, dass alltagsnahe Stimuli zu einer kurzfristigen Erhöhung des Arousalniveaus führen. Damit ließe sich erwarten, dass unterschiedliche alltagsnahe Reize an beiden Ohren zu einer Verbesserung der Aufmerksamkeit im Vergleich zu binaural-gleichen Reizen beitragen, und somit eine relativ verbesserte Performanz bedingen. Diese Aktivierung verbleibender attentionaler Kapazitäten kann somit zu einer Kompensierung des räumlichen Defizits beitragen. Die Gleichheit der Stimuli in der binaural-gleichen Stimulusbedingung würde dementsprechend zu einer geringeren Veränderung der ohnehin reduzierten attentionalen Kapazität führen. Die asymmetrische Performanz zwischen linker und rechter Hemisphäre lässt sich dadurch erklären, dass die vorwiegend rechts lokalisierte räumliche Aufmerksamkeit nach einer Hirnschädigung beeinträchtigt ist (Corbetta et al., 1995) und zu einer rechtsseitigen Abweichung der räumlichen Aufmerksamkeit führt. Beeinträchtigt ist auch häufig ein rechts-kortikales Netzwerk zur Aufrechterhaltung der intrinsischen Alertness (Robertson et al., 1995), welche mit einer nicht-räumlichen Beeinträchtigung der Daueraufmerksamkeit einhergeht.

Der Befund einer Koinzidenz zwischen einer Neglektsymptomatik und Alertnessdefiziten kann als Hinweis auf eine enge Beziehung zwischen den beiden Aufmerksamkeitsfunktionen gewertet werden und könnte einen wichtigen Beitrag für die Therapie von Neglektpatienten bieten. In der

Rehabilitation könnte ein kombinierter therapeutischer Ansatz aus räumlich-spezifischen und aufmerksamkeitssteigernden Verfahren hilfreich sein, um zu einer Aktivierung räumlicher Aufmerksamkeitsfunktionen beizutragen.

9.6.2.2.3 Neglekt als Folge eines beeinträchtigten Bindungsprozesses zwischen Objekt- und Rauminformationen des auditorischen Stimulus

Die Ergebnisse der binauralen Bedingungen des dichotischen Neglekttest zeigen, ähnlich wie dies auch schon in der visuellen Domäne gezeigt wurde (Baylis et al., 1993, 2001; Rafal & Robertson, 1995) und von Shisler et al. (2004) unter Freifeldstimulationsbedingungen auch in der Auditorik bestätigt wurde, dass die Gleichheit simultan präsentierter Reize die Extinktionsrate deutlich erhöht. Diese Auslöschung insbesondere unter binaural gleichen Stimulusbedingungen könnte in Anlehnung an die Theorie der Merkmalsbindungen („Binding“; Reynolds & Desimone, 1999; Baylis et al., 1993, 2001) dadurch entstehen, dass identischen Zahlwörter, die rechts und links über Kopfhörer präsentiert werden, als ein Perzept im Kopf fusionieren und nicht mehr als räumlich distinkt wahrgenommen werden. Eine korrekte Identitätsangabe ist den Patienten in der Regel möglich, allerdings kann aufgrund der vermuteten Schädigung des dorsalen Verarbeitungsweges (Shisler et al., 2004) durch die parietale Läsion die unterschiedliche Lokalisation der Reizquellen nur ungenügend verarbeitet werden. Darüber hinaus tendiert ein starkes ipsiläsionales Signal zur weiteren Abschwächung des schwachen kontraläsionalen Signals, wodurch häufiger der Eindruck einer ausschließlich ipsiläsionalen Präsentation entsteht. Shisler et al. (2004) diskutieren die Ergebnisse ihrer Studie zum auditorischen „Binding“ bei Patienten mit auditorischem Neglekt auf dem Hintergrund einer beeinträchtigten Merkmalsbindung kontraläsionaler auditorischer Reize. Sie kommen zu dem Schluss, dass die Leistungssteigerung der Detektions- und Identifikationsrate von ungleichen Buchstaben (T und O) im Vergleich zu identischen Reizen dadurch zu erklären ist, dass die intakte ipsiläsionale Information sowohl richtig lokalisiert als auch identifiziert und der simultan präsentierte und wahrgenommene zweite Reiz automatisch der kontraläsionalen Seite zugeordnet wird. In diesem Falle findet trotz abgeschwächter Information bezüglich der Lokalisation des kontraläsionalen Reizes die Seitenzuordnung korrekt statt, was auf den Einfluß der Distinktheit der beiden Reize auf die Identifikationsleistung zurückgeführt werden kann. Dieser Erklärungsansatz könnte auch für einen Teil der Patienten, deren Extinktionsrate durch die Darbietung ungleicher Stimuli reduziert wird, als Erklärungsansatz herangezogen werden. Hieraus ließe sich dann der Schluss ableiten, dass diese Untergruppe der untersuchten Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt an einem auditorischen Binding-Problem leidet, welches durch die Darbietung unterschiedlicher auditorischer Reize reduziert wird. Dieser Ansatz bietet jedoch keine weiteren theoretischen Hinweise zur Erklärung der auch unter ungleich binauraler Stimulation gesehenen hohen Fehlerrate und der hohen kontraläsionalen Extinktionsrate binaural ungleicher Zahlenwörter.

9.6.2.2.4 Unbewusste Verarbeitung extingierter Stimuli

Die vorliegenden Ergebnisse lassen darüber hinaus in begrenztem Ausmaß Rückschlüsse hinsichtlich des Grades der bewussten Verarbeitung extingierter Reize zu. Es muss davon ausgegangen werden, dass die extingierten Stimuli zumindest vorbewusst bis zu einem Verarbeitungsgrad prozessiert werden, welcher die Feststellung der Unterschiedlichkeit der beiden Reize in der binaural-ungleichen Bedingung ermöglicht. Nur so ist die Modulation der Extinktions- und der Identifikationsrate der präsentierten binauralen Stimuli zu erklären. Diese implizite Verarbeitung konnte von Marshall und Halligan (1988) für die visuelle Domäne beeindruckend gezeigt werden. Obwohl die Patientin angab, zwei Zeichnungen von präsentierten Häusern seien identisch, präferierte sie auf die Frage, in welchem sie wohnen wolle, kontinuierlich das Haus ohne rote Flammen auf der linken Seite. Diese unbewusste Verarbeitung kann auf unterschiedliche Erklärungen zurückgeführt werden, die sich nicht gegenseitig ausschließen sondern ergänzen. Das fehlende Bewusstsein für die Verarbeitung der Stimuli kann als eine fehlende perzeptuelle Repräsentation des externalen Stimulus (Farah, 1994) angesehen werden. In der vorliegenden Untersuchung konnten aber unter der Bedingung binaural-ungleicher Stimuli diese semantisch bewusst identifiziert werden, so dass man von einer perzeptuellen Repräsentation ausgehen kann.

Auf die vorliegenden Daten scheint eher die Hypothese zuzutreffen, dass Verarbeitungsprobleme in der dynamischen räumlich-zeitlichen Integration der unterschiedlichen Merkmale existieren (Köhler & Moscovitch, 1997), die bei ungleichen Stimuli zum Teil noch aufgelöst werden können, bei den identischen aber nicht mehr, da hier der schwächere Verarbeitungsweg unterdrückt wird und der Reiz nicht mehr bewusst wahrgenommen wird. Die vorgelegten Daten sprechen für eine vorbewusste Verarbeitung auditorischer Reize bis zu einer semantischen Identifikation bei Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt und auditorischen Beeinträchtigungen.

9.6.3 *Schlussfolgerungen*

Der dichotische Neglekttest stellt sich insgesamt als ein anspruchsvolles Testverfahren dar. Während die Kontrollprobanden eine vernachlässigbar geringe Anzahl von Fehlern produzierten, erreichte nur ein Patient in diesem Verfahren eine den gesunden Kontrollprobanden vergleichbare Leistung. Der dichotische Neglekttest scheint also eine hohe Sensitivität für die Detektion von Problemen im Bereich von auditorischen Leistungen zu haben, die für gesunde Individuen wenig anspruchsvoll sind. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang auch die Tatsache, dass sich, im Gegensatz zu den anderen beiden im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Testverfahren, keine signifikanten Unterschiede zwischen mild bis moderat beeinträchtigten Patienten und schwer beeinträchtigten Patienten zeigten. Dieses Ergebnis unterstützt die Sensitivität dieses Verfahrens bereits bei schwachen Beeinträchtigungen.

Die gewählte Versuchsanordnung lässt vielfältige Rückschlüsse auf die Natur von Extinktion und Neglekt zu. Einerseits sprechen die Ergebnisse für einen starken Einfluss nicht-räumlicher

attentionaler Bedingungen auf das Erscheinungsbild der räumlichen Vernachlässigung. Andererseits wird deutlich, dass zumindest eine Untergruppe der Patienten an einer Beeinträchtigung der Merkmalsbindung von räumlichen und semantischen Eigenschaften eines Stimulus leidet.

Diese Ergebnisse sprechen deutlich für die Annahme, dass es sich bei der Neglectsymptomatik auch im auditorischen Bereich um ein multifaktorielles Geschehen handelt, dessen Ausprägungsgrad von den durch die Hirnschädigung beeinträchtigten Teilkomponenten, wie etwa der Aufmerksamkeit, der Raumwahrnehmung oder der Fähigkeit zur Merkmalsbindung, abhängt.

10 Gesamtdiskussion

Die vorliegende Studie untersucht auditorische Beeinträchtigungen bei rechtshemisphärisch geschädigten Patienten mit visuellem Neglekt. Nach einer kurzen Zusammenfassung der Ergebnisse der in den vorhergehenden Kapiteln berichteten Experimente werden diese integrierend betrachtet. Übereinstimmungen und Diskrepanzen zwischen den drei Experimenten werden diskutiert. Abschließend werden die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit auf die dieser Arbeit zugrunde liegenden Fragestellungen zu bezogen:

1. In welchem Ausmaße leiden Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt auch unter Beeinträchtigungen der auditorischen Reizverarbeitung? Wie stark sind auditorische und visuell-räumliche Beeinträchtigungen miteinander assoziiert?
2. Wie lassen sich Extinktion und Neglekt in der auditorischen Domäne voneinander abgrenzen? Ziel war hier die Erarbeitung von spezifischeren Definitionen.
3. Ist die auditorische Extinktion besser durch sensorisch-perzeptuelle oder durch attentionale Beeinträchtigungen zu erklären?
4. Welcher der vorliegenden Tests eignet sich – unter Berücksichtigung der ökologischen Validität – am besten für den Einsatz im klinischen Alltag zur Untersuchung von auditorischem Neglekt und auditorischer Extinktion?

10.1 Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse

In der ersten experimentellen Testung, dem auditorischen Extinktionstest (siehe Kapitel 7), wurde untersucht, inwiefern Patienten in der Lage sind, verschiedenartige auditorische Stimuli, die links, rechts oder binaural simultan präsentiert wurden, zu detektieren und zu lokalisieren. Hierbei zeigten die Patienten unter den monauralen Stimulationsbedingungen nur eine geringe Leistungsbeeinträchtigung, allerdings mit der Tendenz, rechtsseitige Stimuli besser zu lokalisieren als linksseitig präsentierte Reize. Die Patienten zeigten im Vergleich zu den Kontrollen eine signifikante Leistungsbeeinträchtigung bei der korrekten Lokalisation binaural präsentierter auditorischer Stimuli. Es zeigte sich bei den meisten Patienten eine Extinktion, das heißt, dass binaurale Reize fälschlicher Weise als monaurale Reize wahrgenommen wurden. Hierbei gab es keinen signifikanten Effekt des Stimulustyps auf die Anzahl der Extinktionen. Allerdings zeigte sich bei einer anschließenden Analyse der Fehler, dass signifikant mehr binaurale Rauschstimuli fälschlicherweise nach ipsiläsional zugeschrieben wurden, als dies für Geräusche oder Wörter der

Fall war. Es zeigte sich also in der Seiten-Asymmetrie der hervorgerufenen Fehler eine Modulation durch den Stimulustyp.

In der zweiten experimentellen Untersuchung, dem auditorischen Neglekttest (siehe Kapitel 8), wurde den Patienten binaural ein kontinuierliches Hintergrundgeräusch (weißes Rauschen) über Kopfhörer präsentiert, welches entweder auf der rechten oder auf der linken Seite, nicht aber simultan beidseitig, von akustischen Zielreizen unterbrochen wurde. Diese infrequenten Stimuli sollten detektiert und lokalisiert werden, und die Untersuchung wurde sowohl unter binauraler als auch unter monauraler Hintergrundstimulation durchgeführt. Unter der monauralen Untersuchungsbedingung zeigten die Patienten bei der Detektion von Geräuschen und Zahlwörtern nur eine leichte Beeinträchtigung, aber einen signifikanten Leistungsabfall bei der Detektion von Pausen. Darüber hinaus zeigten die Patienten tendenziell größere Schwierigkeiten, bei der Detektion monaural links präsentierter Reize als bei der Detektion rechts präsentierter Reize. Unter der binauralen Rauschbedingung kam es bei den Patienten zu signifikant mehr Auslassungen als bei den Kontrollpersonen. Darüber hinaus zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit der Detektions- und Lokalisationsleistung von der Art der auditorischen Stimuli. Die Lokalisationsleistung für Alltagsgeräusche und Zahlenwörter ist im Vergleich zur Leistung bei den eingespielten Pausen signifikant besser. Patienten mit schwerem bis sehr schwerem Neglekt zeigten viele Misslokalisierungen (Alloakusis), insbesondere für kontraläsionale auditorische Stimuli, welche häufig der ipsiläsionalen Seite zugeschrieben werden.

In der dritten experimentellen Untersuchung, dem dichotischen Neglekttest (siehe Kapitel 9) wurden auditorische Stimuli (Zahlwörter) rechts, links oder binaural präsentiert. Binaural wurden entweder identische oder ungleiche Zahlen simultan präsentiert. Dieser Test, bei dem es durch die dichotische Präsentation binaural-unterschiedlicher Reize zu einer erhöhten Wahrnehmungsschwierigkeit kommt, sollte sowohl Aufschluss über die Lokalisations- als auch über die Identifikationsfähigkeit für auditorische Reize liefern.

Unter monauralen Testbedingungen kam es zu einer geringen Auslasserquote, Fehler betrafen insbesondere kontraläsional präsentierte Reize. Diese wurden größtenteils richtig identifiziert, aber falsch lokalisiert, also relativ häufig fälschlicherweise der rechten Seite zugeschrieben. Unter binauraler Stimulation kam es für binaural identische Stimuli zu einer hohen Extinktionsrate insbesondere des kontraläsional präsentierten Reizes. Bei binaural-ungleichen Stimuli hingegen war die Detektions- und Identifikationsfähigkeit signifikant besser. Die Fehleranalyse zeigte auch hier einen hohen Anteil an Extinktionen, insbesondere kontraläsionaler Reize und einen Anteil Fehler, bei denen die ungleichen Stimuli als gleich identifiziert wurden. Insgesamt war die Performanz für binaural ungleiche Reize jedoch deutlich besser als für binaural gleiche Reize.

Im folgenden Kapitel wird eine Synopsis der Testergebnisse der drei Untersuchungen durchgeführt. Implikationen aus dieser integrierten Betrachtung der Gesamtergebnisse werden

getrennt für monaurale und binaurale Stimuli in Bezug auf Modellvorstellungen und Forschungsergebnisse zu den Ursachen des Neglekts diskutiert, soweit dies nicht schon in gleicher oder ähnlicher Weise bei der Diskussion der Einzelergebnisse geschehen ist.

10.2 Verarbeitung monauraler akustischer Reize bei Patienten mit visuellem Neglekt

10.2.1 Einfluss der Präsentationsbedingungen auf die Verarbeitung monauraler Reize

In den monauralen Stimulationsbedingungen des Extinktionstest und des dichotischen Neglekttest, bei denen die Präsentationsseite monauraler Stimuli nicht vorhersehbar war, machten die Patienten unabhängig vom spezifischen Reiz (Rauschen, Geräusch, Zahlen) sehr wenig Fehler. Im Gesamtergebnis zeigt sich allerdings ein tendenzieller Unterschied hinsichtlich der Trefferquote zu Ungunsten des Extinktionstests. Die monaurale Detektionsleistung jeder Seite (83% links vs. 88% rechts) liegt ungefähr 10% unter der monauralen Detektionsleistung im dichotischen Test (93% links vs. 99% rechts). Dieses unerwartete Ergebnis lässt sich nicht durch Unterschiede in der Schwierigkeit der Identifikation und Lokalisation von Zahlwörtern im Vergleich zu Rauschen und Geräuschen, welche im Extinktionstest zusätzlich präsentiert wurden, erklären. Möglicher Weise führt der weniger variable Untersuchungsdurchgang des Extinktionstests – im Gegensatz zu der vermutlich aufmerksamkeitssteigernden Doppelaufgabe der Lokalisation und Identifikation im dichotischen Neglekttest – zu einem rascheren Vigilanzabfall im Extinktionstest. Fällt der monaurale Reiz dagegen in ein kontinuierliches Hintergrundrauschen, wie dies im Neglekttest der Fall ist, so ist die kontraläsionale Detektionsleistung schlechter als in den beiden anderen Tests (korrekte Lokalisationen im links-monauralen Neglekttest: 76%). Dies ist umso bedeutsamer, da bei diesem Test die Präsentationsseite des Zielreizes bekannt war.

10.2.2 Einfluss der Präsentationsseite auf die Verarbeitung monauraler Reize

Obwohl die Ergebnisse aufgrund der geringen Fehlerzahl keine statistische Signifikanz aufweisen, zeigt sich bei allen drei Tests eine tendenzielle Abhängigkeit von der Präsentationsseite der akustischen Zielreize. Ipsiläsional monaural präsentierte auditorische Reize wurden besser detektiert und lokalisiert als kontraläsional dargebotene Reize. Dies entspricht den Ergebnissen monauraler auditorischer Stimulationsbedingungen, die andere Autoren für Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt berichtet haben (De Renzi et al., 1989; Wester et al., 2001; Pavani et al., 2002; Deouell & Soroker, 2000). Bei der Präsentation monauraler Reize ohne Hintergrundgeräusche, insbesondere im dichotischen Test, wird bei der geringen Anzahl monaural vernachlässigter Stimuli darüber hinaus eine Alloakusis deutlich. Insbesondere die linksseitigen Stimuli werden zwar richtig detektiert und identifiziert, aber zum Teil falsch lokalisiert. Hieraus lässt sich ableiten, dass es auch im Bereich der Auditorik separierbare Verarbeitungswege für Lokalisation und Identifikation von Reizmerkmalen geben kann, wie dies etwa von Pavani et al.

(2004) und Bellman und Kollegen (2001) postuliert wird. Vernachlässigungen in der auditorischen Modalität können somit, analog zur visuellen Modalität, eher dem für die Lokalisation verantwortlichen Verarbeitungsweg zugeschrieben werden. Interessanter Weise ist diese räumliche Verschiebung der identifizierten Reize bei der monauralen Präsentation von Stimuli vor einem rauschenden Hintergrund in dieser Form nicht zu beobachten. Als Erklärung hierfür könnte man davon ausgehen, dass ein kontinuierliches Hintergrundgeräusch die Aufmerksamkeit eher in den Raum der Schallquelle bindet als einzeln dargebotene auditorische Reize. Allerdings zeigt sich hierbei in Abhängigkeit vom Stimulustyp (d.h. insbesondere bei Pausen) eine deutlich höhere Vernachlässigung links präsentierter als rechts präsentierter Reize. Je komplexer und schwieriger die Anforderungen des zu detektierenden Reizes sind, desto schlechter ist die monaurale Detektionsleistung. Interessanter Weise treten auch in den monauralen Stimulationsbedingungen Auslassungen auf der ipsiläsionalen Stimulationsseite auf. Dies spricht für die Existenz von räumlich unspezifischen attentionalen Limitierungen nach einer Hirnschädigung, die somit auch einen Einfluss auf die Detektionsleistung unter monauralen Stimulationsbedingungen haben können (Hjaltason et al., 1996; Robertson, 1997). Eine ausführliche Diskussion zu diesem Thema kann im Kapitel 8.6.3.1.1 nachgelesen werden.

10.2.3 Einfluss des Stimulusmaterials auf die Verarbeitung monauraler Reize

Das Ergebnis des monauralen Neglekttests ist im Gegensatz zum dichotischen Neglekttest und zum Extinktionstest signifikant von der Art des gewählten Stimulusmaterials abhängig. Pausen werden im Vergleich zu den präsentierten Geräuschen und Zahlen signifikant schlechter detektiert. Erklärbar ist dieses Ergebnis im Rahmen einer generell beeinträchtigten Leistung der kontraläsionalen Aufmerksamkeitsausrichtung und deutet aufgrund der Einbettung des Zielreizes in ein Hintergrundgeräusch insbesondere auf eine beeinträchtigte Diskriminationsfähigkeit kontraläsionaler auditorischer Stimuli hin. Diese Störung fällt aber nur dann auf, wenn Reize um begrenzte Aufmerksamkeitsressourcen konkurrieren, oder aber wenn Reize, wie bei den schwer zu detektierenden Pausen, eine kritische Wahrnehmungsschwelle nicht überschreiten, die zur Erkennung notwendig wäre. Der zu detektierende Reiz wird im Neglekttest durch den Einfluss eines Umgebungsgeräusches (Rauschen) maskiert. Es kann daher auch spekuliert werden, dass die sensorische Repräsentation eines wenig salienten Zielreizes, wie etwa einer Pause, zu schnell durch das fortgesetzte Hintergrundrauschen überschrieben wird. Probleme bei der Zielreizdetektion könnten somit auch ein zeitliches Verarbeitungsproblem abbilden, in dem Sinne dass der akustische Reiz nicht ausreichend Zeit zur Verfügung hat, um wahrgenommen zu werden (siehe etwa Carlyon et al., 2001).

Insgesamt zeigt sich, dass Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt zu einem hohen Ausmaß in der Lage sind, isoliert präsentierte monaurale Reize zu detektieren. Im Gegensatz hierzu führen interferierende Einflüsse im gleichen Eingangskanal, wie etwa ein kontinuierliches Hintergrund-

geräusch, zu einer deutlich erschwerten Detektion der akustischen Zielreize. Hierbei scheint zusätzlich die Salienz der Reize mit zu bestimmen, ob es zu einer erfolgreichen Reizdetektion kommen kann oder nicht. Die auditorische Aufmerksamkeit auf eine monaurale Stimulusquelle stellt demnach keinen statischen und stabilen Zustand dar. Nach einer Hirnschädigung können Veränderungen der Präsentationsbedingungen (z.B. mit vs. ohne Hintergrundgeräusch) und des Stimulusmaterials stärkere Einflüsse auf Aufmerksamkeitsleistungen in der auditorischen Modalität haben, als dies bei gesunden Individuen der Fall ist. Dies impliziert jedoch, dass die Diagnose von Defiziten im Bereich der auditorischen Aufmerksamkeit von den spezifischen Untersuchungsbedingungen beeinflusst wird und zum Beispiel die audiometrischen Reintonuntersuchung bei dieser Patientengruppe zu wenig reliablen Ergebnissen führen kann. Für die Testung auditorischer Detektions- und Identifikationsleistungen am ipsi- und kontraläsionalen Ohr sollten daher standardisierte Untersuchungsbedingungen gelten.

10.2.4 Einfluss der Schwere des visuell-räumlichen Neglekts auf die Verarbeitung monauraler Reize

Über die drei Experimente hinweg korreliert die Ausprägung des visuell-räumlichen Neglekts nur geringfügig mit den Ergebnissen der monauralen Testung. Dies bedeutet, dass schwer beeinträchtigte Patienten zwar tendenziell eine schlechtere Leistung zeigten im Vergleich zu Patienten mit mild bis moderat ausgeprägtem visuellem Neglekt, sie jedoch häufig trotzdem noch in der Lage sind, monaural präsentierte akustische Reize zu detektieren, zu lokalisieren und zu identifizieren. Am deutlichsten tritt ein Unterschied zwischen den beiden Patientengruppen im dichotischen Neglekttest zutage. Der stärkere Einfluss des Schweregrads des visuell-räumlichen Neglekts beim dichotischen Neglekttest relativ zur Wort-Bedingung des Extinktionstest muss auf die Unterschiede in der Versuchsdurchführung zurückgeführt werden. Hierbei scheint die Hinzunahme der binaural-ungleichen (dichotischen) Reize zu einer besseren Aufmerksamkeitsleistung zu führen.

10.3 Verarbeitung binauraler akustischer Reize bei Patienten mit visuellem Neglekt

Im Rahmen der Erfassung auditorischer Beeinträchtigungen bei Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt zeigt diese Arbeit sehr deutlich, dass sowohl Veränderungen des Stimulusmaterials als auch Veränderungen der Versuchsanordnung und der Präsentationsseite das Ergebnis der auditorischen Detektions-, Lokalisations-, und Identifikationsleistung beeinflussen können. Die Art des Stimulusmaterials hat je nach Versuchsanordnung keinen oder einen hoch signifikanten Einfluss auf das Untersuchungsergebnis.

10.3.1 Einfluss von Stimulusmaterial, Versuchsanordnung und Präsentationsseite auf die Verarbeitung binauraler Reize

Sowohl die Ergebnisse für die binaurale Stimulationsbedingung des Extinktionstests, als auch die Ergebnisse für die binaural-identische Stimulationsbedingung des dichotischen Neglekttests, legen nahe, dass identische, simultan an beiden Ohren präsentierte akustische Reize von den Patienten nicht als von zwei Schallquellen hervorgerufene Sinneseindrücke wahrgenommen werden können. Entweder findet eine Extinktion schon auf der Ebene der vorbewussten Verarbeitung statt, oder die Signale vom rechten und linken Ohr verschmelzen zu einem Perzept, dass seinem Ursprungsort nicht mehr korrekt zugeschrieben werden kann. Zwar werden bilateral simultan präsentierte Wörter und Geräusche tendenziell besser als bedeutungslose Rauschstimuli lokalisiert, dieser Unterschied erreicht jedoch keine statistische Signifikanz. Grundsätzlich kam es bei den binauralen Versuchsbedingungen, entsprechend der Vorhersagen, zu einer höheren Extinktionsrate linksseitiger Stimuli im Vergleich zu rechtsseitig präsentierten Reizen, was sich in asymmetrischen Lokalisationsfehlern der binauralen Reize und, im Falle der binaural-ungleichen Reize im dichotischen Neglekttest, in Unterschieden in der Identifikationsleistung für rechts und links präsentierte Reize manifestiert. Im Vergleich zu ähnlichen publizierten Untersuchungen (De Renzi et al., 1984; Deouell & Soroker, 2000) ist in den vorliegenden Experimenten die Zahl der ipsiläsionalen Extinktionen, insbesondere im Extinktionstest, eher hoch. Die Tatsache, dass beidseitige Defizite mit einer nur relativ stärkeren Betonung der kontraläsionalen Seite zu beobachten sind, kann als weitere Evidenz für die Involvierung gestörter unspezifischer attentionaler Mechanismen angesehen werden.

Trifft der Zielreiz im auditorischen Neglekttest dagegen auf ein binaural simultan präsentierte Hintergrundgeräusch, so zeigt sich eine hochsignifikante Abhängigkeit des Ergebnisses von der Art des Stimulationsmaterials. Insbesondere die Detektion von Pausen ist im Vergleich zu Wörtern und bekannten Alltagsgeräuschen schwierig. Wird also die Pausendetektion im Kontext eines kontinuierlichen Hintergrundgeräusches als diagnostisches Kriterium für das Vorliegen eines auditorischen Neglekts herangezogen, wie dies etwa von De Renzi (1989) vorgeschlagen wurde, so ist von einer Überbewertung der Störung hinsichtlich der Relevanz für den Alltag auszugehen. Auch für die Art der hier überwiegenden Fehler liegen die naheliegendsten Erklärungsansätze im Bereich allgemeinerer Aufmerksamkeitsmechanismen, welche im Kapitel 8.6.3.1 ausführlich diskutiert wurden.

Werden allerdings, wie im dichotischen Neglekttest der vorliegenden Studie, simultan unterschiedliche Stimuli zur Identifikation und Lokalisation präsentiert, so ist eine signifikant bessere Leistung im Bereich der Wahrnehmung und Aufmerksamkeitsausrichtung zu beobachten als bei der Präsentation von binaural-identischen Zielreizen. Es werden zwar weiterhin viele Extinktionen offensichtlich, diese sind jedoch signifikant seltener als bei binaural-identischen Stimuli. Im Gegensatz zur bilateral-simultanen Stimulation wird bei den in dieser

Experimentalbedingung hervorgerufenen Fehlern auch eine wesentlich stärkere Asymmetrie bezüglich der Extinktionsseite deutlich, da rechtsseitige Reize in der binaural-ungleichen Bedingung kaum mehr extingiert werden. Während die Anzahl der Extinktionen zurückgeht, ist die Identifikation binaural ungleicher akustischer Reize trotzdem schwer für Patienten mit Neglekt: Bei rund einem Viertel der Fehler haben die Patienten die binaural-ungleichen Zielreize fälschlicherweise als identisch identifiziert. Hieraus lässt sich schließen, dass die Patienten an beiden Ohren Sinneseindrücke wahrnehmen, jedoch nur eines dieser Perzepte korrekt identifizieren können, was eine Konkurrenz um Verarbeitungsressourcen auf der Ebene der Bedeutungsverarbeitung nahe legt. Der Befund einer derartigen „semantischen Extinktion“ kann als ein Hinweis darauf gewertet werden, dass die für den Neglekt typischen Aufmerksamkeitsprobleme auf unterschiedlichen Stufen sensorisch-kognitiver Verarbeitungshierarchien auftreten können und durch spezifische Charakteristika der durchzuführenden Aufgabe und des Stimulusmaterials beeinflusst werden können. Ein Effekt der Präsentationsseite konnte bei dieser Untersuchungsbedingung deutlich gesehen werden. Die Präsentation eines Stimulus in ein binaural dargebotenes Hintergrundgeräusch führt zu einer deutlich schlechteren Detektionsleistung für linksseitig dargebotene, im Vergleich zu ipsiläsonal (d.h. rechts) dargebotene Stimuli.

Bei der klinischen Untersuchung der auditorischen Extinktion ist es aus diesem Grunde nicht nur informativ, nach der Lokalisationsleistung der Patienten zu fragen, sondern es erscheint bedeutsam, zusätzlich die Identifikationsleistung in unterschiedlichen Aufgabenkontexten zu untersuchen. Dies ermöglicht es, Extinktionsphänomene auf unterschiedlichen Verarbeitungsstufen zu erkennen. Zusammen mit den Ergebnissen zur Lokalisationsleistung unterstreicht dieses Ergebnis, dass die intakte Integration von Bedeutungs- und Lokalisationsinformationen für die bewusste Wahrnehmung von Umwelt ereignissen von größter Bedeutung ist. Aufgrund der deutlich erschwerten Detektion von Zielreizen im Kontext eines kontinuierlichen Hintergrundgeräusches erscheint es wichtig, auch diese Präsentationsbedingung in eine standardisierte Diagnostik auditorischer Aufmerksamkeitsprobleme aufzunehmen.

10.3.2 Einfluss der Schwere des visuell-räumlichen Neglekts auf die Verarbeitung binauraler Reize

Die Ergebnisse über die verschiedenen Untersuchungsbedingungen hinweg liefern kein einheitliches Ergebnis hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen visuellem Neglekt und Vernachlässigungen bei binauraler akustischer Stimulation. Im Neglekttest zeigte sich für die Testversionen mit Wörtern und Geräuschen in einem hohen Maße, dass Patienten, welche in visuell-räumlichen Diagnoseverfahren geringer beeinträchtigt waren, auch weniger Probleme mit den Anforderungen an die auditorische Aufmerksamkeit im Neglekttest hatten als schwer beeinträchtigte Patienten. Dieser Zusammenhang zwischen auditorischer und visueller

Beeinträchtigung in der Untersuchungsgruppe könnte auf ein zufälliges Zusammentreffen einer Schädigung von multiplen unimodalen Aufmerksamkeitsregionen, die in unterschiedlichen Regionen des Gehirns liegen (Bushara et al. 1999), oder auf die Schädigung eines räumlichen Aufmerksamkeitsnetzwerkes, welches sowohl unimodale als auch multimodale Regionen beinhaltet (Bushara et al., 1999; Macaluso et al., 2000), zurückgeführt werden.

Für den Extinktionstest, den dichotischen Hörtest und die Untersuchungsbedingung „Rauschen“ im Neglekttest zeigte sich jedoch kein solch klarer Zusammenhang zwischen visuell-räumlichen und auditorischen Vernachlässigungsphänomenen. Diese Dissoziation zwischen auditorischen Beeinträchtigungen und der Ausprägung visuell-räumlicher Beeinträchtigungen (siehe auch Eramudugolla et al., 2007, für einen ähnlichen Befund) weist darauf hin, dass die Schädigung eines supramodalen Aufmerksamkeitssystems, welches sich über frontoparietale Regionen erstreckt (Macaluso et al., 2002), nicht als die alleinige Ursache für die beobachteten Vernachlässigungsprobleme angesehen werden kann.

10.4 Schlussfolgerungen

10.4.1 In welchem Ausmaße leiden Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt auch unter Beeinträchtigungen der auditorischen Reizverarbeitung? Wie stark sind auditorische und visuell-räumliche Beeinträchtigungen miteinander assoziiert?

Die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen die Annahme, dass sich lateralisierte attentionale Defizite, die vordergründig im visuell-räumlichem Bereich beobachtbar sind, auch in der auditorischen Domäne – bei der Bearbeitung von Detektions-, Identifikation- und Lokalisationsaufgaben – manifestieren können (siehe auch Pavani et al., 2004). Es hat sich gezeigt, dass nahezu alle visuell-räumlich beeinträchtigten Patienten auch mit Vernachlässigungsphänomenen in der auditorischen Modalität zu kämpfen haben.

Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen visuell-räumlichem und auditorischem Neglekt zeigte sich bei der hier untersuchten Stichprobe von Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt eine Abhängigkeit vom verwendeten Testverfahren. Eine Assoziation hinsichtlich des Schweregrades der Beeinträchtigungen zeigte sich im Rahmen des auditorischen Neglekttests, bei dem Patienten mit mild ausgeprägtem visuell-räumlichem Neglekt eine nahezu unbeeinträchtigte Leistung zeigten, während Patienten mit schwerem visuell-räumlichem Neglekt auch stärker im Bereich der auditorischen Aufmerksamkeit beeinträchtigt waren. Dieses Ergebnis zeigt, dass visuelle und auditive Defizite koexistieren und eine Assoziation wahrscheinlich ist (siehe auch Pavani et al., 2004). Im Gegensatz dazu war in den beiden anderen Untersuchungsverfahren, dem Extinktionstest und dem dichotischen Neglekttest, keine Assoziation zwischen dem Ausmaß visueller und auditorischer Beeinträchtigungen nachweisbar. Nahezu alle Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt wiesen Störung in diesen Testbedingungen auf, unabhängig davon, ob der

Schweregrad der Störung in der jeweiligen Modalität übereinstimmte. Dieses Ergebnis stützt frühere Berichte über eine Dissoziation zwischen dem Ausmaß von auditorischer Extinktion und visuellem Neglekt (Bellmann et al., 2001; De Renzi et al., 1989). Möglicherweise stellen der auditorische Neglekttest und die zur Diagnose des visuell-räumlichen Neglekts herangezogenen Durchstreichaufgaben ähnliche Anforderungen an attentionale und räumliche Fähigkeiten, die zur beschriebenen Assoziation der Schweregrade der beiden Störungen bei den Patienten mit rechtshemisphärischer Schädigung führen. Diese Ähnlichkeit lässt sich etwa am Beispiel des Durchstreichtests (siehe Kapitel 6.1.1) darstellen, bei welchem Zielbuchstaben, die in ein Hintergrundbild aus Buchstaben eingebettet sind, detektiert werden müssen, was eine gewisse Analogie zu der Detektion akustischer Reize aus einem Hintergrundgeräusch aufweist. Entsprechend sind die Anforderungen des auditorischen Extinktionstests und des dichotischen Tests eventuell den Verfahren zur Diagnostik des visuell-räumlichen Neglekts nicht ähnlich genug. In diesem Falle würden nicht nur verschiedene Modalitäten, sondern auch verschiedene Fähigkeiten untersucht werden. Die differenzielle Assoziation zwischen visuell-räumlichem Neglekt und verschiedenen auditorischen Testverfahren mag damit im zu Grunde liegenden neurologischen Defizit zu suchen sein. Es lässt sich spekulieren, dass Patienten mit Schädigungen in modalitätsspezifischen Systemen und Patienten mit Schädigungen in supramodalen Systemen, die distinkte Aufmerksamkeitsfähigkeiten unterstützen, unterschiedliche Assoziationsmuster zwischen visueller und auditorischer Domäne zeigen.

Die hier berichteten differenziellen Ergebnisse, die eine Abhängigkeit vom verwendeten Testverfahren zeigen, legen daher nahe, dass auch im Bereich der Auditorik eine Unterscheidung zwischen Neglekt (Neglekttest) und Extinktion (Extinktions- und dichotischer Neglekttest) sinnvoll und notwendig ist (siehe Kapitel 10.4.3 weiter unten). Spezifischer lässt sich schlussfolgern, dass Neglekt und Extinktion in der auditorischen Domäne zu einem gewissen Grade voneinander dissoziierbar sind und differentiell mit dem Schweregrad des visuell-räumlichen Neglekt korrelieren.

10.4.2 Wie lassen sich Extinktion und Neglekt in der auditorischen Domäne voneinander abgrenzen?

Auch im auditorischen Bereich scheinen die Störungsbilder Extinktion, mit einer beeinträchtigten Detektions-, Lokalisations- und Identifikationsleistung kontraläsionaler auditorischer Reize bei der simultan-binauralen Reizpräsentation, als auch Neglekt, mit beeinträchtigter Detektions-, Lokalisations- und Identifikationsleistung kontraläsionaler auditorischer Reize auch ohne die zeitgleiche binaurale Präsentation des Zielreizes, von einander abgrenzbar, ähnlich wie dies in der visuellen Domäne der Fall ist.

In der vorliegenden Studie sind Extinktionen erwartungsgemäß im Extinktionstest und im dichotischen Neglekttest beobachtbar, also in denjenigen Paradigmen, die eine simultane

Präsentation auditorischer Reize zu beiden Ohren involvieren. Im Neglekttest, welcher die Detektion von lateralisierten akustischen Reizen erfordert, welche in ein kontinuierliches Hintergrundgeräusch eingebettet sind, lässt sich dieses Vernachlässigungsmuster nicht nachweisen. Da das Vorliegen von Extinktionen in der vorliegenden Stichprobe nicht notwendiger Weise mit einer starken Beeinträchtigung im Neglekttest einhergeht und fast alle Patienten mit einem visuell-räumlichen Neglekt von einer Extinktion betroffen sind, lässt sich schließen, dass es sich bei Extinktion und Neglekt auch in der auditorischen Modalität um zwei dissoziierbare Defizite handelt, die jedoch häufig auch gemeinsam auftreten. Nur bei zwei Patienten mit einem mild ausgeprägten visuell-räumlichen Neglekt zeigte sich über alle extinktions- und neglektspezifischen Testbedingungen hinweg eine nahezu unbeeinträchtigte Leistung.

Der Stimulustyp hat bei der Manifestation des Neglekts einen überaus wichtigen modulatorischen Einfluss. Dies konnte bei der Extinktion nicht beobachtet werden. Auch dieses Ergebnis legt eine konzeptuelle Trennung von Extinktion und Neglekt nahe. Diese Befundlage weist eine starke Analogie zur visuellen Domäne auf, und legt daher nahe, die im visuellen Bereich etablierten Erklärungsansätze des Neglekts auf die auditorische Domäne zu übertragen. Neglekt kann aufgrund der vorliegenden Daten als eine Störung der gerichteten Aufmerksamkeit in die kontraläsionale Raumhälfte sowie als Störung der Raumrepräsentation bewertet werden, was in Einklang steht mit den Erklärungsansätzen von Heilman und Valenstein (1972) und Bisiach und Mitarbeitern (1984). Diese räumliche Beeinträchtigung zeigte sich bei den Patienten dieser Untersuchung als Unfähigkeit einer präzisen Lokalisation mit einer Reizverschiebung in den ipsiläsionalen Raum (Alloakusis). Vor dem Hintergrund der Extinktionsmuster im dichotischen Neglekttest muss zusätzlich geschlussfolgert werden, dass Extinktionen auf unterschiedlichen Stufen hierarchischer perzeptueller Verarbeitungswege stattfinden können.

Zusammenfassend legen die vorliegenden Ergebnisse nahe, dass die Unterscheidung zwischen Extinktion und Neglekt auch in der auditorischen Domäne gerechtfertigt und klinisch relevant ist. Im Rahmen des Literaturüberblicks im theoretischen Teil der Arbeit zeigte sich, dass die Begrifflichkeiten in der bisherigen Literatur nicht in einem ausreichenden Ausmaße unterschieden wurden. So zeigt sich etwa der dichotische Neglekttest primär sensitiv für Extinktionen. Auf Basis der vorangehenden Überlegungen werden folgende Arbeitsdefinitionen vorgeschlagen:

1. Eine *auditorische Extinktion* ist die Vernachlässigung eines von zwei zeitgleich präsentierten binauralen Reizen mit einer höheren Extinktionsrate kontraläsionaler Reize im Vergleich zu ipsiläsionalen Reizen. Als wahrscheinliche Ursache ist die Störung auf eine auch bei Gesunden begrenzte Fähigkeit, simultan mehreren auditorischen Zielen Aufmerksamkeit zu schenken, zurückzuführen (siehe Kapitel 3.1). Bei Patienten mit einer rechtshemisphärischen Hirnschädigung wird allerdings das Ausmaß der räumlichen Ausrichtung der Extinktion in die kontraläsionale Raumhälfte durch die Störung von räumlich spezifischen Aufmerksamkeitsfunktionen, die primär rechtshemisphärisch lokalisiert sind, bestimmt.

Extinktionen können auf unterschiedlichen Stufen hierarchischer Verarbeitungswege im Gehirn auftreten.

2. Ein *auditorischer Neglekt* zeichnet sich durch die Vernachlässigung kontraläsional dargebotener Reize aus. Während Neglekt-bedingte Vernachlässigungen nicht an die zeitgleiche Darbietung eines konkurrierenden ipsiläsionalen Zielreizes gebunden sind, wird der auditorische Neglekt durch irrelevante Hintergrundgeräusche besonders verstärkt. Sowohl räumliche als auch nicht-räumliche Aufmerksamkeitsfunktionen, als auch eine Störung der Lokalisationsfähigkeit auditorischer Zielreize im Raum, scheinen für die Symptomatik eine bedeutende Rolle zu spielen.

10.4.3 Ist die auditorische Extinktion besser durch sensorisch-perzeptuelle oder durch attentionale Beeinträchtigungen zu erklären?

Da es auch unter monauralen Stimulationsbedingungen zu großen Leistungsunterschieden in Abhängigkeit von den Präsentationsbedingungen und dem gewählten Stimulusmaterial kommt, kann eine generelle Erklärung auditorischer Vernachlässigungsphänomene durch beeinträchtigte sensorische Verarbeitungsprozesse ausgeschlossen werden. Eine rein sensorische Störung würde ein konsistentes Störungsmuster hervorrufen, welches durch Veränderungen in der Versuchsanordnung nicht in dem Ausmaße, das bei den hier untersuchten Patienten beobachtet wurde, beeinflussbar sein sollte. Die in der vorliegenden Studie beobachtete höhere Ausprägung der Extinktion für kontraläsionale Stimuli legt eine Störung räumlicher Aufmerksamkeitsprozesse beim Auftreten dieses Phänomens nahe, was mit den Schlussfolgerungen anderer Autoren übereinstimmt (Posner & Driver, 1992; Mesulam, 1998). Allerdings erscheint es angesichts der vorliegenden Untersuchungsdaten, die auch ipsiläsionale Beeinträchtigungen dokumentieren, sowie auf Grundlage früherer Studien (Robertson et al., 1997; Hjaltason et al., 1996; Duncan, 1996) jedoch wenig wahrscheinlich, dass es sich bei der visuellen und auditorischen Extinktion ausschließlich um eine sensorische oder räumlich-attentionale Störung handelt. Vielmehr muss Extinktion im Kontext nichträumlicher, attentionaler Beeinträchtigungen verstanden werden. Geht man von einer Spezialisierung der rechten Hemisphäre bei der Vermittlung nichträumlicher Aufmerksamkeitsfunktionen (Pardo et al., 1991) und deren Beeinträchtigung nach rechtsseitiger Hirnschädigung aus, so erscheint es plausibel, dass eine Koexistenz nichträumlicher Defizite mindestens die Ausprägung der räumlichen Aspekte dieser Beeinträchtigung moduliert. Nach den Ergebnissen dieser Untersuchung führt Stimulusmaterial mit höherem Arousalcharakter (wie etwa bedeutungshaltige Sprache oder alltagsnahe Geräusche) zu einer deutlichen Ergebnisverbesserung. Räumlich-spezifische Aufmerksamkeitsbeeinträchtigungen werden somit aufgrund der erhöhten Reizsalienz weitgehend aufgehoben und die kontraläsionale Extinktionsrate wird deutlich reduziert. Die Tatsache, dass das Ausmaß der Extinktion durch die dichotische Identität der Stimuli (d.h. binaural gleiche vs. ungleiche Stimuli) moduliert werden kann, demonstriert die

Verarbeitung der jeweiligen Identitäten der Reize im Gehirn, die zwar den Patienten nicht bewusst zugänglich wird, aber die Feststellung einer Unterschiedlichkeit ermöglicht.

Insgesamt kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse zu den unterschiedlichen experimentellen Testverfahren geschlussfolgert werden, dass sowohl spezifisch räumliche als auch unspezifische attentionale Faktoren zur Entstehung auditorischer Extinktionsprobleme beitragen. Die, wenn auch nur in geringer Zahl, im Extinktionstest und im dichotischen Neglekttest beobachtbare Alloakusis deutet auf eine Unabhängigkeit der Verarbeitungsmechanismen hin, welche Lokalisation und Identifikation eines auditorischen Stimulus zu Grunde liegen. Die vorliegende experimentell-neuropsychologische Studie kann somit auch als unterstützende Evidenz für die Annahme getrennter Verarbeitungswege für räumliche Information und Identitätsinformation in der auditorischen Modalität (siehe etwa Clarke & Thiran, 2004) gelten.

10.4.4 Welcher der vorliegenden Tests eignet sich – unter Berücksichtigung der ökologischen Validität – am besten für den Einsatz im klinischen Alltag zur Untersuchung von auditorischem Neglekt und auditorischer Extinktion?

Die vorliegenden Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit des Einsatzes verschiedener experimentell-neuropsychologischer Aufgaben, um die spezifischen Ausprägungen der auditorischen Beeinträchtigung bei Patienten nach einer Hirnschädigung zu erfassen. Generell wird vorgeschlagen, experimentelle und neuropsychologische Verfahren zur Untersuchung auditorischer Vernachlässigungsphänomene vor allem aufgrund ihrer Aufgaben- und Stimuluscharakteristika (z.B. Detektion, Identifikation, binaural gleich, binaural ungleich, Präsenz von Hintergrundgeräusch, etc.), unter Bezug auf spezifische Definitionen von Neglekt und Extinktion, wie sie oben vorgeschlagen wurden.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse erscheint es nicht notwendig, die drei unterschiedlichen auditorischen Reizkategorien zur Diagnostik der Extinktion zu untersuchen. Die Ergebnisse zum auditorischen Extinktionstest legen nahe, dass Testverfahren mit Alltags-fernen Reizen (wie etwa Rauschstimuli oder Sinustöne) die Beeinträchtigungen der Patienten im Alltag überschätzen. Aus zeitökonomischen Gründen erscheint es daher am sinnvollsten, eine Testung mit binaural gleichen akustischen Reizen mit hoher Alltagsrelevanz zur Diagnostik der auditorischen Extinktion heran zu ziehen. Da eine simultan-binaurale Reizdarbietung mit sprachlichen Reizen im dichotischen Neglekttest (nach Soroker et al., 1997) enthalten ist, erscheint dieser Test als geeignet, um das Ausmaß der Extinktion zu erfassen und gleichzeitig ein Maximum an zusätzlichen Informationen (wie etwa den Vergleich von binaural-gleicher und binaural-ungleicher Detektionsleistung) unter relativ geringem Zeitaufwand zu erbringen. Der Aufbau des dichotischen Neglekttests mit binaural unterschiedlicher Reizdarbietung lässt letztendlich auch gute Aussagen über den Grad der Verarbeitung der Stimulusidentität zu. Darüber hinaus bieten die enthaltenen monauralen Stimulationsbedingungen auch die Möglichkeit, die grundlegende Reizverarbeitung zu erfassen.

Da die vorliegende Studie ein gewisses Ausmaß an Unabhängigkeit zwischen Extinktion und Neglekt demonstriert hat, sollte zusätzlich der Neglekt (nach De Renzi, 1989) in die Testung auditorischer Vernachlässigungsphänomene einbezogen werden. Da die Ergebnisse des Neglekttests in deutlicher Abhängigkeit vom zu detektierenden Stimulusmaterial stehen, und somit eine Überschätzung der Alltagsbedeutsamkeit von Diagnosen auf Basis von alltagsfernen, bedeutungslosen Reizen (wie puren Sinustönen oder akustischem Rauschen) droht, sollten sowohl die Variante mit Pausen – in der monauralen Bedingung als allgemeiner Marker für eine auditorische Verarbeitungsstörung – und die Variante mit Wörtern – in der binauralen Bedingung als spezifischer Neglekttest – mit in die auditorische Testbatterie aufgenommen werden.

11 Literatur

- Alain, C., Woods, D. L. & Knight, R. T. (1998). A distributed network for auditory sensory memory in humans. *Brain Research*, 812, 23-27.
- Alain, C., Arnott, S. R., Hevenor, S., Graham, S. & Grady, C. L. (2001). "What" and "Where" in human auditory system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 89, 12301-12306.
- Albert, M. L. (1973). A simple test of visual neglect. *Neurology*, 23, 658-664.
- Alho, K. (1992). Selective attention in auditory processing as reflected by event-related brain potentials. *Psychophysiology*, 29, 247-263.
- Alho, K., Woods, D. L. & Agazi, A. (1994). Processing of auditory stimuli during auditory and visual attention as revealed by event-related potentials. *Psychophysiology*, 31, 469-479.
- Alho, K., Winkler, I., Escera, C., Huotilainen, M., Virtanen, J., Jääskeläinen, I. P., Pekkonen, E. & Ilmoniemi, R. J. (1998). Processing of novel sounds and frequency changes in the human auditory cortex: Magnetoencephalographic recordings. *Psychophysiology*, 35, 211-224.
- Allport, D. A. (1989). Visual Attention. In: M. I. Posner (Hrsg.), *Foundations of Cognitive Science*. Cambridge, MA: MIT Press, S. 631-682.
- Altman, J. A., Balonov, L. J. & Deglin, V. L. (1979). Effects of unilateral disorder of the brain hemisphere function in man on directional hearing. *Neuropsychologia*, 17, 295-301.
- Andersen, R. A. & Buneo, C. A. (2002). Intentional maps in posterior parietal cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 25, 189-220.
- Andersen, R. A., Snyder, L. H., Li, C. S. & Stricanne, B. (1993). Coordinate transformations in the representation of spatial information. *Current Opinion in Neurobiology*, 3, 171-176.
- Andersen, R. A., Snyder, L. H., Bradley, D. C. & Xing, J. (1997). Multimodal representation of space in the posterior parietal cortex and its use in planning movements. *Annual Review of Neuroscience*, 20, 303-330.
- Anourva, I., Nikouline, V. V., Ilmoniemi, R. J., Hotta, J., Aronen, H. J. & Carlson, S. (2001). Evidence for dissociation of spatial and nonspatial auditory information processing. *Neuroimage*, 14, 1268-1277.
- Anstis, S. & Saida, S. (1985). Adaption to auditory streaming of frequency modulated tones. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 257-271.
- Arnott, S. R., Binns, M. A., Grady, C. L. & Alain, C. (2004). Assessing the auditory dual-pathway model in humans. *Neuroimage*, 22, 401-408.
- Azouvi, P., Samuel, C., Louis-Dreyfus, A., Bernati, T., Bartolomeo, P., Beis, J. M., et al. (2002).

- Sensitivity of clinical and behavioural tests of spatial neglect after right hemisphere stroke. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 73, 160-166.
- Baylis, G. C. & Driver, J. (1993). Visual attention and objects: evidence for hierarchical coding of location. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 451-70.
- Baylis, G. C., Gore, C. L., Rodriguez, P. D. & Shisler, R. J. (2001). Visual extinction and awareness: The importance of binding dorsal and ventral pathways. *Visual Cognition*, 8, 359-379.
- Baylis, G. C., Simon, S. L., Baylis, L. L. & Rorden, C. (2002). Visual extinction with double simultaneous stimulation: what is simultaneous? *Neuropsychologia*, 40, 1027-1034.
- Beaton, A. & McCarthy, M. (1993). Auditory neglect after right frontal lobe and right pulvinar thalamic lesions. Comment on Hughdahl, Wester & Asbjornsen (1991) and some preliminary findings. *Brain and Language*, 44, 121-126
- Beaton, A. & McCarthy, M. (1995). On the nature of auditory neglect: A reply to Hughdahl and Wester. *Brain and Language*, 48, 351-358.
- Bender, M. B. (1952). *Disorders in perception*. Springfield: Thomas.
- Bender, M. B. & Diamond, S. P. (1965). An analysis of auditory perceptual defects with observations on the localization of the dysfunction. *Brain*, 88, 675-686.
- Bellmann, A., Meuli, R. & Clarke, S. (2001). Two types of auditory neglect. *Brain*, 124, 676-687.
- Berti, A., Allport, A., Driver, J., Dienes, Z., Oxbury, J. & Oxbury, S. (1992). Levels of processing for stimuli in an "extinguished" visual field. *Neuropsychologia*, 30, 403-415.
- Birch, H. G., Belmont, I. & Karp, E. (1967). Delayed information processing and extinction following cerebral damage. *Brain*, 90, 113-130.
- Bisiach, E. & Luzatti, C. (1978). Unilateral Neglect of representational space. *Cortex*, 14, 129-133.
- Bisiach, E. & Vallar, G. (2000). Unilateral neglect in humans. In: F. Boller, J. Grafman & G. Rizzolatti (Hrsg.). *Handbook of Neuropsychology*. Amsterdam: Elsevier Science, S. 459-502.
- Bisiach, E., Cornacchia, L., Sterzi, R. & Vallar, G. (1984). Disorders of perceived auditory lateralization after lesions of the right hemisphere. *Brain*, 107, 37-52.
- Bisiach, E., Geminiani, G., Berti, A. & Rusconi, M. L. (1990). Perceptual and premotor factors of unilateral neglect. *Neurology*, 40, 1278-1281.
- Bisiach, E., Pizzamiglio, L., Nico, D. & Antonucci, G. (1996). Beyond unilateral neglect. *Brain*, 119, 851-857.
- Broadbent, D. E. (1954). The role of auditory localisation in attention and memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 191-196.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.
- Broadbent, D. E. (1971). *Decision and Stress*. London: Academic Press.
- Bushara, K. O., Weeks, R. A., Ishi, K., Catalan, M. J., Tian, B., Rauschecker, J. P. & Hallett, M. (1999). Modality specific frontal and parietal areas for auditory and visual spatial localization in humans. *Nature Neuroscience*, 2, 759-766.

- Butter, C. M., Kirsch, N. L. & Reeves, G. (1990). The effect of lateralized dynamic stimuli on unilateral spatial neglect following right hemisphere lesions. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 2, 39-42.
- Calamaro, N., Soroker, N. & Myslobodsky, M. S. (1995). False recovery from auditory hemineglect produced by source misattribution of auditory stimuli (the ventriloquist effect). *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27, 151-157.
- Chatterjee, A., Mennemeier, M. & Heilman, K. M. (1992). Search patterns and neglect: a case study. *Neuropsychologia*, 30, 657-672.
- Carlyon, R. P., Cusack, R., Foxton, J. M. & Robertson, I. H. (2001). Effects of attention and unilateral neglect on auditory stream segregation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 115-127.
- Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech with one and two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 975-979.
- Clarke, S., Bellmann, A., Meuli, R. A., Assal, G. & Steck, A. J. (2000). Auditory agnosia and auditory spatial deficits following left hemispheric lesions: Evidence for distinct processing pathways. *Neuropsychologia*, 38, 797-807.
- Clarke, S., Bellmann Thiran, A., Maeder, P., Adriani, M., Vernet, O., Regli, L., Cuisenaire, O. & Thiran, J. P. (2002). What and where in human audition: Selective deficits following focal hemispheric lesions. *Experimental Brain Research*, 147, 8-15.
- Clarke, S. & Bellmann Thiran, A. (2004). Auditory Neglect: What and Where in auditory space? *Cortex*, 40, 291-300.
- Coghill, R. C., Gilron, I. & Iadarola, M. J. (2001) Hemispheric lateralization of somatosensory processing. *Journal of Neurophysiology*, 85, 26002-2612.
- Corbetta, M. & Shulman, G. L. (2002). Control of goal directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Neuroscience Reviews*, 3, 201-215.
- Corbetta M., Kincade M. J., Lewis C., Snyder A. Z. & Sapir, A. (2005). Neural basis and recovery of spatial attention deficits in spatial neglect. *Nature Neuroscience*, 8, 1603-10.
- Corbetta, M., Shulman, G. L., Miezin, F. M. & Petersen, S. E. (1995). Superior parietal cortex activation during spatial attention shifts and visual feature conjunction. *Science*, 270, 802-805.
- Corbetta, M., Kincade, J. M., Ollinger, J. M., McAvoy, M. P. & Shulman, G. L. (2000). Voluntary orienting is dissociated from target detection in human posterior cortex. *Nature Neuroscience*, 3, 292-297.
- Coslett, H. B., Bowers, D., Fitzpatrick, E., Haws, B. & Heilman, K. M. (1990). Directional hypokinesia and hemispatial inattention in neglect. *Brain*, 113, 475-486.
- Coull, J. T., Frith, C. D., Frackowiak, R. S. J. & Grasby, P. M. (1996). A fronto-parietal network for rapid information processing: a PET study of sustained attention and working memory. *Neuropsychologia*, 34, 1085-1095.
- Denny-Brown, D. & Banker, B. Q. (1954). Amorphosynthesis from left parietal lesions. *Archives of*

Neurology and Psychiatry, 71, 302-313.

- Deouell, L. Y. & Soroker, N. (2000). What is extinguished in auditory extinction? *NeuroReport*, 11, 3059-3062.
- Deouell, L. Y., Bentin, S. & Soroker, N. (2000). Electrophysiological evidence for an early (pre-attentive) information processing deficit in patients with right hemisphere damage and unilateral neglect. *Brain*, 123, 353-365.
- De Renzi, E., Gentilini, M. & Barbieri, C. (1989). Auditory neglect. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 52, 613-617.
- De Renzi, E., Massimo, G. & Pattacini, F. (1984). Auditory Extinction following hemisphere damage. *Neuropsychologia*, 22, 733-744.
- Desimone, R. & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*. 18, 193-222.
- Deutsch, J. A. & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Devinsky, O. & D'Esposito, M. (2004). Attention and attentional disorders. In: Devinsky, O. & D'Esposito, M. (Hrsg.) *Neurology of Cognitive and Behavioral Disorders*. Oxford University Press.
- Diamond, S. P. & Bender, M. B. (1965). On auditory extinction and alloacusic. *Transactions of the American Neurological Association*, 90, 154-7
- Doricchi, F. & Angelelli, P. (1999). Misrepresentation of horizontal space in left unilateral neglect: role of hemianopia. *Neurology*, 52, 1845-1852.
- Doricchi, F. & Galati, G. (2000). Implicit semantic evaluation of object symmetry and contralesional visual denial in a case of left unilateral neglect with damage of the dorsal paraventricular white matter. *Cortex*, 36, 337-350.
- Downar, J., Crawley, A. P., Mikulis, D. J. & Davis, K. D. (2000). A multimodal cortical network for the detection of changes in the sensory environment. *Nature Neuroscience*, 3, 277-283.
- Driver, J. & Spence, C. (1998). Crossmodal links in spatial attention. *Philosophical Transactions of the Royal Society Section B*, 353, 1319-1331.
- Driver, J. & Vuilleumier, P. (2001). Perceptual awareness and its loss in unilateral neglect and extinction. *Cognition*, 79, 39-88, 2001.
- Duhamel, J. R., Colby, C. L. Goldenberg, M. E. (1998). Ventral intraparietal area of the macaque: Congruent visual and somatic response properties. *Journal of Neurophysiology*, 79, 126-136.
- Duncan, J. (1980). The locus of interference in the perception of simultaneous stimuli. *Psychological Review*, 87, 272-300.
- Duncan, J. (1996). Coordinates brain systems in selective perception and attention. In: T. Inui & J. L. McClelland (Hrsg.). *Attention and Performance XVI*. Cambridge, MA: MIT Press, S. 549-578.
- Duncan J., Bundesen C., Olson A., Humphreys G., Chavda S. & Shibuya H. (1999). Systematic

- analysis of deficits in visual attention. *Journal of Experimental Psychology*, 128, 450-78.
- Efron, R., Crandall, P. H., Koss, B., Divenyi, P. I. L. & Yund, E. W. (1983). Central auditory processing. III. The 'Cocktail party' effect and anterior temporal lobectomy. *Brain and Language*, 19, 254-263.
- Eramudugolla, R., Irvine, D. R. & Mattingley, J. B. (2007). Association between auditory and visual symptoms of unilateral spatial neglect. *Neuropsychologia*, 45, 2631-2637.
- Eriksen, C. W. & Spencer, C. T. (1969). Rate of information processing in visual perception: some results and methodological considerations. *Journal of Experimental Psychology*, 79, 1-16
- Farah, M. J. (1994). Perception and awareness after brain damage. *Current Opinion in Neurobiology*, 4, 252-255.
- Ferber, S. & Karnath, H. O. (2001). How to assess spatial neglect-line bisection or cancellation tasks? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23, 599-607.
- Folk, C. L., Remington, R. W. & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1030-1044.
- Friedrich, F. J., Egly, R., Rafal, R. D. & Beck, D. (1998). Spatial attention deficits in humans: a comparison of superior parietal and temporal-parietal junction lesions. *Neuropsychology*, 12, 193-207.
- Gauthier, L., Dehaut, F. & Joanette, Y. (1989). The bells test: A quantitative and qualitative test for visual neglect. *International Journal of Clinical Neuropsychology*, 11, 49-54.
- Giard, M. H., Perrin, F., Pernier, J. & Bouchet, P. (1990). Brain generators implicated in the processing of auditory stimulus deviants: A topographic event-related potential study. *Psychophysiology*, 27, 627-640.
- Gilchrist, I. D., Humphreys, G. W. & Riddoch, M. J. (1996). Grouping and extinction. *Cognitive Neuropsychology*, 13, 1223-1250.
- Goodale, M. A., Milner, A. D., Jakobson, L. S. & Carey, D. P. (1991). A neurological dissociation between perceiving objects and grasping them. *Nature*, 10, 154-156.
- Graziano, M. S. & Gross, C. G. (1998). Spatial maps for the control of movement. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 195-201.
- Graziano, M. S. & Gandhi, S. (2000). Location of the polysensory zone in the precentral gyrus of anesthetized monkeys. *Experimental Brain Research*, 135, 259-266.
- Griffiths, T. D. & Green, G. G. R. (1999). Cortical activation during perception of rotating wide-field acoustic stimulus. *Neuroimage*, 10, 84-90.
- Hall, D. A. (2003). Auditory pathways: Are 'what' and 'where' appropriate? *Current Biology*, 13, R406-R408.
- Halligan, P. W. & Marshall, J. C. (1991). Left neglect for near but not far space in man. *Nature*, 350, 498-500.
- Hansen, J. C. & Hillyard, S. A. (1980). Endogenous brain potentials associated with selective

- auditory attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 49, 277-290.
- Heilman, K. M. & Valenstein, E. (1972). Auditory Neglect in man. *Archives of Neurology* 26, 32-35.
- Heilman, K. M. & Watson, R. T. (1977). Mechanisms underlying the unilateral neglect syndrome. In: E. A. Weinstein & R. P. Friedland (Hrsg.), *Advances in Neurology*, Vol. 18, New York: Raven Press, S. 93-106.
- Heilman, K. M. & Abell, T. V. D. (1980). Right hemisphere dominance for attention: The mechanisms underlying hemispheric asymmetries in attention (neglect). *Neurology*, 30, 327-330.
- Heilman, K. M., Pandya, D. N. & Geschwind, N. (1970). Trimodal inattention following parietal lobe ablations. *Transactions of the American Neurological Association*, 95, 259-261.
- Heilman, K. M., Schwartz, H. F. & Watson, R.T. (1978). Hypoarousal in patients with the neglect syndrome and emotional indifference. *Neurology*, 28, 229-232.
- Heilman, K. M., Watson, R. T. & Schulman, H. (1974). A unilateral memory deficit. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 37, 790-793.
- Heilman, K. H., Watson, T. W. & Valenstein, E. (1993). Neglect and related disorders. In: K. M. Heilman & E. Valenstein (Hrsg.), *Clinical Neuropsychology*. York: Oxford University Press, S. 279-336.
- Heilman, K. M., Watson, R. T., Valenstein, E. & Damasio, A. R. (2003). Localization of lesions in neglect. In: A. Kertesz (Hrsg.), *Localization in Neuropsychology*. Academic Press, New York.
- Heilman, K. M., Bowers, D., Valenstein, E. & Watson, R. T. (1987). Hemispace and hemispatial neglect. In: M. Jeannerod (Hrsg.), *Neurophysiological and Neuropsychological Aspects of Spatial Neglect*. Amsterdam: North Holland, S. 115-150.
- Heilman, K. M., Bowers, D., Coslett, H. B., Whelan, H. & Watson, R. T. (1985). Directional hypokinesia: Prolonged reaction times for leftward movements in patients with right hemisphere lesions and neglect. *Neurology*, 35, 855-860.
- Hellbrück, J. (1993). *Hören. Physiologie, Psychologie und Pathologie*. Göttingen: Hogrefe Verlag.
- Herrmann, C. S. & Knight, R. T. (2001). Mechanisms of human attention: Event-related potentials and oscillations. *Neuroscience and Behavioral Reviews*, 25, 465-476.
- Hjaltason, H., Tegner, R., Tham, K., Levander, M. & Ericson, K. (1996). Sustained attention and awareness of disability in chronic neglect. *Neuropsychologia*, 34, 1229-1233.
- Hikosaka, O., Sakamoto, M. & Usui, S. (1989). Functional properties of monkey caudate neurons. II. Visual and auditory responses. *Journal of Neurophysiology*, 61, 799-813.
- Holmes, G. (1918). Disturbances of visual orientation. *British Journal of Ophthalmology*, 2, 449-468.
- Hughdahl, K. & Wester, K. (1994). Auditory neglect and the ear extinction effect in dichotic listening: a reply to Beaton and McCarthy (1993). *Brain and Language*, 46, 166-173.
- Hughdahl, K., Wester, K. & Asbjornsen, A. (1991). Auditory neglect after right frontal lobe and right pulvinar thalamic lesion. *Brain and Language*, 41, 465-473.
- Husain, M. & Kennard, C. (1996). Visual neglect associated with frontal lobe infarction. *Journal of*

- Neurology*, 243, 652-657.
- Ignashchenkova, A., Dicke, P. W., Haarmeier, T. & Thier P. (2004). Neuron-specific contribution of the superior colliculus to overt and covert shifts of attention. *Nature Neuroscience*, 7, 56-64.
- James, W. (1890). *The Principles of Psychology*. New York: Holt.
- Johnston, W. A. & Heinz, S. P. (1979). Depth of nontarget processing in an attention task. *Journal of Experimental Psychology*, 5, 168-175.
- Kaiser, J., Lutzenbergeer, W., Preissl, H., Ackermann, H. & Birbaumer, N. (2000). Right-hemisphere dominance for the processing of sound-source lateralization. *Neuroscience*, 20, 6631-6639.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2000). *Principles of Neural Sciences* (4th ed.). New York: Mac Graw Hill.
- Kanizsa, G. (1976). Subjective contours. *Scientific American*, 234, 48-52.
- Karnath, H. O. (1988). Deficits of attention in acute and recovered visual-hemi-neglect. *Neuropsychologia*, 26, 27-43.
- Karnath, H. O. (1994). Subjective body orientation in neglect and the interactive contribution of neck muscle proprioception and vestibular stimulation. *Brain*, 117, 1001-1012.
- Karnath, H. O. (1997). Neural encoding of space in egocentric coordinates? Evidence for limits of a hypothesis derived from patients with parietal lesions and neglect. In: P. Thier & H. O. Karnath (Hrsg.), *Parietal lobe contributions to orientation in 3D space*. Berlin: Springer-Verlag, S. 497-520.
- Karnath, H. O. (2001). New insights into the functions of the superior temporal cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 568-576.
- Karnath, H. O. (2002). Neglect. In: H. O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie*. Berlin: Springer-Verlag, S. 217-230.
- Karnath, H. O., Ferber, S. & Himmelbach, M. (2001). Spatial awareness is a function of the temporal lobe not the posterior parietal lobe. *Nature*, 411, 950-953.
- Karnath, H. O., Zimmer, U. & Lewald, J. (2002). Impaired perception of temporal order in auditory extinction. *Neuropsychologia*, 40, 1977-1982.
- Kimura, D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*, 4, 163-178.
- Kinsbourne, M. (1970). A model for the mechanism of unilateral neglect of space. *Transactions of the American Neurological Association*, 95, 143.
- Kinsbourne, M. (1987). Mechanism of unilateral neglect. In: M. Jeannerod (Hrsg.), *Neurophysiological and Neuropsychological Aspects of Spatial Neglect*. Amsterdam: North-Holland, S. 69-86.
- Köhler, S. & Moscovitch, M. (1997). Unconscious visual processing in neuropsychological syndromes: A survey of the literature and evaluation of models of consciousness. In: M. D. Rugg (Hrsg.), *Cognitive Neuroscience*. Cambridge, MA :MIT Press, S. 305-373.
- Kustov A. A. & Robinson D. L. (1996). Shared neural control of attentional shifts and eye

- movements. *Nature*, 7, 74-77.
- LaBerge, D. & Buchsbaum, M. S. (1990). Positron emission tomographic measurements of pulvinar activity during an attention task. *Journal of Neuroscience*, 10, 613-619.
- Ládavas, E. & Pavani, F. (1998). Neuropsychological evidence of the functional integration of visual, auditory and proprioceptive spatial maps. *NeuroReport*, 9, 1195-1200.
- Ládavas, E., Patronio, A. & Umiltá, C. (1990). The deployment of visual attention in the intact field of hemineglect patients. *Cortex*, 26, 307-312.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 451-468.
- Legatt, A. D., Arezzo, J. C., & Vaughan, H. G., Jr. (1986). Short-latency auditory evoked potentials in the monkey. II. Intracranial generators. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 64, 53-73.
- Leibovitch, F. S., Black, S. E., Caldwell, C. B., Ebert, P. L., Ehrlich, L. E. & Szalai, J. P. (1998). Brain-behavior correlations in hemispatial neglect using CT and SPECT: The Sunnybrook Stroke Study. *Neurology*, 50, 901-908.
- Leifert, G., Siebörger, F., Fiebach, C. J., Woldag, H. & Hummelsheim, H. (2001). Auditorische Vernachlässigung: Eine neuropsychologische Untersuchung. *Poster präsentiert auf der 29. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neurotraumatologie und Klinische Psychologie e.V.*
- Lezak, M. D. (1995). Visual Inattention. In: M. D. Lezak (Hrsg.), *Neuropsychological Assessment* (3rd. ed.). Oxford University Press, S. 385-397.
- Lewald, J. & Karnath, H. O. (2000). Vestibular influence on human auditory space perception. *Journal of Neurophysiology*, 84, 1107-1111.
- Loose, R., Kaufmann, C., Auer, D. P. & Lange, K. W. (2003). Human prefrontal and sensory cortical activity during divided attention tasks. *Human Brain Mapping*, 18, 249-259.
- Luck, S. J., Chelazzi, L., Hillyard, S. A. & Desimone, R. (1997). Neural mechanisms of spatial selective attention in areas V1, V2, and V4 of macaque visual cortex. *Journal of Neurophysiology*, 77, 24-42.
- Macaluso, E. & Driver, J. (2001). Spatial attention and crossmodal interactions between vision and touch. *Neuropsychologia*, 39, 1304-1316.
- Macaluso, E. & Driver, J. (2004). Spatial representations and crossmodal interactions in the human brain. In: C. Spence, G. Calvert & B. E. Stein (Hrsg.), *The Handbook of Multisensory Processes*. Cambridge, USA: MIT Press, S. 529-548.
- Macaluso, E., Frith, C. D. & Driver, J. (2000). Modulation of human visual cortex by crossmodal spatial attention. *Science*, 289, 1206-1208.
- Macaluso, E., Frith, C. D. & Driver, J. (2002). Supramodal effects of covert spatial orienting triggered by visual or tactile events. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 389-401.
- Maeder, P., Meuli, R., Adriani, M., Bellmann, A., Fornari, E., Thiran, J. P., Pittet, A. & Clarke, S.

- (2001). Distinct pathways involved in sound recognition and localization: A human fMRI study. *Neuroimage*, 14, 802-816.
- Marshall, J. C. & Halligan, P. W. (1988). Blindsight and insight in visuo-spatial neglect. *Nature*, 336, 766-7.
- Marshall, J. C., Fink, G. R., Halligan, P. W. & Vallar, G. (2002). Spatial awareness: A function of the posterior parietal lobe? *Cortex*, 38, 253-7.
- Mattingley, J. B., Davis, G. & Driver, J. (1997a). Preattentive filling-in of visual surfaces in parietal extinction. *Science*, 275, 671-674.
- Mattingley, J. B., Driver, J., Beschin, N. & Robertson, I. H. (1997b). Attentional competition between modalities: extinction between touch and vision after right hemisphere damage. *Neuropsychologia*, 35, 867-880.
- Mazzoni, P., Bracewell, R. M., Barsch, S. & Andersen, R. A. (1996). Spatially tuned auditory responses in area LIP of macaques performing delayed memory saccades to acoustic targets. *Journal of Neurophysiology*, 75, 1233-1241.
- McDonald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. A. & Carter, C. S. (2000). Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, 288, 1835-1838.
- McGlinchey-Berroth, R., Milberg, W. P., Verfaellie, M., Alexander, M. P. & Kilduff, P. T. (1993). Semantic processing in the neglected visual field: Evidence from a lexical decision task. *Cognitive Neuropsychology*, 10, 79-108.
- Menon, V., Ford, J. M., Lim, K. O., Glover, G. H. & Pfefferbaum, A. (1997). Combined event-related fMRI and EEG evidence for temporal-parietal cortex activation during target-detection. *NeuroReport*, 8, 1630-1634.
- Mesulam, M. M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology*, 4, 309-325.
- Mesulam, M. M. (1998). *From sensation to cognition*. *Brain*, 121, 1013-1052.
- Mesulam, M. M. (2000). Attentional Networks, Confusional States and Neglect Syndrome. In: M. M. Mesulam (Hrsg.), *Principles of Behavioral and Cognitive Neurology*. Oxford: University Press, S. 174-256.
- Middlebrooks, J. C. (2002). Auditory space processing: here, there or everywhere? *Nature Neuroscience*, 5, 824-826.
- Miller, E. K. & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Reviews of Neuroscience*, 24, 167-202.
- Milner, A. D. (1987). Animal models for the syndrome of spatial neglect. In: M. Jeannerod (Hrsg.), *Neurophysiological and neuropsychological aspects of spatial neglect*. Amsterdam: Elsevier, S. 259-288.
- Milner, B., Taylor, L. & Sperry, R. W. (1968). Lateralised suppression of dichotically presented digits after commissural section in man. *Science*, 162, 184-185.

- Moran, J. & Desimone, R. (1985). Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science*, 229, 782-784.
- Morais, J. & Bertelson, P. (1973). Laterality effects in diotic listening. *Perception*, 2, 107-111.
- Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11, 56-60.
- Müller, H. (2003). Funktionen und Modelle der selektiven Aufmerksamkeit. In: H. O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie*. Berlin: Springer Verlag, S. 245-257.
- Müller, H. & Krummenacher, J. (2002). Aufmerksamkeit. In: J. Müsseler & W. Prinz (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Verlag, S.119-165.
- Müsseler, J. (2002). Visuelle Wahrnehmung. In: J. Müsseler & W. Prinz (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Verlag, S.15-65.
- Näätänen, R. (1992). *Attention and Brain Function*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Näätänen, R., Gaillard, A. W. & Mäntysalo, S. (1978). Early attention reinterpreted. *Acta Psychologica*, 42, 313-329.
- Näätänen, R., Gaillard, A. W. & Mäntysalo, S. (1980). Brainpotential correlates of voluntary and involuntary attention. In H. H. Kornhuber & L. Deecke (Hrsg.), *Motivation, Motor and Sensory Processes of the Brain: Electrical Potentials, Behaviour and Clinical Use*. Amsterdam: Elsevier, S. 343-348.
- Näätänen, R., Paavilainen, P. & Reinikainen, K. (1989). Do event-related potentials to infrequent decrements in duration of auditory stimuli demonstrate a memory trace in man? *Neuroscience Letters*, 10, 347-352.
- Norman, D. A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. In: R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Hrsg.), *Consciousness and Self-Regulation*. New York: Plenum Press, S. 1-4.
- Opitz, B. Mecklinger, A., von Cramon, D. Y. & Kruggel, F. (1999). Combining electrophysiological and hemodynamic measures of the auditory oddball. *Psychophysiology*, 36, 142-147.
- Paavilainen, P., Tiitinen, T., Alho, K. & Näätänen, R. (1993). Mismatch negativity to slight pitch changes outside strong attentional focus. *Biological Psychology*, 37, 32-41.
- Pardo, J. V., Fox, P. T. & Raichle, M. E. (1991). Localization of a human system for sustained attention by positron emission tomography. *Nature*, 349, 61-64.
- Pardo, J. V., Pardo, P. J., Janer, K. W. & Raichle, M. E. (1990). The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 87, 256-259.
- Pavani, F. & Ládavas, E. (1999). Functional integration of visual , auditory and proprioceptive spatial maps. *31st Annual General Meeting of the European Brain and Behavioural Society, Rome (Italy)*.
- Pavani, F., Meneghello, F. & Ládavas, E. (2001). Deficit of auditory space perception in patients with visuospatial neglect. *Neuropsychologia*, 39, 1401-1409.

- Pavani, F., Ládavas, E. & Driver, J. (2002). Selective deficit of auditory localisation in patients with visuospatial neglect. *Neuropsychologia*, 40, 291-301.
- Pavani, F., Farné, A. & Ládavas, E. (2003). Task-dependent visual coding of sound position in visuospatial neglect patients. *NeuroReport*, 14, 99-103.
- Pavani, F., Husain, M., Ládavas, E. & Driver, J. (2004). Auditory deficits in visuospatial neglect patients. *Cortex*, 40, 347-365.
- Pavani, F., Farné, A. & Ládavas, E. (2005). Poor hand-pointing to sounds in right brain-damaged patients: Not just a problem of spatial hearing. *Brain and Cognition*, 59, 215-224.
- Pedersen, P. M., Jorgensen, H. S., Nakayama, H. Raachou, H. O. & Olsen, T. S. (1997). Hemineglect in acute stroke – incidence and prognostic implications. The Copenhagen Stroke Study. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76, 122-127.
- Petersen, S. E., Robinson, D. L. & Keys, W. (1985). Pulvinar nuclei of the behaving rhesus monkeys: visual responses and their modulation. *Journal of Neurophysiology*, 54, 867-886.
- Phillips, D. P. (1993). Representation of Acoustic Events in the Primary Auditory Cortex. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 203-216.
- Pineas, H. (1931). Ein Fall von räumlicher Orientierungsstörung mit Dyschirie. *Zeitschrift für die Gesamte Neurologie und Psychiatrie*, 133, 180-195.
- Pinek, B. & Brouchon, M. (1992). Head turning versus manual pointing to auditory targets in normal subjects and in subjects with right parietal damage. *Brain and Cognition*, 18, 1-11.
- Pinek, B., Duhamel, J. R., Cave, C. & Brouchon, M. (1989). Audio-spatial deficit in humans: Differential effects associated with left versus right hemisphere parietal damage. *Cortex*, 25, 175-186.
- Platt, B. B. & Warren, D. H. (1972). Auditory localization: The importance of eye movements and a textured visual environment. *Perception and Psychophysics*, 12, 245-248.
- Poppelreuther, W. (1917). *Disturbances of lower and higher visual capacities caused by occipital damage*. (Translation by J. Zihl & L. Weiskrantz, 1990). Oxford: Clarendon.
- Posner, M. I. (1990). Hierarchical distributed networks in the neuropsychology of selective attention. In: A. Caramazza (Hrsg.), *Cognitive neuropsychology and neurolinguistics: Advances in models of cognitive function and impairment*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, S. 187-210.
- Posner, M. I. & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In: H. Bouman & D. Bowhuis (Hrsg.), *Attention and Performance X*. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum, S. 55-66.
- Posner, M. I. & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Reviews of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M. I. & Driver, J. (1992). The neurobiology of selective attention. *Current Biology*, 2, 165-169.
- Posner, M. I., Inhoff, A., Friedrich, F. J. & Cohen, A. (1987). Isolating attentional systems: A cognitive-anatomical analysis. *Psychobiology*, 15, 107-121.
- Posner, M. I., Petersen, S. E., Fox, P. T. & Raichle, M. E. (1988). Localization of cognitive

- operations in the human brain. *Science*, 17, 1627-1631.
- Posner, M. I., Walker, J. A., Friedrich, F. J. & Rafal, R. D. (1984). Effects of parietal lobe injury on covert orienting of visual attention. *Journal of Neuroscience*, 4, 1863-1874.
- Rafal, R. & Robertson, L. (1995). The neurology of visual attention. In: M. S. Gazzaniga (Hrsg.). *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge, MA: MIT Press, S. 625-648.
- Rapcsak, S. Z., Verfaellie, M., Fleet, W. S., & Heilman, K. M. (1989). Selective attention in hemispatial neglect. *Archives of Neurology*, 46, 178-182.
- Rauschecker, J. P. (1998). Parallel processing in the auditory cortex of primates. *Audiology and Neuro-Otology*, 3, 86-103.
- Rauschecker, J. P. & Tian, B. (2000). Mechanisms and streams for processing "what" and "where" in auditory cortex. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 97, 11800-11806.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L. & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: an attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 849-60.
- Reynolds, J. H. & Desimone, R. (1999). The role of neural mechanisms of attention in solving the binding problem. *Neuron*, 24, 19-24.
- Riddoch, M. J. & Humphreys, G. (1983). The effect of cueing on unilateral neglect. *Neuropsychologia*, 21, 589-599.
- Riestra, A. R., Crucian, G. P., Burks, D. W., Womack, K. B. & Heilman, K. M. (2001). Extinction, working memory and line bisection in spatial neglect. *Neurology*, 57, 147-149.
- Rizzolatti, G. & Berti, A. (1990). Neglect as a neural representation deficit. *Revue Neurologique*, 146, 626-634.
- Robertson I. (1989). Anomalies in the laterality of omissions in unilateral left visual neglect: implications for an attentional theory of neglect. *Neuropsychologia*, 27, 157-65.
- Robertson, I. H. & Marshall, J. C. (1993). *Unilateral Neglect: Clinical and Experimental Studies*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Robertson, I.H., Tegnér, R., Tham K., Lo, A. & Nimmo-Smith I. (1995). Sustained attention training for unilateral neglect: theoretical and rehabilitation implications. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17, 416-30.
- Robertson, I. H., Manly, T., Beschin, N., Daini, R., Haeske-Dewick, H., Homberg, V., Jehkonen, M., Pizzamiglio, G., Shiel, A. & Weber, E. (1997). Auditory sustained attention is a marker of unilateral spatial neglect. *Neuropsychologia*, 35, 1527-1532.
- Robertson, I. H. (2001). Do we need the "lateral" in unilateral neglect? Spatially nonselective attention deficits in unilateral neglect and their implications for rehabilitation. *Neuroimage*, 14, 85-90.
- Rock, I., Linnett, C. M., Grant, P. & Mack, A. (1992). Perception without attention: Results of a new method. *Cognitive Psychology*, 24, 502-534.

- Romanski, L. M., Tian, B., Fritz, J., Mishkin, M., Goldman-Rakic, P. S. & Rauschecker, J. P. (1999). Dual streams of auditory afferents target multiple domains in the primate prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 2, 1045-1047.
- Rorden, C., Mattingley, J. B., Karnath, H. O. & Driver, J. (1997). Visual extinction and prior entry: Impaired perception of temporal order with intact motion perception after unilateral parietal damage. *Neuropsychologia*, 35, 421-433.
- Rösler, F. (2001). *Grundlagen und Methoden der Psychophysiologie*. Enzyklopädie der Psychologie, Biologische Psychologie, Band 4. Göttingen: Hogrefe.
- Ruff, R. M., Hersch, N. A. & Pribram, K. H. (1981). Auditory spatial deficit in the personal and extrapersonal frames of reference due to cortical lesions. *Neuropsychologia*, 19, 435-443.
- Serences, J. T., Schwarzbach, J. & Yantis, S. (2001). Control mechanism of object-based visual attention in human cortex. *Society of Neuroscience Abstract*, 27, 348.9.
- Schnitker, R., Grande, M., Specht, K., Reul, J., Sturm, W., Huber, W. & Willmes-von Hinckeldey, K. (2002). Functional networks of auditory selective attention. *Neuroimage*, 14, 640.
- Schönle, P. W. & Stemmer, B. (2000). *Neurologische Rehabilitation in den Phasen B, C, D und E. Praxis und Prognose*. Bad Honnef: Hippocampus Verlag.
- Schröger, E. (1996). The influence of stimulus intensity and inter-stimulus interval on the detection of pitch and loudness changes. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 100, 517-526.
- Schröger, E. (1997). On the detection of auditory deviations: A pre-attentive activation model. *Psychophysiology*, 34, 245-257.
- Schröger, E., Kaernbach, C. & Schönwieser, M. (2002). Auditive Wahrnehmung und multisensorische Verarbeitung. In: J. Müsseler & W. Prinz (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Verlag, S. 66-117.
- Scott, S. K. & Johnsrude, I. S. (2003). The neuroanatomical and functional organization of speech perception. *Trends in Neuroscience*, 26, 100-107.
- Shallice, T. (1988). *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shiffrin, R. M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing. II. Perceptual learning automatic attending and general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Shisler, R. J., Gore, C. L. & Baylis, G. C. (2004). Auditory extinction: the effect of stimulus similarity and task requirements. *Neuropsychologia*, 42, 836-46.
- Shulman, G. L., Ollinger, J. M., Linenweber, M., Petersen, S. E. & Corbetta, M. (2001). Multiple neural correlates of detection in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 98, 313-318.
- Sinnett, S., Juncadella, M., Rafal, R., Azanon, E. & Soto-Faraco, S. (2006). A dissociation between visual and auditory hemi-inattention: Evidence from temporal order judgments.

Neuropsychologia, 45, 552-560.

- Sohn, M. H., Ursu, S., Anderson, J. R. Stenger, V. A. & Carter, C. S. (2000). The role of prefrontal cortex and posterior parietal cortex in task switching. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 97, 13448-13453.
- Soroker, N., Calamaro, N. & Myslobodsky, M. S. (1995a). Ventriloquist effect reinstates responsiveness to auditory stimuli in ignored space in patients with hemispatial neglect. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17, 243-255.
- Soroker, N., Calamaro, N. & Myslobodsky, M. S. (1995b). McGurk illusion to bilateral administration of sensory stimuli in patients with hemispatial neglect. *Neuropsychologia*, 33, 461-470.
- Soroker, N., Calamaro, N., Glicksohn, J. & Myslobodsky, M. S. (1997). Auditory inattention in right-hemisphere-damaged patients with and without visual neglect. *Neuropsychologia*, 35, 249-256.
- Sparks, R. & Geschwind, N. (1968). Dichotic listening in man after section of neocortical commissures. *Cortex*, 4, 3-16.
- Sparks, R. Goodglass, H. & Nickel, B. (1970). Ipsilateral versus contralateral extinction in dichotic listening resulting from hemisphere lesion. *Cortex*, 6, 249-260.
- Spence, C. & Driver, J. (1994). Covert spatial orienting in audition: Exogenous and endogenous mechanisms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 555-574.
- Spence, C. & Driver, J. (1996). Audiovisual links in endogenous covert spatial attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 1005-1030.
- Stein, B. E. & Meredith, M. A. (1993). *The Merging of the Senses*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sterzi, R., Piacentini, S., Polimeni, M., Liverani, F. & Bisiach, E. (1996). Perceptual and premotor components of unilateral auditory neglect. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 2, 419-425.
- Stone, S. P., Halligan, P. W. & Greenwood, R. J. (1993). The incidence of neglect phenomena and related disorders in patients with an acute right or left hemisphere stroke. *Age and Ageing*, 22, 46-52.
- Stone, S. P., Halligan, P. W., Marshall, J. C. & Greenwood, R. J. (1998). Unilateral neglect: A common but heterogeneous syndrome. *Neurology*, 50, 1902-1905.
- Stone, S. P., Wilson, B., Wroot, A. Halligan, P. W., Lange, L. S., Marshall, J. C. & Greenwood, R. J. (1991). The assessment of visuospatial neglect after acute stroke. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 54, 345-350.
- Storrie-Baker, J. J., Segalowitz, S. J., Black, S. E., McLean, J. A. & Sullivan, N. (1997). Improvement of hemispatial neglect with cold-water calorics: an electrophysiological test of the arousal hypothesis of neglect. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3, 394-402.
- Stricanne, B., Andersen, R. A. & Mazzoni, P. (1996). Eye-centered, head-centered and

- intermediate coding of remembered sound locations in area LIP. *Journal of Neurophysiology*, 76, 2071-2076.
- Sturm, W. (2005). *Aufmerksamkeitsstörungen*. Göttingen: Hogrefe Verlag.
- Sturm, W. & Willmes, K. (2001). On the functional neuroanatomy of intrinsic and phasic alertness. *Neuroimage*, 14, 76-84.
- Sturm W., Thimm M., Küst J., Karbe H. & Fink G. R. (2006). Alertness-training in neglect: behavioral and imaging results. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 24, 371-84.
- Sturm, W., DeSimone, A., Krause, B., Specht, K., Hesselmann, V., Radermacher, I., Herzog, H., Tellmann, L., Müller-Gärtner, H. W. & Willmes, K. (1999). Functional anatomy of intrinsic alertness: Evidence for a fronto-parietal-thalamic-brainstem network in the right hemisphere. *Neuropsychologia*, 37, 797-805.
- Styles, E. A. (1997). *The Psychology of Attention*. East Sussex: Psychology Press.
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J. & John, E. R. (1965). Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150, 1187-1188.
- Tanaka, H., Hachisuka, K & Ogata, H. (1999). Sound lateralisation in patients with left or right cerebral hemispheric lesions: Relation with unilateral spatial neglect. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 67, 481-486.
- Tegner, R. & Levander, M. (1991). Through a looking glass. A new technique to demonstrate directional hypokinesia in unilateral neglect. *Brain*, 114, 1943-1951.
- Treisman, A. (1964). Selective attention in man. *British Medical Bulletin*, 20, 12-16.
- Treisman, A. & Geffen, G. (1967). Selective attention: Perception or response? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19, 1-18.
- Ungeleider, L. G. & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In: D. J. Ingle, M. A. Goodale & R. J. W. Mansfield (Hrsg.), *Analysis of Visual Behavior*. Cambridge, MA: MIT Press, S. 549-586.
- Vallar, G. (1993). The anatomical basis of spatial hemineglect in humans. In: I. H. Robertson & J. C. Marshall (Hrsg.), *Unilateral Neglect: Clinical and Experimental Studies*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates, S. 27-59.
- Vallar, G. (1998). Spatial hemineglect in humans. *Trends in Cognitive Science*, 2, 87-96.
- Vallar, G. (2001). Extrapersonal visual unilateral spatial neglect and its neuroanatomy. *Neuroimage*, 14, 52-58.
- Vallar, G. & Perani, D. (1986). The anatomy of unilateral neglect after right-hemisphere stroke lesion: A clinical/ CT correlation study in man. *Neuropsychologia*, 24, 609-622.
- Vallar, G., Guariglia, C., Nico, D. & Bisiach, E. (1995). Spatial hemineglect in back space. *Brain*, 118, 467-471.
- Vallar, G., Rusconi, M.L., Bignamini, L., Geminiani, G. & Perani, D. (1994). Anatomical correlates of visual and tactile extinction in humans: a clinical and CT scan study. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 57, 464-470.

- Ventre, J., Flandrin, J. M. & Jeannerod, M. (1984). In search of the egocentric reference: A neurophysiological hypothesis. *Neuropsychologia*, 22, 797-806.
- Volpe, B. T., LeDoux, J. E. & Gazzaniga, M. S. (1979). Information processing of stimuli in an "extinguished" visual field. *Nature*, 282, 722-724.
- Voss, H. & Herlinger, R. (1986). *Taschenbuch der Anatomie, Band 3* (17. Auflage). Jena: Gustav Fischer Verlag.
- Vuilleumier, P. & Rafal, R. (1999). Both means more than two: Localizing and counting in patients with visuo-spatial neglect. *Nature Neuroscience*, 2, 783-784.
- Vuilleumier, P. & Rafal, R. (2000). A systematic study of visual extinction. Between- and within-field deficits of attention in hemispatial neglect. *Brain*, 123, 1263-1279.
- Wallace, M. T., Meredith, M. A. & Stein, B. E. (1993). Converging influences from visual, auditory, and somatosensory cortices onto output neurons of the superior colliculus. *Journal of Neurophysiology*, 69, 1797-17809.
- Ward, L. M., McDonald, J. J. & Lin, D. (2000). On asymmetries in cross-modal spatial attention orienting. *Perception and Psychophysics*, 62, 1258-1264.
- Warren, D. H. (1970). Intermodality interactions in spatial localization. *Cognitive Psychology*, 1, 114-133.
- Watson, R. T., Miller, B. D. & Heilman, K. M. (1978). Nonsensory neglect. *Annals of Neurology*, 3, 505-508.
- Weeks, R. A., Aziz-Sultan, A., Bushara, K. O., Tian, B., Wessinger, C. M., Dang, N., Rauschecker, J. P. & Hallett, M. (1999). A PET study of human auditory spatial processing. *Neuroscience Letters*, 262, 155-158.
- Weinstein, E. A. (1994). Hemineglect and extinction. *Neuropsychological Rehabilitation*, 4, 221-224.
- Weintraub, S. & Mesulam, M. M. (1985). Mental state assessment of young and elderly adults in behavioural neurology. In: M. M. Mesulam (Hrsg.), *Principles of Behavioral Neurology*. Philadelphia: FA Davis, S. 71-123.
- Welford, A.T. (1952). The psychological refractory period and the timing of high speed performance: A review and a theory. *British Journal of Psychology*, 43, 2-19.
- Wester, K., Irvine, D. R. & Hugdahl, K. (2001). Auditory laterality and attentional deficits after thalamic haemorrhage. *Journal of Neurology*, 248, 676-83.
- Wilson, B., Cockburn, J. & Halligan, P. (1987). Development of a behavioral test of visuospatial neglect. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 68, 98-102.
- Woldorff, M. G., Tempelmann, C., Fell, J., Tegeler, C., Gaschler-Markefski, B., Hinrichs, H., Heinze, H. J. & Scheich, H. (1999). Lateralized auditory spatial perception and the contralaterality of cortical processing as studied with functional magnetic resonance imaging and magnetoencephalography. *Human Brain Mapping*, 7, 49-66.
- Yin, T. C. T., & Kuwada, S. (1984). Neural mechanism of binaural interaction. In: G. M. Edleman,

W. E. Gall & W. M. Cowan (Hrsg.), *Dynamic Aspects of Neurocortical Function*. Rockville, MD: Neurosciences Research Found, Wiley, S. 263-313.

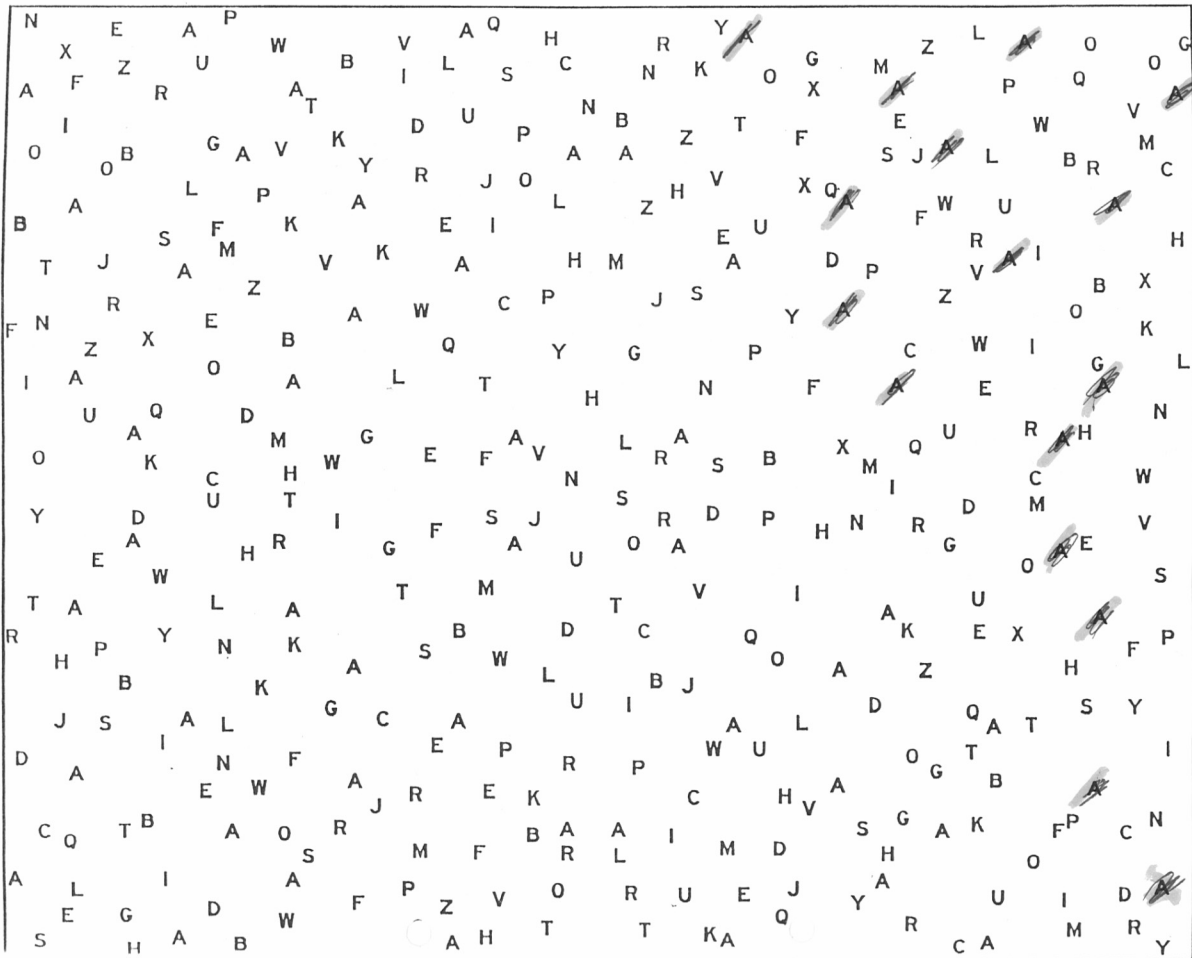
Yantis, S. & Jonides, J. (1990). Abrupt visual onsets and selective attention: Voluntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 121-34.

Zackon, D. H., Casson, E. J., Zafar, A., Stelmach, L. & Racette, L. (1999). The temporal order judgment paradigm: Subcortical attentional contribution under exogenous and endogenous cueing conditions. *Neuropsychologia*, 37, 511-520.

Zatorre, R. J., Bouffard, M., Ahad, P. & Belin, P. (2002). Where is 'where' in the human auditory cortex? *Nature Neuroscience*, 5, 905-909.

Anhang

Anhang 1: Beispiel für ein Testergebnis im Durchstreichtest



Beispiel eines Testergebnisses im Durchstreichtest für einen Patienten mit visuell-räumlichem Neglect, der alle linksseitigen und eine große Anzahl rechtsseitiger Zielreize verpasst.

Anhang 2: Beispiel für ein Testergebnis im Abzeichentest



Beispiel eines Testergebnisses im Abzeichentest für einen Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt, mit fehlenden linksseitigen Details und Verzerrungen.

Lebenslauf

Gundhild Leifert-Fiebach

geboren am: 17. Februar 1969 in Dortmund

Nationalität: Deutsch

Familienstand: verheiratet, drei Kinder

Ausbildung:

1988 Abitur am Goethe-Gymnasium, Dortmund
1989 – 1996 Studium der Psychologie (Diplom) an der Universität Koblenz-Landau,
Abteilung Landau; Nebenfach Sonderpädagogik
Dezember 1995 Diplom in Psychologie
September 2001 Akkreditierung als Klinische Neuropsychologin (GNP/DGNKN)
Oktober 2003 Zertifizierung in der Fachkunde der Verhaltenstherapie

Berufstätigkeit:

5/1996 – 12/1996 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Medizinische Psychologie der
Ludwigs-Maximilians-Universität München
1997 – 1998 Neuropsychologin an der Edith-Stein-Fachklinik, Klinik für neurologische und
orthopädische Rehabilitation, Bad Bergzabern
1999 – 2005 Neuropsychologin am Neurologischen Rehabilitationszentrum
Leipzig-Bennewitz
seit Mai 2006 Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Arbeitsgruppe Neurokognition und
Kognitive Neurologie, Neurologische Universitätsklinik Heidelberg
und Kliniken Schmieder Speyererhof, Heidelberg

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit ohne unzulängliche Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt wurde. Aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommene Gedanken in der Arbeit wurden als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit und ihre Bestandteile wurden nicht für eine anderweitige Prüfung eingereicht.

Heidelberg, den 31. Januar 2008

Dipl.-Psych. Gundhild Leifert-Fiebach