

Humboldt-Universität zu Berlin

Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät II

Institut für Psychologie

Lehrstuhl für Klinische Psychologie

DIPLOMARBEIT

Stabilität der Fused Rhymed Words Test- Versionen FW10b und FW12k gegenüber Auf- merksamkeitsfaktoren bei Epilepsiepatienten

vorgelegt von:

Sonja Weller

am 31.03.2005

Betreuer: 1. Dr. Heinz Hättig (Epilepsiezentrum Berlin)
 2. Prof. Dr. Norbert Kathmann (Lehrstuhl für Klinische Psychologie)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mich bei der Erstellung meiner Diplomarbeit auf verschiedene Weise unterstützt haben.

Die Fragestellung dieser Arbeit leitete sich aus der Dissertation meines Diplomarbeitbetreuers Herrn Dr. Hättig ab, der die hier untersuchten dichotischen Hörtests FW10b und FW12k entwickelt hat. Für seine umfangreiche Beratung und Betreuung, auf die ich jederzeit zählen konnte, wie auch für das mir entgegengebrachte Vertrauen in eigene Ideen danke ich ihm sehr. Er hat mir auf diese Weise die Gelegenheit gegeben, viel aus der Bearbeitung des Themas zu lernen.

Herr Prof. Dr. Kathmann hat mir die Bearbeitung dieses Themas ermöglicht und die Erstellung des zweiten Gutachtens übernommen. Darüber hinaus habe ich die Teilnahme an dem von ihm geleiteten Diplomanden-Kolloquium als sehr hilfreich im Hinblick auf die Versuchsplanung erlebt.

Bei Frau Gabriele Liefke, der die Organisation und Durchführung der standardisierten neuropsychologischen Diagnostik im Epilepsiezentrum obliegt, möchte ich mich ebenfalls bedanken. Sie informierte mich umfassend über die von ihr erhobenen Untersuchungsdaten und half mir bei der Auswahl geeigneter Kandidaten für meine Studie.

Darüber hinaus danke ich allen Patienten des Epilepsiezentrum Berlin, die an dieser Untersuchung teilgenommen haben.

1	EINLEITUNG	1
2	THEORIE	3
2.1	Epilepsien.....	3
2.1.1	Klassifikation der Epilepsien	3
2.1.2	Epilepsiechirurgische Behandlung und Lateralisationsdiagnostik.....	4
2.2	Dichotisches Hören	6
2.2.1	Entwicklung der Methode.....	6
2.2.2	Erklärungsmodelle dichotischen Hörens	7
2.2.3	Darbietungsmethoden und Stimulusmaterial	10
2.2.4	Testkonzept des amerikanischen FRWT.....	13
2.2.5	Entwicklung und Aufbau der deutschsprachigen FRWT-Versionen.....	15
2.2.6	Validität des FRWT.....	18
2.2.7	Reliabilität des FRWT	19
2.3	Aufmerksamkeit	20
2.3.1	Komponenten der Aufmerksamkeit.....	20
2.3.2	Auditive Aufmerksamkeit.....	21
2.3.3	Aufmerksamkeit und Epilepsie	23
2.4	Aufmerksamkeitseffekte in dichotischen Hörtests	24
2.4.1	Untersuchungsmethoden.....	24
2.4.2	Aufmerksamkeitseffekte und Stimulusmaterial	27
2.4.3	Grundlagen der Aufmerksamkeitseffekte	29
2.4.4	Einflussfaktoren Alter und Geschlecht	31
3	FRAGESTELLUNG UND HYPOTHESEN	32
3.1	Fragestellung.....	32
3.2	Hypothesen.....	33
3.2.1	Experiment A: Differenzierung dichotisch versus binaural	33
3.2.2	Experiment B: Aufmerksamkeitseinflüsse auf FW10b und FW12k.....	34
3.2.3	Zusammenhang von „fused words“ und Aufmerksamkeitseffekten.....	34
4	METHODEN.....	36
4.1	Erhebung der Stichprobe.....	36
4.2	Soziodemographische Merkmale der Stichprobe.....	37
4.2.1	Lebensalter und Geschlecht	37
4.2.2	Intelligenz und Bildungsstand.....	38
4.3	Epilepsiebezogene Merkmale der Stichprobe.....	40
4.3.1	Erstmanifestationsalter und Epilepsiedauer	40
4.3.2	Hirntopographisches Gebiet.....	41
4.3.3	Temporo-mesiale und temporo-laterale Läsionen	42

4.3.4	Fokuslateralisation	44
4.4	Händigkeit.....	45
4.5	Selektive Aufmerksamkeit (TAP).....	45
4.6	Versuchsplan.....	46
4.6.1	Experiment A: Differenzierung dichotisch versus binaural	46
4.6.2	Experiment B: Aufmerksamkeitseinflüsse auf FW10b und FW12k.....	47
4.7	Material.....	48
4.7.1	Dichotischer Hörtest FW10b.....	48
4.7.2	Dichotischer Hörtest FW12k.....	49
4.7.3	Dichotisch-binaurale Itemserien.....	49
4.8	Geräte.....	51
4.9	Versuchsdurchführung.....	51
4.10	Instruktion	54
4.10.1	FW10b und FW12k unter Aufmerksamkeitsinstruktion	54
4.10.2	Dichotisch-binaurale Itemserien.....	54
5	ERGEBNISSE.....	56
5.1	Sprachlateralisierung: Lambdawerte im FW12k und Händigkeit	56
5.2	Experiment A: Wahrnehmung von „fused words“	58
5.2.1	Hypothese A1: Unterscheidung binauraler und dichotischer Items.....	58
5.2.2	Hypothese A2: Unterscheidung „binaural-dichotisch“ auf Itemebene	64
5.3	Experiment B: Aufmerksamkeitseinflüsse auf FW10b und FW12k.....	65
5.3.1	Hypothese B1: Einfluss von Aufmerksamkeitsinstruktionen.....	65
5.3.2	Hypothese B2: Instruktionen und selektive Aufmerksamkeit	73
5.4	Zusammenhang von „fused words“ und Aufmerksamkeitseffekten.....	75
5.5	Weitere Zusammenhänge	76
6	DISKUSSION.....	78
6.1	Experiment A: Wahrnehmung von „fused words“	78
6.2	Experiment B: Aufmerksamkeitseinflüsse auf FW10b und FW12k.....	79
6.3	Zusammenhang von „fused words“ und Aufmerksamkeitseffekten.....	80
6.4	Zusammenfassende Bewertung	80
7	ZUSAMMENFASSUNG	82
8	LITERATURVERZEICHNIS	84
9	ANHANG	93

Abbildungen

Abbildung 1: Zustandekommen von Stimulusdominanz und Ohrdominanz.....	15
Abbildung 2: Lebensalter in Abhängigkeit vom Geschlecht	37
Abbildung 3: IQ in Abhängigkeit vom Geschlecht.....	39
Abbildung 4: Häufigkeiten der Bildungsabschlüsse	40
Abbildung 5: Histogramm selektive Aufmerksamkeit.....	46
Abbildung 6: zLambda-Werte, Kategorien Sprache links, bilateral, rechts	57
Abbildung 7: zLambda-Werte, Sprachlateralisations-Kategorien und Händigkeit	58
Abbildung 8: Mittlere korrekte Antworten nach Itemserie und Präsentationsform.....	60
Abbildung 9: Binaural-dichotische Tests; Anzahl korrekt gelöster Items je Individuum	62
Abbildung 10: Interaktion Test x Präsentationsform	63
Abbildung 11: Mittlere korrekte Antworten nach Itemserie, Wortpaar und Präsentationsform...	64
Abbildung 12: FW10b: Interaktion einfache Ohrpunkte x Instruktion.....	67
Abbildung 13: FW12k: Interaktion einfache Ohrpunkte x Instruktion.....	69
Abbildung 14: Boxplot einfache Ohrpunkte (%), 3 Instruktionen, FW10b und FW12k	71
Abbildung 15: Scatterplot „Diskrimination – Differenz-eROP“	76

Tabellen

Tabelle 1: Lebensalter bei Männern, Frauen und Gesamt.....	37
Tabelle 2: Ergebnisse der Intelligenztests WST, LPS-K und Raven	38
Tabelle 3: Erstmanifestationsalter.....	40
Tabelle 4: Epilepsiedauer	41
Tabelle 5: Hirntopographische Lokalisation nach EEG, MRT und Gesamtbewertung	42
Tabelle 6: Häufigkeit mesialer und lateraler Läsionen nach Geschlecht	43
Tabelle 7: Temporale Pathologie und Anfallsursprung	44
Tabelle 8: Fokuslateralisation nach EEG, MRT und Gesamtbewertung.....	44
Tabelle 9: Verteilung der Lateralisationsquotienten.....	45
Tabelle 10: Untersuchungsdesign zur Wahrnehmung von „fused words“.....	47
Tabelle 11: Untersuchungsdesign zum Einfluss von Aufmerksamkeitsfaktoren	48
Tabelle 12: Zusammensetzung der dichotisch-binauralen Itemserien.....	50
Tabelle 13: Beispiel für die vier Darbietungsvarianten des Itempaares „Topf-Kopf“	50
Tabelle 14: Untersuchungsablauf	52
Tabelle 15: Randomisierungen der Tests mit Aufmerksamkeitsinstruktion.....	53
Tabelle 16: Randomisierung der dichotisch-binauralen Itemserien	53
Tabelle 17: Versuchspersonen-Gruppen.....	59
Tabelle 18: Deskriptive Daten nach Präsentationsform und Itemserie	61
Tabelle 19: Levene-Test, Varianzhomogenität der binauralen Präsentationen.....	62
Tabelle 20: Deskriptive Daten FW10b; eLOP u. eROP, 3 Aufmerksamkeitsbedingungen	67
Tabelle 21: FW10b, Mauchly-Sphärizitäts-Test.....	68
Tabelle 22: Deskriptive Daten FW12k, eLOP und eROP, 3 Aufmerksamkeitsbedingungen	69
Tabelle 23: FW12k, Mauchly-Sphärizitäts-Test	70
Tabelle 24: Mittlere Ohrpunkte in Prozent nach Test und Instruktion.....	72
Tabelle 25: Mauchly-Sphärizitäts-Test; Korrektur nach Greenhouse-Geisser	73
Tabelle 26: Mittlere einfache Ohrpunkte in Prozent nach Test und Testreihenfolge	73
Tabelle 27: Spearman's ρ für selektive Aufmerksamkeit und Differenz-Werte	74

1 Einleitung

Im Rahmen der prächirurgischen Diagnostik von Epilepsiepatienten spielt die Feststellung der Sprachlateralisierung eine wichtige Rolle. Ein häufig genutztes Verfahren stellt der Wada-Test dar, der aber aufgrund seiner Invasivität ein belastendes Ereignis für den Patienten bedeutet. Daher steigt der Stellenwert der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT), vor deren Einsatz dichotische Hörtests als Screening für die Beteiligung der rechten Hemisphäre an der Sprachlateralisierung Verwendung finden.

Seit den ersten Untersuchungen Kimuras (1961a, 1961b), die entdeckte, dass die simultane auditive Darbietung zweier verbaler Stimuli bei Personen mit einer linksseitigen Sprachlateralisierung gehäuft zu einem Rechtsohrvorteil führt, wurden zahllose Untersuchungen mit unterschiedlichem dichotischen Material durchgeführt. Als besonders geeignet zur Erfassung der Sprachlateralisierung hat sich der amerikanische Fused Rhymed Words Test (FRWT) erwiesen, der aus synchronisierten Reimwörtern besteht. Um dieses Verfahren auch im deutschen Sprachraum zugänglich zu machen, wurden im Epilepsiezentrum Berlin zwei deutschsprachige FRWT-Versionen entwickelt. Dabei handelt es sich um den Erwachsenentest FW10b und den ursprünglich speziell für Kinder und lernbehinderte Analphabeten entwickelten FW12k. Beide Tests werden seit einigen Jahren im Epilepsiezentrum als Teil des Instrumentariums zur prächirurgischen Sprachlateralisationsdiagnostik eingesetzt und wurden erfolgreich im Hinblick auf ihre Reliabilität und Validität untersucht.

Das Zustandekommen eines Ohrvorteils in einem dichotischen Verfahren wird heute als das Resultat zweier unterschiedlicher Informationsverarbeitungsprozesse betrachtet. Hugdahl (2003) bezeichnet automatisch ablaufende Prozesse, die durch anatomische Gegebenheiten wie die Sprachlateralisation ermöglicht werden, als Bottom-up-Prozesse. Top-down-Prozesse finden z.B. statt, wenn der Proband seine Aufmerksamkeit selektiv auf einen Kanal richtet. Die Schwierigkeit besteht darin, zu bestimmen, inwieweit ein Ohrvorteil tatsächlich das Ergebnis eines Verarbeitungsvorteils durch die sprachdominante Hemi-

sphäre ist oder ob Aufmerksamkeitseinflüsse einen wesentlichen Anteil daran haben. Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurden in der Literatur im Wesentlichen zwei Paradigmen verwendet. Das „Forced Attention“-Paradigma nutzt Instruktionen, mit denen die Probanden dazu aufgefordert werden, ihre Aufmerksamkeit gezielt dem rechten bzw. dem linken Ohr zuzuwenden. Das „Stimulus Onset Asynchrony“ (SOA)-Paradigma benutzt einen Ton-Cue, der dem Probanden vor jedem Trial auf das zu fokussierende Ohr eingespielt wird. Beide Paradigmen wurden bisher vorrangig auf dichotische Silbentests angewandt, die sich als sehr anfällig gegenüber Aufmerksamkeitseinflüssen erwiesen haben. Eine vergleichende Studie zeigte, dass sich der amerikanische FRWT in weit geringerem Ausmaß durch Aufmerksamkeitsfaktoren beeinflussen lässt, als dies von Silbentests bekannt ist (Asbjornsen & Bryden, 1995). Für die beiden deutschsprachigen FRWT-Versionen steht eine solche Überprüfung bislang aus. Daher soll in der vorliegenden Arbeit geprüft werden, inwieweit sich die Testergebnisse der beiden dichotischen Hörtests FW10b und FW12k durch Aufmerksamkeitsfaktoren beeinflussen lassen. Diese Fragestellung wurde in Experiment A mit dem „Forced Attention“-Paradigma“ untersucht, das sich besonders zur Induktion volitionaler Aufmerksamkeit eignet, die hier von Interesse ist.

Möglicherweise lässt sich die Robustheit des amerikanischen FRWT gegenüber kognitiven Faktoren wie Aufmerksamkeitseinflüssen auf die besondere Art der Darbietung dieses Tests zurückführen. Die sich reimenden Wortpaare unterscheiden sich nur im ersten Konsonanten (z.B. Topf - Kopf) und es wird den Probanden suggeriert, dass sie nur ein Wort dargeboten bekämen. Auf diese Weise präsentierte Wortpaare haben häufig die Eigenschaft, als in der Mitte des Kopfes lokalisierte, verschmolzene Perzepte wahrgenommen zu werden. Es ist jedoch unbekannt, ob die dichotischen Items des FW10b und des FW12k als solche erkannt werden können. Experiment B widmet sich dieser Fragestellung unter Zuhilfenahme von zu diesem Zweck speziell entwickelten Itemserien aus dem Material der Hörtests FW10b und FW12k. Abschließend wird ein möglicher Zusammenhang zwischen den Testergebnissen aus Experiment A und B betrachtet.

2 Theorie

2.1 Epilepsien

Der Begriff „Epilepsien“ in der Mehrzahl verdeutlicht, dass es sich um eine heterogene Gruppe von Erkrankungen handelt, denen zudem unterschiedliche Ursachen zugrunde liegen. Ihnen gemeinsam sind wiederholte, nicht-provozierte epileptische Anfälle. Unter epileptischen Anfällen versteht man „die klinischen Manifestationen von exzessiven, hypersynchronen Entladungen von Nervenzellen des zerebralen Kortex“ (Baumgartner, 2001, S. 1).

Die Inzidenz der Epilepsien beträgt in den industrialisierten Ländern je nach Studie 24 bis 53 von 100.000 Personen pro Jahr. Etwa 30% der Patienten leiden unter einer chronischen Epilepsie, worunter Anfälle über mehr als fünf Jahre hinweg verstanden werden. In Verbindung mit einer geringen Mortalität ergibt sich eine Prävalenz von 0,5 bis 0,9%. Damit zählen die Epilepsien zu den häufigsten neurologischen Erkrankungen.

2.1.1 Klassifikation der Epilepsien

Bei der Diagnose einer Epilepsie ist die Unterscheidung zwischen epileptischem Anfall und Epilepsiesyndrom von großer Bedeutung. In die Diagnose eines Epilepsiesyndroms gehen über die Charakteristik der epileptischen Anfälle hinaus auch die Anamnese, EEG-Befunde und Ergebnisse bildgebender Verfahren ein.

Hier soll ein Überblick über eine gängige Klassifikation der Epilepsiesyndrome gegeben werden, die von der Internationalen Liga gegen Epilepsie erarbeitet wurde (Commission on Classification and Terminology of the International League against Epilepsy 1989).

Die Einteilung erfolgt im Wesentlichen anhand dreier Dimensionen. Zunächst wird zwischen fokalen und generalisierten Epilepsien unterschieden. Während bei den fokalen Epilepsien die Anfälle von einer umschriebenen Hirnregion ausgehen, umfassen die Anfälle bei generalisierter Epilepsie initial beide Hemi-

sphären. Fokale Anfälle können zwar ebenfalls generalisieren, allerdings erst sekundär. Eine Abgrenzung beider Anfallsarten ist oft schwierig, jedoch im Hinblick auf eine mögliche chirurgische Behandlung von großer Bedeutung.

Unter ätiologischen Aspekten wird zwischen idiopathischen, symptomatischen und kryptogenen Epilepsien unterschieden. Während man bei symptomatischer Ätiologie eine strukturelle Läsion wie z.B. Tumore oder Atrophien nachweisen kann, wird diese bei kryptogenen Epilepsien zwar vermutet, lässt sich aber mit bildgebenden Verfahren noch nicht zur Darstellung bringen. Eine genetische Grundlage wird bei idiopathischen Epilepsien unterstellt. Als dritte Dimension findet das Alter zu Beginn der Erkrankung Beachtung, beispielsweise das erstmalige Auftreten der Epilepsie im Neugeborenen- oder Schulalter.

Die symptomatischen und kryptogenen Epilepsien mit fokalen Anfällen werden des Weiteren nach der Lokalisation des Anfallsursprungs in Temporal-, Frontal-, Parietal- und Okzipitallappenepilepsien unterschieden. Temporallappenepilepsien (TLE), insbesondere solche mit mesialem Anfallsursprung im Hippocampus, stellen die häufigsten Epilepsiesyndrome dar (Baumgartner, 2001).

2.1.2 Epilepsiechirurgische Behandlung und Lateralisationsdiagnostik

Standardmäßig werden Epilepsien mit antiepileptischen Medikamenten behandelt. Erweist sich ein Patient als therapieresistent und handelt es sich um eine fokale Epilepsie, lohnt es sich, über die Möglichkeit einer chirurgischen Behandlung nachzudenken. Eine medikamentöse Therapieresistenz und gute Ergebnisse nach chirurgischer Behandlung weisen vor allem mesiale Temporallappenepilepsien, Epilepsien aufgrund von gutartigen Tumoren oder fokalen kortikalen Dysplasien auf, die daher einen Großteil der Fälle ausmachen (Baumgartner et al., 2002). Um die Risiken eines solchen Eingriffs möglichst gering zu halten, spielt die Seite der Sprachdominanz in der neuropsychologischen Diagnostik eine besondere Rolle.

2.1.2.1 Händigkeit

Einen ersten Hinweis auf die Hirnorganisation und die Sprachlateralisation vermittelt die Händigkeit, die z.B. über Händigkeitsfragebögen geprüft werden kann. Im Folgenden soll der populäre Begriff „linkshändig“ durch den Terminus „nondextral“ ersetzt werden, da das Ausmaß und der Ursprung der Nondextralität im Gegensatz zur Rechtshändigkeit sehr heterogen sind.

Etwa 95% der gesunden Rechtshänder weisen eine linksseitige Sprachdominanz auf, während dieser Anteil mit 70% bei den nondextralen Personen etwas geringer ausfällt (Rasmussen & Milner, 1977). Eine rechtshemisphärische Sprachdominanz findet man bei 15% der hirngesunden Nondexter, weitere 15% zeigen eine bilaterale Sprachrepräsentation.

Einer neueren Studie zufolge sind diese Zahlen für Epilepsiepatienten in Abhängigkeit von der Fokussseite zu modifizieren. Während in einer Stichprobe von 18 Patienten mit rechtsseitigem Anfallsursprung keine einzige Person eine atypische Sprachdominanz aufwies, zeigten 23% der 26 Personen mit linksseitigem Anfallsursprung eine rechtshemisphärische oder bilaterale Sprachrepräsentation. Alle untersuchten Personen waren Rechtshänder (Brazdil et al., 2003). Es ist anzunehmen, dass sich in solchen Befunden eine kortikale Reorganisation der Sprachfunktionen widerspiegelt.

2.1.2.2 Wada-Test

Da die Händigkeit zur Bestimmung der Sprachlateralisation nicht ausreicht, kommt klassischerweise der Wada-Test zur Anwendung, der von Juhn Wada (1960) entwickelt wurde. Dem Patienten wird das kurzzeitig wirksame Barbiturat Amobarbital in eine der beiden Arteria carotis interna injiziert, um die ipsilaterale Großhirnhemisphäre zu lähmen. Um den Wirkungseintritt zu überwachen, soll der Patient kurz vor Beginn der Injektion damit beginnen, laut zu zählen und die

Arme erhoben halten. Sobald das Amobarbital seine sedierende Wirkung zeigt, tritt eine kontralaterale Parese auf. Insbesondere bei zur sprachdominanten Seite ipsilateraler Injektion zeigt sich darüber hinaus ein Spracharrest. Die dann folgenden Sprachaufgaben sind nicht einheitlich festgelegt, was die Vergleichbarkeit verschiedener Studienergebnisse beeinträchtigt. Kurthen (1992) zufolge sollten möglichst viele derjenigen sprachlichen Teilfunktionen untersucht werden, die isoliert gestört sein können. Dazu gehören z.B. das Nachsprechen, Lesen und Benennen.

Der Wada-Test wird mit einer kurzen Pause nacheinander mit beiden Hemisphären durchgeführt. Aus dem Vergleich der Leistungen in den Sprachprüfungsaufgaben werden dann drei Dominanzmuster unterschieden, die linkshemisphärische, die rechtshemisphärische und die bilaterale Dominanz. Ein großer Nachteil dieses Verfahrens stellt seine Invasivität dar, weshalb großes Interesse an einer Kombination aus dichotischem Hörtest und fMRT besteht.

2.2 Dichotisches Hören

Als dichotisches Hören bezeichnet man eine Wahrnehmungssituation, in der einer Person gleichzeitig auf jedem der beiden Ohren ein anderer auditiver Reiz präsentiert wird. Wie sich früh gezeigt hat, eignen sich dichotische Hörtests als nicht-invasive Diagnose-Instrumente zur Feststellung der Sprachlateralisation. Dabei nutzt man die Beobachtung, dass Rechtshänder, deren Sprache in etwa 95% der Fälle linkslateralisiert ist, mehrheitlich einen Vorteil für die Verarbeitung sprachlicher Information vom rechten Ohr aufweisen. Diese Überlegenheit des rechten Ohres bezeichnet man als Rechtsohrvorteil.

2.2.1 Entwicklung der Methode

Die Ursprünge des dichotischen Hörens sind interessanterweise in der Aufmerksamkeitsforschung von Broadbent (1954) zu finden. Mit der dichotischen Darbietung von Ziffernfolgen versuchte er, die beruflichen Anforderungen an

Fluglotsen zu simulieren, die gleichzeitig mehrere Informationen über Objekte im Luftraum verarbeiten müssen.

Kimura (1961a) machte sich dieses Untersuchungsprinzip zu Nutze, als sie die Auswirkungen von Läsionen im Temporallappen auf die auditive Wahrnehmung bei Epilepsiepatienten untersuchte. Dabei stellte sie fest, dass Patienten mit linksseitiger Läsion Einbußen in der korrekten Wiedergabe der Ziffern auf dem zur Läsion kontralateralen Ohr erlitten, die nicht durch Aufmerksamkeitsdefizite begründet waren. Unabhängig von dem Ort ihrer Läsion wiesen darüber hinaus alle Untersuchungsgruppen einen Verarbeitungsvorteil des rechten Ohres auf, eine Beobachtung, die sie in einer zweiten Studie (Kimura, 1961b) untermauern konnte. In dieser Studie wurden die Testergebnisse im dichotischen Hören mit der anhand des Wada-Tests festgestellten Sprachlateralisation verglichen. Personen mit einer linksseitigen Sprachrepräsentation gaben mehr korrekte Ziffern vom rechten Ohr wieder, während sich bei rechtsseitiger Sprachdominanz der umgekehrte Effekt zeigte.

2.2.2 Erklärungsmodelle dichotischen Hörens

Es existieren zwei zentrale Erklärungsmodelle für das dichotische Hören, die unmittelbar miteinander konkurrieren. Das klassische strukturelle Modell von Kimura (1967) stellt die Grundlage für die Verwendung des dichotischen Hörens als Methode zur nicht-invasiven Prüfung der Sprachlateralisation dar. Mit dem Aufmerksamkeitsmodell von Kinsbourne (1970) wird eine alternative Erklärung für das Zustandekommen eines Rechtsohrvorteils bei linkslateralisierten Personen gegeben, die auf dynamische kognitive Prozesse abzielt.

2.2.2.1 Strukturtheorie

Kimuras Erklärungsansatz baut auf der Erkenntnis der Tierforschung auf (Rosenzweig, 1951), dass die kontralaterale Hörbahn faserreicher ist als die ipsilaterale. Während einer dichotischen, kompetitiven Hörsituation werden Kimura

zufolge die ipsilateralen Hörbahnen unterdrückt und verlieren damit an Bedeutung. Folglich gelangt die auditive Information jeweils direkter zur kontralateralen Hemisphäre. Da bei den meisten Menschen die linke Hemisphäre auf Sprachverarbeitung spezialisiert ist, wird die Information vom rechten Ohr schneller und korrekter verarbeitet (Kimura, 1967). Studien an Split-Brain-Patienten unterstützen die Vermutung, dass die ipsilateralen Hörbahnen während einer dichotischen Hörsituation unterdrückt werden. Wenn solche Patienten mit einem sprachdichotischen Hörtest konfrontiert werden, zeigen sie einen extremen Rechtsohrvorteil. Sie scheinen beim dichotischen Hören die Items auf dem linken Ohr überhaupt nicht wahrzunehmen, obwohl sie unilateral normal hören (Milner et al., 1968; Sparks & Geschwind, 1968; Springer & Gazzaniga, 1975; Zaidel, 1986). Wären die ipsilateralen Bahnen aktiv, dürfte es nicht zu einem solchen Wahrnehmungsverlust kommen. Diese Befunde führten darüber hinaus zu der Annahme, dass die in der rechten Hemisphäre ankommende Information zunächst das Corpus callosum passieren muss, um die sprachdominante linke Gehirnhälfte zu erreichen (Sidtis, 1988).

Exkurs: Binaurales Hören und räumliche Wahrnehmung

Eine besonders komplexe Leistung des auditorischen Systems stellt die räumliche Wahrnehmung dar. Die Voraussetzung für die Lokalisation der Schallquelle besteht in binauralem, also beidohrigem Hören. Beide Ohren empfangen dabei zwar denselben Schallreiz, das eine Ohr befindet sich jedoch näher an der Schallquelle als das andere, so dass der Schallreiz hier früher und intensiver ankommt. Diese Intensitäts- und Laufzeitdifferenzen sind es, die bei ansonsten identischem Schall zur Rekonstruktion der Position der Schallquelle im Raum verwendet werden. Der Vergleich des ipsilateralen und des kontralateralen Höreindrucks findet teilweise bereits an den Verschaltungen der afferenten Hörbahnen statt. Eine weitere Verarbeitung erfolgt im auditorischen Cortex, indem spezialisierte Neurone nur dann aktiviert werden, wenn sich die Schallquelle an einem bestimmten Ort befindet (Klinke, 1995).

Bei einer dichotischen Wahrnehmung fehlt dagegen die Ähnlichkeit bzw. Korreliertheit der beiden Höreindrücke, was einer Lokalisation der Schallquelle entgegensteht. Hättig (2004) stellte die Vermutung auf, dass das auditorische System in dieser Situation den Versuch einer Lokalisation aufgibt, indem es die Informationen der ipsilateralen Hörbahnen unterdrückt, ähnlich wie beim Schielen die Information eines Auges unterdrückt wird. Klinische Beobachtungen im Epilepsiezentrum Berlin weisen auf eine Abschwächung des Ohrvorteils in Anwesenheit von Raumgeräuschen hin. Möglicherweise versucht das auditorische System, die Raumgeräusche zu lokalisieren, wodurch die Hemmung der ipsilateralen Hörbahnen entfällt, da diese zur räumlichen Wahrnehmung benötigt werden. Schalllokalisierung und dichotischer Ohrvorteil schließen sich dieser Hypothese nach aus.

2.2.2.2 Aufmerksamkeitstheorie

Diese alternative Theorie zur Erklärung des Rechtsohrvorteils geht davon aus, dass die Erwartung eines sprachlichen Stimulus die linke Hemisphäre voraktiviert (Kinsbourne 1970). Demnach entsteht der Verarbeitungsvorteil nicht durch die morphologische Überlegenheit der kontralateralen gegenüber den ipsilateralen Hörbahnen, sondern durch eine Erhöhung des Arousal in der sprachverarbeitenden Hemisphäre. Die Erwartung eines nonverbalen Stimulus führt dementsprechend zu einer Aktivierung der rechten Hemisphäre. Darüber hinaus nimmt Kinsbourne an, dass durch die linkshemisphärische Aktivierung die Aufmerksamkeit auf das zur sprachverarbeitenden Hemisphäre kontralaterale Ohr gerichtet wird.

2.2.2.3 Vergleich beider Theorien

Es wurden zahlreiche Anstrengungen unternommen, das eine gegen das andere Modell zu testen. Für Kimuras Strukturtheorie sprechen die bereits beschriebenen frühen Beobachtungen, dass Split-Brain-Patienten Items auf dem zur sprachdominanten Seite ipsilateralen Ohr kaum wahrzunehmen schei-

nen. Auch Validierungsstudien, die den Wada-Test als Außenkriterium benutzen, weisen auf die Verwendbarkeit der Testergebnisse zur Bestimmung der Sprachlateralisation hin (Zatorre, 1989). Eine aktuelle Magnetenzephalographie-Studie vergleicht die Effekte der monauralen und der dichotischen Darbietung von Tönen verschiedener Frequenzen und Intensitäten auf auditorische evozierte magnetische Felder (Brancucci et al., 2004). Die Ergebnisse deuten auf eine neurophysiologische Inhibition der ipsilateralen durch die kontralateralen Hörbahnen hin, die erst auf dem Niveau des auditorischen Cortex stattfindet.

Ein früher Hinweis für die Beteiligung von Aufmerksamkeitsfaktoren am Rechtsohrvorteil stammt von Simon (1967). Den Probanden wurde in randomisierter Reihenfolge ein Ton auf eines der beiden Ohren gespielt. Normalerweise reagierten sie schneller, wenn der Ton dem rechten Ohr präsentiert wurde. Bekamen sie jedoch vor jedem Trial einen Hinweis darauf, auf welchem Ohr der Ton zu erwarten sei, gab es keine Reaktionszeit-Unterschiede mehr zwischen beiden Ohren. Spellacy & Blumstein (1970) wiesen nach, dass derselbe Stimulus zu einem Rechtsohrvorteil führt, wenn die Versuchspersonen einen verbalen Reiz erwarten, dagegen zu einem Linksohrvorteil, wenn sie einen nonverbalen Stimulus antizipierten. Weitere Studien zeigen, dass es den Probanden möglich ist, ihre Aufmerksamkeit gezielt auf ein Ohr zu richten und damit den Ohrvorteil zu modifizieren (z.B. Mondor, 1994; Asbjornsen & Bryden, 1995; Asbjornsen & Hugdahl, 1995). Diesem Aspekt soll aufgrund seiner großen praktischen Bedeutung im Abschnitt 2.4 gesondert nachgegangen werden.

An dieser Stelle bleibt festzuhalten, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt weder zwischen beiden Theorien entschieden werden kann noch dass diese alle Befunde erklären können (Jäncke et al., 2001).

2.2.3 Darbietungsmethoden und Stimulusmaterial

In den vielfältigen Studien zur Untersuchung der Sprachlateralisation wurde unterschiedlichstes Material in dichotischer Weise dargeboten. Dabei zeigte

sich, dass sprachliches Material zu robusten Rechtsohrvorteilen bei linkslateralierten Personen führt, während nicht-verbale Stimuli eine Überlegenheit des linken Ohres hervorrufen (Jäncke, 1992). Zum nonverbalen Material gehören z.B. Melodien, Umweltgeräusche und Morsesignale. Mittlerweile konnte mit Hilfe der Positronenemissionstomographie (PET) gezeigt werden, dass verbale dichotische Stimuli eine intensivere Aktivität im linken Temporallappen hervorrufen, während nonverbale Stimuli eine entsprechende Aktivierung im rechten Temporallappen induzieren (Hugdahl et al, 1999).

Da nonverbales Material kaum Eingang in die Entwicklung von dichotischen Hörtests zur Sprachlateralisation gefunden hat, sollen im Folgenden nur Klassen verbalen Stimulusmaterials näher beschrieben werden. Historisch teilweise eng verbunden mit der Wahl des Reizmaterials ist die jeweilige Präsentationsmethode, die daher kurz mit dargestellt wird.

2.2.3.1 Synchronisierte Zahlenreihen und die Listenmethode

Das von Broadbent (1954) entwickelte und von Kimura für ihre ersten Studien (1961a, 1961b) benutzte verbale Material bestand aus zwei verschiedenen Ziffernfolgen, die beiden Ohren gleichzeitig dargeboten wurden. Die Probanden hatten dann so viele Ziffern wie möglich wiederzugeben, wobei die Reihenfolge keine Rolle spielte. Die verwendete Darbietungsmethode bezeichnet man als Listenmethode, da Stimuluslisten präsentiert werden. Dieses Vorgehen führte zwar zu robusten Rechtsohrvorteilen, brachte jedoch eine Reihe von Interpretationsproblemen mit sich. Die meisten Probanden gaben zuerst die Ziffern des dominanten Ohres wieder und berichteten erst dann die Ziffern des nicht-dominanten Ohres. Da die Anzahl der dargebotenen Ziffern in vielen Fällen die Kurzzeit-Gedächtnisspanne der Probanden überstieg, wurden die Items des nicht-dominanten Ohres schon aus diesem Grund schlechter wiedergegeben. (Bryden, 1978 zitiert nach Bryden & Bulman-Fleming, 1994). Darüber hinaus waren die Ziffern nicht hinreichend gut synchronisiert, da die damals verfügbare Zwei-Kanal-Tonbandtechnik hierzu noch nicht in der Lage war. Wenn man im

Sinne der strukturalen Theorie davon ausgeht, dass ein Wettbewerb zwischen zwei ankommenden auditiven Stimuli die Voraussetzung für die Unterdrückung der ipsilateralen Hörbahnen darstellt, sind die Anforderungen an eine dichotische Hörsituation nicht erfüllt.

2.2.3.2 Synchronisierte Silben und die „single-pair“-Methode

Studdert-Kennedy und Shankweiler (1970) verwendeten die „single-pair“-Technik zur Darbietung des dichotischen Materials. Damit umgingen sie die Kurzzeitgedächtniseffekte der Listenmethode, da die Merkfähigkeit bei der unmittelbaren Wiedergabe einer paarweisen Präsentation weniger gefordert wird. Das Material durfte aber nicht zu leicht voneinander zu unterscheiden sein, um eine für die Bestimmung der Lateralisation hinreichende Fehlerquote zu erzielen. Die Autoren entwickelten aus diesem Grund Konsonant-Vokal-Konsonant-Silben (CVC-Silben), die sich jeweils nur in einem der drei Laute unterscheiden. Systematische Variationen führten zu der Beobachtung, dass sich der deutlichste Rechtsohrvorteil bei unterschiedlichen initialen Konsonanten einstellte. Dieses Konstruktionsprinzip wurde bei der Entwicklung weiteren verbalen Stimulusmaterials beibehalten, wie z.B. bei Konsonant-Vokal (CV)-Silbentests und Wörtertests.

Eine häufig verwendete Version des CV-Silbentests besteht aus sechs Silben, die sich nur in ihrem Anfangskonsonanten (b, d, g, p, t, k) unterscheiden. Diese wurden stets mit dem Vokal „a“ zusammengefügt und dann paarweise kombiniert, so dass sich 36 dichotische Paare ergeben. Die gleich lautenden Paare (z.B. ba – ba) sind darin enthalten und werden mit präsentiert, jedoch nicht ausgewertet. Insgesamt ergeben sich aus drei Präsentations-Durchgängen 108 Trials.

Jäncke et al. (1992) untersuchten die Intertest-Korrelation sieben verschiedener Hörtests, darunter fünf Silbentests. Nur bei 38 bis 77% der Versuchspersonen zeigte der Ohrvorteil bei einer Kombination zweier Tests die gleiche Richtung. Die Autoren sehen daher eine individuelle Diagnostik der Sprachdominanz durch die untersuchten Tests als nicht gerechtfertigt an.

2.2.3.3 Fused Rhymed Words Tests

Der erste Fused Rhymed Words Test wurde von Wexler und Halwes (1983) entwickelt. Ihr Ziel war es, die bis dahin häufig nicht zufrieden stellende Reliabilität und Validität früherer Tests zu erhöhen. Dabei bauen sie auf dem Konstruktionsprinzip eines dichotischen Hörtests von Johnson et al. (1977) auf, die fünf Paare sich reimender und sinnhafter Konsonant-Vokal-Konsonant (CVC) Wörter verwendeten und damit eine gute Test-Retest-Reliabilität von $r=.94$ erzielten. Ein zweites Konstruktionsprinzip entnahmen sie einer Arbeit von Halwes (1969), der feststellte, dass die gleichzeitige Darbietung zweier sich reimender und nur im Anfangskonsonanten verschiedener Wörter zu der Wahrnehmung eines einzigen, „verschmolzenen“ (engl.: fused) Höreindrucks führt.

2.2.4 Testkonzept des amerikanischen FRWT

Zur Konstruktion des amerikanischen FRWT wurden aus einem Pool von einsilbigen Hauptwörtern 15 sich reimende Wortpaare ausgewählt. Die beiden Wörter innerhalb eines Wortpaares weisen jeweils eine vergleichbare Auftretenshäufigkeit im amerikanischen Sprachgebrauch auf. Nach der Aufnahme der Wörter wurden diese digitalisiert und bearbeitet. Um eine Angleichung der Wortenden eines Wortpaares zu erreichen, wurde die Anfangssilbe eines der beiden Wörter mit der digitalen Kopie der Endung des Reimwortes zusammengefügt. Folglich unterscheiden sich beide Wörter nur im initialen Konsonanten voneinander. Diese Form der Bearbeitung sowie die genaue zeitliche Synchronisierung der Darbietung beider Stimuli führen dazu, dass die Probanden nur einen einzigen Höreindruck erwarten und wahrnehmen (Wechsler & Halwes, 1983). Diesen Effekt konnte auch Repp (1976) für synthetische, synchronisierte Silben nachweisen.

Der Wörterttest ist nun so konstruiert, dass in jedem Versuchsdurchgang alle 15 Wortpaare jeweils zweimal präsentiert werden, wobei sich die Orientierung der Wörter verändert. Einmal werden sie in der originalen Anordnung (o) präsentiert, ein anderes Mal in der umgekehrten Seiten-Zuordnung (u). Zum Beispiel

würde in der originalen Anordnung (o) des Wortpaares „goat –coat“ das Wort „goat“ dem linken und „coat“ dem rechten Ohr präsentiert. In der umgekehrten Anordnung (u) erfolgt die Darbietung von „goat“ auf dem rechten Ohr, „coat“ wird dem linken Ohr präsentiert. Benennt der Proband unter beiden Anordnungen dasselbe Wort, unabhängig davon, welchem Ohr es präsentiert wird, spricht man von Stimulusdominanz. Sie gibt keine Auskunft über die Seite der Sprachdominanz, weshalb ihr Anteil in einem dichotischen Hörtest möglichst gering gehalten werden sollte.

Diagnostisch von Interesse ist dagegen die Ohrdominanz, die vorliegt, wenn unter beiden Stimulusanordnungen das Wort von einem bestimmten Ohr genannt wird, unabhängig davon, welches Wort präsentiert wurde. Hierfür erhält der Proband einen Ohrpunkt, der entweder ein Rechtsohrpunkt (ROP) oder ein Linksohrpunkt (LOP) sein kann. Pro Wortpaar und Durchgang kann also jeweils ein Ohrdominanzpunkt erreicht werden. Der gesamte Test besteht aus 120 Trials, in denen insgesamt maximal 60 Ohrdominanzpunkte erzielt werden können (15 pro Durchgang mal vier Durchgänge). Abbildung 1 veranschaulicht das Zustandekommen von Ohr- und Stimulusdominanz.

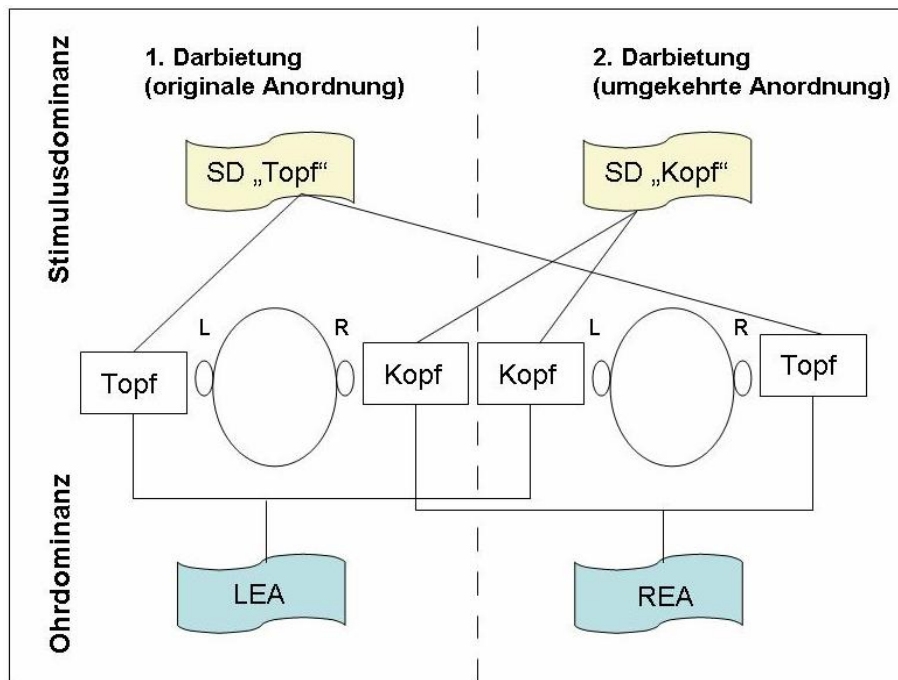


Abbildung 1: Zustandekommen von Stimulusdominanz und Ohrdominanz

Die beiden Präsentationen werden randomisiert mit anderen Wortpaaren dargeboten. Nennt die Person in beiden Darbietungen dasselbe Wort, handelt es sich um Stimulusdominanz (SD). Zeigt sie hingegen Ohrtreue, indem sie beide Male das Wort vom selben Ohr benennt, bezeichnet man dies als Ohrdominanz. LEA = Linksohrvorteil; REA = Rechtsohrvorteil.

2.2.5 Entwicklung und Aufbau der deutschsprachigen FRWT-Versionen

Bei der Entwicklung der deutschsprachigen FRWT-Versionen FW10b und FW12k wurde das grundlegende Testkonzept von Wexler und Halwes (1983) übernommen. Abweichend vom amerikanischen Original wurde jedoch bei beiden Tests eine Diskontinuität der Artikulations-Kontur in beiden Wörtern erzeugt. Wie bereits unter 2.2.4 beschrieben, wurde dort jeweils nur eines der beiden Wörter bearbeitet, um zwei identische Wortenden zu erzeugen. Aufgrund der Überlegung, dass dieser Bearbeitungsunterschied zwischen beiden Wörtern zu einer erleichterten Wahrnehmung des unbearbeiteten Wortes führt und damit Stimulusdominanz begünstigt, wurde bei den deutschsprachigen Tests das Wortende einem dritten Reimwort entnommen.

Eine zweite Veränderung betrifft die Kontrolle der Stimmhaftigkeit. Im Gegensatz zum amerikanischen FRWT wurden nur Wörter verpaart, die entweder

beide mit einem stimmhaften oder mit einem stimmlosen Konsonanten beginnen. Die bei stimmlosen Konsonanten längere Voice Onset Time stand im Verdacht, eine Stimulusdominanz des stimmlosen Wortes zu begünstigen, welche man vermeiden wollte (Hättig, 2000). Da sich die Erwartungen in der klinischen Erprobung des FW10b jedoch nicht erfüllten, wurde dieses Konstruktionsprinzip beim später entwickelten Kindertest FW12k wieder aufgegeben (Gothe, 1996).

2.2.5.1 Beschreibung des FW10b

Eine Vorläufer-Version dieses Tests stellt die Itemserie FW21A dar, die aus 21 Itempaaren besteht. Anhand einer Patientenstudie wurden die 10 am besten lateralisierenden Items des FW21A ausgewählt und zu einem neuen Test (FW10a) zusammengestellt (Beier, 1994). Weitere Untersuchungen von Debenner (1995) an gesunden Personen führten zu einer erneuten Itemselektion aus dem FW21A, woraus der FW10b entstand. Dieser weist eine um das 1.47-fache größere Lateralisierung im Vergleich zum FW10a auf und wurde daher als Standardtest im Epilepsiezentrum Berlin übernommen. Bei den Wörtern handelt es sich sowohl um gegenständliche als auch abstrakte Begriffe (z.B. Bier – Gier). Die Wortpaare werden über Kopfhörer am PC dargeboten. Im Anschluss an jede Präsentation erscheinen vier Wörter auf dem Monitor, darunter zwei Distraktoren. Die Auswahl des gehörten Wortes erfolgt über die Tastatur.

2.2.5.2 Beschreibung des FW12k

Der FW12k wurde explizit mit dem Ziel entwickelt, ihn zur Untersuchung von Kindern und lernbehinderten Analphabeten verwenden zu können. Daher wurden einfache Wörter mit einem hohen Bekanntheitsgrad ausgewählt. Um sie bildlich darstellen zu können, mussten gegenständliche Substantive benutzt werden. Unmittelbar nach jeder akustischen Präsentation werden die dazugehörigen Bilder den Kindern vorgelegt, die das gehörte Wort zeigen und benennen sollen (Gothe, 1996). Im Gegensatz zum FW10b fehlen darüber hinaus die

Distraktoren, so dass keine Fehler im Sinne der Benennung eines nicht präsentierten Wortes auftreten können. Ein weiterer Unterschied besteht in der unterschiedlichen Testlänge, die sich aus der Anzahl der Wortpaare multipliziert mit der Anzahl der Darbietungsformen und der Durchgänge ermitteln lässt. Während der FW10b aus 10 Wortpaaren und insgesamt 160 Items besteht ($10 \times 2 \times 8 = 160$), beinhaltet der FW12k 12 Wortpaare und die Präsentation von 144 Items ($12 \times 2 \times 6 = 144$).

2.2.5.3 Beurteilung der Testergebnisse: Der Lateralisationsindex Lambda

In der Literatur werden verschiedene Lateralisationsindizes beschrieben, welche die Differenz zwischen den Ohrpunkten unterschiedlich gewichten. Zur Bewertung des Testergebnisses wird für die beiden deutschsprachigen Wörtertests ein Lambda-Wert ermittelt. Hierzu wird der natürliche Logarithmus des Verhältnisses von Rechtsohrpunkten zu Linksohrpunkten berechnet: $\lambda = \ln(\text{ROP}/\text{LOP})$. Weist das Testergebnis keine Linksohrpunkte oder keine Rechtsohrpunkte aus, wird ersatzweise der Wert „1“ gewählt, da ansonsten keine Berechnung erfolgen könnte. Positive Lambda-Werte ergeben sich aus einem Rechtsohrvorteil, während negative Lambda-Werte aus einem Linksohrvorteil hervorgehen. Der Index Lambda hat Bryden & Sprott (1981) zufolge den Vorteil, dass seine Schätzfunktion annähernd normalverteilt ist, so dass sich für den z-Wert von Lambda ein Konfidenzintervall bestimmen lässt, innerhalb dessen der wahre Lambda-Wert mit einer definierten Sicherheit liegt. Für die Individualdiagnostik ist darüber hinaus die absolute Differenz der Ohrdominanzpunkte von Bedeutung. Hättig (2004) argumentiert, dass für den FW10b eine Differenz von 13 Ohrdominanzpunkten zwischen LOP und ROP erforderlich ist, um von einer gegenüber dem Zufall signifikanten Seitigkeit der Antworten ausgehen zu können. Darüber hinaus sollte das Verhältnis der Ohrdominanzpunkte mindestens 2:1 betragen, um eine Aussage über die Lateralisation vornehmen zu können.

2.2.6 Validität des FRWT

Wexler und Halwes (1983) erprobten den amerikanischen FRWT in Zusammenarbeit mit vier Forschungszentren, wodurch ihnen eine beachtliche Gruppengröße von 194 Rechtshändern und 175 Linkshändern im Alter von 15 bis 67 Jahren zur Verfügung stand. Bei 85% der Rechtshänder zeigte sich der erwartete Rechtsohrvorteil, während weitere 12% einen Linksohrvorteil aufwiesen und 3% links und rechts gleich viele Ohrpunkte erzielten. Unter den Nondextern fanden sich 29% mit einem Linksohrvorteil. Diese Zahlenverhältnisse befinden sich in Übereinstimmung mit Studienbefunden zur Lateralisation hirngeschädigter Patienten (z.B. Rasmussen & Milner, 1977).

Eine verbreitete Methode zur Validierung des dichotischen Hörtests ist die Verwendung des Wada-Tests als relevantes Außenkriterium. Zatorre (1989) untersuchte 61 erwachsene Epilepsiepatienten und fand eine Übereinstimmung von 94% zwischen den Wada-Kategorien links, rechts und beidseitig sowie dem Ergebnis im amerikanischen FRWT. Während der Hörtest insbesondere den Anteil der linkslateralisierten Personen gut aufzuklären vermag, bereitet die Identifizierung der bilateralen Lateralisierung Probleme.

In einer vergleichbaren Untersuchung der deutschen FW10b-Vorläuferversion FW21A an 23 epilepsiechirurgischen Patienten wurde eine Übereinstimmung von 91% erreicht (Beier, 1994). Eine Studie von Fernandes und Smith (2000) mit an Epilepsie erkrankten Kindern erbrachte vergleichbare Ergebnisse zu denen Zatorres. Während die im Wada-Test als bilateral klassifizierten Kinder im Gruppenmittel geringere Lambda-Werte aufwiesen als jene mit unilateral dominanter Sprache, waren die Werte auf individueller Ebene insbesondere kaum von jenen mit linkslateralisierter Sprache zu unterscheiden.

Auch wenn der Wada-Test in der klinischen Praxis als Standardmethode zur Feststellung der Sprachlateralisation anzusehen ist, weist er eine Reihe metho-

discher Probleme auf. Besonders relevant ist die Feststellung, dass der Wada-Test in erster Linie auf Sprachproduktion fokussiert, während der Hörtest die Lateralisation der Sprachrezeption zum Gegenstand hat.

Eine Alternative, die freilich aufgrund des hohen Aufwands vor allem im Rahmen von Forschungsanliegen zugänglich ist, stellt die funktionelle Magnetresonanztomographie dar. Der deutschsprachige FW10b konnte bereits mittels fMRT auf seine Validität untersucht werden. Im fMRT wurde die Aktivierung des inferioren frontalen Gyrus durch Wort-Klassifikations-Aufgaben untersucht. 33 von 34 gesunden Versuchspersonen konnten mit beiden Diagnoseinstrumenten übereinstimmend klassifiziert werden. Dies entspricht einer Übereinstimmung von 97% (Hund-Georgiadis et al., 2002).

2.2.7 Reliabilität des FRWT

Eine hohe Reliabilität stellt eine notwendige wenn auch nicht hinreichende Voraussetzung für die Validität eines jeden Tests dar. Die Studie von Wexler und Halwes (1983) untersuchte die Retest-Reliabilität des FRWT an einer kleinen Teilgruppe von 18 Personen. Es ergab sich ein akzeptabler Wert von $r=.85$. Hiscock et al. (2000) versuchten, die Reliabilität des amerikanischen FRWT durch eine Testverlängerung von 120 auf 480 Trials zu erhöhen. Mit der von $r=.85$ auf $r=.96$ verbesserten Reliabilität ging keine verbesserte Klassifikationsgenauigkeit einher. Die Autoren schlussfolgern, dass die insbesondere für eine bilaterale Sprachrepräsentation schlechte Validität nicht auf eine ungenügende Reliabilität zurückzuführen ist.

Die Retest-Reliabilität für den FW10b-Vorläufertest FW21a wurde in verschiedenen Studien untersucht. Die Wiederholung des Hörtests im Hormonzyklus von rechtshändigen Frauen mit oder ohne spontanen Zyklus zeigte in zwei Studien keinen wesentlichen Einfluss der Hormonlage. Es ergaben sich Retest-Korrelationen von $r=.65$ bis $r=.87$ für die Lambda-Werte. Die parallel dazu untersuchten Gruppen von männlichen Rechtshändern wiesen Korrelationen von $r=.65$ bis $r=.67$ auf (Debener, 1995; Friedrich, 1998). Die Retest-

Korrelationen für die Ohrpunkte fallen teilweise höher aus. Zusätzlich wurde die Paralleltest-Reliabilität zwischen den Itemserien FW12k und FW10b an 33 gesunden Personen untersucht. Es ergab sich eine Übereinstimmung der Lambda-Werte beider Tests von $r = .73$, die man als zufrieden stellend betrachten kann. In der Stärke ihrer Lateralisierung unterschieden sich die beiden Tests nicht voneinander (Hättig, 2004).

2.3 Aufmerksamkeit

Wie sich gezeigt hat, müssen Aufmerksamkeitsaspekte bei der Interpretation der Ergebnisse dichotischer Hörtests berücksichtigt werden. Im Folgenden wird zunächst referiert, welche Aufmerksamkeitskomponenten gegenwärtig unterschieden werden. Daran schließt sich die Darstellung der grundlegenden Theorien zur auditiven Aufmerksamkeit an. Ein weiterer Gesichtspunkt sind potenzielle Einschränkungen der Aufmerksamkeitsleistungen bei Epilepsiepatienten und ihre Ursachen.

2.3.1 Komponenten der Aufmerksamkeit

Lange Zeit bestand wenig Einigkeit im Hinblick auf die Unterscheidung einzelner Aufmerksamkeitskomponenten (Posner & Boies, 1971). Heute werden zumeist vier Aufmerksamkeitskomponenten unterschieden, an deren Leistungen jeweils unterschiedliche Hirnareale beteiligt sind (Posner & Rafal, 1987).

Unter Alertness versteht man den allgemeinen Aktiviertheitszustand, der weiter in die phasische und die tonische Alertness unterteilt wird. Die phasische Alertness gibt gegenüber der tonischen Alertness die Zunahme der Aktiviertheit durch einen Warnreiz an und stellt sich durch eine Verkürzung der Reaktionszeit in Testaufgaben dar. Von besonderer Bedeutung für die Alertness scheint die Funktionsfähigkeit der rechten Hemisphäre zu sein. Vor allem Läsionen im inferioren Parietallappen, dem dorsolateralen Frontalkortex und der Formatio reticularis beeinträchtigen die allgemeine Wachheit (Becker et al., 1996). Von

Vigilanz spricht man, wenn Aufgaben eine dauerhafte Aufmerksamkeit erfordern und es unter vielen irrelevanten Reizen nur wenige relevante Reize zu beachten gilt. Vigilanz ist eng verwandt mit Alertness und weist ebenfalls eine Asymmetrie zugunsten der rechten Hemisphäre auf (Heilman, 1995).

Selektive Aufmerksamkeit beinhaltet die Zuwendung zu relevanten Reizen und deren selektive Erfassung. Sowohl die Orientierungsreaktion auf einen Reiz hin als auch die Unterdrückung von Reaktionen auf irrelevante Reize spielen dabei eine große Rolle. Läsionsstudien weisen darauf hin, dass Schädigungen im Bereich der thalamischen Anteile der Formatio reticularis und des präfrontalen Cortex die selektive Aufmerksamkeit beeinträchtigen. Dabei scheinen insbesondere linkshemisphärische Läsionen die Leistungen in Wahlreaktionsaufgaben zu mindern (Becker et al., 1996).

Geteilte Aufmerksamkeit liegt vor, wenn eine Person mindestens zwei Reizquellen gleichzeitig beachten und auf relevante Reize teilweise simultan reagieren muss. Solche so genannten Dual-Task-Aufgaben werden gewählt, um die Grenzen der Informationsverarbeitungskapazität zu untersuchen (Sturm, 1990). Insbesondere frontale und präfrontale Cortexareale spielen hierbei eine wichtige Rolle (Corbetta et al., 1991).

2.3.2 Auditive Aufmerksamkeit

Eine klassische Arbeit zur auditiven, selektiven Aufmerksamkeit stammt von Broadbent (1954), der seinen Probanden in dichotischer Weise Ziffernlisten präsentierte (s. auch 2.2.1) In Broadbents „Split-Span“-Paradigma hat der Proband die Aufgabe, die Ziffern dieser Listen möglichst vollständig wiederzugeben. Es stellte sich heraus, dass bei der Wiedergabe die Reihenfolge der Ziffern eher nach der Ohrseite erfolgt als nach den dargebotenen Ziffernpaaren (z.B. 3 - 7). Aus diesen Beobachtungen und weiteren Befunden leitete Broadbent das sogenannte „Filtermodell“ ab. Demnach gelangen simultan dargebote-

ne Mitteilungen parallel in einen sensorischen Pufferspeicher. Von dort aus wird eine der beiden Mitteilungen aufgrund physikalischer Eigenschaften durch einen Filter geleitet und von einem System mit begrenzter Kapazität, dem „P-System“, weiterverarbeitet.

Dieses Modell früher Verarbeitung erfuhr durch Treisman (1960) eine Modifikation dahin gehend, dass Selektion nicht nur aufgrund der räumlichen Anordnung, sondern auch des Inhalts stattfinden kann. Sie postulierte die so genannte „Abschwächungstheorie“, der zufolge eine abgeschwächte Weiterleitung und Verarbeitung nicht beachteter Informationen möglich ist. Die Informationen durchlaufen hierarchisch aufgebaute Verarbeitungsstufen, wobei auf der ersten Stufe das physikalische Reizmuster, der zweiten Stufe Silben und schließlich Wörter analysiert werden. Wie viele dieser Stufen durchlaufen werden, hängt von der Komplexität der Reize und der Verarbeitungskapazität ab.

Während das Filtermodell und die Abschwächungstheorie eine frühe Selektion auf einer perzeptiven Stufe der Verarbeitung postulieren, nehmen Deutsch und Deutsch (1963) an, dass zunächst alle Reiz-Aspekte verarbeitet werden und die Selektion erst zu einem späten Zeitpunkt im Zusammenhang mit der Verhaltensreaktion stattfindet. Inzwischen geht man davon aus, dass die Frage danach, ob eine frühe oder späte Selektion stattfindet, nicht pauschal beantwortet werden kann, sondern von den jeweiligen Aufgabenanforderungen abhängt (z.B. Johnston & Heinz, 1978).

Nach den 80er Jahren ließ das Interesse an der auditiven Aufmerksamkeit nach und richtete sich stattdessen auf die visuelle Aufmerksamkeit, wobei es zwischen beiden Forschungsgebieten wenige Berührungspunkte gibt. Auch wichtige Diagnoseinstrumente wie die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (Zimmermann & Fimm, 1994) berücksichtigen nicht explizit die Unterscheidung visueller und auditiver Aufmerksamkeit, sondern orientieren sich an den unter 2.3.1 beschriebenen Komponenten der Aufmerksamkeit.

2.3.3 Aufmerksamkeit und Epilepsie

So vielfältig wie die Epilepsiesyndrome stellen sich auch die kognitiven Leistungsprofile der betroffenen Patienten dar. Während die meisten idiopathischen Epilepsien keine oder nur geringfügige Beeinträchtigungen verursachen, gehen symptomatische und kryptogene Epilepsien häufig mit fokalen Defiziten entsprechend der betroffenen Hirnareale einher (Elger et al., 2004). Weitere Risikofaktoren für kognitive Beeinträchtigungen bestehen im Vorliegen häufiger generalisierter Anfälle, einem frühen Anfallsbeginn sowie einer medikamentösen Polytherapie. Insgesamt weisen Epilepsie-Patienten am ehesten eine Störung der Daueraufmerksamkeit in Vigilanzaufgaben auf, während komplexe Aufmerksamkeitsfunktionen selten beeinträchtigt sind (Perrine & Kiolbasa, 1999).

Patienten mit einer Temporallappenepilepsie (TLE) lassen wegen der Beteiligung des temporolimbischen Systems und darunter vor allem der Hippocampusformation verminderte Leistungen des deklarativen Gedächtnisses erwarten, während Aufmerksamkeitsfunktionen nicht primär betroffen sein sollten (Helmstaedter et al., 2000). Frontallappenepilepsien (FLE) haben bisher wenige systematische Studien zur Untersuchung der kognitiven Leistungsfähigkeit angeregt. Aufgrund der sehr heterogenen Funktionen der einzelnen frontalen Areale lässt sich keine generelle Aussage über die zu erwartenden Beeinträchtigungen treffen.

Ein Vergleich der kognitiven Profile von Frontallappen- und Temporallappenepilepsien ergab Unterschiede in den Faktoren „motorische Koordination“ und „Reaktionsunterdrückung“ mit einer schlechteren Leistung der FLE-Patienten. Beide Untersuchungsgruppen wiesen jedoch gleichermaßen Leistungseinbußen im Aufmerksamkeitsbereich auf, was vermutlich auf die funktionalen Verbindungen zwischen frontalen und temporalen bzw. mesiotemporalen Strukturen zurückzuführen ist (Helmstaedter et al., 1996). Kritisch anzumerken ist jedoch, dass in dieser Studie das Konstrukt „Aufmerksamkeit“ nur eindimensio-

nal mit dem „d2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test“ von Brickenkamp (1978) gemessen wurde. Die genaue Lage und die Seite des frontalen Fokus zeigten keinerlei Einfluss auf die Testergebnisse. Eine Folgestudie erbrachte für den präoperativen Status vergleichbare Ergebnisse. Während TLE-Patienten postoperativ eine signifikant bessere Aufmerksamkeitsleistung zeigten, wiesen FLE-Patienten hier eine Verschlechterung auf (Helmstaedter et al., 1998).

Ein rechtsseitiger parietaler Fokus wird mit dem Phänomen des Neglects, d.h. einer Vernachlässigung der Aufmerksamkeit für die kontralaterale Raumseite, in Verbindung gebracht (Perrine & Kiolbasa, 1999).

2.4 Aufmerksamkeitseffekte in dichotischen Hörtests

Die Möglichkeit einer kognitiven Beeinflussung des Ohrvorteils durch die gezielte Zuwendung der Aufmerksamkeit zu einem Ohr hat zu der praktischen Frage geführt, wie unabhängig der dichotische Hörtest von solchen kognitiven Faktoren ist. Die bisherigen Befunde dazu werden hier dargestellt.

2.4.1 Untersuchungsmethoden

In der Erforschung der Aufmerksamkeitseinflüsse auf das dichotische Hören haben als Untersuchungsmethoden vor allem verbale Aufmerksamkeitsinstruktionen und Ton-Cues Eingang gefunden. Beide Methoden werden beschrieben und bewertet.

2.4.1.1 Aufmerksamkeitsinstruktionen

Bryden et al. (1983) vermuteten, dass der Rechtsohrvorteil in dichotischen Höraufgaben teilweise durch einen Aufmerksamkeits-Bias zustande kommt und verwendeten zu dessen Untersuchung erstmals eine Aufmerksamkeitsinstruktion. Das „Forced Attention“-Paradigma, das seitdem in zahlreichen Studien zum Einsatz gekommen ist, unterscheidet drei Instruktionen. Die genaue Ausgestaltung der Instruktionen ist Hugdahl (1995) entnommen, dessen

Forschungsteam zahlreiche Untersuchungen mit diesem Paradigma auf dem Gebiet des Silbentests durchgeführt hat. Die Instruktionen gelten jeweils für einen ganzen Block von Aufgaben und damit für ein Drittel des gesamten Tests. Die „Nonforced“ (NF) Bedingung wird immer an den Anfang gestellt, um eine Baseline zu gewinnen und die Probanden nicht zu verunsichern. Ihnen wird gesagt, dass sie im Folgenden wiederholte Präsentationen der Silben ba, da, ga, pa, ta und ka hören werden und wiedergeben sollen, welche davon sie wahrgenommen haben. Gelegentlich könne der Eindruck entstehen, dass zwei Silben gleichzeitig vorhanden seien. Dann sollten sie einfach diejenige Silbe wiederholen, die sie zuerst oder am besten gehört hätten. Gewertet wird jeweils nur eine Antwort. Zur Kontrolle von natürlichen Aufmerksamkeitsverlagerungen bzw. Strategie-Effekten werden die „Forced-Attention“-Instruktionen eingesetzt. Unter der „Forced-Right“ (FR) Bedingung werden die Probanden gebeten, nur auf das rechte Ohr zu achten und das auf diesem Ohr gehörte Wort zu benennen. Die „Forced-Left“ (FL) Bedingung verlangt eine entsprechende Konzentration auf das linke Ohr. Die Reihenfolge der beiden Forced-Attention-Instruktionen wird über die Versuchspersonen hinweg ausbalanciert.

2.4.1.2 Ton-Cue und Stimulus Onset Asynchrony (SOA)

Mondor und Bryden (1992a) nutzten ein Cueing-Paradigma erstmals für die Aufmerksamkeitskontrolle bei einer visuellen Feld-Aufgabe, bevor sie es auf das dichotische Hören übertrugen. Die Technik besteht darin, unmittelbar vor jedem Trial einen kurzen Ton auf das zu beachtende Ohr zu spielen. Entscheidend ist die Variation der Zeit, die zwischen Ton-Cue und Einspielung des dichotischen Items verstreicht. Diese wird als Stimulus Onset Asynchrony (SOA) bezeichnet. Damit soll die Zeitspanne kontrolliert werden, welche dem Probanden zur Aufmerksamkeitsfokussierung auf ein Ohr zur Verfügung steht. Die Autoren stellten die Hypothese auf, dass der Rechtsohrvorteil umso weniger ausgeprägt sein sollte, je größer die zur Orientierung verfügbare Zeitspanne ausfällt. Tatsächlich konnten Mondor und Bryden (1991) zeigen, dass sich der Rechtsohrvorteil in einem CV-Silbentest von 11% auf 3% reduziert, wenn die SOA von 150 auf 450 oder 750 Millisekunden angehoben wird. Den größten

Effekt übt diese Manipulation jedoch auf die Wahrnehmungsleistung des linken Ohres aus: Die Wahrnehmungsgenauigkeit stieg insbesondere bei 450 ms gegenüber 150 ms signifikant an.

Mit einer weiteren Serie von Experimenten sollte das Zustandekommen dieses Effekts differenziert werden. Möglicherweise war es gar nicht die Lenkung der Aufmerksamkeit auf das linke Ohr, die dessen Leistung steigerte, sondern eher die Induzierung allgemeiner Alertness durch einen in Kürze zu erwartenden Trial. Die Ergebnisse dieser Versuche unter Verwendung von validen und invaliden Cues weisen darauf hin, dass es tatsächlich der Hinweis auf die Lokalisation des zu beachteten Reizes ist, der zu der verbesserten Leistung auf dem linken Ohr führt (Mondor & Bryden, 1992b).

2.4.1.3 Vergleich der Untersuchungsmethoden

Mondor und Bryden (1992b) vermuten, dass das Ton-Cue-Paradigma die Aufmerksamkeit unmittelbar und automatisch steuert, während entsprechende Instruktionen eine willentliche Aufmerksamkeitszuwendung induzieren. Da bei der Verwendung eines Ton-Cues die Strategien der Versuchspersonen eine weniger große Rolle spielten, könne man daher die Rolle von Aufmerksamkeitsinflüssen besser untersuchen.

Zur Einordnung dieser Hypothese sollen zwei integrierende Modelle des dichotischen Hörens vorgestellt werden. Hugdahl (2003) unterscheidet die beim dichotischen Hören ablaufenden Informationsverarbeitungsprozesse in Bottom-up- und Top-down-Prozesse. Unter Bottom-up-Verarbeitung versteht Hugdahl automatisch ablaufende Prozesse, die durch anatomische Gegebenheiten ermöglicht werden. Ein Beispiel dafür ist der Rechtsohrvorteil, der als Hinweis auf eine linksseitige Sprachlateralisation gewertet wird. Top-down-Prozesse dagegen laufen ab, wenn die Untersuchungsbedingungen oder eine konkrete Instruktion die Zuwendung von Aufmerksamkeit erfordern.

So kann durch die Aufforderung, entweder das linke oder das rechte Ohr gezielt zu überwachen, ein „struktureller“ Rechtsohrvorteil verstärkt oder reduziert werden.

Hiscock und Bergstrom (1982) postulieren für das Zustandekommen der Ohrasymmetrie drei Ursachen. Zu einem ersten Faktor fassen sie strukturelle und aufmerksamkeitsbedingte Einflüsse zusammen, die einzeln oder in Interaktion miteinander den Rechtsohrvorteil für verbales Material als Hinweis auf die Sprachlateralisation bedingen. Daraus kann man ableiten, dass die Theorien Kinsbournes (1970) und Kimuras (1967) in keinem Widerspruch zueinander stehen, was die praktische Verwendbarkeit des Hörtestergebnisses anbelangt: Beide sehen dieses letztlich durch die Seite der Sprachdominanz bedingt.

Zwei weitere Faktoren stellen die volitionale Aufmerksamkeit und die Erwartung von Signalen einer Raumseite (priming bias) dar, welche die Interpretation des dichotischen Ergebnisses im Hinblick auf die Sprachlateralisation erschweren.

In Verbindung mit den theoretischen Überlegungen Hugdahls lässt sich schlussfolgern, dass strukturelle und automatische aufmerksamkeitsbedingte Einflüsse den Bottom-up-Prozessen zuzuordnen sind, während volitionale Aufmerksamkeit und die Erwartung von Signalen einer Raumseite Top-down-Prozesse darzustellen scheinen. Das Ton-Cue-Paradigma erscheint dann für die Erfassung der Bottom-up-Prozesse besser geeignet zu sein, während die volitionale Aufmerksamkeit durch Aufmerksamkeitsinstruktionen untersucht werden kann.

2.4.2 Aufmerksamkeitseffekte und Stimulusmaterial

Der Einfluss von Aufmerksamkeitsfaktoren auf dichotische Hörtests hängt wesentlich vom verwendeten Stimulusmaterial ab (Hiscock & Stewart, 1984). Daher wird der bisherige Kenntnisstand in Bezug auf CV-Silbentests und den FRWT vergleichend dargestellt.

2.4.2.1 Aufmerksamkeitseffekte in Silbentests

Aufmerksamkeitseffekte in Silbentests wurden intensiv erforscht. Hugdahl (1995) fasst in einem Überblick alle in verschiedenen Studien von seinem Forschungsteam erhobenen Daten zusammen. Insgesamt wurden 488 Rechtshänder unter der Standardbedingung der geteilten Aufmerksamkeit (NF) untersucht. 303 dieser Personen erhielten darüber hinaus die Instruktionen FR und FL. Die Versuchspersonen waren acht bis siebzig Jahre alt. Ausgewertet wurde die Differenz zwischen den beiden mittleren Prozentsätzen korrekter Nennungen vom linken und vom rechten Ohr. Es ergab sich ein mittlerer REA von 10,25%. Im Vergleich dazu stieg der REA unter der FR-Bedingung auf 23,99% an, was sich als signifikant erwies. Im Gruppenmittel kehrte sich der REA jedoch in einen LEA (7,13%) um, wenn die Probanden das linke Ohr beachten sollten. Auch in weiteren Studien konnte ein signifikanter Effekt von Aufmerksamkeitsinstruktionen auf CV-Silbentests gefunden werden (Bryden, Munhall & Allard, 1983; Iaccino & Sowa, 1989; Iaccino & Houran, 1989).

Nicht nur Aufmerksamkeitsinstruktionen, auch das bereits beschriebene SOA-Paradigma wurde in mehreren Studien zur Untersuchung zur Beeinflussbarkeit von Silbentests mit Erfolg verwendet (Mondor & Bryden, 1991, 1992b; Mondor, 1994). Aufgrund solcher Ergebnisse werden CV-Silbentests inzwischen gezielt zur Untersuchung von Aufmerksamkeitsfunktionen und deren Störungen eingesetzt, z.B. bei hyperkinetischen Störungen und Schizophrenie.

2.4.2.2 Aufmerksamkeitseffekte im FRWT: Vergleich zu Silbentests

Die Tatsache, dass der amerikanische FRWT bisher nur in einer Studie auf seine Beeinflussbarkeit durch Aufmerksamkeitseffekte untersucht wurde, lässt sich möglicherweise auf die vergleichsweise wesentlich größere Beliebtheit der Silbentests im anglo-amerikanischen Sprachraum zurückführen. Asbjornsen und Bryden (1995) untersuchten 16 rechtshändige Studenten in ausbalancierter Reihenfolge mit dem FRWT und dem CV-Silbentest unter den beiden Aufmerk-

samkeitsinstruktionen „Forced Right“ und „Forced Left“. Sowohl im CV-Silbentest als auch im FRWT wurde ein signifikanter Interaktionseffekt der Ohrseite mit der Aufmerksamkeitsbedingung gefunden. Dies widerspricht der Hypothese der Autoren, dass der FRWT von Aufmerksamkeitsfaktoren unberührt ist. Augenscheinlicher als die Gemeinsamkeiten sind jedoch die Unterschiede beider Tests: Während der FRWT sowohl unter der FR- als auch der FL-Bedingung einen ausgeprägten Rechtsohrvorteil erzeugte, kehrte sich der Ohrvorteil im CV-Silbentest unter der FL-Bedingung sogar in einen Linksohrvorteil um. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass der FRWT wesentlich weniger anfällig für einen Aufmerksamkeitsbias ist als der CV-Silbentest.

Die Autoren vermuten verschiedene Faktoren als Grundlage des gefundenen Unterschieds. Die Wörter des FRWT sind länger als die CV-Silben, sie unterscheiden sich jedoch beide nur im initialen Konsonanten. Damit könnte der Ähnlichkeitseindruck der Endung eines Wortpaares über die Unterschiedlichkeitswahrnehmung im Anfangskonsonanten überwiegen. Die größere Anzahl an Präsentationen des FRWT (120) gegenüber den 30 bis 120 Trials in Silbentests dürfte nicht nur zu einer größeren Messgenauigkeit führen, sondern auch größere Anforderungen an die Daueraufmerksamkeit der Probanden stellen. Schließlich wird den Probanden im FRWT im Gegensatz zum CV-Silbentest gezielt suggeriert, dass ihnen nur ein Wort dargeboten wird. Asbjornsen und Bryden schlussfolgern aus dem vorliegenden Datenmaterial, dass sich der FRWT besser für die Untersuchung der Sprachlateralisation eignet, während der CV-Silbentest für die Erforschung dynamischer Prozesse prädestiniert ist.

2.4.3 Grundlagen der Aufmerksamkeitseffekte

Asbjornsen und Hugdahl (1995) wandten sich der Frage zu, auf welchem Wege Aufmerksamkeitseffekte entstehen. Sie vermuteten als Grundlage entweder eine Erleichterung des Berichtes vom beachteten Ohr oder alternativ die Unterdrückung von Intrusionen des unbeachteten Ohres. Ihre Untersuchung umfasste 62 gesunde Studenten, die mit einem CV-Silbentest unter Verwendung der

Aufmerksamkeitsinstruktionen „Nonforced Attention“ (NF), „Forced Left“ (FL) und „Forced Right“ (FR) getestet wurden.

Die Autoren postulierten eine höhere Gesamtleistung unter der Bedingung FR oder FL gegenüber der Bedingung geteilter Aufmerksamkeit (NF) für den Fall, dass der Aufmerksamkeitseffekt auf der Erleichterung des Berichtes vom beachteten Ohr basiert. Der gegenteilige Effekt würde erwartet, wenn die Grundlage des Aufmerksamkeitseffektes in der Unterdrückung von Intrusionen des unbeachteten Ohres bestünde.

Das Ergebnis dieser Studie deutet darauf hin, dass der Aufmerksamkeitseffekt in erster Linie durch eine Unterdrückung von Intrusionen entsteht. Das Aufmerksamkeitsmodell (Kinsbourne, 1970) würde eher eine Erleichterung des Berichtes vom beschatteten Ohr erwarten lassen. Allerdings gab es auch einen signifikanten Anstieg der korrekten Antworten vom beachteten Ohr. Diese Beobachtung könnte ein Hinweis auf eine parallele Verarbeitung in der rechten und der linken Hemisphäre sein. Tatsächlich scheint eine Lauterkennung auch in der rechten Hemisphäre erfolgen zu können, da es auch unter der FR-Bedingung regelmäßig zu Intrusionen vom linken Ohr kommt. Der dem linken Ohr präsentierte Stimulus scheint also ebenfalls verarbeitet worden zu sein, allerdings langsamer und weniger genau (Asbjornsen & Hugdahl, 1995).

Die bereits beschriebenen Studien von Mondor und Bryden (1991, 1992b) weisen jedoch darauf hin, dass unter Nutzung eines Ton-Cue-Paradigmas (SOA) eher eine Erleichterung der Berichte vom beachteten Ohr stattfindet. Asbjornsen und Bryden (1995) zufolge spiegeln diese gegensätzlichen Ergebnisse die Beanspruchung unterschiedlicher Aufmerksamkeits-Komponenten wider. Während der externe Ton-Cue vor jedem einzelnen Trial einen schnellen Aufmerksamkeits-Shift induziert, ist bei den blockweise geltenden Aufmerksamkeitsinstruktionen eher eine dauerhafte Aufmerksamkeit gefragt.

2.4.4 Einflussfaktoren Alter und Geschlecht

Da die meisten Studien zu Aufmerksamkeitseinflüssen auf den dichotischen Rechtsohrvorteil mit Erwachsenen durchgeführt wurden, stellt sich die Frage, inwieweit Kinder zur Lenkung der Aufmerksamkeit auf ein Ohr imstande sind. Untersuchungen an siebenjährigen Kindern haben gezeigt, dass diese Schwierigkeiten haben, ihre Aufmerksamkeit gezielt auf das linke Ohr zu richten (Geffen und Wale, 1979; Hiscock & Kinsbourne, 1980).

Hugdahl und Andersson (1986) untersuchten acht- und neunjährige Kinder mit den Instruktionen NF, FL und FR und verglichen ihre Ergebnisse mit erwachsenen Versuchspersonen. In einer ersten Analyse stellten sie fest, dass die Kinder nicht in der Lage waren, unter der FL-Bedingung einen REA abzuschwächen bzw. in einen LEA umzukehren. Eine Re-Analyse ergab jedoch, dass Neunjährige durchaus in der Lage waren, ihre Aufmerksamkeit auf das linke Ohr zu richten (Hugdahl, 1995). Eine Follow-up-Untersuchung von Hugdahl und Andersson (1987) weist darauf hin, dass die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitssteuerung sowohl mit dem Alter als auch mit dem Schriftspracherwerb zusammenhängt. Die Hemisphärenasymmetrie hingegen scheint hierzu nicht in Beziehung zu stehen. In Bezug auf eine Differenzierung des Erwachsenenalters konnte keine Studie ermittelt werden, die dazu Aussagen macht.

Einen interessanten Geschlechtseffekt fanden Hugdahl und Andersson (1987). Um eine aufmerksamsfreie Schätzung des Rechtsohrvorteils zu erhalten, wurden das unbeachtete linke und das unbeachtete rechte Ohr miteinander verglichen. Während Männer einen Rechtsohrvorteil aufwiesen, zeigten Frauen diesen nicht. Zahlreiche andere Studien fanden jedoch keinen solchen Geschlechtseffekt (Iaccino & Houran, 1989; Asbjornsen & Hugdahl, 1995; Asbjornsen & Bryden, 1995), so dass dieser Effekt nicht überbewertet werden sollte.

3 Fragestellung und Hypothesen

3.1 Fragestellung

Die einzige bisher publizierte Studie zur Beeinflussbarkeit des amerikanischen FRWT durch Aufmerksamkeitsfaktoren hat deutlich gemacht, dass dieser eine sehr viel größere diesbezügliche Stabilität aufweist als der CV-Silbentest (Asbjornsen & Bryden, 1995; siehe Kapitel 2.4.2.2). Sie hat auch gezeigt, dass der FRWT nicht frei ist von der Möglichkeit, das Testergebnis durch gerichtete Aufmerksamkeit zu beeinflussen. Ein Rechtsohrvorteil blieb jedoch unter allen Untersuchungsbedingungen bestehen, so dass mit den Autoren geschlussfolgert werden kann, dass sich der Wörtest für die Feststellung der Sprachlateralisation in besonderem Maße eignet. Für die deutschsprachigen Wörtestes liegen bislang keine entsprechenden Untersuchungen vor. Daher soll in dieser Studie die Robustheit der im Epilepsiezentrum Berlin standardmäßig zur Prüfung der Sprachlateralisation eingesetzten Wörtestes FW10b und FW12k gegenüber Aufmerksamkeitsfaktoren untersucht werden.

Bei der Wahl der Untersuchungsmethode wird aus den in Kapitel 2.4.1.3 dargestellten Überlegungen von Hiscock und Bergstrom (1982) gefolgert, dass insbesondere die volitionale Aufmerksamkeit bei einer prächirurgischen Sprachlateralisations-Diagnostik möglichst gering gehalten werden sollte. Unter diesem Blickwinkel sind Aufmerksamkeitsinstruktionen vermutlich besser geeignet als der Einsatz von Ton-Cues und sollen daher Anwendung finden.

Wie Asbjornsen und Bryden (1995) mutmaßen, könnte einer der Gründe für die aufmerksamkeitsbezogene Stabilität des FRWT darin bestehen, dass den Probanden die Existenz eines einzigen Perzeptes („fused word“) suggeriert wird. Ob die untersuchten Personen jedoch tatsächlich nicht in der Lage waren, die Gegenwart zweier simultan präsentierter Wörter wahrzunehmen, ist unbekannt. Die Möglichkeit der gleichzeitigen Wahrnehmung zweier „fused words“

soll daher in der vorliegenden Studie geprüft werden, indem die Studienteilnehmer zwischen binaural und dichotisch dargebotenen Items zu unterscheiden haben. Da die Anwendung der Testverfahren insbesondere in der prächirurgischen Diagnostik von Epilepsiepatienten relevant ist, sollen die Untersuchungen an dieser Klientel erfolgen.

3.2 Hypothesen

Die Hypothesen beziehen sich auf die Wahrnehmung von „fused words“, den Einfluss von Aufmerksamkeitsinstruktionen auf das Lateralisationsergebnis sowie den Zusammenhang zwischen beiden.

3.2.1 Experiment A: Differenzierung dichotisch versus binaural

Hypothese A1: Unterscheidung binauraler und dichotischer Items

H0: Binaurale und dichotische Präsentationen von Reimwörtern unterscheiden sich nicht in der Anzahl korrekt gelöster Items.

H1: Binaurale und dichotische Präsentationen von Reimwörtern unterscheiden sich in der Anzahl korrekt gelöster Items.

Hypothese A2: Unterscheidung „binaural – dichotisch“ auf Itemebene

H0: Die Items unterscheiden sich nicht darin, wie leicht sie als dichotisch oder binaural identifiziert werden können.

H1: Die Items unterscheiden sich darin, wie leicht sie als dichotisch oder binaural identifiziert werden können.

3.2.2 Experiment B: Aufmerksamkeitseinflüsse auf FW10b und FW12k

Hypothese B1: Einfluss von Aufmerksamkeitsinstruktionen

- H0**: Die Größe der einfachen Rechtsohrpunkte und Linksohrpunkte bleibt unter allen drei Aufmerksamkeitsinstruktionen NF, FR und FL gleich.
- H1**: Die Größe der einfachen Rechtsohrpunkte und Linksohrpunkte verändert sich in Abhängigkeit von den drei Aufmerksamkeitsinstruktionen NF, FR und FL. Für die Rechtsohrpunkte gilt: $FR > FL$. Für die Linksohrpunkte gilt: $FL > FR$.

Hypothese B2: Aufmerksamkeitsinstruktionen und selektive Aufmerksamkeit

- H0** Der Einfluss der Aufmerksamkeitsinstruktionen auf die Größe der Ohrpunkte ist unabhängig von der Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit (gemessen mit der TAP) der Patienten.
- H1** Der Einfluss der Aufmerksamkeitsinstruktionen auf die Größe der Ohrpunkte hängt positiv von der Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit (gemessen mit der TAP) der Patienten ab. Je besser die Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit, umso größer ist der Einfluss der Aufmerksamkeitsinstruktionen.

3.2.3 Zusammenhang von „fused words“ und Aufmerksamkeitseffekten

Hypothese C1: Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung von „fused words“ und Aufmerksamkeitseffekten

- H0**: Es besteht kein Zusammenhang zwischen der tatsächlichen Wahrnehmung von „fused words“ und dem Einfluss von Aufmerksamkeitsinstruktionen.

H1 Es besteht ein Zusammenhang zwischen der tatsächlichen Wahrnehmung von „fused words“ und dem Einfluss von Aufmerksamkeitsinstruktionen. Je besser die Patienten zwischen binauralen und dichotischen Items unterscheiden können, umso größer sind die Unterschiede in den Ohrpunkten durch Aufmerksamkeitsinstruktionen.

4 Methoden

4.1 Erhebung der Stichprobe

Es wurde eine anfallende Stichprobe von 32 erwachsenen Epilepsiepatienten untersucht. Alle untersuchten Patienten wiesen eine fokale Epilepsie auf und standen vor der Entscheidung, sich einem epilepsiechirurgischen Eingriff zu unterziehen. Dazu waren sie stationär zum präoperativen Video-EEG-Intensiv-Monitoring im Epilepsiezentrum am Evangelischen Krankenhaus Königin Elisabeth Herzberge (Berlin) aufgenommen. Das Monitoring dient der Lokalisation des Anfallsursprungs und damit der Abklärung, ob eine Operation durchgeführt werden kann.

Vor Beginn des Monitorings werden die Patienten standardmäßig neuropsychologisch untersucht, um Informationen über ihr Leistungsprofil und die Lateralisation der Sprachfunktionen zu erhalten. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden sie um die Teilnahme an der Studie zum dichotischen Hören gebeten. Sie erfuhren, dass die Untersuchungsergebnisse der Weiterentwicklung der dichotischen Hörtests dienen und auf diese Weise kontinuierlich eine bestmögliche Diagnose-Sicherheit gewährleistet werden kann. Alle angesprochenen Patienten erklärten sich zur Teilnahme bereit.

Von den 41 im Zeitraum vom 29.01. bis zum 09.07.2004 im Monitoring-Programm behandelten Patienten konnten 32 im Rahmen der Diplomarbeit untersucht werden. Sechs der 41 Patienten wurden wegen eines Intelligenzquotienten < 85 in Verbindung mit einem mangelhaften Instruktionsverständnis von der Studie ausgeschlossen. Eine weitere Person konnte aufgrund mangelhafter deutscher Sprachkenntnisse nicht untersucht werden, zwei Patienten erlitten um den Zeitpunkt der Testsituation schwere Anfälle.

4.2 Soziodemographische Merkmale der Stichprobe

4.2.1 Lebensalter und Geschlecht

Es nahmen 15 Männer und 17 Frauen im Alter von 18 bis 65 Jahren an der Untersuchung teil. Die Patienten waren im Mittel 34,7 Jahre alt bei einer Standardabweichung von 10,8 Jahren. Dabei wiesen die Männer zum Untersuchungszeitpunkt ein um 7,5 Jahre höheres durchschnittliches Lebensalter auf als die Frauen (Abbildung 2).

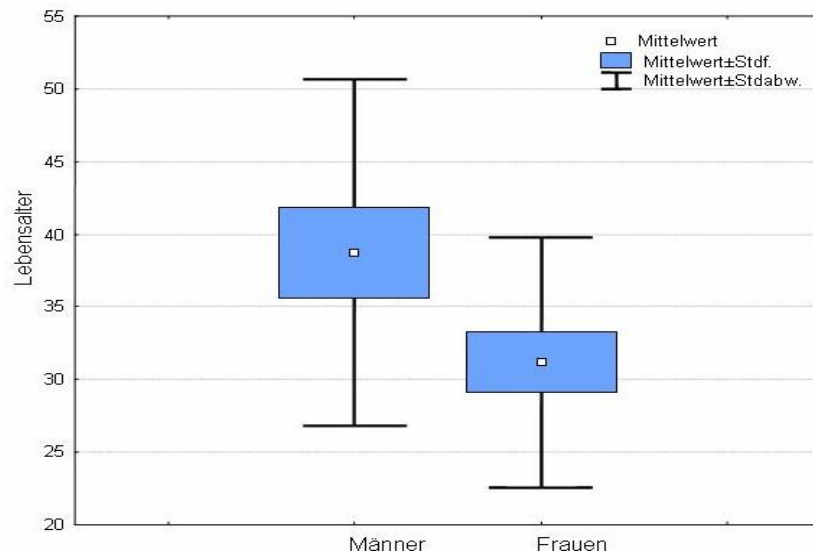


Abbildung 2: Lebensalter in Abhängigkeit vom Geschlecht

Hinsichtlich ihres Alters zeigen die untersuchten Frauen eine größere Homogenität als die Männer (Tabelle 1).

Tabelle 1: Lebensalter bei Männern, Frauen und Gesamt

Geschlecht	N	MW	SD	Min.	Max.
Männer	15	38,7	11,9	18	65
Frauen	17	31,2	8,6	18	45
Gesamt	32	34,7	10,8	18	65

4.2.2 Intelligenz und Bildungsstand

Im Rahmen der zum Monitoring-Programm gehörenden neuropsychologischen Untersuchung wurde die kristalline Intelligenz durch den Wortschatztest (WST) erfasst. Da dieses Verfahren nur eine Schätzung der bildungsabhängigen Intelligenz erlaubt, wurde Patienten mit geringer Schulbildung oder einem unterdurchschnittlichen Ergebnis im WST eine Kurzform des Leistungsprüfsystems (LPS-K) vorgelegt. Patienten mit einer nichtdeutschen Muttersprache sowie bei schlechtem Abschneiden im verbalen Teil des LPS-K bearbeiteten den sprachfreien Raven-Test.

Tabelle 2: Ergebnisse der Intelligenztests WST, LPS-K und Raven

Test	N	MW	SD	Min.	Max.
WST	21	98,19	10,01	83	122
LPS-K	6	93,33	12,34	87	119
Raven	5	97,60	12,22	79	113
Gesamt	32	98,13	10,42	79	122

Die Verwendung dreier verschiedener Verfahren ist nicht ideal, da unterschiedliche Dimensionen der Intelligenz erfasst werden. Eine Zusammenfassung der auf unterschiedlichem Wege erhobenen Intelligenzschätzungen war für weitere Analysen dennoch notwendig (Tabelle 2).

Dabei zeigte sich, dass sich die untersuchten Männer und Frauen im geschätzten IQ systematisch voneinander unterscheiden. Während die Männer im Durchschnitt einen Intelligenzquotienten von 102,27 erreichten, lag er bei den Frauen bei 94,47 (Abbildung 3). Im T-Test erweist sich dieser Unterschied als statistisch bedeutsam bei einem Signifikanzniveau von 0.05 (t-Wert = 2,24, df = 30, p = 0.032). Bei den Frauen liegen die IQ-Werte zudem näher beieinander.

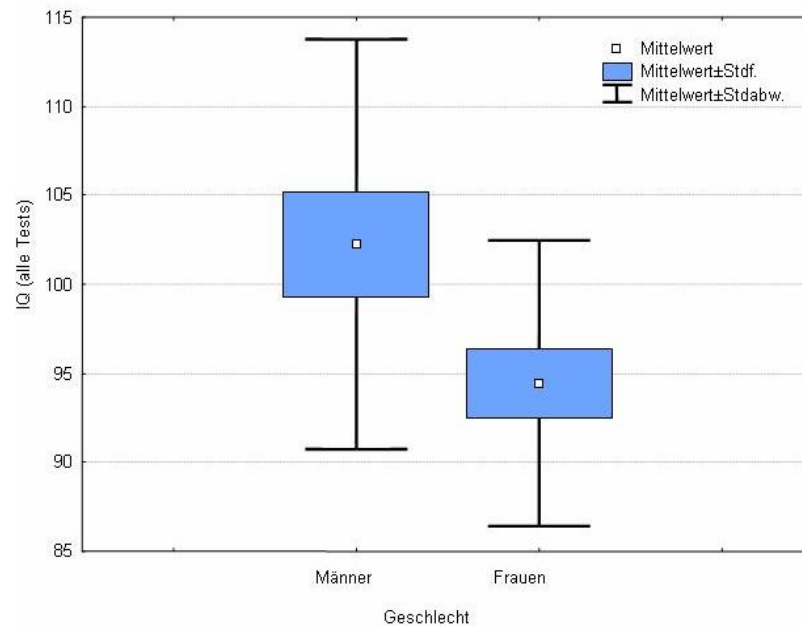


Abbildung 3: IQ in Abhängigkeit vom Geschlecht

Der Bildungsstand wurde ebenfalls im Rahmen der Standard-Untersuchung erfragt (Abbildung 4). Die Mehrheit der Patienten verfügt über einen Realschulabschluss (N = 16), gefolgt von Personen mit einem Hauptschulabschluss (N = 7). Drei Patienten besitzen die Hochschulreife, drei weitere haben ein Studium abgeschlossen. Ein Patient hat die Schule mit der 12. Klasse abgeschlossen. Eine Patientin mit Sonderschulabschluss im Lernbehindertenbereich konnte wegen hinreichendem IQ und gutem Instruktionsverständnis in die Untersuchung aufgenommen werden. Über einen Patienten fehlen Angaben zu seiner Schulbildung.

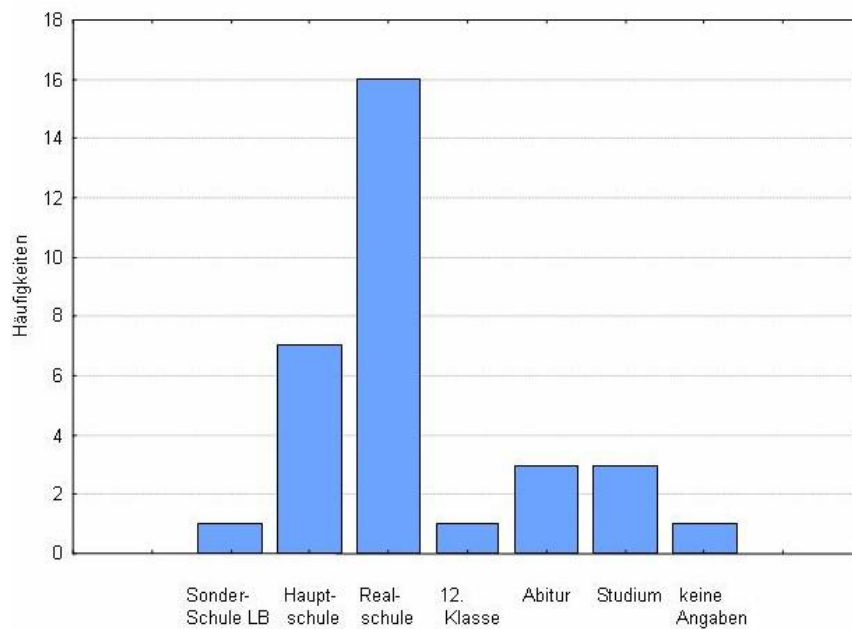


Abbildung 4: Häufigkeiten der Bildungsabschlüsse

4.3 Epilepsiebezogene Merkmale der Stichprobe

4.3.1 Erstmanifestationsalter und Epilepsiedauer

Zum Zeitpunkt ihres ersten epileptischen Anfalls waren die Patienten im Durchschnitt 19,1 Jahre alt. Die Spannweite des Erstmanifestationsalters reicht vom ersten bis zum 45. Lebensjahr bei einer Standardabweichung von 12,7 Jahren. Dabei beginnt die Epilepsie bei den Frauen im Durchschnitt fünf Jahre früher als bei den Männern (Tabelle 3).

Tabelle 3: Erstmanifestationsalter

Geschlecht	MW	SD	Min.	Max.
Männer	21,7	14,3	1	45
Frauen	16,8	11,1	1	35
Gesamt	19,1	12,7	1	45

Die Dauer der Epilepsien beträgt im Schnitt 15,6 Jahre, bei einem Range von null bis 59 Jahren und einer Standardabweichung von 13,2 Jahren (Tabelle 4). Die Männer sind zum Untersuchungszeitpunkt im Durchschnitt bereits drei Jahre länger erkrankt als die Frauen, obwohl letztere einen früheren Epilepsiebeginn aufweisen. Dies erklärt sich durch das höhere Lebensalter der Männer zum Untersuchungszeitpunkt.

Tabelle 4: Epilepsiedauer

Geschlecht	MW	SD	Min.	Max.
Männer	17,1	16,3	1	59
Frauen	14,4	10,2	0	36
Gesamt	15,6	13,2	0	59

4.3.2 Hirntopographisches Gebiet

Das hirntopographische Gebiet, auf dem der Anfallsursprung zu lokalisieren ist, lässt sich auf verschiedene Weise bestimmen. Idealerweise konvergieren dabei Befunde aus dem Video-EEG-Intensiv-Monitoring mit Ergebnissen bildgebender Verfahren und dem kognitiven Leistungsprofil, wie es in der neuropsychologischen Untersuchung festgestellt wird. Dieses ideale Gesamtbild ist jedoch selten gegeben. Für diese Studie wurde das hirntopographische Gebiet den ärztlichen Monitoring-Beurteilungen entnommen und nach EEG- sowie MRT-Befunden getrennt analysiert.

Der Langzeit-EEG-Untersuchung zufolge weist die Mehrheit der Patienten (N=19) einen temporalen Anfallsursprung auf. Bei fünf Patienten deutet das EEG auf eine frontale Lokalisation hin, eine weitere Person zeigt Hinweise auf einen parietalen Anfallsursprung. In sieben Fällen war es nicht möglich, den Anfallsursprung eindeutig zu lokalisieren. Dies lag entweder daran, dass bisher keine Anfälle aufgezeichnet werden konnten oder die Anfallsursprünge keine hinreichende Differenzierung zeigten.

Bei fast allen Patienten wurden zudem strukturelle Auffälligkeiten in der MRT-Untersuchung gefunden, die ebenfalls einen Hinweis auf den Anfallsursprung geben können. Dabei wiesen fünf Patienten eine frontale Läsion auf, 25 Personen zeigten temporale und eine weitere parietale Veränderungen; bei einem Patienten wurden keine Auffälligkeiten gefunden. Sieben der Patienten mit einer temporalen Läsion zeigten weitere Veränderungen im MRT. Davon waren es in zwei Fällen parietale Auffälligkeiten, zwei wiesen eine Atrophie auf und bei drei Personen gab es eine weitere temporale Läsion.

Tabelle 5: Hirntopographische Lokalisation nach EEG, MRT und Gesamtbewertung

In runden Klammern: davon Patienten mit zusätzlicher Atrophie. In eckigen Klammern: davon Patienten mit zusätzlicher parietaler Läsion.

Lokalisation	EEG	MRT	Gesamt
frontal	5	5	5
temporal	19	25 (2) [2]	20
parietal	1	1	1
unklar	7	1	6

In der ärztlichen Gesamtbewertung wurden fünf frontale, 20 temporale und ein parietaler Anfallsursprung identifiziert. Bei sechs Personen konnten die bisherigen Untersuchungsdaten keinen sicheren Hinweis auf den Anfallsursprung liefern (Tabelle 5).

4.3.3 Temporo-mesiale und temporo-laterale Läsionen

Hinsichtlich der temporalen Auffälligkeiten, wie sie sich im MRT darstellen, wurde zwischen temporo-mesialen und temporo-lateralen Läsionen unterschieden. Hättig (2004) zeigte, dass das Ausmaß von Läsionseffekten bei Fused-Words-Tests davon abhängt, ob Patienten mit extra-hippocampalen (temporo-lateralen) Läsionen auf der sprachdominanten Seite in die Untersuchung eingeschlossen werden. Im Gegensatz zur Untersuchungsgruppe mit ausschließlicher Hippocampussklerose (temporo-mesiale Gruppe) zeigten Patienten mit

links temporo-lateralen Läsionen nicht nur eine stärkere Reduktion der Rechtsohrpunkte, sondern zudem einen gleichzeitigen Anstieg der Linksohrpunkte. Wegen der offensichtlichen Bedeutsamkeit des Ausmaßes der temporalen Läsion auf das sprachdichotische Ergebnis werden die temporalen Läsionen hier differenziert dargestellt.

In dieser Studie sollen unter temporo-mesialen Läsionen all jene Schädigungen zusammengefasst werden, die den uneinheitlich strukturierten Allocortex, aber nicht den 6-schichtigen Isocortex betreffen (Roth et al., 1996). Im Gegensatz dazu sollen unter temporo-lateralen Läsionen jene verstanden werden, die auch Strukturen des Isocortex umfassen. Die einzelnen MRT-Befunde und die Syndromklassifikationen sind aus Anhang 8.1 ersichtlich.

Demnach weisen 10 Patienten eine temporo-mesiale und 15 Patienten eine temporo-laterale Läsion auf. Die Männer gehören zum überwiegenden Teil der temporo-lateralen Gruppe an (lateral: N =8; mesial: N=3), weisen also häufiger schwere Läsionen wie Tumore auf. Die Frauen verteilen sich gleichmäßig auf die temporo-mesiale (N=7) und die temporo-laterale (N=7) Gruppe (Tabelle 6).

Tabelle 6: Häufigkeit mesialer und lateraler Läsionen nach Geschlecht

	Temporo-mesial	Temporo-lateral
Männer	3	8
Frauen	7	7
Gesamt	10	15

Vergleicht man die gesamte Gruppe nach ihrem Anfallsursprung, so lassen sich für 17 der 25 Patienten Aussagen über die Seite des Anfallsursprungs treffen. Innerhalb dieser Gruppe sind die Zellbesetzungen relativ gleichverteilt, abgesehen von der mesialen Gruppe mit rechtsseitigem Anfallsursprung (Tabelle 7).

Tabelle 7: Temporale Pathologie und Anfallsursprung

		Anfallsursprung			Gesamt
		links	rechts	unklar	
Temporale Pathologie	mesial	5	1	4	10
	lateral	5	6	4	15
Gesamt		10	7	8	25

4.3.4 Fokuslateralisation

Für die Ermittlung der Fokuslateralisation wurden ebenfalls Daten aus EEG und MRT herangezogen. Die Ergebnisse werden in Tabelle 8 dargestellt. Dem EEG zufolge weisen 13 Patienten einen linkslateralisierten Anfallsursprung auf. Bei acht Personen beginnt die Mehrzahl der Anfälle in der rechten Hemisphäre. In 11 Fällen ließ sich die Anfallsseite nicht bestimmen. Strukturelle Auffälligkeiten im MRT waren bei 18 Patienten links- und bei 13 Patienten rechtslateralisiert. Dabei gab es, wie bereits beschrieben, sieben Personen mit einer zweiten Läsion. In fünf dieser Fälle lagen die Schädigungen in derselben Hemisphäre. Zwei Personen wiesen zusätzlich zu einer linkslateralisierten Veränderung eine beidseitige Schädigung (Atrophie) auf. Ein Patient zeigte keinen Hinweis auf eine strukturelle Veränderung. Insgesamt wurde bei 12 Patienten eine linkslateralisierte Epilepsie festgestellt. Zehn Personen weisen einen rechtslateralisierten Anfallsursprung auf, während bei zehn weiteren Patienten keine eindeutige Lateralisierung der Anfälle gefunden wurde.

Tabelle 8: Fokuslateralisation nach EEG, MRT und Gesamtbewertung

In Klammern: davon Patienten mit zusätzlicher beidseitiger Läsion (Atrophie).

Lateralisierung	EEG	MRT	Gesamt
links	13	18 (2)	12
rechts	8	13	10
unklar	11	1	10

4.4 Händigkeit

Zur Feststellung der Händigkeit wurde das Edinburgh-Handedness-Inventory (EHI) von Oldfield (1971) eingesetzt. Es besteht aus zehn Items, mit denen die bevorzugte Hand bei der Verrichtung überwiegend unimanueller Tätigkeiten erfragt wird. Wird eine Hand klar bevorzugt, werden pro Item zwei Punkte für die jeweilige Seite vergeben, bei einer weniger strikten Bevorzugung gibt es für jede Hand einen Punkt. Insgesamt können maximal 20 Punkte erreicht werden. Aus dem Verhältnis der für die linke und die rechte Hand erreichten Punktzahl wird dann ein Lateralitätsquotient (LQ) berechnet. Dieser kann Werte zwischen +100 (Rechtshändigkeit) und -100 (Linkshändigkeit) annehmen. Eine „Cut-off-Grenze“ für Rechtshändigkeit wurde bei einem LQ ab 60 gezogen. 80% aller Rechtshänder weisen diesen oder einen höheren Wert auf. Die Mehrzahl (N=29) der Probanden erwies sich erwartungsgemäß als rechtshändig. Drei Personen gehören zur Gruppe der „Non-dextrals“ (Tabelle 9).

Tabelle 9: Verteilung der Lateralisationsquotienten

LQ	N	%	RH, %-Rang
100	22	68,75	100
90	4	12,50	70
80	1	3,13	50
70	1	3,13	30
60	1	3,13	20
10	1	3,13	-
-10	1	3,13	-
-60	1	3,13	-

4.5 Selektive Aufmerksamkeit (TAP)

Die selektive Aufmerksamkeit wurde mit der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (Zimmermann & Fimm, 1994) untersucht. Dazu wurde die visuelle Wahlreaktionsaufgabe „GoNogo“ verwendet, bei welcher der Patient auf ein definiertes von zwei verschiedenen, jeweils einzeln präsentierten Reizen selek-

tiv reagieren soll. Zur Beurteilung der selektiven Aufmerksamkeit wurde der Median der Reaktionszeit herangezogen. Die Rohwerte der Versuchspersonen wurden in Prozentränge transformiert und diese in Klassen eingeteilt. Abbildung 5 zeigt, dass die Mehrheit der Probanden eine durchschnittliche Leistung erbrachte, die zumeist im unteren Bereich liegt. Acht Patienten zeigen Ergebnisse, die nicht mehr im Normbereich liegen und somit auf eine Beeinträchtigung hinweisen.

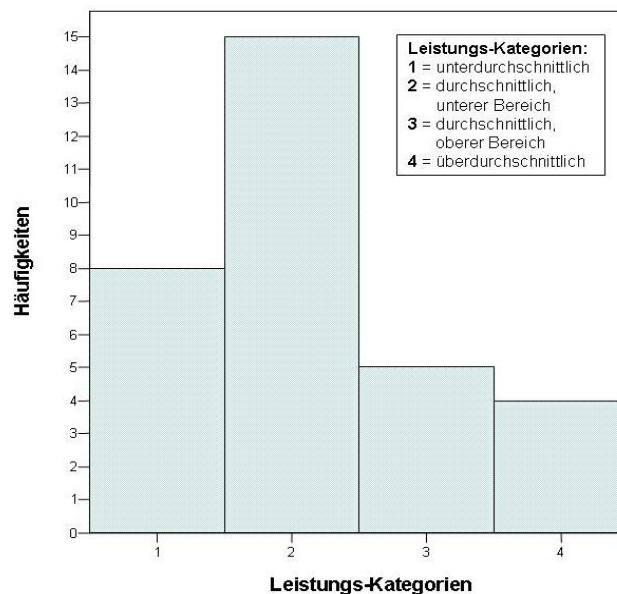


Abbildung 5: Histogramm selektive Aufmerksamkeit

Der Median der Reaktionszeit wurde nach folgendem Schema kategorisiert: Kategorie 1 = PR 0-15; Kategorie 2 = PR 16-50; Kategorie 3 = PR 51-85; Kategorie 4 = PR 86-100.

4.6 Versuchsplan

4.6.1 Experiment A: Differenzierung dichotisch versus binaural

Zur Untersuchung der Frage, ob und in welchem Maße die Probanden zwischen dichotischen und binauralen Items unterscheiden können, wurde ein 3-faktorieller Versuchsplan mit den Faktoren „Test-Quelle“, „Präsentationsform“ und „Itemserie“ mit Messwiederholungen auf den ersten beiden Faktoren zugrunde gelegt (Tabelle 10).

Tabelle 10: Untersuchungsdesign zur Wahrnehmung von „fused words“

Faktor 1 Test-Quelle	Faktor 2 Itemserie	Faktor 3 Präsentationsform	
		binaural	dichotisch
FW10b	DB5w		
	DB5x		
FW12k	DB5y		
	DB5z		

Jeder Proband bearbeitet zwei dieser Itemserien, und zwar jeweils eine Serie, die sich aus Items des FW10b zusammensetzt und eine weitere, die aus Items des FW12k besteht. Die Bearbeitung zweier Itemserien ist notwendig, um eventuelle Lautstärkeeffekte auszuschließen, da der FW10b und der FW12k getrennt voneinander aufgenommen wurden und eine exakte Angleichung der Lautstärken nicht gewährleistet werden konnte.

Unabhängige Variablen stellen die Testquelle, die Präsentationsform und die Itemserie dar. Als abhängige Variable werden die korrekten Antworten (Treffer) betrachtet. Die Auswertung erfolgt über eine mehrfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen.

4.6.2 Experiment B: Aufmerksamkeitseinflüsse auf FW10b und FW12k

Zur Untersuchung der Fragestellungen zur Wirkung von Aufmerksamkeitsinflüssen auf das dichotische Hören wurde ein 3-faktorieller Versuchsplan mit den Faktoren „Test“, „Ohrseite“ und „Instruktion“ sowie Messwiederholungen auf allen drei Faktoren gewählt. Alle Probanden werden unter allen Bedingungen untersucht, d.h. ihnen werden beide Tests unter insgesamt drei Instruktionen vorgelegt (Tabelle 11). Der Test, die Ohrseite und die Instruktion gehen als unabhängige Variablen in die Analyse ein. Die einfachen Ohrpunkte (eLOP und eROP) stellen die abhängigen Variablen dar. Diese sind nicht mit den in Kapitel 2.2.4 beschriebenen Rechtsohrpunkten (ROP) und Linksohrpunkten (LOP) zu verwechseln: Einfache Ohrpunkte hängen nicht von der konsistenten Beantwor-

tung eines Wortpaares in zwei Trials ab, sondern werden isoliert für jeden einzelnen Trial vergeben (vgl. Asbjornsen & Bryden, 1995).

Tabelle 11: Untersuchungsdesign zum Einfluss von Aufmerksamkeitsfaktoren

Faktor Test	Faktor 2 Ohrseite	Faktor 3 Instruktion		
		ohne	links	rechts
FW10b	links			
	rechts			
FW12k	links			
	rechts			

4.7 Material

Es wurden zwei bewährte sprachdichotische Hörtests (FW10b, FW12k) sowie im Rahmen dieser Diplomarbeit entwickelte Varianten (Itemserien) beider Tests dargeboten. Da die Hörtests FW10b und FW12k bereits unter 2.2.5.1 und 2.2.5.2 beschrieben und verglichen wurden, soll an dieser Stelle nur auf Aspekte der praktischen Durchführung eingegangen werden.

4.7.1 Dichotischer Hörtest FW10b

Der Test besteht aus zwei Teilen: Im ersten Teil wird jedes Wort auf jedem Ohr unilateral dargeboten, um die Fähigkeit zur Worterkennung des Probanden zu prüfen (2 x 20 Wörter = 40 unilaterale Items). Anschließend erfolgt die eigentliche dichotische Testung mit 10 Wortpaaren in jeweils zwei Orientierungen und acht Durchgängen (2 x 10 x 8 = 160 dichotische Items). Der Proband hat dabei die Aufgabe, unter vier auf dem Bildschirm dargebotenen möglichen Antworten das von ihm wahrgenommene Wort auszuwählen. Zwei dieser Wörter repräsentieren das dargebotene Wortpaar und gelten als korrekte Antwort; die beiden anderen Wörter stellen Distraktoren dar. Wird einer der Distraktoren vom Probanden als Lösung genannt, ist dies als Fehler zu werten.

4.7.2 Dichotischer Hörtest FW12k

Auch dieser Test besteht aus zwei Teilen, einem unilateralen zur Überprüfung der Worterkennung des Probanden (2 x 24 Wörter = 48 unilaterale Items) und einem dichotischen, in dem dieselben 12 Wortpaare in dichotischer Weise unter jeweils zwei Orientierungen und in sechs Durchgängen dargeboten werden (2 x 12 x 6 = 144 dichotische Items). Der Proband sieht unmittelbar nach der Präsentation des jeweiligen Wortpaares die entsprechenden Zeichnungen und die dazugehörigen Begriffe. Er soll das Wort benennen und zeigen, welches er gehört zu haben meint.

4.7.3 Dichotisch-binaurale Itemserien

Ziel dieses aus dem vorliegenden Material selbst entwickelten Tests ist die Beantwortung der Frage, ob die Probanden in der Lage sind, zwischen einem binauralen und einem dichotischen Höreindruck zu unterscheiden. Er wurde aus dem Material des FW10b und des FW12k neu zusammengestellt. Da das vorhandene Stimulusmaterial aus dichotischen Items bestand, mussten diese Stereo-Dateien zunächst mit Hilfe des Programms „SpeechLab“ (Diesch, 1997) in zwei Mono-Dateien zerlegt werden. Anschließend konnten diese durch Multiplexen zu jeweils einer neuen Stereo-Datei zusammengefügt werden.

Ein Test, der alle Items des FW10b und des FW12k enthalten hätte, wäre jedoch zu lang geworden. Daher wurden aus dem binauralen und dem dichotischen Material vier Untertests erstellt (Tabelle 12). Somit existieren jeweils zwei Untertests mit jeweils fünf Wortpaaren aus dem FW10b und dem FW12k. Dabei konnten zwei Wortpaare des FW12k entfallen, da sie im FW10b enthalten sind.

Tabelle 12: Zusammensetzung der dichotisch-binauralen Itemserien

Test	FW10b		FW12k	
Itemserie	DB5w	DB5x	DB5y	DB5z
Wortpaar	Topf-Kopf	Trott-Pott	Tau-Bau	Glut-Blut
	Blei-Drei	Pfropf-Kropf	Dorn-Korn	Gasse-Kasse
	Trick-Klick	Pult-Kult	Gabel-Kabel	Pass-Bass
	Pol-Kohl	Tran-Kran	Brücke-Krücke	Braut-Kraut
	Preis-Kreis	Bier-Gier	Tuch-Buch	Gold-Colt

Jeder Untertest wurde so konstruiert, dass jedes Wortpaar in jedem Durchgang viermal dargeboten wird (Tabelle 13).

Tabelle 13: Beispiel für die vier Darbietungsvarianten des Itempaares „Topf-Kopf“

Wortpaar „Topf-Kopf“	linkes Ohr	rechtes Ohr
dichotisch (1. Orientierung)	Topf	Kopf
dichotisch (2. Orientierung)	Kopf	Topf
binaural (1. Wort)	Topf	Topf
binaural (2. Wort)	Kopf	Kopf

Für alle vier Untertests wurde dieselbe Pseudo-Randomisierung der Items und ihrer Präsentationsform gewählt. Auf dieser Grundlage wurde für jeden Untertest ein Darbietungsprogramm unter „SpeechLab“ geschrieben, das die Reihenfolge der Items sowie das Antwortformat festlegt.

Die Aufgabe für den Probanden besteht darin, zu entscheiden, ob er das gleiche Wort auf beiden Ohren oder zwei verschiedene Wörter gehört hat. Der gesamte Untertest besteht aus 180 Items (5 Wortpaare x 4 Darbietungsvarianten x 9 Durchgänge = 180 Items). Jedes Wortpaar wird dabei 36 Mal dargeboten (4 Darbietungsvarianten x 9 Durchgänge), so dass anstelle einer Binomialverteilung bei der statistischen Analyse eine Normalverteilung zugrunde gelegt werden kann.

4.8 Geräte

Alle dichotischen Hörtests laufen auf einem PC über das Programm SpeechLab (Diesch, 1997) und Soundkarte. Die Darbietung der Items erfolgt über geschlossene Kopfhörer. Die Antworten der Probanden wurden in allen Tests durch den Untersucher über das Keyboard erfasst, auch beim FW10b, dessen Standardinstruktion die Versuchsperson zur eigenständigen Erfassung seiner Antworten auffordert. Hiermit sollte eine weitgehende Einheitlichkeit der Testbedingungen erreicht werden.

4.9 Versuchsdurchführung

Die Patienten wurden am zweiten oder dritten Tag ihres Krankenhausaufenthalts von einer Mitarbeiterin der Abteilung Neuropsychologie vormittags untersucht. Dazu gehören die Erhebung der Anamnese und eine etwa 3-stündige neuropsychologische Testung. Diese umfasst die Untersuchung der allgemeinen kognitiven Leistungsfähigkeit, der Gedächtnisfunktionen, der Aufmerksamkeit, des Sprachverständnisses und der Sprachproduktion, der visuokonstruktiven Fertigkeiten sowie der kognitiven Flexibilität. Am Ende der Untersuchung erfolgt der sprachdichotische Hörtest FW12k in seiner normalen Darbietungsform und Testlänge.

Nach einer etwa zweistündigen Pause wurden die Patienten erneut abgeholt und in denselben Raum gebeten, in dem auch die Vormittagsuntersuchung stattfand. Der Untersuchungsraum ist ruhig gelegen und ausreichend beleuchtet, jedoch nicht schallisoliert, so dass gelegentlich Geräusche durch ankommende Patienten und Gesprächsfetzen hörbar sind.

Die Patienten wurden darüber aufgeklärt, dass die Untersuchung der Weiterentwicklung des dichotischen Hörtests dient und damit anderen Patienten von Nutzen ist. Sie erfuhren, dass es sich nicht um eine Leistungsprüfung handelt und die Untersuchung etwa eine bis eineinhalb Stunden in Anspruch nehmen

wird. Tabelle 14 zeigt den Untersuchungsablauf im Überblick. Der Ablauf der routinemäßigen neuropsychologischen Untersuchung wird in Anhang 8.2 dargestellt.

Tabelle 14: Untersuchungsablauf

Es werden die für die vorliegende Studie relevanten Testuntersuchungen dargestellt. Der FW12k ist Bestandteil der routinemäßigen neuropsychologischen Untersuchung.

Untersuchungsabschnitt		Testaufgaben	Durchschnittliche Dauer in Min.
Neuropsychologische Untersuchung (9:00 – 12:00 Uhr)		FW12k mit Standardinstruktionen (normale Testlänge)	20
Dichotische Experimente (14:00 – 15:30 Uhr)	1. Teil	FW10b mit Standardinstruktionen (gekürzte Testlänge)	10
	2. Teil	FW12k mit Aufmerksamkeitsinstruktionen (gekürzt)	15
		FW10b mit Aufmerksamkeitsinstruktionen (gekürzt)	15
	3. Teil	Binaural-dichotische Itemserie aus FW12k	20
		Binaural-dichotische Itemserie aus FW10b	20

Die Sitzung begann bei allen Patienten mit einer von sechs auf vier Durchgänge verkürzten Präsentation des FW10b. Es folgte ein zweiter Test-Abschnitt zur Prüfung der Wirkung von Aufmerksamkeitsinstruktionen. Präsentiert wurden jeweils vier Durchgänge des FW10b und des FW12k. Die Reihenfolge der Tests wurde ausbalanciert, so dass die Hälfte der Probanden zuerst den FW10b dargeboten bekam und die andere Hälfte mit dem FW12k begann. Ebenso wurde mit der Reihenfolge der Aufmerksamkeitsinstruktionen verfahren (LRRL vs. RLLR), so dass sich das in Tabelle 15 skizzierte Schema ergibt.

Tabelle 15: Randomisierungen der Tests mit Aufmerksamkeitsinstruktion

Reihenfolge Tests		Reihenfolge Instruktion
1. Test	2. Test	
FW10b	FW12k	LRRL
		RLLR
FW12k	FW10b	LRRL
		RLLR

Anschließend folgte der dritte Untersuchungsteil mit der Darbietung zweier dichotisch-binauraler Itemserien. Jedem Probanden wurde eine der beiden aus FW12k-Items bestehenden Itemserien sowie eine der aus FW10b-Items bestehenden Itemserien präsentiert. Die Auswahl sowie die Reihenfolge der Itemserien wurden wiederum randomisiert, so dass jeweils acht von 32 Personen dieselben beiden Itemserien bearbeitet haben, davon jeweils vier in derselben Reihenfolge (Tabelle 16).

Tabelle 16: Randomisierung der dichotisch-binauralen Itemserien

Auswahl Tests		Reihenfolge Itemserien
FW10b	FW12k	
DB5w	DB5y	DB5w – DB5y
		DB5y – DB5w
DB5w	DB5z	DB5w – DB5z
		DB5z – DB5w
DB5x	DB5y	DB5x – DB5y
		DB5y – DB5x
DB5x	DB5z	DB5x – DB5z
		DB5z – DB5x

4.10 Instruktion

Die Standard-Instruktionen für den FW12k und den FW10b sind den Anhängen 8.3 und 8.4 zu entnehmen. An dieser Stelle sollen die speziell für diese Studie formulierten Instruktionen dargestellt werden.

4.10.1 FW10b und FW12k unter Aufmerksamkeitsinstruktion

Die Instruktion zur Bearbeitung der Tests unter der Bedingung fokussierter Aufmerksamkeit konnte relativ knapp gehalten werden, da die Probanden zu diesem Zeitpunkt bereits mit der Bearbeitung der dichotischen Hörtests vertraut waren:

„Dieser Test besteht aus Worten, die Sie bereits in den zuvor bearbeiteten Tests gehört haben. Es werden aber diesmal zwei verschiedene Wörter gleichzeitig dargeboten. Sie sollen nur auf ein Ohr achten und mir sagen, was Sie auf diesem Ohr hören. Im Laufe des Tests werde ich Ihnen Bescheid geben, dass sie auf das andere Ohr achten sollen. Sie fangen mit dem linken (rechten) Ohr an. Bitte achten Sie jetzt immer auf das linke (rechte) Ohr und sagen Sie mir, was Sie auf diesem Ohr hören. Bitte nur die Wörter auf dem linken (rechten) Ohr beachten und wiedergeben.“

Während des laufenden Tests wurde zweimal die Instruktion erteilt, von nun an auf das andere Ohr zu achten: „Bitte achten Sie ab dem nächsten Wort auf das andere Ohr. Ab jetzt bitte auf das rechte (linke) Ohr achten.“

4.10.2 Dichotisch-binaurale Itemserien

Die Probanden erhielten eine Instruktion mit folgendem Wortlaut:

„Dieser Test besteht ebenfalls aus Wörtern, die Ihnen bereits vertraut sind. Diesmal sind die Wörter manchmal auf beiden Ohren dieselben und manchmal sind es zwei verschiedene Wörter. Ihre Aufgabe ist es, jedes Mal zu entschei-

den, ob Sie ein Wort gehört haben oder zwei verschiedene gleichzeitig. Die verschiedenen Wörter klingen dabei sehr ähnlich, weil sie sich reimen. Ein Beispiel, das in dem Test nicht vorkommt, wäre „Haus-Maus“. Wenn Sie nur ein Wort wahrgenommen haben, sagen Sie „gleich“; wenn es nach zwei Wörtern klang, sagen Sie „ungleich“. Beide Varianten kommen über den Test hinweg gleich oft vor.“

5 Ergebnisse

5.1 Sprachlateralisierung: Lambdawerte im FW12k und Händigkeit

Der FW12k wurde in seiner normalen Länge und unter der Standardinstruktion geteilter Aufmerksamkeit mit den Patienten durchgeführt, um Hinweise auf ihre Sprachlateralisierung zu gewinnen. Um Aussagen über die Bedeutung des Lateralisationsindex auf Individualebene treffen zu können, wurden die Lambda-Werte in z-Werte transformiert. Dazu teilt man die Lambda-Werte durch den Standardfehler des Mittelwerts der Referenzstichprobe (Fernandes & Smith, 2000). Die resultierenden z-Werte sind standardnormalverteilt und können daher auf ihre Signifikanz überprüft werden. Legt man ein Konfidenzintervall von 95% fest, resultieren daraus die Intervallgrenzen $z\lambda \pm 1,96$. Individuelle $z\lambda$ -Werte, die diese Grenzen überschreiten, weisen auf eine signifikante Lateralisierung hin, die bei positivem Vorzeichen eine linksseitige und bei negativem Vorzeichen eine rechtsseitige Lateralisierung ist.

Die vorliegende Stichprobe weist einen Mittelwert von $\lambda = 1,23$ und einen Standardfehler von $Se = 0,30778$ auf. Aus der Division des Lambda-Wertes durch den Standardfehler ($1,23 / 0,30778$) ergibt sich ein mittlerer $z\lambda$ von 4,01. Die Konfidenzintervall-Grenzen lassen sich durch die Multiplikation des z-Wertes 1,96 mit dem Standardfehler ermitteln: $\pm 1,96 \times 0,30778 = \pm 0,60$. Entsprechend dieser Grenzen werden 23 der Patienten als links-, vier weitere als bilateral und fünf als rechtslateralisiert klassifiziert (Abbildung 6).

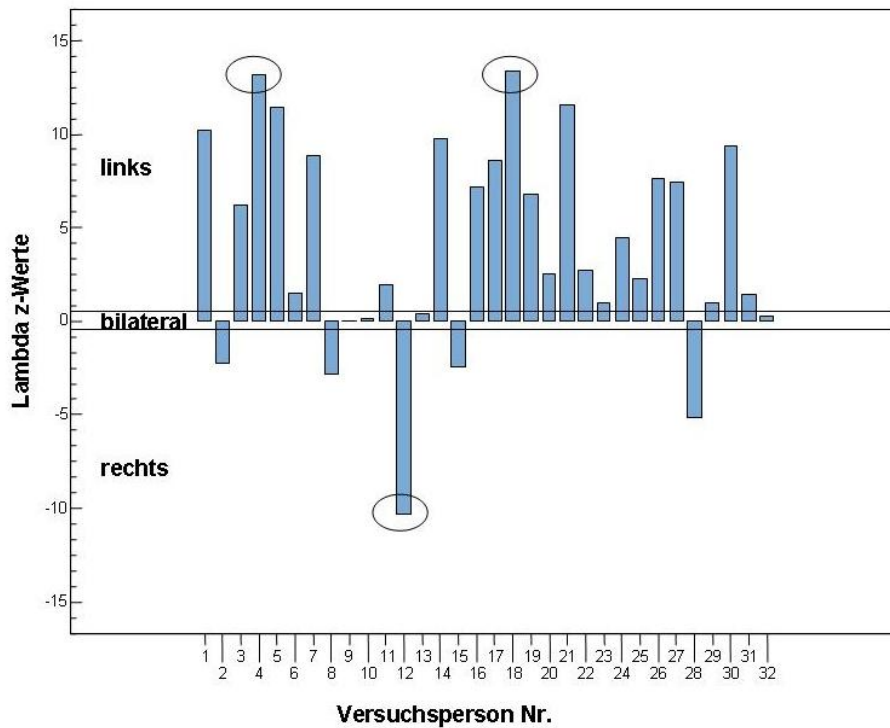


Abbildung 6: zLambda-Werte, Kategorien Sprache links, bilateral, rechts

Die Balken stellen die z-transformierten Lambda-Werte der einzelnen Versuchspersonen dar. zLambda-Werte, die den Absolutbetrag von 0,60 überschreiten, sind für eine links- oder rechtsseitige Sprachlateralisierung signifikant. Eingekreiste Extremwerte werden in Kapitel 5.3.1.3 diskutiert.

Da außerdem Informationen über die Händigkeit der Probanden vorliegen, sollen diese zu den Lambda z-Werten in Beziehung gesetzt werden. Abbildung 7 macht deutlich, dass beide Lateralisationsindizes gut miteinander übereinstimmen. So gehören 24 als Rechtshänder eingestufte Patienten der Kategorie „Sprache linkslateralisiert“ entsprechend Lambda an. Zwei Patienten fallen trotz Rechtshändigkeit in die Kategorie „bilateral“ und drei weitere in die Kategorie „rechtshemisphärisch“. Von den drei nondextralen Probanden werden zwei als „rechtslateralisiert“ und eine Person als „bilateral“ eingestuft. Es findet sich keine nondextrale Person in der Kategorie „Sprache linkslateralisiert“ wieder.

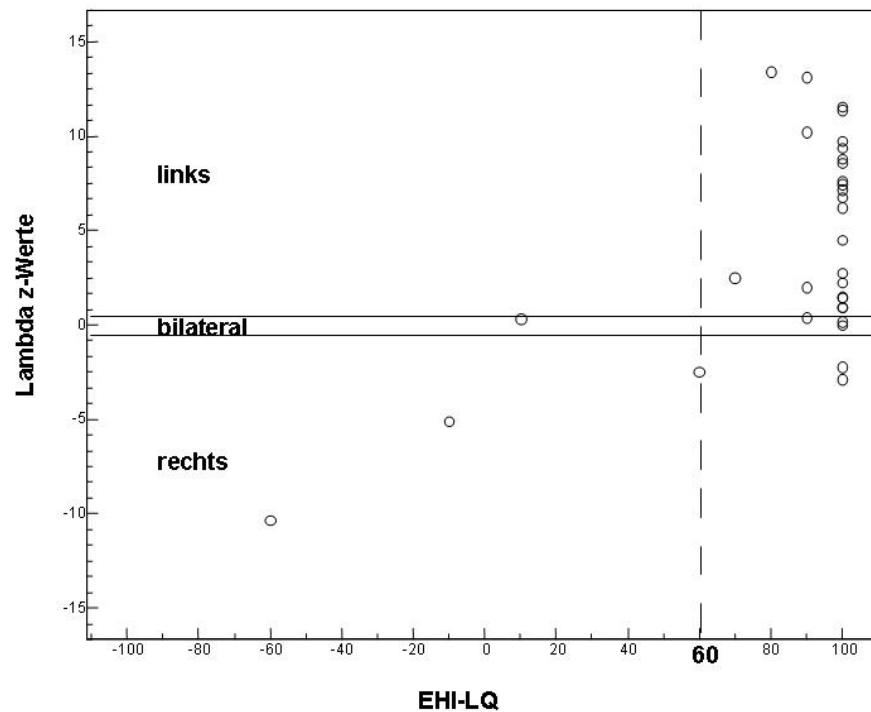


Abbildung 7: zLambda-Werte, Sprachlateralisations-Kategorien und Händigkeit

Dargestellt werden die zLambda-Werte in Relation zur Händigkeit. Die zLambda-Werte werden in die Kategorien Sprache links, bilateral und rechts unterschieden. EHI-LQ = Edinburgh Handedness Inventory-Lateralisationsquotient. Ein LQ von 60 wird als Untergrenze der Rechtshändigkeit gesetzt (vgl. Hättig, 2004).

5.2 Experiment A: Wahrnehmung von „fused words“

Für dieses Experiment wurde unter SPSS 5.0.1 eine Syntax geschrieben, die eine automatische Zählung der richtigen und falschen Reaktionen auf dichotische und binaurale Darbietungen erlaubt. Diese Informationen sind darüber hinaus für jedes in der Itemserie dargebotene Wortpaar erhältlich. Die so vorbereiteten Daten wurden in eine Exceltabelle kopiert und für weiterführende statistische Analysen in SPSS Version 12.0 eingelesen.

5.2.1 Hypothese A1: Unterscheidung binauraler und dichotischer Items

Die Hypothese A1 lautete:

H0: Binaurale und dichotische Präsentationen von Reimwörtern unterscheiden sich nicht in der Anzahl korrekt gelöster Items.

H1: Binaurale und dichotische Präsentationen von Reimwörtern unterscheiden sich in der Anzahl korrekt gelöster Items.

Der Versuchsplan sah vor, dass jeder Proband zwei der vier Itemserien bearbeitet, wobei das Itemmaterial der einen Serie dem FW10b und das der anderen Serie dem FW12k entstammt. Daraus ergeben sich vier Gruppen von Versuchspersonen, wie die Tabelle 17 verdeutlicht. Darüber hinaus erhielt die Hälfte jeder Gruppe die Itemserien in der originalen und die andere Hälfte in der umgekehrten Reihenfolge vorgelegt.

Tabelle 17: Versuchspersonen-Gruppen

Gruppe	Itemserie aus FW10b	Itemserie aus FW12k
1	DB5w	DB5y
2	DB5w	DB5z
3	DB5x	DB5y
4	DB5x	DB5z

Zunächst einmal sollen auf deskriptiver Ebene die Mittelwerte der vier Itemserien über alle Versuchspersonen-Gruppen hinweg und unabhängig von der Testreihenfolge betrachtet werden. Jede Itemserie besteht aus 180 Items, die zur einen Hälfte binaural und zur anderen Hälfte dichotisch dargeboten werden. Es sind also pro Präsentationsform 90 Treffer möglich. Wie Abbildung 8 zeigt, wurde diese maximal mögliche Trefferzahl bei den binauralen Items im Mittel in allen vier Itemserien annähernd erreicht, während die Mittelwerte für die richtig gelösten dichotischen Items deutlich geringer ausfallen.

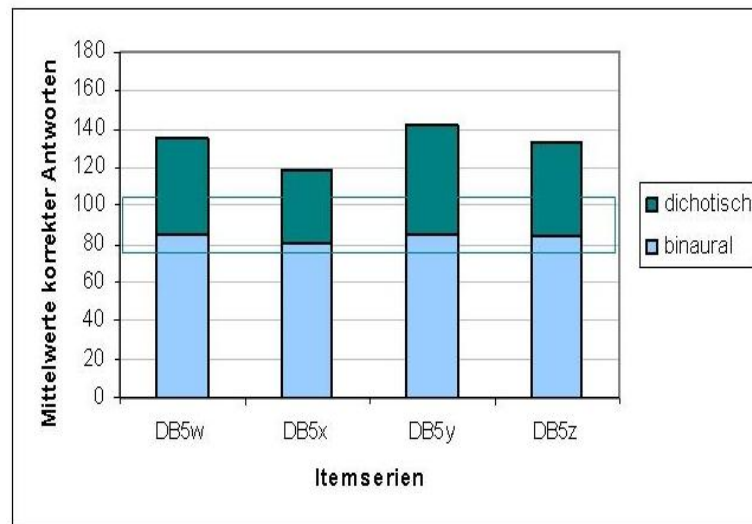


Abbildung 8: Mittlere korrekte Antworten nach Itemserie und Präsentationsform

Mittlere Anzahl korrekt gelöster binauraler und dichotischer Items. Aus der Summe beider ergibt sich die Gesamtzahl korrekter Antworten. 180 Treffer sind maximal zu erzielen. Innerhalb des eingezeichneten Zufallsbereichs (95%) werden die Präsentationsformen der Items nur per Zufall richtig erkannt. Die Berechnung des Zufallsbereichs folgt dem auf S. 61 beschriebenen Vorgehen mit den Kennzahlen: $\mu = 180 \times 0.5 = 90$; $\sigma = \sqrt{(180 \times 0.5 \times 0.5)} = 6,7$; $2\sigma = 13,4$; $90 \pm 14 = 76$ bis 104.

Betrachtet man zusätzlich die Standardabweichungen, so fällt auf, dass sich die Probanden in ihrer Fähigkeit zur Entdeckung dichotischer Items in größerem Maße voneinander unterscheiden als in der Identifikation binauraler Items (Tabelle 18). Es zeigt sich zudem, dass es Personen gibt, die kein einziges dichotisches Item als solches erkannt haben, sondern immer der Ansicht waren, es handle sich um nur ein Wort (Tabelle 18; Minimum = 0). Zwei Probanden zeigten dieses Antwortverhalten in beiden bearbeiteten Itemserien, eine weitere Person nur in einer Itemserie. Da diese Extremwerte die Standardabweichung beeinflussen, wurde diese erneut unter Ausschluss der jeweiligen Extremwerte berechnet. Dabei reduzieren sich die Standardabweichungen zwar deutlich, der Unterschied zu den binauralen Darbietungen bleibt jedoch bestehen.

Tabelle 18: Deskriptive Daten nach Präsentationsform und Itemserie

In den Itemserien DB5x, DB5y und DB5z wurde von insgesamt 3 Personen kein einziges Item als dichotisch erkannt (Min = 0). Da diese Extremwerte die Standardabweichung beeinflussen, wurde diese unter Ausschluss der pro Itemserie betroffenen Personen neu berechnet (SD*).

Präsentationsform	Itemserie	N	MW	SD	SD*	Min	Max
Binaural	DB5w	16	85,13	9,208		61	90
	DB5x	16	80,31	12,153		48	90
	DB5y	16	85,44	7,754		63	90
	DB5z	16	84,00	7,598		69	90
Dichotisch	DB5w	16	49,69	25,612		10	90
	DB5x	16	38,63	23,760	19,724	0	73
	DB5y	16	56,31	31,309	23,947	0	90
	DB5z	16	48,25	31,636	23,125	0	89

Aufgrund der hohen Streuung sollen außerdem die individuellen Ergebnisse untersucht werden. Abbildung 9 stellt die Anzahl korrekt gelöster Items je Versuchsperson über die von ihr bearbeiteten zwei Itemserien unabhängig von der Präsentationsform dar. Zur Beantwortung der Frage, ob Individuen die Items in überzufälliger Weise unterscheiden können, lässt sich die Binomialverteilung heranziehen. Mit steigender Präsentationszahl geht diese in eine Normalverteilung über. Sind die Wahrscheinlichkeiten für beide Seiten gleich groß ($p=q=0.5$), so reichen 36 Darbietungen bereits aus, um das Ergebnis mit der Normalverteilung zu vergleichen (Pfanzagl, 1962). Im vorliegenden Fall wurden 360 Darbietungen realisiert. Die resultierende Normalverteilung lässt sich durch folgende Kennwerte beschreiben:

Mittelwert: $m = n p$ **Standardabweichung:** $s = \sqrt{n p q}$

Der Mittelwert beträgt damit $\mu = 360 \times 0.5 = 180$ und die Standardabweichung $\sigma = \sqrt{(360 \times 0.5 \times 0.5)} = 9,5$. Weicht der individuelle Wert um mehr als 2 Standardabweichungen vom Mittelwert ab ($2 \times 9,5 = 19$), kann man von einer überzufälligen Diskriminationsfähigkeit ausgehen. Damit ergeben sich die in Abbildung 9 eingezeichneten Schranken von 161 und 199.

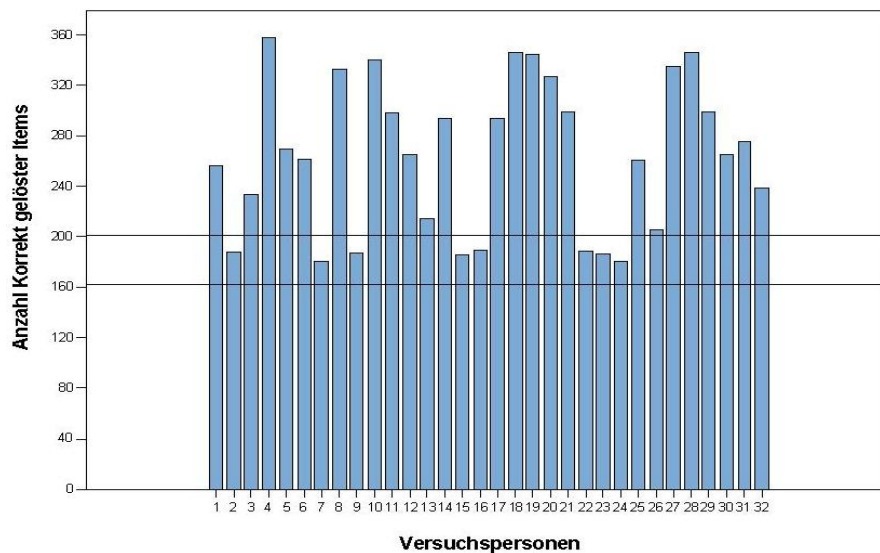


Abbildung 9: Binaural-dichotische Tests; Anzahl korrekt gelöster Items je Individuum

Jedes Individuum hat zwei Itemserien à 180 Items bearbeitet ($2 \times 180 = 360$ Items). Personen, die < 161 oder > 199 Items gelöst haben, weisen eine überzufällige Lösungsrate auf.

Der Abbildung zufolge sind acht von 32 Personen nicht in der Lage, zwischen binauralen und dichotischen Items zu unterscheiden. Bei den anderen Probanden kann man von einer überzufälligen Diskriminationsfähigkeit ausgehen.

Inferenzstatistisch wurde eine Varianzanalyse mit den Faktoren „Test“ (2), „Präsentationsform“ (2) und „Kombination von Itemserien“ (4) durchgeführt. Die ersten beiden Faktoren gehen als Messwiederholungsfaktoren in die Analyse ein. Das Ergebnis des Levene-Tests weist auf inhomogene Fehler-Varianzen bei den binauralen Item-Präsentationen hin (Tabelle 19). Aufgrund der gleich großen Stichproben dürften die heterogenen Varianzen den F-Test jedoch nicht erheblich beeinflussen (Bortz, 1999).

Tabelle 19: Levene-Test, Varianzhomogenität der binauralen Präsentationen

	F	FG1	FG2	p
FW10b binaural	5,586	3	28	.004
FW10b dichotisch	0,281	3	28	.839
FW12k binaural	4,015	3	28	.017
FW12k dichotisch	1,172	3	38	.338

Ein deutlicher Haupteffekt stellt sich für den Faktor „Präsentationsform“ dar, dem deutlich mehr korrekte Antworten auf binaurale als auf dichotische Items zugrunde liegen ($F=56,465$; $p<.001$). Darüber hinaus ergab sich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor „Test“ ($F=10,956$; $p=.003$), der auf eine größere Zahl korrekt gelöster Items des FW12k zurückzuführen ist. Diese Tendenz gilt in größerem Maße für die dichotischen als für die binauralen Items (Abbildung 10). Der Interaktionseffekt von „Test“ und „Präsentationsform“ erreicht jedoch keine Signifikanz ($F=2,226$; $p=.147$).

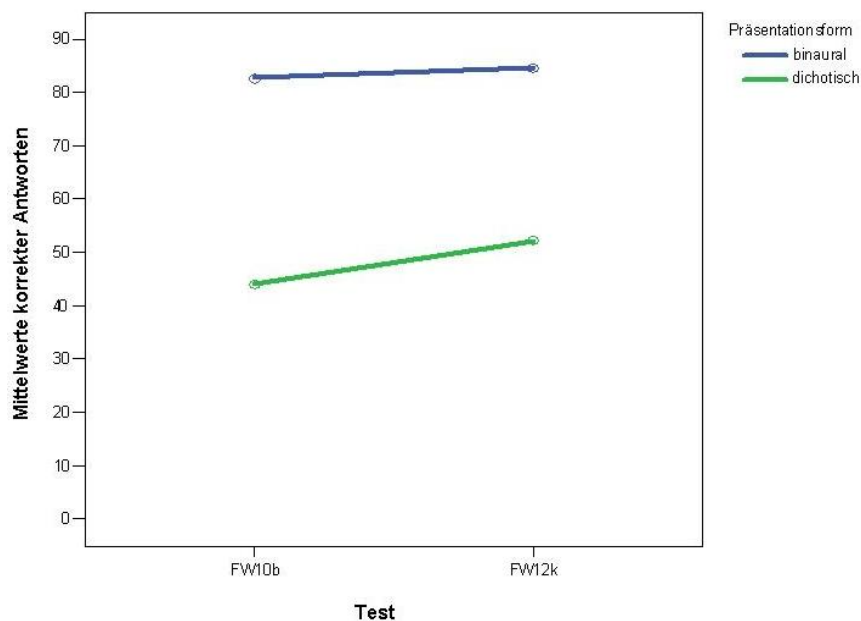


Abbildung 10: Interaktion Test x Präsentationsform

Der Faktor „Kombination“ zeigt weder einzeln noch in Interaktion mit anderen Faktoren einen bedeutsamen Einfluss. Somit scheint es für das Zustandekommen der genannten Haupteffekte keine wichtige Rolle zu spielen, welche Itemserien eine Versuchsperson bearbeitet hat. Alle Ergebnisse der Varianzanalyse werden in Anhang 8.5 zusammengefasst.

Da sich binaurale und dichotische Präsentationen von Reimwörtern offensichtlich in der Anzahl korrekt gelöster Items unterscheiden, ist die eingangs formulierte Nullhypothese abzulehnen.

5.2.2 Hypothese A2: Unterscheidung „binaural-dichotisch“ auf Itemebene

Es wurde die folgende Hypothese aufgestellt:

H0: Die Items unterscheiden sich nicht darin, wie leicht sie als dichotisch oder binaural identifiziert werden können.

H1: Die Items unterscheiden sich darin, wie leicht sie als dichotisch oder binaural identifiziert werden können.

Zur Beurteilung dieser Fragestellung sollen zunächst die Mittelwerte der korrekten Antworten auf Wortpaar-Ebene betrachtet werden. Abbildung 11 stellt diese Mittelwerte nach Präsentationsform gestapelt dar. Es ist deutlich zu sehen, dass die korrekten Antworten auf binaurale Items konstant hoch ausfallen. Demgegenüber sind die Treffer bei den dichotischen Items nicht nur nominal kleiner, sondern schwanken je nach Wortpaar auch sehr stark.

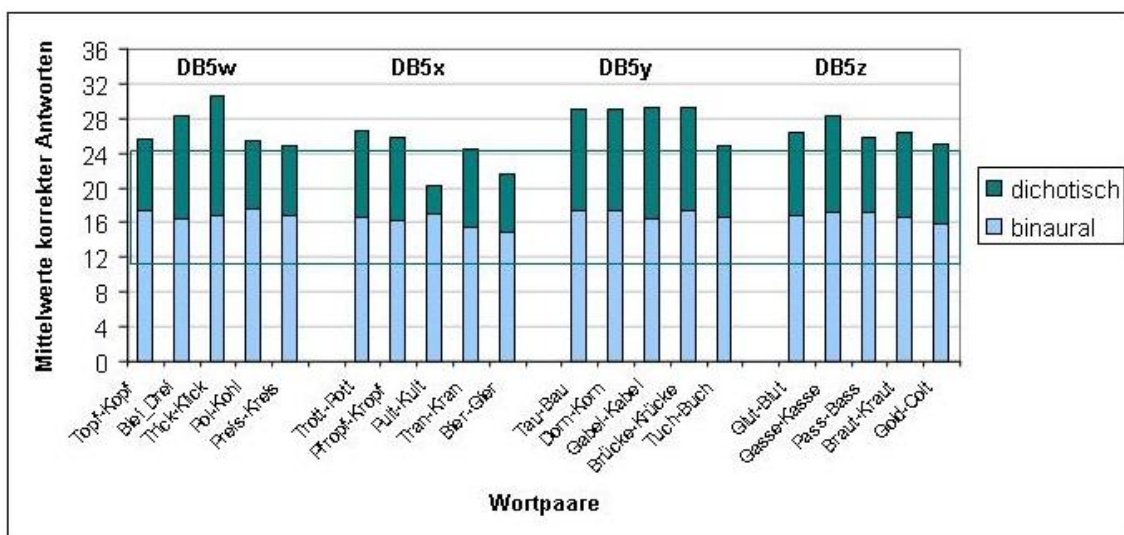


Abbildung 11: Mittlere korrekte Antworten nach Itemserie, Wortpaar und Präsentationsform

Innerhalb des eingezeichneten Zufallsbereichs (95%) werden die Präsentationsformen der Wortpaare nur per Zufall richtig erkannt. 18 der 20 Wortpaare überschreiten diesen Bereich.

Da pro Wortpaar 36 Darbietungen erfolgten, kann man den unter 5.2.1. dargestellten Überlegungen folgend einen Übergang der Binomialverteilung in eine

Normalverteilung unterstellen. Der Mittelwert der Verteilung ergibt sich zu $\mu = 36 \times 0,5 = 18$; die Standardabweichung beträgt $\sigma = \sqrt{36 \times 0,5 \times 0,5} = 3$. Der zu überschreitende Wert für eine überzufällige Wahrnehmungsleistung ergibt sich damit zu 24 ($\mu + 2\sigma = 18 + 6 = 24$). Zwei Wortpaare unterschreiten diesen Grenzwert und werden im Mittel nur zufällig gelöst (Pult-Kult, Bier-Gier). Damit ist die Nullhypothese abzulehnen. Es zeigt sich in dieser Darstellung auch noch einmal, dass die Items des FW12k (Itemserien DB5y, DB5z) besser unterschieden werden können als die des FW10b. Damit scheint der FW10b für die Suggestion der Wahrnehmung eines einzigen Perzeptes geeigneter zu sein als der FW12k.

5.3 Experiment B: Aufmerksamkeitseinflüsse auf FW10b und FW12k

Für dieses Experiment wurde eine Syntax unter SPSS 5.0.1 erstellt, die es ermöglicht, die erzielten einfachen Ohrpunkte nach Versuchsdurchgang, Instruktion und Ohrseite getrennt zu ermitteln. Darüber hinaus werden Fehler ausgewiesen, welche durch Benennung eines Distraktors (FW10b) entstehen. Diese Daten wurden kopiert, in einer Exceltabelle aufbereitet und in SPSS Version 12.0 zur statistischen Verarbeitung eingelesen.

5.3.1 Hypothese B1: Einfluss von Aufmerksamkeitsinstruktionen

Die Hypothese B1 gilt für den FW12k und den FW10b und lautet:

H0: Die Größe der einfachen Rechtsohrpunkte und Linksohrpunkte bleibt unter allen drei Aufmerksamkeitsinstruktionen NF, FR und FL gleich.

H1: Die Größe der einfachen Rechtsohrpunkte und Linksohrpunkte verändert sich in Abhängigkeit von den drei Aufmerksamkeitsinstruktionen NF, FR und FL. Für die Rechtsohrpunkte gilt: $FR > FL$. Für die Linksohrpunkte gilt: $FL > FR$.

Für jeden der beiden untersuchten Tests FW10b und FW12k wurde zunächst eine Varianzanalyse mit den Faktoren Geschlecht (2), Reihenfolge der Aufmerksamkeitsinstruktionen (2), Aufmerksamkeitsinstruktion (3) und Ohrseite (2) berechnet. Dabei gingen die beiden zuletzt genannten Variablen als Messwiederholungsfaktoren in die Analyse ein.

5.3.1.1 Einfluss von Aufmerksamkeitsinstruktionen auf den FW10b

Die deskriptiven Daten ergaben im Mittel unter der Standardbedingung geteilter Aufmerksamkeit (NF) wie erwartet mehr einfache Rechtsohrpunkte als Linksohrpunkte (eROP=21,94; eLOP=17,78). Dieser Vorteil des rechten Ohres bleibt unter allen drei Instruktionsbedingungen deutlich bestehen.

Der Einfluss der Aufmerksamkeitsinstruktionen zeigt deskriptiv in die postulierte Richtung: Die eLOP fallen unter der Bedingung „FL“ im Mittel größer aus als unter der Bedingung „FR“ (FL: 18,34; FR: 18,03). Eine umgekehrte Beziehung ergibt sich für die eROP, die unter der Bedingung „FR“ einen höheren Mittelwert aufweisen als unter der Bedingung „FL“ (FR: 21,34; FL: 20,84).

Über das Verhältnis der neutralen Instruktion „NF“ zu den Aufmerksamkeitsinstruktionen „FL“ und „FR“ wurde zwar keine Hypothese formuliert, es könnte aber gemutmaßt werden, dass die Fokussierung auf das rechte Ohr einen natürlichen Rechtsohrvorteil noch vergrößert, während dieser durch Konzentration auf das linke Ohr abgeschwächt wird. Die Daten bestätigen den Abschwächungseffekt, zeigen jedoch für die Bedingung „FR“ nicht den zu erwartenden Zusammenhang (Tabelle 20).

Tabelle 20: Deskriptive Daten FW10b; eLOP u. eROP, 3 Aufmerksamkeitsbedingungen

Aufmerksamkeitsinstruktion	Linkes Ohr		Rechtes Ohr	
	MW	SD	MW	SD
Nonforced (NF)	17,78	3,28	21,94	3,39
Forced right (FR)	18,03	3,81	21,34	3,91
Forced left (FL)	18,34	3,10	20,84	3,44

Die Varianzanalyse ergab einen signifikanten Haupteffekt für die Ohrseite ($F=8,283$, $p=0,008$), der aus einer besseren Gesamtleistung des rechten Ohres gegenüber dem linken Ohr resultiert. Auch für den Faktor „Instruktion“ resultierte ein signifikanter Haupteffekt ($F=3,663$; $p=0,032$). Dieser beruht auf einer unterschiedlichen Fehlerrate unter den drei Aufmerksamkeitsbedingungen. Die meisten Fehler werden unter der Bedingung „FL“ gemacht, die wenigsten unter der Standardinstruktion „NF“. Die Interaktion von Instruktion und Ohrseite zeigt deskriptiv für die Bedingungen FL und FR in die erwartete Richtung (Abbildung 12), erreichte jedoch keine Signifikanz ($F=1,508$; $p=0,230$).

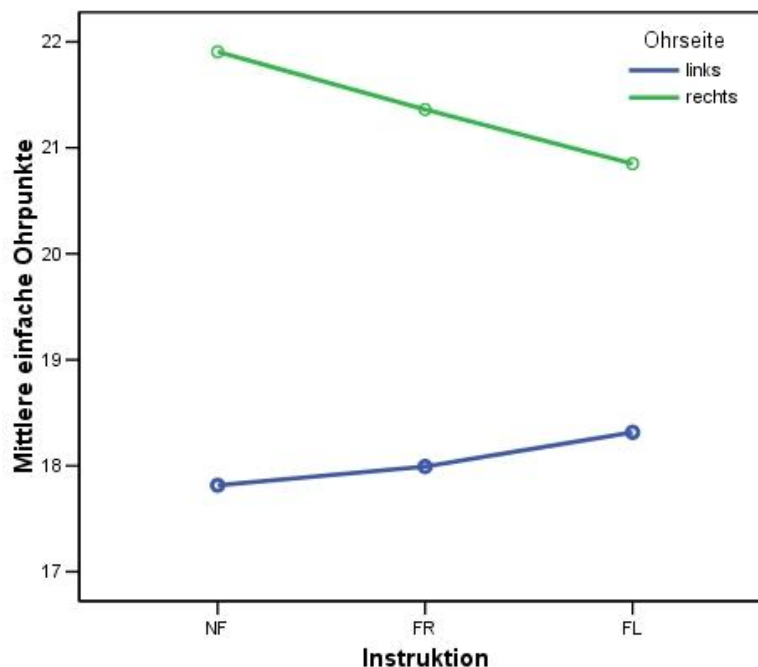


Abbildung 12: FW10b: Interaktion einfache Ohrpunkte x Instruktion

Der Zwischensubjekt-Faktor „Geschlecht“ zeigt einen tendenziellen Unterschied mit dem Hintergrund, dass Frauen eine bessere Gesamtleistung erzielen, d.h. weniger Fehler machen ($F=2,952$; $p=0,097$). Die Reihenfolge der Instruktionen (LRRL vs. RLLR) blieb ohne Einfluss auf die Ergebnisse. Alle Ergebnisse der Varianzanalyse werden in Anhang 8.6 dargestellt.

Der Mauchly-Sphäritäts-Test prüft die Voraussetzungen der Unabhängigkeit und Varianzhomogenität der Messwiederholungsfaktoren. Die Annahme der Sphärität kann hier akzeptiert werden, da die Prüfgröße W nicht signifikant ist (Tabelle 21).

Tabelle 21: FW10b, Mauchly-Sphäritäts-Test

Messwiederholungsfaktoren	Mauchly's W	Approx. Chi^2	FG	p
Ohrseite	1,000	0,000	0	
Instruktion	0,896	2,955	2	.228
Ohrseite * Instruktion	0,944	1,543	2	.462

Da die Interaktion von Ohrseite und Instruktion keine Signifikanz erreichte und die Voraussetzungen für eine konklusive Interpretation der Varianzanalyse erfüllt sind, muss die H_0 beibehalten werden.

5.3.1.2 Einfluss von Aufmerksamkeitsinstruktionen auf den FW12k

Die deskriptiven Daten ergeben im Mittel ein den Ergebnissen des FW10b vergleichbares Bild. Auch hier zeigte sich für alle drei Versuchsbedingungen eine deutliche Überlegenheit des rechten Ohres (Tabelle 22). Unter der Instruktion FL werden mehr eLOP erreicht als unter der Instruktion „FR“ (FL: 22,50; FR: 21,09). Für die eROP gilt die umgekehrte Aussage (FR: 26,91; FL: 25,50).

Der FW12k weist ebenfalls den zunächst paradox erscheinenden Effekt auf, dass unter der Standardbedingung geteilter Aufmerksamkeit (NF) mehr einfache Rechtsohrpunkte gezählt werden als unter der Bedingung der auf das rechte Ohr fokussierten Aufmerksamkeit (FR).

Tabelle 22: Deskriptive Daten FW12k, eLOP und eROP, 3 Aufmerksamkeitsbedingungen

Aufmerksamkeitsinstruktion	Linkes Ohr		Rechtes Ohr	
	MW	SD	MW	SD
Nonforced (NF)	19,78	6,90	28,22	6,90
Forced right (FR)	21,09	7,24	26,91	7,24
Forced left (FL)	22,50	6,49	25,50	6,49

Die Varianzanalyse weist einen signifikanten Haupteffekt für die Ohrseite aus ($F=6,915$; $p=0,014$). Diese geht aus der besseren Gesamtleistung des rechten Ohres gegenüber dem linken hervor. Da im FW12k im Gegensatz zum FW10b keine Fehler aufgrund der Benennung von Distraktoren auftreten können, sind die Informationen aus den einfachen Rechtsohr- und Linksohrpunkten redundant. Daher kann es keinen Haupteffekt der Instruktion geben. Der Interaktionseffekt von Ohrseite und Instruktion verfehlte knapp die Signifikanzgrenze ($F=2,904$; $p=0,063$). Abbildung 13 stellt die Interaktion der einfachen Ohrpunkte und der Instruktion dar.

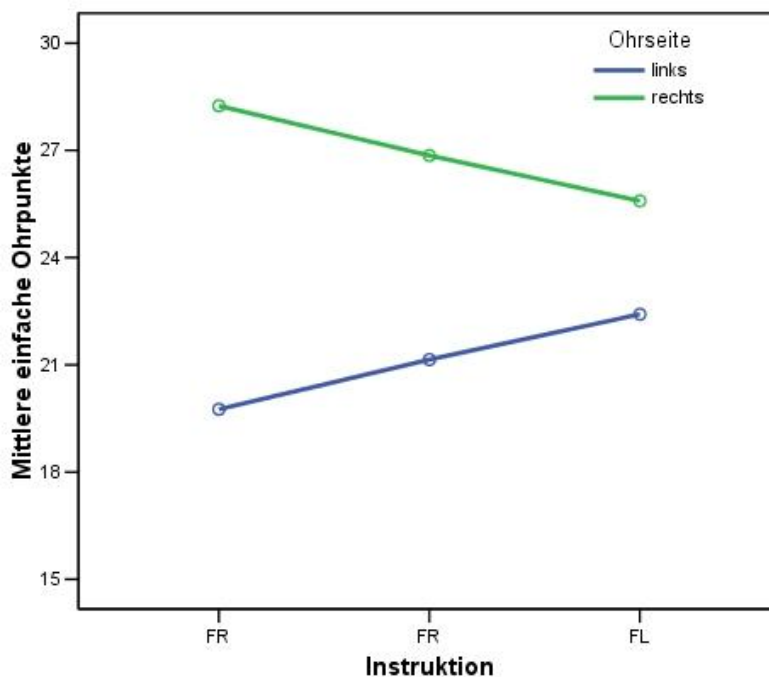


Abbildung 13: FW12k: Interaktion einfache Ohrpunkte x Instruktion

Weder das Geschlecht noch die Reihenfolge der Versuchsbedingungen zeigten einen statistisch bedeutsamen Einfluss auf die Testergebnisse. Die Voraussetzung der Sphärizität kann akzeptiert werden, da die Prüfgröße W nicht signifikant ist ($W=0.830$; $p=0,081$).

Tabelle 23: FW12k, Mauchly-Sphärizitäts-Test

Messwiederholungsfaktor	Mauchly's W	Approx. χ^2	FG	p
Ohrseite	1,000	,000	0	
Instruktion			2	
Instruktion x Ohrseite	0,830	5,038	2	.081

Damit gilt auch für den FW12k, dass die Nullhypothese beibehalten werden muss. Aufmerksamkeitsinstruktionen haben demnach keine Auswirkung auf die Anzahl der Ohrpunkte.

5.3.1.3 Vergleich der Ergebnisse im FW12k und FW10b

Der Vergleich der Ergebnisse beider dichotischer Hörtests zeigt, dass die einfachen Ohrpunkte im FW10b unter allen drei Versuchsbedingungen geringer streuen als im FW12k (Abbildung 14). Auch die Differenz der mittleren einfachen Ohrpunkte in Prozent zwischen linkem und rechtem Ohr fällt im FW12k deutlich größer aus (vgl. Tabelle 24, S. 72).

Darüber hinaus gibt es im FW12k einige Extremwerte, die den Fall-Nummern 4, 12 und 18 zuzuordnen sind. Versuchsperson Nr. 18 weist unter der Bedingung geteilter Aufmerksamkeit einen extremen Vorteil für das rechte Ohr auf, der sich allerdings trotz einer rechtsseitigen parietalen Läsion durch Aufmerksamkeitsinstruktionen modifizieren lässt. Für das Vorliegen eines Neglects gibt es damit keinen Anhaltspunkt. Probandin Nr. 4 zeigt ebenfalls unter der Ausgangsbedingung einen extremen Rechtsohrwert, der unter der Instruktion „FR“ bestehen bleibt und sich durch die Instruktion „FL“ abschwächen lässt.

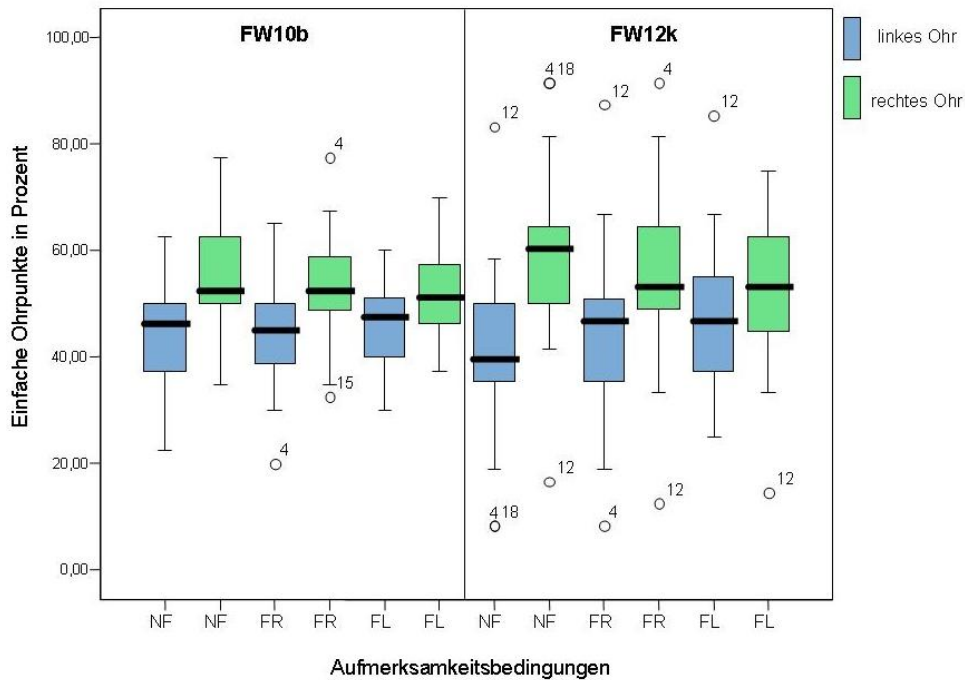


Abbildung 14: Boxplot einfache Ohrpunkte (%), 3 Instruktionen, FW10b und FW12k

Interessant ist der ausgeprägte Linksohrwert von Versuchsperson Nr. 12, der zu einem Lambda von $-3,18$ führt ($EHI-LQ = -60$) und unter allen drei Instruktionen nahezu identisch bestehen bleibt. Bei dieser Patientin liegen elektrophysiologische Hinweise für eine ausgeprägte regionale Hirnfunktionsstörung fronto-central links vor. Darüber hinaus wird eine Hirnstammschädigung vermutet, die mit Hilfe von evozierten Potentialen weiter abgeklärt werden soll. In den Untertests zur Messung der selektiven und der geteilten Aufmerksamkeit (TAP) zeigt die Patientin jedoch Leistungen im oberen durchschnittlichen Bereich.

Die für den FW12k (5.3.1.2) beschriebene Varianzanalyse mit Messwiederholungsfaktoren wurde unter Ausschluss der drei genannten Fälle wiederholt, was die Ergebnisse nahezu unberührt ließ.

Um beide Tests trotz ihrer unterschiedlichen Testlänge direkt miteinander vergleichen zu können, wurden die einfachen mittleren Ohrpunkte in Prozentwerte umgerechnet. Mit diesen prozentualen Ohrpunkten sowie dem zusätzlichen Messwiederholungsfaktor „Test“ (2) und dem Zwischensubjekt-Faktor

„Testreihenfolge“ (2) wurde eine weitere Varianzanalyse gerechnet. Daraus resultierte ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor „Test“ ($F=15,191$; $p=0,001$), der auf eine bessere Gesamtleistung im FW12k als im FW10b zurückzuführen ist, da im FW12k keine Fehler aufgrund von Distraktoren gemacht werden können (Tabelle 24).

Über beide Tests hinweg erzielten die Versuchspersonen mehr einfache Rechtsohr- als Linksohrpunkte, was sich in einem Haupteffekt für den Faktor „Ohrseite“ niederschlägt ($F=10,181$; $p=0,003$). Auch die Instruktion zeigt einen signifikanten Haupteffekt, der wiederum aus den unterschiedlichen Fehlerraten im FW10b hervorgeht: Am meisten Fehler werden unter der Instruktion „FL“ gemacht (2,03%), es folgt die Bedingung „FR“ mit 1,56% Fehlern und schließlich die Standardinstruktion „NF“ mit 0,71% Fehlern (Tabelle 24).

Tabelle 24: Mittlere Ohrpunkte in Prozent nach Test und Instruktion

Test	Instruktion	Linkes Ohr	Rechtes Ohr	Richtige Gesamt	Fehler Gesamt
FW10b	NF	44,45	54,84	99,29	0,71
	FR	45,08	53,36	98,44	1,56
	FL	45,86	52,11	97,97	2,03
FW12k	NF	41,21	58,79	100,00	0,00
	FR	43,95	56,05	100,00	0,00
	FL	46,88	53,12	100,00	0,00

Für die Interaktion der Faktoren „Ohrseite“ und „Instruktion“ ist eine Korrektur nach Greenhouse Geisser vorzunehmen, da dem Mauchly-Test zufolge keine Sphärizität vorliegt (Tabelle 25). Der F-Wert ist marginal signifikant ($F=3,456$; $p=0,044$), was bei den separaten Varianzanalysen pro Test nicht zur Darstellung kam (vgl. 5.3.1.1 und 5.3.1.2).

Tabelle 25: Mauchly-Sphäritäts-Test; Korrektur nach Greenhouse-Geisser

Messwiederholungsfaktor	Mauchly's W	Approx. Chi ²	FG	p	Greenhouse-Geisser
Instruktion	,884	3,574	2	.167	,896
Test x Instruktion	,884	3,574	2	.167	,896
Ohrseite x Instruktion	,782	7,123	2	.028	,821
Test x Ohrseite x Instruktion	,975	,739	2	.691	,975

Die Interaktion von Ohrseite und Testreihenfolge weist ebenfalls eine schwache Signifikanz aus ($F=4,369$; $p=0,045$). Wenn der FW10b vor dem FW12k dargeboten wurde, ergaben sich über beide Tests hinweg mehr Rechtsohrpunkte und weniger Linksohrpunkte. Der Interaktionseffekt von Test, Ohrseite und Testreihenfolge ($F=4,247$; $p=0,048$) beruht auf dem Phänomen, dass der Reihenfolgeeffekt zwar für beide Tests in die selbe Richtung weist, für den FW12k jedoch mit einem größeren prozentualen Ohrpunktunterschied einhergeht (Tabelle 26).

Tabelle 26: Mittlere einfache Ohrpunkte in Prozent nach Test und Testreihenfolge

Die Prozentwerte der einfachen Ohrpunkte wurden über alle 3 Instruktionsbedingungen gemittelt. Die Differenzen ergeben sich jeweils aus Testreihenfolge (2) minus (1).

Test	Testreihenfolge	Mittlere eLOP (%)	Differenz links (%)	Mittlere eROP (%)	Differenz rechts (%)
FW10b	(1) FW10b – FW12k	43,49	+ 3,28	55,63	- 4,38
	(2) FW12k – FW10b	46,77		51,25	
FW12k	(1) FW10b – FW12k	39,28	+ 9,46	60,72	- 9,47
	(2) FW12k – FW10b	48,74		51,25	

5.3.2 Hypothese B2: Instruktionen und selektive Aufmerksamkeit

Die Hypothese B2 lautete:

H0: Der Einfluss der Aufmerksamkeitsinstruktionen auf die Größe der Ohrpunkte ist unabhängig von der Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit (gemessen mit der TAP) der Patienten.

H1: Der Einfluss der Aufmerksamkeitsinstruktionen auf die Größe der Ohrpunkte hängt positiv von der Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit (gemessen mit der TAP) der Patienten ab. Je besser die Fähigkeit zu selektiven Aufmerksamkeit, umso größer ist der Einfluss der Aufmerksamkeitsinstruktionen.

Zur Überprüfung der Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit wurde der Unter-test „Go/NoGo“ aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) ausgewertet. Als Kennzahl wurde der Median der Reaktionszeit herangezogen.

Zur Feststellung des Einflusses der Aufmerksamkeitsinstruktionen wird pro Test jeweils ein Differenzwert für die einfachen Rechtsohrpunkte und Linksohrpunkte unter den Bedingungen „FR“ und „FL“ berechnet:

$$\text{Differenz-eROP} = \text{eROP (FR)} - \text{eROP (FL)}$$

$$\text{Differenz-eLOP} = \text{eLOP (FR)} - \text{eLOP (FL)}$$

Da die Informationen aus eLOP und eROP im FW12k redundant sind, wird hier nur ein Differenzwert (eROP) benötigt. Zwischen den Rohwerten der Reaktionszeiten (Median) und den Differenzwerten wurden dann nonparametrische Korrelationen (Spearman's rho) gerechnet.

Tabelle 27: Spearman's rho für selektive Aufmerksamkeit und Differenz-Werte

		FW10b		FW12k
		Differenz-eROP	Differenz-eLOP	Differenz-eROP
Selektive Aufmerksamkeit Median	Korrelationskoeffizient	.060	-.080	.151
	Signifikanz	.742	.663	.409

Die Korrelationen fallen sehr gering aus und erreichen nicht die Signifikanzgrenze (Tabelle 27). Daher muss die Nullhypothese, nach welcher der Einfluss der Aufmerksamkeitsinstruktionen unabhängig von der Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit erfolgt, beibehalten werden.

5.4 Zusammenhang von „fused words“ und Aufmerksamkeitseffekten

Die Hypothese C1 lautete:

H0: Es besteht kein Zusammenhang zwischen der tatsächlichen Wahrnehmung von „fused words“ und dem Einfluss von Aufmerksamkeitsinstruktionen.

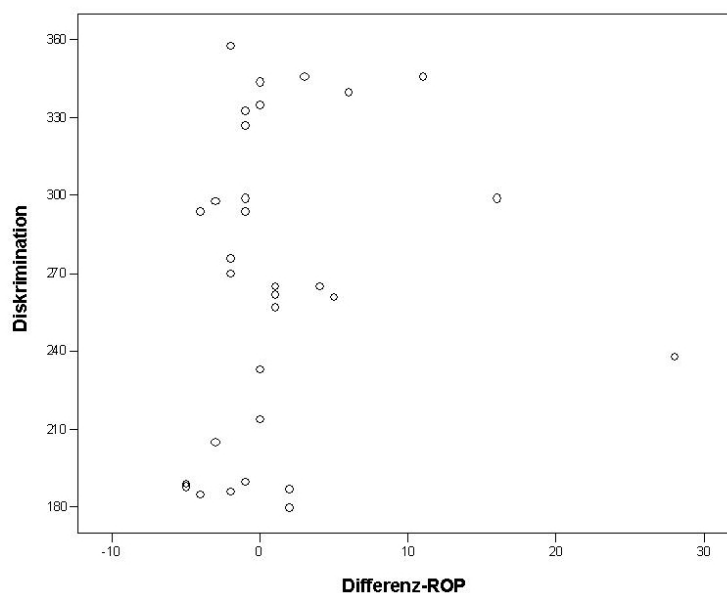
H1: Es besteht ein Zusammenhang zwischen der tatsächlichen Wahrnehmung von „fused words“ und dem Einfluss von Aufmerksamkeitsinstruktionen. Je besser die Patienten zwischen binauralen und dichotischen Items unterscheiden können, umso größer sind die Unterschiede in den Ohrpunkten durch Aufmerksamkeitsinstruktionen.

Die Unterscheidungsfähigkeit von „fused words“ wird hier als die Anzahl korrekt gelöster Items je Versuchsperson über die von ihr bearbeiteten zwei Itemserien operationalisiert und mit „Diskrimination“ bezeichnet. Je mehr Items ein Proband korrekt gelöst hat, umso höher ist seine Unterscheidungsfähigkeit.

Zur Feststellung des Einflusses der Aufmerksamkeitsinstruktionen werden die einfachen Rechtsohrpunkte im FW12k betrachtet. Da in diesem Test keine Fehler auftreten, sind die Informationen aus Rechts- und Linksohrpunkten redundant. Es wird je Versuchsperson ein Differenzwert zwischen den eROP unter der Bedingung „FR“ und unter Bedingung „FL“ bestimmt (vgl. 5.3.2). Je größer dieser Differenzwert ausfällt, umso stärker wirkt die Instruktion in die intendierte Richtung. Zwischen der Variablen „Diskrimination“ und „DifferenzROP“ wurde ein Produktmoment-Korrelationskoeffizient berechnet. Die Korrelation beträgt $r = .147$, was einer nur 2%-igen Variationsaufklärung entspricht und

nicht signifikant ist ($p = .425$). Das Scatterplot (Abbildung 15) zeigt auf, dass die Werte der Versuchspersonen relativ dicht zusammen liegen, was auf die schwache Wirkung der Aufmerksamkeitsinstruktionen zurückzuführen ist (5.3.1). Ein großer Teil der Probanden weist darüber hinaus einen negativen Differenzwert zwischen den Instruktionen „FR“ und „FL“ auf, der nicht zu erwarten war.

Abbildung 15: Scatterplot „Diskrimination – Differenz-eROP“



Diesen Ergebnissen zufolge besteht kein Zusammenhang zwischen der tatsächlichen Wahrnehmung von „fused words“ und dem Einfluss von Aufmerksamkeitsinstruktionen. Die H_0 muss somit beibehalten werden.

5.5 Weitere Zusammenhänge

Über die im Vorfeld der Untersuchung formulierten Hypothesen hinaus wurden weitere Zusammenhänge explorativ ermittelt, die mögliche Ausgangspunkte für spätere Studien darstellen könnten. Aufgrund der geringen Streuung der Differenzwerte zwischen verschiedenen Aufmerksamkeitsinstruktionen erübrigt sich hier die Bestimmung weiterer Zusammenhänge. Stattdessen sollen die „Gesamt-Treffer“ in den binaural-dichotischen Itemserien weiter untersucht werden.

Möglicherweise sind Versuchspersonen umso besser in der Lage, zwischen binauralen und dichotischen Items zu unterscheiden, je höher ihr Intelligenzquotient ausfällt. Daher wurde eine Korrelation zwischen den „Gesamt-Treffern“ (360 Items) und den jeweiligen Intelligenzquotienten gerechnet. Der Pearson-Korrelationsquotient ergibt sich zu $r = -.007$, was darauf hinweist, dass es zwischen dem Intelligenzquotienten und den Treffern in binaural-dichotischen Tests keinen Zusammenhang gibt ($p = .968$).

Es soll ferner betrachtet werden, ob die Seite des Anfallsursprungs einen Einfluss auf die Größe der „Gesamt-Treffer“ hat. Dazu wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben mit den Gruppen „Anfallsursprung links“ und „Anfallsursprung rechts“ gerechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass zwischen beiden Gruppen kein signifikanter Mittelwertsunterschied besteht.

Um die Bedeutung der Lokalisation des Anfallsursprungs zu untersuchen, wurden nur die Gruppen „frontal“ und „temporal“ herangezogen, da über Patienten mit unklarem Anfallsursprung keine sinnvollen Aussagen getroffen werden können und es nur eine Person mit parietalem Anfallsursprung gibt. Der t-Test zeigt, dass zwischen diesen beiden Gruppen kein bedeutsamer Unterschied existiert.

Abschließend wurde im Hinblick auf die Auswirkung von Läsionen geprüft, ob es Unterschiede zwischen Patienten mit einer temporo-mesialen und einer temporo-lateralen Läsion gibt. Auch diese beiden Gruppen unterscheiden sich im t-Test nicht bedeutsam hinsichtlich ihrer Ergebnisse in binaural-dichotischen Itemserien. Alle Berechnungen sind Anhang 8.9 zu entnehmen.

In der vorliegenden Studie gibt es somit keine Hinweise darauf, dass der Ort oder die Seite des Anfallsursprungs sowie die Ausdehnung einer temporalen Läsion einen Einfluss auf die Unterscheidung binauraler und dichotischer Items haben.

6 Diskussion

6.1 Experiment A: Wahrnehmung von „fused words“

Die Ergebnisse dieses Experiments zeigen, dass die Mehrheit der Probanden in der Lage war, binaurale und dichotische Items zu unterscheiden. Sie lösten jedoch deutlich mehr binaurale als dichotische Items, was auf eine größere Item-Schwierigkeit dichotischer Präsentationen hinweist. Erwähnt sei an dieser Stelle auch, dass einige Probanden während der ersten Darbietungen der Instruktion misstrauten, wonach auch dichotische Präsentationen zu erwarten seien, da dies ihrer Wahrnehmung widersprach. Andere Versuchspersonen berichteten, dass es ihnen sehr schwer falle, die gleichzeitige Anwesenheit zweier verschiedener Wörter zu entdecken. Offenbar ist der Effekt einer Fusion beider Wörter selbst dann sehr stark, wenn die Probanden um die Existenz dichotischer Darbietungen wissen, was bei der originalen Testinstruktion nicht gegeben ist.

Die individuellen Ergebnisse der Probanden in diesem Experiment dürfen jedoch nicht überbewertet werden, da sie keine Aussage darüber erlauben, in welchem Ausmaß die einzelnen Antworten durch die entsprechende Diskriminationsfähigkeit der Person oder durch ihre Antworttendenz bedingt sind. Möchte man im Sinne der Einzelfallforschung derartige Aussagen treffen, könnten bei der Versuchsplanung die Annahmen der Signalentdeckungstheorie zugrunde gelegt werden (Velden, 1982). Dieses Modell erlaubt die Differenzierung der individuellen Reaktionen in einen Leistungsparameter d' und einen Parameter β , der die Reaktionsneigung charakterisiert. Dabei gilt es jedoch eine Reihe von Voraussetzungen zu überprüfen, um die Angemessenheit des Modells zu gewährleisten. Problematisch ist für unser Experiment die Forderung, dass die Versuchspersonen weder zu gut noch zu schlecht zwischen den Reizen unterscheiden dürfen. Die Ergebnisse dieser Studie haben zum einen eine große Heterogenität in den Reaktionen erbracht, zum anderen zeigen die Versuchspersonen im Durchschnitt deutlich unterschiedliche Reaktionen auf binaurale

und dichotische Präsentationen. Das Paradigma der Signalentdeckungstheorie scheint daher nicht ohne weiteres auf die vorliegenden Daten anwendbar zu sein.

Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass die einzelnen Wortpaare unterschiedliche Lösungswahrscheinlichkeiten aufweisen. Im Mittel lassen sich die dichotischen Items des FW10b weniger leicht identifizieren als jene des FW12k und sollten daher für die Suggestion der Wahrnehmung eines einzigen Perzeptes besonders geeignet sein.

6.2 Experiment B: Aufmerksamkeitseinflüsse auf FW10b und FW12k

Sowohl für den FW10b als auch für den FW12k wurde ein deutlicher Ohrvorteil über alle drei Instruktionen hinweg beobachtet. Ein Einfluss der Aufmerksamkeitsinstruktionen zeigte nur deskriptiv in die erwartete Richtung, ließ sich inferenzstatistisch jedoch nicht nachweisen. Im Gegensatz zum populären CV-Silbentest, der sich in einer Vielzahl von Studien als massiv durch Aufmerksamkeitsfaktoren beeinflussbar erwiesen hat, scheinen die deutschsprachigen Fused Rhymed Words Test-Versionen FW10b und FW12k in dieser Hinsicht robust zu sein. Dieser Effekt fällt sogar noch deutlicher aus als in einer Vergleichsstudie von Asbjornsen und Bryden (1995), in welcher sich der amerikanische FRWT als wesentlich robuster gegenüber Aufmerksamkeitsfaktoren erwies als der CV-Silbentest (vgl. 2.4.2.2). Kritisch anzumerken ist, dass in der hier vorliegenden Studie eine heterogene Gruppe von Epilepsie-Patienten untersucht wurde, während Asbjornsen und Bryden sowie die meisten anderen Forscher auf diesem Gebiet junge, gesunde Versuchspersonen rekrutierten. Daher ist ein direkter Vergleich mit den genannten Studien erschwert und die Testergebnisse können nicht auf gesunde Personen verallgemeinert werden, sondern gelten nur für im Epilepsiezentrum stationär behandelte Patienten.

Um auszuschließen, dass die Probanden nur aufgrund ihrer schlechten Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit den Instruktionen nicht Folge leisten können, wurden die entsprechenden Testergebnisse der Testbatterie zur Aufmerk-

samkeitsprüfung (TAP) herangezogen. Die Korrelation des Medians der Reaktionszeit mit der Differenz der Ohrpunkte unter den Instruktionen „FR“ und „FL“ erbrachte keinen Zusammenhang. Die Schlussfolgerung, dass allgemeine Aufmerksamkeitsleistungen bei der Fokussierung auf eine Ohrseite unter Aufmerksamkeitsinstruktionen keine Rolle spielen, wäre jedoch zu weitgehend. Die Aufmerksamkeitsinstruktionen haben zum einen nur einen sehr geringen Effekt und wenig Varianz erzeugt. Zum anderen wurde die selektive Aufmerksamkeit in der TAP über eine visuelle Aufgabe erfasst, die möglicherweise nicht dazu geeignet ist, eine übergeordnete, modalitätsunabhängige Steuerung selektiver Aufmerksamkeit zu messen.

6.3 Zusammenhang von „fused words“ und Aufmerksamkeitseffekten

Es wurde die Hypothese untersucht, dass die Fähigkeit zur Unterscheidung von binauralen und dichotischen Darbietungen mit der Größe des Einflusses von Aufmerksamkeitsinstruktionen zusammenhängt. Der Hintergrund dieser Fragestellung bestand in der Vermutung Asbjornsens und Brydens (1995), dass die relative Robustheit des FRWT gegenüber Aufmerksamkeitsfaktoren aus der Suggestion und Wahrnehmung eines jeweils einzigen Perzeptes resultiert. Die Korrelationen zwischen beiden Maßen erwiesen sich jedoch als marginal und nicht signifikant. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses ist wiederum zu berücksichtigen, dass der Effekt der Aufmerksamkeitsinstruktionen nicht nur im Mittel gering ist, sondern auch wenig Streuung erzeugt hat.

6.4 Zusammenfassende Bewertung

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass die untersuchten Epilepsiepatienten mehrheitlich in der Lage sind, zwischen binauralen und dichotischen Präsentationen zu unterscheiden. Trotz dieser potentiellen Unterscheidbarkeit werden die Ergebnisse der dichotischen Hörtests FW10b und FW12k jedoch kaum durch Aufmerksamkeitsinstruktionen beeinflusst. Damit haben sich diese beiden deutschsprachigen Fused Rhymed Words-Test-Versionen wie zuvor auch schon der amerikanische Originaltest als besonders geeignet zur Erfassung der

Sprachlateralisation erwiesen. Einschränkend ist zu sagen, dass es sich hierbei um eine anfallende Stichprobe von Epilepsiepatienten mit heterogenen neurologischen Auffälligkeiten und komorbiden Erkrankungen handelt, so dass Generalisierungen auf gesunde Personen nicht möglich sind. Die untersuchte Patientengruppe besitzt jedoch den Vorteil, für im Epilepsiezentrum Berlin behandelte Patienten repräsentativ zu sein.

Für eine bessere Vergleichbarkeit der Testergebnisse mit bestehenden Studien und eine größere Verallgemeinerbarkeit sollten weitere Überprüfungen auch an gesunden Versuchspersonen erfolgen.

7 Zusammenfassung

Zur Erfassung der Sprachlateralisation wird in der präoperativen Diagnostik von Epilepsiepatienten klassischerweise der Wada-Test eingesetzt. Inzwischen nutzt man vermehrt die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT), der als Screening für abweichende Lateralisationen ein dichotischer Hörtest vorausgehen kann. Das Grundprinzip dichotischer Hörtests besteht in der simultanen Darbietung zweier auditiver Stimuli. Personen mit einer linksseitigen Sprachlateralisierung geben bei der Präsentation verbalen Materials gehäuft die Items vom rechten Ohr wieder, was als Rechtsohrvorteil bezeichnet wird. Eine Schwierigkeit besteht jedoch darin, zu beurteilen, inwieweit dieser Ohrvorteil tatsächlich das Ergebnis eines Verarbeitungsvorteils durch die sprachdominante Hemisphäre ist oder ob Aufmerksamkeitseinflüsse einen wesentlichen Anteil daran haben. Wie sich in der Forschung gezeigt hat, besitzt die Wahl des Stimulusmaterials einen bedeutsamen Einfluss darauf, ob Aufmerksamkeitsfaktoren wirksam werden.

Insbesondere in dichotischen Silbentests sind bedeutsame Aufmerksamkeitsinflüsse konsistent festgestellt worden. Der amerikanische Fused Rhymed Words Test (FRWT), der aus synchronisierten Reimwörtern besteht, wird der einzigen bekannten Vergleichsstudie zufolge wesentlich weniger durch Aufmerksamkeitsfaktoren beeinflusst als der Konsonant-Vokal-Silbentest (Asbjornsen & Bryden, 1995). Die Autoren vermuten, dass für diesen Unterschied unter anderem die Wahrnehmung eines einzigen, verschmolzenen (engl. fused) Perzepts verantwortlich ist. Für die deutschsprachigen FRWT-Versionen FW10b und FW12k wird der Einfluss von Aufmerksamkeitsfaktoren in dieser Studie erstmals untersucht.

Mit einer anfallenden Stichprobe von 32 erwachsenen Epilepsiepatienten wurden zwei Experimente durchgeführt. In Experiment A wurden die Hörtests FW10b und FW12k unter drei Aufmerksamkeitsinstruktionen dargeboten. Die Probanden erhielten zunächst die Standardinstruktion geteilter Aufmerksamkeit,

wonach sie ein einziges Perzept zu erwarten hatten. Unter den Aufmerksamkeitsinstruktionen sollten sie sich entweder auf das linke oder auf das rechte Ohr zu konzentrieren und das entsprechende Wort wiedergeben. Die Ergebnisse zeigen, dass der Rechtsohrvorteil unter allen drei Instruktionen bestehen bleibt und nur unwesentlich durch die Instruktionen modifiziert wird. Die beiden Tests unterscheiden sich in dieser Hinsicht nicht; sie sind beide stabil gegenüber Aufmerksamkeitsfaktoren bei Epilepsiepatienten.

Experiment B dient der Beantwortung der Frage, inwieweit es den Patienten möglich ist, zwischen binauralen und dichotischen Items zu unterscheiden. Zu diesem Zweck wurden aus den Hörtests FW10b und FW12k jeweils zwei Itemserien erstellt, die zur Hälfte aus binauralen und zur anderen Hälfte aus dichotischen Items bestehen. Die Probanden hatten die Aufgabe, bei jeder Präsentation zu entscheiden, ob sie ein Wort oder zwei Wörter gehört hatten. Dabei stellte sich heraus, dass die Mehrheit der Versuchspersonen in der Lage war, binaurale und dichotische Items zu unterscheiden. Allerdings lösten sie deutlich mehr binaurale als dichotische Items, was auf eine größere Item-Schwierigkeit dichotischer Präsentationen hinweist.

Entgegen der Hypothese, dass die Fähigkeit zur Unterscheidung von binauralen und dichotischen Items mit der Größe des Einflusses von Aufmerksamkeitsinstruktionen zusammenhängt, ergab sich hier keine bedeutsame Korrelation. Selbst wenn Versuchspersonen also dichotische Präsentationen als solche identifizieren können, spielen Aufmerksamkeitseffekte keine wichtige Rolle beim Zustandekommen des Ohrvorteils.

Für die dichotischen Hörtests FW10b und FW12k wurde damit ein weiterer Hinweis auf ihre Eignung als Instrumente zur Erfassung der Sprachlateralisation bei Epilepsiepatienten erbracht. Aussagen über gesunde Personen können aus dieser Studie nicht geschlussfolgert werden, dafür sind weitere Untersuchungen notwendig.

8 Literaturverzeichnis

- Asbjornsen AE & Bryden MP (1995) Biased attention and the fused dichotic words test. *Neuropsychologia*. 34, S.407-411.
- Asbjornsen AE & Hugdahl K (1995) Attentional effects in dichotic listening. *Brain and Language*. 49, S.189-201.
- Baumgartner C & Olbrich A (2001) Definition und Epidemiologie. Hrsg.: Baumgartner C: *Handbuch der Epilepsien*. Springer-Verlag, Wien. S.1-7.
- Baumgartner C, Czech T, Feichtinger M, Feucht M, Gallmetzer P, Laich E, Ortler M, Schnizer M, Schröttner O, Serles W, Trinkka E, Wurm G (2002) Prächirurgische Epilepsiediagnostik und operative Epilepsitherapie. *Mitteilungen der österreichischen Sektion der Internationalen Liga gegen Epilepsie*. 2, S.2-11.
- Becker M, Sturm W, Willmes K & Zimmermann P (1996) Normierungsstudie zur Aufmerksamkeitstestbatterie (TAP) von Zimmermann und Fimm. *Zeitschrift für Neuropsychologie*. 7, S.3-15.
- Beier M (1994) Validierung eines neuentwickelten dichotischen Hörtests zur Messung der Sprachlateralisation an zwei Stichproben von Patienten mit fokaler Epilepsie. Diplomarbeit FU, Biopsychologie Prof. Dr. Walschburger, Kognitionspsychologie Prof. Dr. Bösel.
- Bortz J (1999) *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Springer Verlag, Berlin.
- Brancucci A, Babiloni C, Babiloni F, Galderisi S, Mucci A, Tecchio F, Zappasodi F, Pizzella V, Romani GL, Rossini PM (2004) Inhibition of auditory cortical responses to ipsilateral stimuli during dichotic listening: evidence from magnetencephalography. *European Journal of Neuroscience*. 19, S.2329-2336.

- Brazdil M, Zakopcan J, Kuba R, Fanfrdlova Z, Rektor I (2003) Atypical hemispheric language dominance in left temporal lobe epilepsy as a result of the reorganization of language functions. *Epilepsy and Behavior*. 4, S.414-419.
- Brickenkamp R (1987) Test d2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test. Hogrefe, Göttingen, Toronto, Zürich.
- Broadbent DE (1954) The role of auditory localization in attention and memory span. *Journal of Experimental Psychology*. 47, S.191-196.
- Bryden MP & Sprott DA (1981) Statistical determination of degree of laterality. *Neuropsychologia*. 19, S.571-581.
- Bryden MP, Munhall K & Allard F (1983) Attentional biases and the right-ear effect in dichotic listening. *Brain and Language*. 18, S.236-248.
- Bryden MP & Bulman-Fleming MB (1994) Laterality effects in normal subjects: evidence for interhemispheric interactions. *Behavioral Brain Research*. 64, S.119-129
- Commission on Classification and Terminology of the International League against Epilepsy (1989) Proposal for revised classification of epilepsies and epileptic syndromes. *Epilepsia*. 30, S.389-399.
- Corbetta M, Miezin FM, Dobmeyer S, Shulman GL, Petersen SE (1991) Selective and divided attention during visual discriminations of shape, color, and speed: functional anatomy by positron emission tomography. *Journal of Neuroscience*. 11, S.2383-2402.
- Debener S (1995) Funktionelle Hemisphärenunterschiede in Abhängigkeit von menstruationszyklischen Hormonschwankungen. Diplomarbeit, TU Berlin, Physiologische Psychologie, Prof. Dr. Erdmann
- Deutsch JA & Deutsch D (1963) Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*. 80, S.80-90.

- Diesch E (1997) SpeechLab: PC software for digital speech signal processing. *Behavior research methods, instruments and computers.* 29, S. 302.
- Elger CE, Helmstaedter C & Kurthen M (2004) Chronic epilepsy and cognition. *The Lancet Neurology.* 3, S.663-672.
- Fernandes MA & Smith ML (2000) Comparing the fused dichotic words test and the intracarotid amobarbital procedure in children with epilepsy. *Neuropsychologia.* 38, S.1216-1228.
- Friedrich C (1998) Funktionelle Hemisphärenunterschiede im Hormonzyklus. Diplomarbeit TU Berlin, Physiologische Psychologie, Prof. Dr. Erdmann.
- Geffen G & Wale J (1979) Development of selective listening and hemispheric asymmetry. *Developmental Psychology.* 15, S.138-146.
- Gothe J (1996) Entwicklung und Erprobung eines dichotischen Hörtests für Kinder zur Bestimmung der Sprachlateralisation. Diplomarbeit, Kognitionspsychologie, Prof. Dr. Bösel.
- Halwes TG (1969) Effects of dichotic fusion on the perception of speech. Status Report on Speech Research, Haskins Laboratories.
- Hättig H & Beier M (2000) FRWT: Ein dichotischer Hörtest für Klinik und Forschung. *Zeitschrift für Neuropsychologie.* 11, S.233-245.
- Hättig H (2004) Entwicklung und Erprobung eines dichotischen Hörtests zur Erfassung der Sprachdominanz bei epilepsiechirurgischen Kandidaten. Unveröffentlichte Dissertation.
- Heilman KM (1995) Attentional asymmetries. Hrsg.: RJ Davidson & K Hugdahl: *Brain Asymmetry.* The MIT Press, Cambridge, London.
- Helmstaedter C, Kemper B & Elger CE (1996) Neuropsychological aspects of frontal lobe epilepsy. *Neuropsychologia.* 34, S.399-406.

- Helmstaedter C, Gleißner U, Zentner J & Elger CE (1998) Neuropsychological consequences of epilepsy surgery in frontal lobe epilepsy. *Neuropsychologia*. 36, S.681-689.
- Helmstaedter C, Kurthen M, Lux S, Johanson K, Quiske A, Schramm J, Elger CE (2000) Temporallappenepilepsie: Längsschnittliche klinische, neuropsychologische und psychosoziale Entwicklung operativ und konservativ behandelter Patienten. *Nervenarzt*. 71, S.629-642.
- Hiscock MP & Kinsbourne M (1980) Asymmetries of selective listening and attention switching in children. *Developmental Psychology*. 16, S.70-82.
- Hiscock M & Bergstrom KJ (1982) The lengthy persistence of priming effects in dichotic listening. *Neuropsychologia*. 20, S.43-53.
- Hiscock M & Stewart C (1984) The effect of asymmetrically focused attention upon subsequent ear differences in dichotic listening. *Neuropsychologia*. 22, S.337-351.
- Hiscock M, Cole LC, Benthall JG, Carlson VL, Ricketts JM (2000) Toward solving the inferential problem in laterality research: Effects of increased reliability on the validity of the dichotic listening right-ear advantage. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 6, 539-547.
- Hugdahl K & Andersson L (1986) The "forced-attention paradigm" in dichotic listening to CV-Syllables: A comparison between adults and children. *Cortex*. 22, S.417-432.
- Hugdahl K & Andersson B (1987) Dichotic listening and reading acquisition in children: A one-year follow-up. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 9, S.631-649.
- Hugdahl K (1995) Dichotic listening: Probing temporal lobe functional integrity. In RJ Davidson & K Hugdahl (Eds): *Brain Asymmetry*. A Bradford Book, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

- Hugdahl K, Bronnick K, Kyllingsbaek S, Law I, Gade A, Paulson OB (1999) Brain activation during dichotic presentations of consonant-vowel and musical instrument stimuli: a 15O-PET study. *Neuropsychologia*. 37, S.431-440.
- Hugdahl K (2003) Dichotic listening: an experimental tool in clinical neuropsychology. In K Hugdahl (Ed.): *Experimental methods in Neuropsychology*. Kluwer academic publishers, Boston, Dordrecht, New York, London. S.29-46.
- Hund-Georgiadis M, Lex U, Friederici AD, von Cramon Y (2002) Non-invasive regime for language lateralization in right- and left-handers by means of functional MRI and dichotic listening. *Experimental Brain Research*. 145, S.166-176.
- Iaccino JF & Sowa SJ (1989) Asymmetrical processing of dichotic inputs in undergraduates across sex, handedness, ear-side and experimental instructions. *Perceptual and Motor Skills*. 68, S.1003-1010.
- Iaccino JF, Houran J (1989) Influence of stronger attentional manipulations on the processing of dichotic inputs in right-handers. *Perceptual and Motor Skills*. 69, S.1235-1240.
- Jäncke L (1992) Ein deutscher dichotischer Konsonant-Vokal-Recall-und Monitoring-Test. Reliabilität und Vergleich beider Prozeduren. *Zeitschrift für Neuropsychologie*. 2, S.143-156.
- Jäncke L, Buchanan TW, Lutz K, Shah NJ (2001) Focused and nonfocused attention in verbal and emotional dichotic listening: An fMRI study. *Brain and Language*. 78, S.349-363.
- Johnson JP, Sommers RK & Weidner WE (1977) Dichotic ear preference in aphasia. *Journal of Speech and Hearing Research*. 20, S.116-129.
- Johnston WA & Heinz SP (1978) Flexibility and capacity demands of attention. *Journal of Experimental Psychology*. 107, S.420-435.

- Kimura D (1961a) Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*. 15, S.156-165.
- Kimura D (1961b) Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*. 15, S.166-171.
- Kimura D (1967) Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*. 3, S.163-168.
- Kinsbourne M (1970) The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. *Acta Psychologica*. 33, S.193-201.
- Klinke R (1995) Hören und Sprechen. In RF Schmidt & G Thews: *Physiologie des Menschen*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. S.258-277.
- Kurthen M (1992) Der intrakarotidale Amobarbitaltest - Indikation - Durchführung – Ergebnisse. *Nervenarzt*. 63, S.713-724
- Milner B, Taylor L & Sperry RW (1968) Lateralized suppression of dichotically presented digits after commissural section in man. *Science*. 161, S.184-186.
- Mondor TA, Bryden MP (1991) The influence of attention on the dichotic REA. *Neuropsychologia*. 29, S.1179-1190.
- Mondor TA, Bryden MP (1992a) On the relation between visual spatial attention and visual field asymmetries. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 44, S.529-555.
- Mondor TA & Bryden MP (1992b) Orienting of auditory spatial attention: Effects of a lateralized tone cue. *Neuropsychologia*. 30, S.743-752.
- Mondor TA (1994) Interaction between handedness and the attentional bias during tests of dichotic listening performance. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 16, S.377-385.

- Oldfield RC (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*. 9, S.97-113,
- Perrine K & Kiolbasa T (1999) Cognitive deficits in epilepsy and contribution to psychopathology. *Neurology*. 53, S.39-48.
- Pfanzagl, J (1962) Allgemeine Methodenlehre der Statistik. 2. Höhere Methoden unter besonderer Berücksichtigung der Anwendungen in Naturwissenschaft, Medizin und Technik. De Gruyter, Berlin.
- Posner MI & Boies SJ (1971) Components of attention. *Psychological Review*. 78, S.391-408.
- Posner MI & Rafal RD (1987) Cognitive theories of attention and the rehabilitation of attentional deficits. In MJ Meier, AL Benton & L Diller (Eds.): *Neuropsychological rehabilitation*. Churchill Livingstone, Edinburgh.
- Rasmussen T & Milner B (1977) The role of early left-brain injury in determining lateralization of cerebral speech functions. In S Dimond & D Blizzard (Eds.): *Evolution and lateralization of the brain*. New York Academy of Sciences, New York.
- Repp BH (1976) Identification of dichotic fusions. *Journal of the acoustical society of america*. 60, S.456-469.
- Rosenzweig MR & Sutton D (1951) Representations of the two ears at the auditory cortex. *American Journal of Physiology*. 167, S.147-158.
- Roth G & Prinz W (Hrsg) (1996) *Kopf-Arbeit*. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford.
- Sidtis JJ (1988) Dichotic listening after commissurotomy. In K Hugdahl (Ed.): *Handbook of dichotic listening: Theory, methods, and research*. John Wiley, Chichester, UK. S.161-184.

- Simon J (1967) Ear preference in a simple reaction time task. *Journal of Experimental Psychology*. 75, S.49-55.
- Sparks R & Geschwind N (1968) Dichotic listening in man after section of neocortical commissures. *Cortex*. 4, S.3-16.
- Spellacy F & Blumstein S (1970) The influence of language set on ear preference in phoneme recognition. *Cortex*. 6, S.430-439.
- Springer SP & Gazzaniga MS (1975) Dichotic testing of partial and complete split-brain subjects. *Neuropsychologia*. 13; S. 341-346.
- Studdert-Kennedy M & Shankweiler D (1970) Hemispheric specialization for speech perception. *Journal of the Acoustical Society of America*. 48, S.579-594.
- Sturm W (1990) Neuropsychologische Therapie von hirnschädigungsbedingten Aufmerksamkeitsstörungen. *Zeitschrift für Neuropsychologie*. 1, S.23-31.
- Treisman A (1960) Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 12, S.242-248.
- Velden M (1982) Die Signalentdeckungstheorie in der Psychologie. Kohlhammer, Stuttgart.
- Wada J & Rasmussen T (1960) Intracarotid injection of sodium amytal for the lateralization of speech dominance: experimental and clinical observations. *Journal of Neurosurgery*. 17; S.266-282.
- Wexler BE & Halwes BE (1983) Increasing the power of dichotic methods: the fused rhymed words test. *Neuropsychologia*. 21, S.59-66.
- Zaidel E (1986) Callosal dynamics and right hemisphere language. In F Leporé, M Pito & HH Jasper (Eds.): *Two hemispheres - one brain. Functions of the corpus callosum*. Alan R Liss, New York. S.435-459.

Zatorre RJ (1989) Perceptual asymmetry on the dichotic fused words test and cerebral speech lateralization determined by the carotid sodium amytal test. *Neuropsychology*. 27, S.1207-1219.

Zimmermann P & Fimm B (1994) Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP), Version 1.02c. Handbuch. Würselen: Psytest.

9 Anhang