

**Validitätsaspekte eines dichotischen Hörtests (FRWT)  
bei Patienten mit fokaler Epilepsie**

Diplomarbeit

vorgelegt am

**Institut für Psychologie  
der Humboldt-Universität zu Berlin**

von

**Katja Burckhardt  
Schöneweider Str. 22  
12055 Berlin**

**Gutachter:** H. Hättig, Diplom-Psychologe  
Dr. T. Schubert, Diplom-Psychologe

Berlin am 07. Oktober 2002

<b>0. Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1 Lateralität: morphologische und funktionelle Hemisphärenasymmetrien</b> .....	<b>6</b>
1.1.1 Theorien zur Spezialisierung und Interaktion der Hirnhälften .....	8
1.1.2 Modelle zur Entstehung von Lateralität in der Ontogenese .....	10
1.1.3 Epilepsie und Lateralität.....	13
<b>1.2 Erfassung der Sprachlateralisation</b> .....	<b>15</b>
1.2.1 Wada-Test.....	15
1.2.2 Visuelle Halbfeldtechnik.....	18
1.2.3 Dichotisches Hören.....	19
1.2.3.1 Grundlagen und bisherige Befunde.....	19
1.2.3.2 Die dichotischen Hörtests FW10B und FW12K .....	21
1.2.3.3 Ohrdominanz und Stimulusdominanz.....	22
1.2.3.4 Läsionseffekt.....	24
1.2.4 Beziehung zwischen den Verfahren.....	25
<b>1.3 Erfassung der Händigkeit</b> .....	<b>26</b>
<b>2. Herleitung der Fragestellungen</b> .....	<b>28</b>
2.1 Validierung des FW10B am Wada-Test.....	28
2.2 Effekte von Läsionen auf die Ohrpunkte im FW10B .....	29
2.3 Itemanalysen und Vergleich des FW10B und des FW12K.....	31
<b>3. Validierung des FW10B am Wada-Test</b> .....	<b>35</b>
3.1 Hypothesen FW10B und Wada-Test.....	35
3.2 Methoden FW10B und Wada-Test.....	35
3.2.1 Stichprobe .....	35
3.2.2 Diagnostik und angewandte Testverfahren.....	36
3.3 Ergebnisse FW10B und Wada-Test.....	37
3.3.1 Händigkeit .....	37
3.3.2 Vergleich der Kategorisierung nach Wada-Test und FW10B .....	38
3.4 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse FW10B und Wada.....	42
<b>4. Läsionseffekte bei der Anwendung des FW10B</b> .....	<b>46</b>
4.1 Hypothesen Läsionseffekte .....	46
4.2 Methoden Läsionseffekte.....	47
4.2.1 Stichprobe .....	47
4.2.2 Diagnostik und angewandte Testverfahren.....	47
4.3 Ergebnisse Läsionseffekte .....	48
4.3.1 Händigkeit .....	48
4.3.2 Deskriptive Daten zum dichotischen Hörtest FW10B.....	48
4.3.3 Läsionseffekte bei morphologischer Läsion .....	49
4.3.4 Läsionseffekte in Abhängigkeit von Epilepsiefokus.....	51
4.4 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse Läsionseffekte.....	52
<b>5. Itemanalysen und Vergleich des FW10B und des FW12K</b> .....	<b>56</b>
5.1 Hypothesen FW10B und FW12K .....	56
5.2 Methoden FW10B und FW12K.....	56
5.2.1 Stichprobe .....	56
5.2.2 Untersuchungsdesign und Bewertung der Einzelverfahren.....	57

<b>5.3 Ergebnisse FW10B und FW12K.....</b>	<b>61</b>
5.3.1 Korrelation des FW10B und FW12K mit anderen Lateralitätsindikatoren .....	61
5.3.2 Itemanalysen des FW10B und FW12K .....	64
5.3.3 Korrelation der beiden dichotischen Hörtests FW10B und FW12K .....	69
<b>5.4 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse FW10B und FW12K .....</b>	<b>70</b>
<b>6. Gesamtdiskussion .....</b>	<b>77</b>
<b>7. Zusammenfassung .....</b>	<b>82</b>
<b>8. Literatur .....</b>	<b>83</b>
<b>9. Anhang.....</b>	<b>87</b>

## 0. Einleitung

Der dichotische Hörtest FRWT (Fused Rhymed Words Test) wurde 1983 von Wexler und Halwes entwickelt. Mit seiner Hilfe sollen Aussagen über die Lateralisation der Sprachzentren im Gehirn gemacht werden. Dafür nutzt der Test die Technik des dichotischen Hörens. Beim dichotischen Hören werden den Ohren simultan zwei verschiedenen Reize dargeboten, einer auf dem rechten, einer auf dem linken Ohr. Kimura (1961a) entdeckte, dass mit Hilfe dieser Technik Aussagen über die Sprachlateralisation des Gehirns gemacht werden können. In Abhängigkeit von der Lokalisation der Sprachzentren wird die Information eines Ohres bevorzugt (sog. Ohrvorteil.) Speziell die Methode des Fused Rhymed Words Test erwies sich als valide und methodisch akzeptabel (Grimshaw et al., 1994), um die Sprachlateralisation zu diagnostizieren. Bei dieser Form des dichotischen Hörens werden den Ohren zeitgleich zwei verschiedene, sich reimende Wörter dargeboten. Dabei entsteht der Sinneseindruck eines Wortes. Für den deutschen Sprachraum entwickelten Hättig und Beier 1994 auf dieser Grundlage den dichotischen Hörtest FW10B und für Kinder den FW12K (Gothe, 1996).

Im Epilepsiezentrum Berlin werden der FW10B und der FW12K seit ca. 4 Jahren im Rahmen der prächirurgischen Diagnostik bei Epilepsiepatienten als eine Methode der Lokalisation der Sprachzentren angewandt. Trotz der methodischen Vorteile dieser Fused-Rhymed-Words-Technik gegenüber anderen dichotischen Verfahren, bestehen zum Teil Unsicherheiten in Bezug auf die Interpretation der Testergebnisse, speziell bei epilepsiechirurgischen Kandidaten, bei denen der Test regelmäßig angewandt wird. Der bekannte Effekt, dass unilaterale Hirnläsionen einen Einfluss auf den Ohrvorteil haben (z. B. Kimura, 1961 b), ist bei der Interpretation von dichotischen Hörtest-Ergebnissen dieser Patienten-Gruppe relevant. Bisher gibt es noch keine Untersuchungen zum Einfluss der Läsion auf den deutschen dichotischen Hörtest FW10B. Anhand einer Stichprobe von Epilepsiepatienten des Epilepsiezentrums soll dies im Rahmen dieser Arbeit analysiert werden.

Des Weiteren wird erneut versucht, den FW10B anhand des Wada-Testes zu validieren. Dazu dient ebenfalls eine Stichprobe von Patienten des Epilepsie-

zentrums. Zur weiteren Verbesserung der beiden deutschen dichotischen Itemserien FW10B und FW12K wird außerdem eine Itemanalyse an Normalpersonen vorgenommen. Zum einen sollen dabei Items identifiziert werden, die keinen ausreichenden Beitrag zum Gesamtergebnis leisten. Zum anderen können die beiden Tests auf diese Art und Weise hinsichtlich ihrer internen Konsistenz verglichen werden. Die Testergebnisse des FW10B und des FW12K werden miteinander korreliert, um die Übereinstimmung zu überprüfen. Zusätzlich werden in der Untersuchung die beiden dichotischen Hörtests zu zwei weiteren Verfahren, die Hirnasymmetrien erfassen, in Beziehung gesetzt.

Im ersten Teil der Arbeit werden die theoretischen Grundlagen und bisherigen Erkenntnisse zur Lateralität von Hirnfunktionen dargestellt. Dabei werden kurz verschiedene Erklärungsmodelle und Vorstellungen zur ontogenetischen Entwicklung und zur Organisation von lateralisierten Funktionen erläutert. Anschließend werden einige ausgewählte und für die Arbeit relevante diagnostische Techniken zur Erfassung der Händigkeit und der Sprache vorgestellt.

Im Methodenteil werden die Datengewinnung und Untersuchungsdesigns der drei Fragestellungen beschrieben. Dabei sollen Hypothesen, Methoden, Ergebnisse und Interpretation jeder Fragestellung getrennt behandelt werden, bevor im abschließenden Diskussionsteil eine Zusammenstellung und Verknüpfung der Resultate erfolgt. In diesem Zusammenhang werden auch die Konsequenzen, die sich aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen für die weitere Anwendung der beiden dichotischen Hörtests FW10B und FW12K ableiten lassen, dargestellt.

In der Literatur werden die Begriffe Lateralisierung und Lateralisation weitgehend synonym verwendet. Im Folgenden bezeichnet Lateralisierung den Prozess und Lateralisation dessen Ergebnis. Beide Termini sollen für spezielle Funktionen (also z. B. Lateralisation der Sprache) gelten, wohingegen der Begriff Lateralität eine allgemeinere Bedeutung hat und die Tatsache der unterschiedlichen Spezialisierung der Hirnhälften an sich kennzeichnet.

Aus Gründen einer besseren Lesbarkeit wird die männliche Form sowohl für männliche als auch weibliche Personen verwendet.

## 1. Theoretische Grundlagen

### 1.1 Lateralität: morphologische und funktionelle Hemisphärenasymmetrien

Die Spezialisierung der beiden Hälften eines äußerlich scheinbar symmetrischen Organs oder Organismus' auf verschiedene Funktionen scheint ein durchgängiges Naturphänomen zu sein und wird als Lateralität bezeichnet. Man findet asymmetrische Nervensysteme beispielsweise bei vielen Wirbeltieren und sogar bei niederen Lebewesen (Geschwind, 1987). Beim Menschen spielt die Erforschung der Lateralität vor allem in Bezug auf das in zwei gleich aussehende Hirnhälften geteilte Großhirn eine wichtige Rolle. Laterale Asymmetrie bezeichnet die Tatsache, dass homologe Areale der linken und rechten Hirnhälfte verschieden sind bzw. verschiedene Funktionen ausüben (Hugdahl, 2000).

Das menschliche Gehirn weist sowohl anatomische als auch funktionelle Asymmetrien auf. Erste anatomische Unterschiede der beiden Hirnhälften wurden bereits Mitte des 19. Jh. von Gratiolet entdeckt (zit. bei Kolb & Wishaw, 1996). Die meisten dieser Asymmetrien wurden in der zweiten Hälfte des 20. Jh. erforscht. Einer der Befunde ist die unterschiedliche Größe des Planum temporale, welches in der linken Hirnhälfte bei 65% der untersuchten Personen größer war (Geschwind & Levitzky, zit. bei Kolb & Wishaw, 1996) als in der rechten Hemisphäre. Dieser morphologische Unterschied wird mit der unterschiedlichen Spezialisierung der Hemisphären bei der Verarbeitung von Sprache bzw. sprachlich assoziierten auditorischen Reizen in Verbindung gebracht.

Die Idee der funktionellen Arbeitsteilung der Hirnhälften entstand bereits 1865 durch Brocas Beobachtung (zit. bei Kolb & Wishaw, 1996), dass Patienten mit Verletzungen der linken Hirnhälfte Sprachstörungen aufweisen, Patienten mit Schädigungen der rechten Hemisphäre dagegen nicht. Außerdem gibt es eine intrahemisphärische, anterior-posteriore Funktionsteilung. So ist der Occipitalappen jeder Hirnhälfte für die Verarbeitung visueller Reize zuständig (primärer visueller Kortex); die parietalen Gebiete spielen eine wichtige Rolle bei der Verarbeitung räumlicher Informationen u. v. m.

Heute geht die Erforschung der Hirnasymmetrien noch über makroskopische Analysen hinaus. Es wurde bereits versucht, auch auf Neuronenebene Hinweise auf strukturelle Unterschiede in den Hirnhälften zu finden. Scheibel und Mitarbeiter (1985) konnten beispielsweise an fünf von sechs Gehirnen zeigen, dass sich die Dendritenbäume der Neurone im motorischen Sprachareal der linken Hemisphäre (Broca-Areal) durch stärkere Verzweigung von denen der homologen rechten Hirnhälfte unterscheiden. Die Autoren vermuteten hinter der stärkeren Verzweigung höhere Freiheitsgrade bezüglich der Aktivität und differenziertere Reaktionsmöglichkeiten.

Sprache und Händigkeit sind die beiden lateralisierten Funktionen, die am intensivsten erforscht sind. Daneben gibt es weitere Aufgaben, die von der linken und rechten Hirnhälfte in unterschiedlichem Ausmaß kontrolliert zu sein scheinen, wie z. B. das verbale Gedächtnis durch die linke, das nonverbale durch die rechte. Ein Grund für die intensive Erforschung der Lokalisation von Sprachfunktionen könnte darin zu liegen, dass Sprachstörungen eine häufige primäre (Sprachentwicklungsstörungen) und sekundäre (nach Hirnverletzungen oder Schlaganfällen) Störungsgruppe bilden. Sprache und Händigkeit wurden seit der Entdeckung, dass Hirnschädigungen bei Links- und Rechtshändern in unterschiedlichem Ausmaß zu Defiziten in der Sprache führen, häufig im Zusammenhang untersucht. Es scheint Unterschiede in der Hirnorganisation von Links- und Rechtshändern zu geben, da Linkshänder bei einer schweren Schädigung der linken Hemisphäre ein geringeres Risiko haben, eine Sprachstörung (Aphasie) zu entwickeln (z. B. Luria, 1970).

Bei den meisten Menschen befindet sich das Sprachzentrum bzw. die Sprachzentren auf der linken Kortexseite. Die linke Hirnhälfte beinhaltet außerdem die motorischen Kontrollzentren für die rechte Hand. Aufgrund dieser beiden Funktionen spricht man bei der linken Hirnhälfte von der dominanten Hemisphäre. Untersuchungen haben gezeigt, dass bei 95% der Rechtshänder und bei 70% der Linkshänder die Sprache in der linken Hemisphäre lokalisiert ist und bei den übrigen Personen eine beidseitige bzw. rechte Repräsentation besteht (Geffen, 1978, Newcombe & Ratcliff, 1973, Rasmussen & Milner, 1977, zit. bei Springer & Deutsch, 1998). Worauf dieser Zusammenhang von motorischer und sprachlicher

Dominanz zurückzuführen ist, wird in unterschiedlichen Entwicklungstheorien (s. 1.1.2) zu erklären versucht.

### **1.1.1 Theorien zur Spezialisierung und Interaktion der Hirnhälften**

Unilaterale Spezialisierungsmodelle gehen davon aus, dass bestimmte Prozesse nur in einer Hirnhälfte ablaufen. So wird angenommen, dass die linke Hirnhälfte die Sprachverarbeitung und -produktion leistet und die rechte Hemisphäre auf visuell-räumliche Aufgaben spezialisiert ist. Nach der Entdeckung grundlegender Unterschiede in der Arbeitsweise der linken und rechten Hemisphäre wurden Theorien entwickelt, die globalere Funktionsprinzipien der einzelnen Hemisphären postulieren. Beispielsweise nimmt Kimura (1973, zit. bei Kolb & Wishaw, 1996) an, dass die linke Hemisphäre auf motorische Prozesse spezialisiert sei. Sprache stelle dabei nur einen solchen Prozess dar. Erklärbar wäre damit zum Beispiel auch, dass bei linkshemisphärischen Läsionen Apraxien (Störungen bei der Erzeugung von Bewegungsabfolgen) auftreten können.

Hugdahl (2000) vereint in seiner Sichtweise einer grundlegenden Unterscheidung der Arbeitsweise der Hirnhälften verschiedene Befunde: Der linken Hemisphäre werde zugeschrieben, dass sie eher für die Verarbeitung von lokalen Elementen und für kategoriale Beurteilungen zuständig sei und dass sie visuelle Reize von geringer räumlicher Frequenz analysiere. Damit sei sie prädestiniert für eine zeitliche, sequentielle Verarbeitung von Reizen, wie sie für Sprachverständnis und -produktion notwendig ist. Die rechte Hemisphäre verarbeite demgegenüber eher globale Elemente, habe Vorteile bei koordinativ-räumlichen Anforderungen und sei sensitiver gegenüber hochfrequenten und parallel bearbeitbaren (visuellen) Reizen, was für visuell-räumlichen Aufgaben von Nutzen sei. Diese Unterschiede in der Funktion der Hirnhälften veranlassen Hugdahl dazu, an der herkömmlichen Dichotomie von sprachlich-räumlicher Funktionsteilung zwischen der linken und der rechten Hemisphäre festzuhalten. Er hält die Funktionen Sprache und visuell-räumliche Orientierung für die evolutionär wichtigsten für den Menschen. Sprache versteht er als die Fähigkeit, die Umwelt symbolisch zu repräsentieren und diese Informationen weitergeben zu können. Zur visuell-räumlichen Orientierung gehöre die Fähigkeit, den Raum dreidimensional zu repräsentieren. Aufgrund der Bedeutung dieser Funktionen für den Menschen, habe sich die funktionelle Arbeitsteilung



der Hirnhälften entwickelt. Experimentell sei gezeigt worden, dass Sprachprozesse und räumliche Anforderungen sich in der Beanspruchung der Hirnhälften deutlich unterscheiden. Auch Geschlechtsunterschiede bei mentalen Operationen seien am besten mit den unterschiedlichen Fähigkeiten in den beiden Dimensionen erklärbar.

Taylor nimmt mit seinem Bilateral Cooperative Model of Reading (1981/84, zit. bei Taylor, 1988) am Beispiel des Lesens Bezug auf die Prozesse, die für Sprache und symbolisches Denken notwendig sind. Seiner Ansicht nach verarbeitet das Gehirn Informationen mit Hilfe zweier kooperierender Prozesstypen, die er als „left track“ und „right track“ bezeichnet. Diese Verarbeitungsstrategien könnten von beiden Hemisphären genutzt werden, obwohl die rechte eher den „right track“ und die linke den „left track“ verwende. Der „right track“ arbeite eher divergent. Umweltgegebenheiten (Objekte) würden mit Hilfe von Schablonen erkannt und dabei entstehe eine Vielzahl von Assoziationen und Interpretations- und Handlungsmöglichkeiten. Dieser Prozess sei durch schnelle, parallele Verarbeitung gekennzeichnet. Der „left track“ funktioniere demgegenüber auf Grundlage von Regeln und unter Einbeziehung von Zielen. Aus dem vom „right track“ zur Verfügung gestellten Ereignisraum wähle er aus und damit entstünde eine einzige Interpretation der Situation (des Objektes), alle anderen Möglichkeiten würden inhibiert. Der Prozess sei seriell und langsam. Damit sei zu erklären, dass Sprache (wenn sie, wie z. B. auch bei Hugdahl, als sequentieller Prozess angesehen wird) eher in der linken Hemisphäre verarbeitet werde. Die Graphem-Phonem-Zuordnung zum Beispiel, die in allen phonologischen Schriftsystemen (im Gegensatz zur Bilderschrift) genutzt werde, erfordere solche Prozesse und damit sei die linke Hemisphäre und die „left track“-Arbeitsweise prädestiniert für diese Anforderungen. Mit Hilfe von Taylors Theorie lassen sich sowohl verschiedene Denkstile und Arbeitsweisen des Menschen als auch neuropsychologische Phänomene, wie Aphasien oder Alexie erklären. Außerdem stellt sie ein Bindeglied zwischen unilateralen Spezialisierungsmodellen und den u. g. Interaktionsmodellen dar, da in Taylors Sichtweise der Zusammenarbeit der beiden Prozesstypen bzw. Hemisphären eine große Bedeutung bei der menschlichen Informationsverarbeitung zugeschrieben wird.

Als Gegenstück zu den unilateralen Spezialisierungsmodellen wurden sog. Interaktionsmodelle entwickelt (z. B. von Kinsbourne und Moscovitch; vgl. Kolb & Wishaw, 1996). Diese gehen von der Grundannahme aus, dass beide Hemisphären die Fähigkeit haben, bestimmte Aufgaben zu erfüllen, und dass sie bei Ausübung einer Funktion die andere Hirnhälfte in ihrer gleichsinnigen Aktivität hemmen.

### **1.1.2 Modelle zur Entstehung von Lateralität in der Ontogenese**

Die meisten Modelle zur Entstehung von Lateralisation beziehen sich auf die wichtigsten lateralisierten Funktionen Sprache und Händigkeit. Bekannte genetische Modelle stammen von Annett (1985) und McManus (1985, beide zit. bei Yeo et al., 1997). Die beiden Wissenschaftler gehen davon aus, dass ein einzelnes autosomales Gen mit zwei Allelen die zerebrale Lateralisierung der Sprache und an zweiter Stelle die der Händigkeit bestimme. Die Links- bzw. Rechtslateralisierung hänge von den spezifischen Allelen und von unspezifischen Zufallsfaktoren ab. In einer erweiterten Form der Theorie postulieren McManus & Bryden (1992; zit. bei Yeo et al., 1997) ein zweites Gen, das die Effekte des ersten modifiziere. Diese genetischen Theorien haben ihre Stärke bei der Erklärung von familiären Häufungen bestimmter Lateralisierungsmuster (z. B. familiäre Linkshändigkeit). Andere Befunde zur Händigkeit können damit aber nicht begründet werden, z. B. dass es unter Männern mehr Linkshänder gibt als unter Frauen oder dass Linkshändigkeit und Abweichungen von Rechtshändigkeit häufig mit Entwicklungsstörungen in der Kindheit assoziiert sind (vgl. Geschwind & Galaburda, 1987).

Yeo und Mitarbeiter (1997) schlagen deshalb ein Modell vor, das genetische und Entwicklungsaspekte vereinbart. Sie postulieren, dass nur globale Reifungsprozesse genetisch festgelegt seien. Es scheine ein Programm zu geben, nach dem die Hirnhälften während der embryonalen und fetalen Entwicklung unterschiedlich schnell reifen. Diese unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeit führe zu sog. kritischen oder sensiblen Perioden für die Etablierung bestimmter Funktionen in einer Hemisphäre. Wenn es in einer solchen Phase zu umweltbedingten Instabilitäten komme (z. B. toxische Einflüsse), könne das sowohl Ausmaß als auch Richtung der Lateralisierung einer sich gerade entwickelnden Funktion beeinflussen. Für die familiären Häufungen von abweichender Händigkeit seien eher

übergreifende genetische Effekte verantwortlich, die ihrerseits zu Entwicklungsinstabilitäten, nicht aber direkt zu Linkshändigkeit, führten.

Eine ähnliche Theorie, die variable Umweltaspekte für bedeutender hält als genetische Einflüsse, ist die von Geschwind & Galaburda (1987). Sie weisen darauf hin, dass Hormone, vor allem das Testosteron, die Genexpression während der intrauterinen Entwicklung verändern könnten. Männliche und weibliche Feten seien sowohl den mütterlichen Hormonen (Progesteron und wenig Testosteron) als auch den eigenen (bei männlichen Feten vor allem Testosteron) ausgesetzt. Wenn durch äußere Einflüsse oder genetische Dispositionen vermehrt Testosteron vorhanden oder das Hirngewebe besonders sensitiv für dieses Hormon sei, könne das u. a. zu einer verzögerten Reifung der linken Hemisphäre führen. Während der fetalen Entwicklung reife die rechte Hirnhälfte schneller. Wenn sich dann das Wachstum der linken noch mehr verzögere, als schon global genetisch vorgesehen, führe das zu einem weiteren, kompensatorischen Wachstum von rechten Hirnstrukturen, die dann u. U. auch Funktionen übernähmen, die sich eigentlich in der linken Hälfte entwickelten (z. B. Sprachfunktionen). Die Autoren gehen davon aus, dass es ein Basis-Lateralisationsmuster gibt: Sprache und Händigkeit würden von der linken Hirnhälfte kontrolliert. Veränderungen in der Entwicklung der linken Hemisphäre führten zu symmetrischeren Gehirnen und damit zu weniger oder abweichender Dominanz der Hirnhälften. Mit dieser Theorie lassen sich sowohl die relative Häufigkeit von Sprachstörungen und Entwicklungsstörungen bei Jungen gegenüber Mädchen als auch alle möglichen Lateralisationsmuster und Ausprägungen von Händigkeit erklären. Eine Implikation der Sichtweise wäre, dass jede Form von Linkshändigkeit oder Nicht-Rechtshändigkeit pathologisch ist. Es gibt aber auch abweichende Händigkeit, die nicht mit anderen Störungen oder Beeinträchtigungen assoziiert ist. Kritisch ist auch zu sehen, dass sich der deutliche Unterschied in der intrauterinen Testosteronkonzentration zwischen weiblichen und männlichen Feten nicht in ebenso deutlichen Unterschieden in der Anzahl von Rechts-, Links- oder Beidhändern bei Männern und Frauen widerspiegelt. Außerdem zeigen gerade Frauen eine geringere Lateralisation, speziell der Sprache, sie haben also symmetrischere Gehirne, was nach der Theorie eher bei den Männern zu erwarten wäre (vgl. Previc, 1991).

Previc (1991) entwickelte eine weitere, sehr ausführliche und umfassende Theorie für die Lateralisierung von Sprache und motorischen Funktionen. Nach seiner Ansicht deuten alle Befunde darauf hin, dass sowohl Rechtshändigkeit als auch linkshemisphärische Sprachrepräsentation in der Bevölkerung jeweils in einem Seitenverhältnis von ungefähr 2:1 (z. B. 66,6% Rechtshänder : 33,3% Linkshänder/Ambidexter) auftreten. Trotzdem lägen der Entwicklung dieser Funktionen unterschiedliche, aber jeweils intrauterine Bedingungen zugrunde. Die Entstehung der Sprachdominanz sei auf ein asymmetrisches Wachstum des Schädels und der Gesichtshälften (craniofaciales Wachstum) zurückzuführen. Die linke Kopfhälfte entwickle sich im ersten Drittel der Schwangerschaft schneller, wodurch eine etwas vergrößerte linke Gesichtshälfte (z. B. größere Unterkieferknochen) entstünden. Dieser Größenunterschied bestehe auch noch im Erwachsenenalter. Er sei dafür verantwortlich, dass die Übertragungsverhältnisse für Schwingungen im linken Mittelohr von Beginn an ungünstiger seien als im rechten. Das rechte Ohr habe dadurch einen Sensitivitätsvorteil und zwar speziell für den Frequenzbereich, in dem auch Sprachreize lägen (Rechtsohrvorteil für Sprache). Dieser Vorteil führe später, wenn das Gehirn beginnt Sprachreize zu verarbeiten, über die kreuzende Hörbahn vom rechten Ohr zum linken Kortex zu einer Entwicklung des Sprachzentrums in der linken Hemisphäre.

Die Handpräferenz entstehe im letzten Drittel der Schwangerschaft. 97% der zum Termin geborenen Kinder lägen in den letzten Schwangerschaftswochen in Schädellage mit dem rechten Ohr nach außen. Dies habe zur Folge, dass die Vestibulärorgane des Kindes unterschiedlich stimuliert würden, wenn die Mutter aufrecht gehe. Der linke Utriculus, der für horizontale Linearbeschleunigungen sensitiv ist, würde dabei stärker gereizt als der rechte (zum Aufbau des Vestibulärorganes s. Birbaumer & Schmidt, 1996). Das linke Vestibulärorgan übernehme in Folge dessen die Aufgabe, die Anti-Schwerkraft-Reflexe zu kontrollieren. Die Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichtes entgegen der Schwerkraft sei die erste und wichtigste Aufgabe des motorischen Systems, um (willentliche) Bewegungen einzelner Körperteile zu ermöglichen. Sie werde aufgrund des sensitiveren linken Vestibulärorganes von der linken Hirnhälfte geleistet, was diese zur motorisch dominanten Hemisphäre werden ließe. Nachfolgend entwickle sich die distale Kontrolle der rechten Hand durch die linke Hirnhälfte. Zusätzlich sei die rechte

Hand auch deshalb flexibler für willentliche Bewegungen, weil die linke Seite die posturale Kontrolle des Körpers übernehme und somit die stabilisierende Funktion für den ganzen Körper ausübe.

Zur Unterstützung seiner Theorie zieht Previc zahlreiche Forschungsergebnisse aus der Biologie und Humanmedizin heran. Er nennt zum Beispiel den Befund, dass Kinder, die zu früh geboren werden, eine deutlich geringere motorische Lateralisation aufweisen würden, als termingerecht geborene. Auch Zwillinge, die sich in ihrer Lage im Mutterleib gegenseitig einschränkten, hätten geringere oder abweichende motorische Dominanzmuster. Beweise für die Rolle des asymmetrischen craniofacialen Wachstums seien zum einen die häufige Koinzidenz von Knochenfehlbildungen der linken Gesichtshälfte und Mittelohrhörstörungen des linken Ohres und zum anderen die Tatsache, dass Männer, bei denen die Links-Rechts-Asymmetrie des Gesichtes aufgrund des insgesamt größeren Schädels verstärkt sei, einen deutlicheren Rechtsohrvorteil für Sprache zeigten als Frauen.

Prevics Theorie stellt zum heutigen Zeitpunkt eine der ausgearbeitetsten und umfassendsten für die Entstehung von Hirnasymmetrien dar. Sie beeindruckt vor allem durch die Integration von biologischen, medizinischen und neuropsychologischen Befunden.

### **1.1.3 Epilepsie und Lateralität**

Die vorliegende Arbeit wurde hauptsächlich für den Anwendungsbereich der prä-chirurgischen Epilepsiediagnostik ausgeführt. Dabei wurden diagnostische Daten von Patienten aus dem Epilepsiezentrum Berlin verwendet. Auch die dargestellte Untersuchung an gesunden Probanden soll die dichotischen Hörtests FW10B und FW12K in ihrer weiteren Anwendbarkeit bei Patienten mit fokaler Epilepsie beleuchten. Vor allem stellt sich die Frage, welche Diagnosemöglichkeiten für die Sprachlateralisation bei Epilepsiepatienten mit fokalen Läsionen anwendbar sind bzw. welche Einschränkungen dabei bestehen. Auf Grund dieses Anliegens soll an dieser Stelle auf die Zusammenhänge zwischen Epilepsie und Lateralität eingegangen werden.

Eine Epilepsie ist durch wiederkehrende, unprovokierte epileptische Anfälle gekennzeichnet. Ein epileptischer Anfall entsteht bei spontaner, massiver Aktivierung und hypersynchroner Aktivität von Neuronen des Kortex und kann einen umschriebenen Neuronenverband (fokaler Anfall) oder den gesamten Kortex (generalisierter Anfall) betreffen. In Abhängigkeit von der Lokalisation der beteiligten Neuronengruppen kommt es zu motorischen, sensiblen, sensorischen, vegetativen oder psychischen Ausfällen oder Störungen (vgl. Silbermagl & Lang, 1998, Isermann, 1997).

Die Ursachen für die Entstehung dieser Erkrankung sind vielfältig: Sie kann Folge von Hirnschädigungen (Schädelhirntrauma, Hypoxien o. ä.), Hirnerkrankungen (Entzündungen o. a.) oder akuten Hirnveränderungen (Tumore, Gefäßveränderungen) sein. Diese Ursachen können bereits prä- oder perinatal entstanden sein und sehr früh zu Epilepsie führen. Auch Hirnentwicklungsstörungen (z. B. Migrationsstörungen der Neurone in der frühen Hirnentwicklung oder Veränderungen chemischer Prozesse im Gehirn) können zur Anfallsneigung von bestimmten Hirngebieten beitragen (vgl. Schmidt, 1988). Die aus den Hirnentwicklungsstörungen folgenden Hirngewebsveränderungen sind nicht in jedem Fall morphologisch erkennbar.

Treten fokale Hirnverletzungen oder -erkrankungen sehr früh in der Kindheit auf, ist unter Umständen eine andere Hirnregion, z. B. die homologe Region der anderen Hemisphäre, in der Lage, die Funktion des geschädigten Bereiches zu übernehmen. Diese Kompensationsfähigkeit ist auf die erhöhte Plastizität des noch nicht vollständig entwickelten Gehirns zurückzuführen. Der Zeitraum, in dem solch eine vollständige Reorganisation möglich ist, scheint zwischen Geburt und 6. Lebensjahr zu liegen (Satz et al., 1988, vgl. auch Brizzolara 2002). Wie die unter 1.1.2 vorgestellten Theorien zeigen, können es gestörte, vorgeburtliche Entwicklungsprozesse sein, die zu einer veränderten Dominanz der Hirnhälften beitragen. Daher ist es nicht verwunderlich, dass atypische Lateralisationsmuster mit bestimmten angeborenen oder (frühzeitig) erworbenen Erkrankungen und Läsionen in Verbindung stehen. Zu diesen Krankheiten, die möglicherweise mit veränderter Lateralisation einhergehen, gehört die Epilepsie. Zum Beispiel ist eine fokale Epilepsie mit einer erhöhten Auftretswahrscheinlichkeit von Linkshändigkeit

verbunden (vgl. Satz et al., 1985). Das abweichende Händigkeitsmuster kann aufgrund einer frühen (auch vorgeburtlichen) Hirnschädigung oder –entwicklungsstörung entstanden sein, die wiederum auch die Ursache für die Epilepsie darstellen kann. Deutlich wird in diesem Zusammenhang, dass es dieselben Ursachen (erkennbare Hirnschädigungen oder –erkrankungen oder Hirnentwicklungsstörungen vor, während oder kurz nach der Geburt) sein können, die zur Entstehung einer Epilepsie und zu abweichenden Lateralisationsmustern (vor allem der Händigkeit und der Sprache) führen.

Nicht medikamentös kontrollierbare fokale Epilepsien können behandelt werden, indem der Anfallsherd operativ entfernt wird. Um bei solchen Operationen nicht die Sprachfunktionen zu beeinträchtigen, wird versucht, das Sprachzentrum präoperativ zu lokalisieren. (Die dazu verwendeten diagnostischen Methoden werden in Kapitel 1.2 vorgestellt.) Im Rahmen solcher prächirurgischen Untersuchungen wurden viele Studien zu den einzelnen Diagnoseverfahren durchgeführt. Das ist der Grund dafür, dass epilepsiechirurgische Kandidaten eine bevorzugte Untersuchungsgruppe für lateralisierte Hirnfunktionen darstellen.

## **1.2 Erfassung der Sprachlateralisation**

Im Folgenden werden diagnostische Verfahren zur Erfassung der sprachdominanten Hemisphäre vorgestellt. Dabei beschränkt sich die Darstellung auf Verfahren, die für die nachfolgenden Untersuchungen relevant sind. Verzichtet wird beispielsweise auf die Darstellung der funktionellen Magnetresonanztomographie, die ebenfalls zur Diagnostik der Sprachlateralisation genutzt werden kann.

### **1.2.1 Wada-Test**

Eine der bedeutendsten Methoden zur Ermittlung der Sprachlateralisation ist der 1949 von Wada entwickelte Natriumamobarbital-Test, auch Wada-Test oder Wada-Prozedur genannt (vgl. Springer & Deutsch, 1998). Dem wachen Patienten wird über einen Katheder in der Arteria femoralis (Oberschenkel Schlagader) das schlafmittelähnliche Natriumamobarbital (Natrium-Amytal, Amobarbital) in eine der beiden Arteria carotis (Halsschlagader) injiziert. Dies führt dazu, dass die ipsilaterale Hirnhälfte inaktiviert wird. Um den Wirkungsbeginn des Mittels festzustellen, wird der Patient gebeten, während der Injektion beide Arme hochzuhalten und zu

zählen. Der Wirkungsbeginn ist der Moment, bei dem der kontralateral zur Injektionsseite befindliche Arm herunterfällt. Das Aussetzen des Zählens wird bei erhaltenem Bewusstsein des Patienten so interpretiert, dass es sich bei der eben injizierten Hirnhälfte um die sprachproduktiv dominante handelt. Der Patient wird dann gebeten, verschiedene Sprach- und Gedächtnisaufgaben zu lösen, um einschätzen zu können, welche Funktionen genau eingeschränkt sind. (Die Bewusstseinslage des Patienten kann nach der Injektion für bestimmte Zeit beeinträchtigt sein. Dies muss bei der Beurteilung der Sprache berücksichtigt werden.) Die Prozedur wird im Anschluss für die andere Hirnhälfte wiederholt.

Der Test wird meist im Anschluss an die für die Operation obligate Angiographie (Darstellung der Blutgefäße) mit Hilfe desselben Katheders durchgeführt. Die Angiographie dient während des Testes auch zur Kontrolle des Blutflusses und zur Abschätzung der Verteilung des Medikamentes in den Gefäßen. Zusätzlich wird ein EEG abgeleitet, um quantitative Maße für eine Aktivitätsänderung des Gehirnes zu erhalten. Häufig fertigt man eine Videoaufzeichnung an, um nachträgliche Verhaltensinterpretationen zu ermöglichen.

Leider gibt es weder standardisierte Durchführungsvorschriften für die zu verwendenden Aufgaben noch Kategorisierungssysteme, mit denen das Verhalten und die Reaktionen des Probanden erfasst werden können. Nahezu jedes Zentrum, das den Wada-Test anwendet, hat ein eigenes Protokoll dazu entwickelt. Hier sollen deshalb nur kurz die Aufgaben dargestellt werden, die im Epilepsiezentrum Berlin verwendet werden (vgl. Bengner, 2002). Das Testprotokoll ähnelt dem der Epilepsiezentren Cleveland und Bielefeld. Zur Prüfung der motorischen Sprachfunktionen muss der Patient 20 Items benennen bzw. vorlesen oder nachsprechen. Diese Items sind reale Gegenstände (z. B. ein Hammer), Abbildungen, Wörter, Zahlen, Sprichworte oder Sätze. Der Proband wird zusätzlich jeweils aufgefordert, sich die Items einzuprägen. (Kann der Patient aufgrund der Aphasie nicht sprechen, benennt der Untersucher die Items und bittet den Patienten, sie nachzusprechen und sich einzuprägen.) Das Sprachverständnis wird mit 4 Items aus dem Token-Test eingeschätzt. Nachdem die Wirkung des Amobarbitals wieder soweit nachgelassen hat, dass der Patient sprechen kann, wird er gebeten, die Items zu nennen, an die er sich erinnert (freier Abruf). Danach werden die



Itemgruppen abgefragt (Abruf mit Hinweisreiz, z. B. mit der Frage: "Sie haben vorhin Wörter vorgelesen. An welche Wörter erinnern Sie sich noch?"). Und schließlich wird die Wiedererkennung mit Hilfe von Itemlisten, die die bekannten und neue Items enthalten, geprüft. Das figurale Gedächtnis wird durch Darbietung von Figuren nach der Injektion und deren Wiedererkennung am Ende der Untersuchung getestet.

Um zwischenzeitlich zu prüfen, inwieweit das Amobarbital noch wirkt, wird der Proband aufgefordert, beide Arme wieder zu heben bzw. gegen die Hand des Untersuchers zu drücken. Auf einer Skala von 0 – 5 (0 = keine Muskelkraft sichtbar, 5 = normale, seitengleiche Kraft gegen Widerstand) wird eingeschätzt, wie stark die Kraft im Arm schon wieder ist.

Nach einer Pause oder an einem anderen Tag wird die zweite Hirnhälfte mit anderen Items auf die gleiche Weise untersucht.

Wichtig ist eine genaue Aufzeichnung der Reaktionen des Patienten und des Zeitverlaufes. Auf Grundlage des Protokolls wird interpretiert, wie die Sprachfunktionen lateralisiert sind und ob es Unterschiede in der Gedächtnisfähigkeit der Hemisphären (vor allem unterschiedliche Leistungen der Hemisphären im verbalen und figuralen Gedächtnis) gibt. Das wichtigste ist die Kategorisierung des Untersuchungsergebnisses in einer von drei Sprachgruppen:

- linkshemisphärische Sprachdominanz
- rechtshemisphärische Sprachdominanz
- bilaterale Sprachrepräsentation.

Grundsätzlich gibt der Wada-Test vor allem über die Kompensationsfähigkeit der Hemisphären Auskunft. Man erhält Hinweise darauf, welche Funktionen im schlimmsten Fall, also beim Ausfall der Funktionen einer ganzen Hemisphäre nach einer Operation, gestört sein könnten.

Viele Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen lateralisierten Funktionen des Gehirnes (z. B. Händigkeit und Sprache) stammen aus Untersuchungen mit dem Wada-Test. Mit seiner Hilfe wurde u. a. die Häufigkeit

der Sprachdominanz in Abhängigkeit von der Händigkeit festgestellt (u. a. Rasmussen & Milner, 1977, zit. bei Springer & Deutsch, 1998). Einerseits ist dabei zu beachten, dass fast alle diese Forschungsarbeiten an epilepsiechirurgischen Kandidaten, also an Patienten mit z. T. abweichender Hirnorganisation, entstanden sind. Mit welchen Einschränkungen diese Ergebnisse auf „normale“ Gehirne übertragbar sind, ist nicht vollständig geklärt. Andererseits ist es aber nicht vertretbar, solche invasiven Methoden, wie den Wada-Test, nur für Forschungszwecke mit gesunden Probanden durchzuführen. Neuere, leichter anwendbare Methoden, wie die funktionelle Magnetresonanztomographie, werden die bisherigen Erkenntnisse möglicherweise neu beleuchten.

### **1.2.2 Visuelle Halbfeldtechnik**

Eine häufig benutzte Technik zur Ermittlung der sprachdominanten Hemisphäre ist die visuelle Halbfeldtechnik (vgl. Springer & Deutsch, 1998). Sie beruht darauf, dass das visuelle System des Menschen nach Gesichtsfeldhälften getrennt arbeitet. Der primäre Kortex einer Hemisphäre verarbeitet jeweils die Informationen aus der kontralateralen Gesichtsfeldhälfte. Bei der Fixation eines Punktes im Raum gelangen alle Reize, die sich links vom Fixationspunkt befinden in die rechte Hemisphäre und die, die rechts von diesem Punkt liegen, in die linke Hemisphäre. Dies kann experimentell dazu genutzt werden, einer Hirnhälfte allein bestimmte visuelle Reize zur Verfügung zu stellen. Das wird dann möglich, wenn die Darbietungszeit der Stimuli so kurz ist, dass keine Augenbewegungen stattfinden können (tachistoskopische Darbietung). Mit Hilfe dieser Technik kann erforscht werden, ob es zwischen den Hirnhälften Unterschiede bei der Verarbeitung verschiedener visueller Reize gibt.

Einen solchen Unterschied fanden Mishkin & Forgays (1952, zit. bei Kolb & Wishaw, 1996) für verbales Material. Bei der Darbietung von Worten im linken oder im rechten Gesichtsfeld stellte sich heraus, dass gesunde rechtshändige Personen die rechts dargebotenen Wörter genauer wiedererkennen konnten als die aus der linken Gesichtsfeldhälfte. Nachdem die beiden Autoren zunächst eine andere Erklärung bevorzugten, waren sich spätere Wissenschaftler einig, dass der Verarbeitungsvorteil der linken Hemisphäre (rechte Gesichtsfeldhälfte) in der Dominanz dieser Hirnhälfte bei der Verarbeitung von Sprache begründet ist. Man

nimmt an, dass die Information aus dem linken visuellen Kortex schneller und fehlerfreier zum Sprachzentrum geleitet werden kann als die aus dem rechten visuellen Kortex, da diese erst über das Corpus Callosum (Balken) zum links liegenden Sprachverarbeitungszentrum gelangen kann (vgl. Kolb & Wishaw, 1996).

Auch mit dieser Untersuchungstechnik wurden Studien zum Zusammenhang von Händigkeit und Sprachdominanz durchgeführt. Annett (1982, zit. bei Reiss, 1993) konnte bei einer Zusammenstellung der Ergebnisse mehrerer Studien zeigen, dass Rechtshänder einen Vorteil des rechten Gesichtsfeldes aufwiesen, während bei Linkshändern eine solche Asymmetrie nicht bestand, was darauf zurückzuführen ist, dass unter ihnen mehr Menschen sind, die einen entgegengesetzten Vorteil oder keine Asymmetrie aufweisen.

Die Reliabilität von tachistoskopischen Untersuchungen im geteilten Gesichtsfeld ist im Vergleich zu anderen Methoden zur Lateralitätserfassung relativ gering. Satz & Hines berichten 1974 (zit. bei Reiss, 1993) von einer 46%igen Übereinstimmung der Ergebnisse bei Wiederholung des Testverfahrens, während die Konkordanz für dichotische Hörtests (s. 1.2.3) 86% betrug.

### **1.2.3 Dichotisches Hören**

#### **1.2.3.1 Grundlagen und bisherige Befunde**

Beim dichotischen Hören werden beiden Ohren (meist über Kopfhörer) unterschiedliche Reize simultan dargeboten. Diese Technik wurde erstmals von Broadbent 1954 (zit. bei Bryden, 1988) angewandt. Er bot seine Probanden dreistellige Zahlenreihen dar, jeweils eine auf dem rechten, eine zweite auf dem linken Ohr. Dabei stellte er fest, dass bei rascher Darbietung (2 Zahlen pro Ohr und pro Sekunde) die Probanden bevorzugt zuerst die Zahlen des rechten Ohres wiedergaben. In den 60er Jahren legte Kimura (1961a) eine Studie vor, bei der sie zeigen konnte, dass dieser sogenannte Rechtsohrvorteil abhängig von der Sprachlateralisation ist. Sie hatte Epilepsiepatienten im Rahmen der prächirurgischen Diagnostik sowohl mit dem Wada-Test als auch mit Broadbents dichotischer Technik untersucht und herausgefunden, dass Personen mit linksseitiger Sprach-

repräsentation exakter die Zahlen vom rechten Ohr, die mit rechtshemisphärischer Sprachdominanz die vom linken Ohr wiedergeben konnten.

Kimura konnte 1964 (zit. bei Bryden, 1988) zeigen, dass der Ohrvorteil auch materialabhängig ist. Für verschiedene nonverbale Reize ergibt sich ein kein Rechts- sondern ein Linksohrvorteil, so zum Beispiel für Melodien.

Als Erklärung entwickelte sie ein strukturelles Modell: Jedes Ohr leite die Reize über die Hörbahn in beide Hemisphären. Es gebe also eine ipsilaterale (z. B. vom rechten Ohr zum rechten auditiven Kortex) und eine kontralaterale Bahn (vom rechten Ohr zum linken auditiven Kortex). Die ipsilaterale Bahn sei jedoch schwächer und speziell beim dichotischen Hören werde sie fast vollständig unterdrückt. Die Informationen vom rechten Ohr gelangten daher nahezu ausschließlich in die linke Hemisphäre (nämlich über die kontralaterale Bahn), die vom linken Ohr in die rechte Hirnhälfte. Damit hätten die Informationen, die direkt im linken auditiven Kortex ankommen, einen direkteren Weg zum Sprachzentrum als die vom rechten Kortex, da diese wiederum erst über das Corpus Callosum zur linken Hirnhälfte übertragen werden müssten. Dies ist eine mögliche Erklärung für den Rechtsohrvorteil bei verbalem Material. Nachfolgend gab es weitere Theorien, die auch Aufmerksamkeitsprozesse mit für den Ohrvorteil verantwortlich machten (z. B. Kinsbourne, 1960, zit. bei Bryden 1988). Bryden (1988) kommt allerdings zu dem Schluss, dass diese anderen Prozesse Kimuras ursprüngliches Modell lediglich ergänzen oder leicht modifizieren können.

Seit den ersten Experimenten mit dichotischer Stimulation wurden verschiedene dichotische Verfahren entwickelt, die sich sowohl in der Art des Materials als auch in den Reaktionsformen der Probanden unterscheiden. Eine bedeutende und heute noch häufig angewandte Form von Items sind die Konsonant-Vokal-Stimuli (consonant-vowel-task), bei der simultan verschiedene sinnfreie Silben dargeboten werden (z. B. ta, ba). Die verschiedenen Antwortmodalitäten können das Wiederholen des Gehörten (sofortiges Nachsprechen) oder die Auswahl unter vorgegebenen Alternativen (Wiedererkennen) sein. Die nach Broadbents ersten Versuchen entwickelten Methoden, wie die dichotische Präsentation von einzelnen Wortpaaren oder Silben, reduzierten vor allem den Einfluss des Kurzzeitgedäch-

nisses auf die freie Wiedergabe (vgl. Grimshaw et al., 1994). Ein bestehendes Problem bei den verschiedenen dichotischen Verfahren ist ihre sehr unterschiedliche Retest-Reliabilität und auch Validität, wenn man die Ergebnisse z. B. mit denen des Wada-Testes verglich. Satz & Hines (1974, zit. bei Reiss, 1993) berichten je nach Verfahren von Übereinstimmungen bei Testwiederholung von 21% bis 86%.

Bezüglich der Sensitivität gab Bryden (1988) an, dass mit Hilfe von dichotischen Hörverfahren ca. 85% der Menschen hinsichtlich ihrer Sprachlateralisation richtig klassifiziert werden können.

#### 1.2.3.2 Die dichotischen Hörtests FW10B und FW12K

Neben der z. T. geringen Reliabilität der dichotischen Testverfahren fand Bryden (1978, zit. bei Grimshaw et al., 1994), dass die Testergebnisse bei dichotischer Stimulation mit Einzelwortpaaren oder Silbenpaaren auch von Strategien der Probanden und von Aufmerksamkeitseinflüssen abhängig sind. Es konnte u. a. gezeigt werden, dass die Ergebnisse durch instruierte Verschiebung der Aufmerksamkeit verändert werden konnten.

Wexler und Halwes entwickelten 1983 den Fused Rhymed Words Test (FRWT) – einen dichotischen Hörtest, bei dem sich reimende, einsilbige Wörter dargeboten werden (z. B. coat-goat). Dieses Verfahren minimiert die methodischen Probleme der früheren, da von den meisten Versuchspersonen nur ein Wort wahrgenommen wird, was die Aufmerksamkeitseinflüsse verringert, und da nach jeder Darbietung nur eine Antwort gegeben werden muss (vgl. Grimshaw et al., 1994 und Zatorre, 1989). Der Test enthält 15 Wortpaare und es werden 4 Durchgänge mit allen Wortpaaren durchgeführt. Dabei werden die Wortpaare in jedem Durchgang in zwei Anordnungen (seitenvertauscht) dargeboten, um zu ermitteln, ob ein Ohr bevorzugt wird (zur genauen Ermittlung des Ohrvorteils s. 1.2.3.3). Die Retest-Reliabilität beträgt  $r = .85$ . Zatorre konnte 1989 in einem Vergleich des FRWT mit dem Wada-Test zeigen, dass das Verfahren ausreichend valide für die Bestimmung der Sprachlateralisation ist.

Ein bisher nicht gelöstes, methodisches Problem dieses dichotischen Hörtestes stellt die Identifizierung von bilateraler Sprachrepräsentation dar, da dies zu

Rechts- und Linksohrpunkten führt und bisher kein Cut-off-point ermittelt werden konnte, von dem an Links- bzw. Rechtslateralisation von bilateraler Sprachorganisation getrennt werden kann. Dieses Problem wird auch in der vorliegenden Arbeit bei der Bearbeitung der Fragestellung 1 (Vergleich Wada-Testergebnisse und FW10B-Leistung) Beachtung finden.

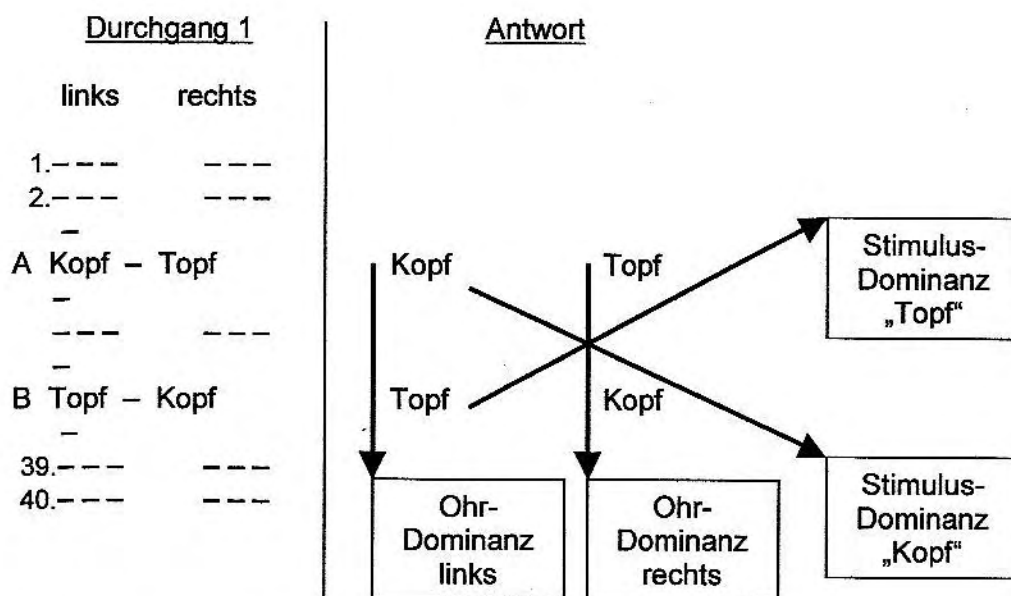
Aufgrund der guten Erfahrungen von Wexler und Halwes entwickelten Beier und Hättig (2000) eine deutsche Version des FRWT: den FW10B (Fused Words Test, Itemserie 10B). Er besteht aus 10 Wortpaaren sich reimender deutscher Substantive (z. B. Topf-Kopf). Im Unterschied zur amerikanischen Version wurden immer nur Wörter kombiniert, die beide stimmhaft oder beide stimmlos beginnen, um Wahrnehmungsdifferenzen noch weiter zu minimieren. Wie bei Wexler und Halwes wird in jedem Durchgang jedes Wortpaar in beiden Seitenanordnungen (einmal Topf rechts, Kopf links und einmal umgekehrt) dargeboten. Insgesamt gibt es 8 Durchgänge ( $10 \times 2 \times 8 = 160$  Darbietungen). Die Probanden hören die Stimuli über Kopfhörer. Die Reaktion erfolgt am Computer: Die Personen wählen aus vier dargebotenen Worten dasjenige aus, das sie wahrgenommen haben. Vor dem eigentlichen dichotischen Test wird jedes Wort auf jedem Ohr einmal monaural dargeboten. Dies dient zum einen der monauralen Hörprüfung. Zum anderen wird der Proband dabei mit den im Test vorhandenen Wörtern vertraut gemacht.

1996 entwickelten Gothe und Hättig eine weitere deutsche Version mit 12 Wortpaaren: den FW12K, der für die Anwendung bei Kindern konzipiert ist. Als Antwortmaterial werden den Kindern jeweils zwei Bilder gezeigt. Sie sollen auf das Bild deuten, welches das von ihnen gehörte Wort darstellt. Im Unterschied zur Erwachsenenversion gibt es nur 6 Durchgänge, wodurch insgesamt 144 Items dargeboten werden ( $12 \times 2 \times 6 = 144$ ). Unter den Wörtern in diesem Test gibt es, anders als im FRWT und FW10B, auch mehrsilbige Wörter (z. B. Brücke-Krücke), die sich in der Itemanalyse ebenfalls bewährt haben.

### 1.2.3.3 Ohrdominanz und Stimulusdominanz

Wie bereits unter 1.2.3.2 erwähnt, wird in den oben vorgestellten Tests jedes Wortpaar in jedem Durchgang zweimal dargeboten: einmal in der Anordnung A (z. B. Topf-Kopf) und einmal seitenvertauscht in der Anordnung B (Kopf-Topf).

Wenn ein Proband jeweils das Wort wahrnimmt, das auf dem rechten Ohr dargeboten wird (also einmal Kopf und einmal Topf), spricht man von „Ohrtreue“ für das rechte Ohr oder Ohrdominanz des rechten Ohres. Im Test erhält die Person dafür einen Ohrpunkt, in diesem Fall einen Rechtsohrpunkt. Nimmt der Proband jedoch in beiden Anordnungen das gleiche Wort (z. B. beide Male Topf) wahr, handelt es sich um eine Stimulusdominanz (s. a. Abbildung 1). Für einen Ohrpunkt oder einen Stimulusdominanzpunkt müssen also immer zwei Darbietungen (A und B) eines Durchganges betrachtet werden. Das bedeutet, dass bei 160 dargebotenen Wortpaaren im FW10B 80 Punkte erzielt werden.



### Abbildung 1

Antwortmöglichkeiten im FRWT: Stimulus- und Ohr-Dominanz. In der linken Hälfte der Abbildung ist beispielhaft und auszugsweise von oben nach unten die Darbietungsliste für einen Durchgang dargestellt. Das Item „Kopf-Topf“ wurde etwa an 4. Position dargeboten. aus jeder Darbietung ergibt sich als Antwort nur ein Wort. Die beiden Antwortmuster für Stimulusdominanz (4. Kopf und 36. Kopf oder 4. Topf und 36. Topf) tragen nichts zur Aufklärung der Sprachlateralisation bei. A = erste Anordnung, B = seitenvertauschte Anordnung (nach Hätting & Beier, 2000).

Als Lateralitätsindex wird für die dichotischen Hörtests FW10B und FW12K der Lambda-Wert genutzt. Er berechnet sich als natürlicher Logarithmus des Quotienten aus Rechts- und Linksohrpunkten (ROP und LOP):

$$\lambda = \ln \frac{\text{ROP}}{\text{LOP}}$$

Der Lambda-Wert hat den Mittelwert Null. Positive Lambda-Werte bedeuten einen Rechtsohrvorteil und damit eine Linkslateralisation der Sprache, negative einen Linksohrvorteil und rechtslateralisierte Sprache.

Stimulusdominanzen treten häufiger auf als Ohrpunkte. Deshalb können sie ein Problem bei der Interpretation der Testergebnisse des FRWT, FW10B und FW12K darstellen. Im Sinne des Testes sollte ein Proband so viele Ohrpunkte wie möglich erzielen, damit sich insgesamt ein Ohrvorteil ausmachen lässt. Wenn Stimulusdominanzen auftreten, mindert das die Ohrpunktezahl. Damit das Testergebnis interpretierbar ist, muss ermittelt werden, ob insgesamt überhaupt genügend Ohrpunkte erzielt wurden. Die Anzahl der Ohrpunkte und der Stimulusdominanzen muss also bekannt sein. Im FRWT, FW10B und FW12K ist es aufgrund dessen, dass pro Darbietung jeweils nur eine Antwort gegeben wird, möglich, die Stimulusdominanzen zu erfassen und zu berücksichtigen. Ob eine Person immer ein bestimmtes Wort bevorzugt, scheint allerdings nicht nur materialabhängig, sondern auch abhängig von individuellen Verarbeitungsprozessen zu sein. Stimulusdominanzen entstehen nicht bei allen Personen bei den gleichen Wortpaaren, d. h. es gibt Wortpaare, bei der eine Person immer dasselbe Wort wahrnimmt, eine andere Person nimmt jedoch immer das andere Wort wahr oder das Wortpaar führt bei ihr zur Erzeugung von Ohrpunkten. Das Problem der Stimulusdominanz wird bei der Herleitung der Fragestellung 3 unter 2.3 weiter erläutert. Unter der Fragestellung 3 werden die Items beider Hörtests FW10B und FW12K noch einmal dahingehend analysiert, inwieweit sie zur Erzeugung von Ohrpunkten beitragen oder ob sie Stimulusdominanzen hervorbringen. Außerdem werden die Tests verglichen und ihre Ergebnisse miteinander korreliert.

#### 1.2.3.4 Läsionseffekt

Eine praxisrelevante Fragestellung für dichotische Hörtests betrifft ihre Anwendbarkeit bei Patienten mit Hirnläsionen. Schon in den ersten Untersuchungen mit dichotischen Hörtestverfahren wurde ein sog. Läsionseffekt gefunden (Kimura, 1961a). Er besteht darin, dass eine einseitige Läsion des Kortex zu einer verringerten Ohrpunktzahl vom kontralateralen Ohr führt, vor allem wenn sie temporale und Hörkortex-Anteile umfasst (vgl. Bryden, 1988). Dies könnte bedeuten, dass ein Patient mit linkslateraler Sprachrepräsentation und einer Läsion des linken



Kortex nur wenige Rechtsohrpunkte bekommt, so dass er mit dem dichotischen Test evtl. nicht als sprachlich Linkslateralisierter erkannt wird. Dieses Problem war schon Gegenstand vieler Studien, die unter 2.2 vorgestellt werden und soll unter Fragestellung 2 an ca. 180 Patienten des Epilepsiezentrum Berlin, welche sowohl morphologisch sichtbare als auch sog. epileptische Läsionen (Anfallsherd) aufweisen, erneut untersucht werden (s. 2.2).

#### **1.2.4 Beziehung zwischen den Verfahren**

Alle unter 1.2.1 bis 1.2.3 vorgestellten Verfahren haben das Ziel, die sprachdominante Hemisphäre zu erfassen. Allerdings funktioniert das nicht bei allen mit gleicher Reliabilität und leider stimmen sie in ihren Ergebnissen auch nicht immer überein. Allgemein scheint zu gelten, dass die nichtinvasiven Verfahren (dichotische Tests und visuelle Halbfeldtechnik) die Häufigkeit der linkshemisphärischen Sprache bei Rechtshändern unterschätzen. Die Ergebnisse der Wada-Test-Studien weisen auf einen Anteil von 95% Rechtshändern mit linkslateralisierten Sprachfunktionen hin, wohingegen die anderen Tests nur ca. 80% anzeigen (Springer & Deutsch, 1998). (Genauere Daten zu den Übereinstimmungen zwischen den Verfahren werden unter 2.1 bzw. 2.3 dargestellt.)

Zum einen sind die Übereinstimmungen zwischen dem Wada-Test und den verschiedenen Hörtests abhängig von der Art der dichotischen Stimulation (s. 1.2.3.1) oder der Art der Reize in den visuellen Halbfeldexperimenten (s. 1.2.2). Zum anderen könnte es sein, dass verschiedene Aspekte der Hemisphärenasymmetrie gemessen werden. Im Wada-Test geht es hauptsächlich darum zu erkennen, welche Fähigkeit zur Sprachproduktion eine isolierte Hirnhälfte hat. Bei den beiden anderen Techniken werden wahrscheinlich eher Sprachperzeption und -verständnis erfasst. Möglicherweise sind dies Funktionen, die weniger stark lateralisiert sind als die Sprachproduktion (Springer & Deutsch, 1998). Es sollte auch nicht vergessen werden, dass unter den mit Wada-Test untersuchten Personen hauptsächlich Patienten waren, deren Hirnorganisation sich vermutlich von der der in den anderen Experimenten untersuchten gesunden Personen unterscheidet.

Die Zusammenhänge zwischen Wada-Testergebnissen und dem dichotischen Hörtest FW10B werden unter Fragestellung 1 in dieser Arbeit anhand einer Stich-

probe von Patienten aus dem Epilepsiezentrum Berlin untersucht. Ob es Übereinstimmungen zwischen einem Visuellen-Halbfeldtechnik-Versuch und den Hörtests FW10B und FW12K gibt, wird im Rahmen der Fragestellung 3 (Itemanalyse des FW10B und FW12K) an 33 gesunden Studenten untersucht.

Eine Forschungsarbeit zum Zusammenhang zwischen dem dichotischen Hörtest FW10B und Untersuchungen mit der hier nicht näher erläuterten funktionellen Magnetresonanztomographie ist kürzlich von Hund-Georgiadis und Mitarbeitern (2002) veröffentlicht worden und wird in Kapitel 6 vorgestellt und diskutiert.

### 1.3 Erfassung der Händigkeit

Im Gegensatz zur Erfassung der „nichtsichtbaren“ Sprachlateralisation erscheint die Feststellung der Händigkeit (Handpräferenz) oder motorischen Dominanz relativ leicht. Allerdings gibt es auch hier vielfältige methodische Probleme und viele verschiedene Methoden (vgl. Springer & Deutsch, 1998).

Grundsätzlich kann man zwischen Selbstbeurteilungsfragebögen (bei Kindern Fremdbeurteilung durch die Eltern) und direkter Verhaltensbeobachtung unterscheiden. Bei der Selbstbeschreibung wird der Proband gebeten, für verschiedene Tätigkeiten (z. B. Schreiben, Werfen, Zähneputzen) anzugeben, welche Hand er „meistens“ dafür benutzt. Ein sehr bekanntes und häufig verwendetes Verfahren ist das Edinburgh-Handness-Inventory (EHI) von Oldfield (1971). Bei diesem Fragebogen erhält man einen Lateralitätsquotienten zwischen +100 (ausschließliche Rechtshändigkeit) und -100 (ausschließliche Linkshändigkeit). Dieser Quotient trägt der Tatsache Rechnung, dass Händigkeit keine dichotome Eigenschaft ist, sondern dass es alle Abstufungen zwischen absoluter Rechts- und Linkshändigkeit gibt. Problematisch bei der Selbstbeschreibung kann die subjektive Einschätzung der Person sein, gerade wenn es um Tätigkeiten geht, die bei nicht eindeutigen Rechtshändern mal mit der einen, mal mit der anderen Hand ausgeführt werden. Die verschiedenen Händigkeitsfragebögen variieren in der Anzahl der Items, in den abgefragten Tätigkeiten und in den Auswertungskategorien.

Auch bei der direkten Verhaltensbeobachtung gibt es große Unterschiede, welche Tätigkeiten der Proband ausführen muss. Dies reicht von der einfachen Erfassung

der Schreibhand (z. B. in der Studie von Wada & Strauss, 1988) bis zu Testbatterien mit mehreren Aufgaben, wie Zeichnen, Nähen, Hämmern usw. (z. B. Reiss & Reiss, 1998). In manchen Studien wird zusätzlich die familiäre Linkshändigkeit mit erfasst. Meist wird dabei nach der Handpräferenz von Eltern und Geschwistern gefragt. Auch hier gibt es unterschiedliche Kriterien, welche Personen einbezogen werden und ab welcher Anzahl von Personen in der Familie von einer familiären Häufung gesprochen wird.

All dies macht es schwierig, die Ergebnisse verschiedener Studien zu vergleichen. Eine weitere Fehlerquelle ist die Einteilung der Personen nach ihren Testergebnissen in Händigkeitgruppen. Auch diese variiert stark zwischen verschiedenen Studien. Oldfield (1971) hat in seiner Studie zum EHI an 1000 Probanden herausgefunden, dass sein Lateralitätsquotient nicht gleichverteilt ist. Während sich die positiven Werte am oberen Skalenrand drängten, verteilten sich die negativen etwa gleich. Deshalb ist es nicht unbedingt zu rechtfertigen, die Grenze zwischen Links- und Rechtshändigkeit bei einem Quotienten von 0 zu ziehen. Viele Autoren sprechen lieber von Rechtshändigkeit und Nicht-Rechtshändigkeit (oder Dextralen und Non-Dextralen). Wo dabei die Trennung stattfindet, ist häufig eine relativ willkürliche Entscheidung (vgl. Springer & Deutsch, 1998).

## 2. Herleitung der Fragestellungen

### 2.1 Validierung des FW10B am Wada-Test

Nachdem Kimura (1961a) zeigen konnte, dass der Rechtsohrvorteil in einer dichotischen Höraufgabe bei Patienten gut mit dem Wada-Testergebnis korreliert, sind mehrere Arbeiten mit verbesserten dichotischen Tests gefolgt. Hugdahl und Mitarbeiter (1997) konnten mit einer Konsonant-Vokal-Silben-Aufgabe 12 von 13 Patienten hinsichtlich ihrer Sprachlateralisation richtig klassifizieren. Geffen & Caudrey (1981) erzielten mit einem dichotischen Monitoring-Test, bei dem die Versuchspersonen ein bestimmtes Target-Wort erkennen müssen, 95% Übereinstimmung zwischen dem Wada-Ergebnis und dem dichotischen Test.

In zwei Studien wurde der FRWT (Fused Rhymed Words Test) von Wexler und Halwes mit dem Wada-Test verglichen. Zatorre (1989) fand dabei eine Übereinstimmung von 94% bei erwachsenen epilepsiechirurgischen Patienten. Fernandes & Smith (2000) wendeten den gleichen Test bei Kindern an und zeigten, dass 18/19 Kindern mit linkshemisphärischer Sprachlateralisation im FRWT einen Rechtsohrvorteil erzielten, alle Rechtslateralisierten einen Linksohrvorteil und Kinder mit bilateraler Repräsentation keinen signifikanten Ohrvorteil erreichten. Varianzanalytisch erwies sich die Wada-Sprachseite als einziger signifikanter Einflussfaktor auf den Lambda-Wert.

Ein möglicher Faktor, der eine 100%ige Übereinstimmung zwischen den Verfahren verhindert, ist die Tatsache, dass die Tests nicht wirklich dasselbe erfassen (vgl. auch 1.2.4). Im dichotischen Hörtest wird die Sprachwahrnehmungsasymmetrie als Sprachlateralisation interpretiert. Der Wada-Test zeigt eher die Kompensationsfähigkeit des Sprachsystems an (Hättig & Beier, 2000). Inwieweit diese beiden Funktionen vergleichbar sind bzw. ob es dabei ein gleichgestaltiges Lateralisationsmuster gibt, bleibt fraglich.

Für den deutschen dichotischen Hörtest liegt bisher nur eine Validierungsstudie am Wada-Test vor, allerdings mit der Grundform des Testes, dem FW21A, der 21 Wortpaare (statt jetzt 10) enthielt. Beier (1994) untersuchte dazu 23 Patienten und fand eine Übereinstimmung von 86%. In der Zwischenzeit gibt es eine Reihe

von Patienten, die im Epilepsiezentrum Berlin mit beiden Tests (Wada-Test und FW10B) untersucht wurden. Deshalb soll noch einmal eine Validierung der FW10B-Ergebnisse anhand der Wada-Daten dieser Patienten durchgeführt werden.

**Fragestellung 1:** Kann das Ergebnis des Wada-Testes durch das Ergebnis im dichotischen Hörtests FW10B bei Patienten im präepilepsiechirurgischen Monitoring vorhergesagt werden?

## 2.2 Effekte von Läsionen auf die Ohrpunkte im FW10B

Bereits 1961 legte Kimura die ersten Beobachtungen zum Läsionseffekt vor (1961b). Sie bemerkte, dass Patienten nach Entfernung des Temporallappens eine geringere Ohrpunktzahl vom Ohr kontralateral zur Operationsseite erzielten. Schulhoff & Goodglass (1969) untersuchten ebenfalls Patienten mit einer strukturellen Läsion des Kortex (z. B. Aphasie-Patienten) und fanden neben dem o. g. Effekt, dass bei einer Schädigung der linken Hemisphäre die Ohrpunktzahl von beiden Ohren abnahm. Sie nannten diesen Effekt „Dominanzeffekt“ und dies bedeutet, dass eine Läsion der sprachdominanten Hemisphäre zu einer insgesamt schlechteren Leistung in dichotischen Hörtests führt. Hierbei handelte es sich allerdings um relativ große Schädigungen, die auch das Sprachzentrum umfassten und Aphasien hervorgerufen hatten. Die Läsionsdaten stützten sich lediglich auf klinische Beobachtungen, bildgebende Verfahren kamen damals noch nicht zur Anwendung.

Grote et al. (1995) konnten einen Läsionseffekt auch für epileptische Läsionen nachweisen (d. h. in Abhängigkeit von der Seite des Anfallsherde, der mit Hilfe des EEG bestimmt wurde). Sie fanden verringerte Rechtsohrpunkte für linke Foki, verringerte Linksohrpunkte waren jedoch mit unilateralen Foki beider Seite assoziiert. Auch Lee und Mitarbeiter (1994) fanden den Läsionseffekt in Abhängigkeit vom epileptischen Fokus nur auf Gruppenebene. Sie konnten je nach Kriterium 61-81% der Patienten richtig klassifizieren. Sie mahnten daher zur Vorsicht bei der Anwendung von dichotischen Hörtests, um die Läsionsseite vorherzusagen. Dies kann auch auf die Anwendung von diesen Testverfahren zur Bestimmung der Sprachlateralisation übertragen werden, denn es bedeutet, dass zum einen der

Läsionseffekt die Leistung der Patienten beeinflusst, dieser zum anderen aber nicht so konsistent ist, dass man ihn in die Interpretation der Testergebnisse sicher einbeziehen könnte.

Alle eben genannten Studien wurden allerdings nicht mit dem FRWT oder FW10B, sondern mit anderen dichotischen Techniken durchgeführt. In ihren Validierungsstudien zum FRWT fanden Zatorre (1989) und Fernandes & Smith (2000) keinen Effekt des epileptischen Fokus auf die FRWT-Ergebnisse. Brizzolara (2002) wies bei Kindern mit prä- und perinatal entstandenen Hirnläsionen (im MRT sichtbar) unter Anwendung des FRWT auf Gruppenniveau einen Läsionseffekt nach: Die Kinder erreichten mehr Linksohrpunkte bei linker Läsion und mehr Rechtsohrpunkte bei rechter Läsion. Die Ergebnisse unterschieden sich, je nachdem welches Areal der einzelnen Hirnhälfte betroffen war und vor allem danach, ob kortikale oder tieferliegende Anteile (weiße Substanz, periventriculäre Läsionen) zerstört waren. Kinder, bei denen kortikale temporale Areale geschädigt waren, zeigten den Läsionseffekt, wenn aber tieferliegende Läsionen betroffen waren, zeigte sich ein solcher Effekt nicht.

Die Daten sind also sehr differenziert zu betrachten. Faktoren, die den Nachweis eines Läsionseffektes erschweren, sind folgende:

1. Es ist schwierig, strukturelle Läsion und epileptischen Fokus zu trennen. Epileptische Anfälle entstehen oft aufgrund einer Hirnschädigung, aber der Anfallsherd muss nicht unbedingt mit dem Läsionsort korrespondieren. Zum Beispiel entstehen epileptische Anfälle bei bestimmten Astrozytomen oder vaskulären Störungen aufgrund von chemischen oder mechanischen Effekten der Läsion. Der Anfallsherd befindet sich in diesen Fällen außerhalb der Läsion, im angrenzenden Hirngewebe. Bei Hirnentwicklungsstörungen des Kortexgewebes hingegen befindet sich die Anfallszone intraläsional (Janszky, 2002). Diese Erkenntnisse erfassen jedoch nicht alle möglichen Schädigungen, die zu epileptischen Anfällen führen. Deshalb ist davon auszugehen, dass es bei Epilepsiepatienten eine große Bandbreite individueller Konstellationen des Zusammenhangs von Läsionsort und Anfallsherd vorliegt.

2. Sowohl Läsionsseite als auch die Lokalisation der Läsion auf der Hirnhälfte scheinen eine Rolle für einen Läsionseffekt zu spielen.
3. Das Alter bei Entstehung der Läsion kann eine Rolle spielen. So kann eine frühe Läsion zu einer Reorganisation der Sprachfunktionen führen. Satz et al. (1988) berichten beispielsweise, dass Läsionen vor Beendigung des 6. Lebensjahres eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine Umstrukturierung zu einer bilateralen Sprachrepräsentation (und auch Händigkeit) aufweisen. Dies würde dann auch die Leistung im dichotischen Hörtest verändern.

Da der dichotische Hörtest FW10B im Epilepsiezentrum Berlin als ein Verfahren zur Bestimmung der Sprachlateralisation bei Epilepsiepatienten angewandt wird, ist es sehr wichtig, zu untersuchen, ob es bei diesem Test systematische Läsionseffekte in Abhängigkeit von strukturellen und epileptischen Läsionen gibt. Der Test wird seit 1997 in der prächirurgischen Diagnostik angewandt, so dass eine große Stichprobe von Patienten vorliegt, für die ein FW10B-Ergebnis und Daten zu ihren epileptischen Foki und zu strukturellen Läsionen (MRT bzw. CT-Bilder) vorliegen. Anhand dieser Patienten soll die folgende Fragestellung untersucht werden:

**Fragestellung 2:** Welchen Einfluss haben morphologische und epileptogene Läsionen bei Patienten mit Epilepsie auf das Ergebnis des dichotischen Hörtests FW10B?

### 2.3 Itemanalysen und Vergleich des FW10B und des FW12K

Zwei wichtige Gütekriterien von Testverfahren sind die Validität und die Reliabilität. Bezogen auf die dichotischen Hörtests FW10B und FW12K ergeben sich konkret die Fragen:

1. Misst der dichotische Hörtest die Sprachlateralisation? (Validität)
2. Wird die Sprachseite durch den Test zuverlässig angezeigt? (Reliabilität)

Die Validität kann mit Hilfe eines Außenkriteriums, was das Gleiche misst wie der dichotische Hörtest, festgestellt werden. Dies wird unter Fragestellung 1 anhand des Wada-Testes als Kriterium realisiert (s. 2.1).

Eine weitere Technik, die zur Feststellung der Sprachlateralisation genutzt wird, ist die visuelle Halbfeldtechnik (s. a. 1.2.2). Allerdings sind die Korrelationen zwi-

schen Asymmetrien beim Hören (dichotischer Hörtest) und bei visueller Spracherkennung geringer, als vermutet werden könnte. Dagenbach (1986) berichtet, dass trotz intensiver Forschung nur geringe Zusammenhänge gefunden wurden: nach Satz & Hines (1974) maximal  $r = .39$  (zit. bei Dagenbach, 1986). Dagenbach selbst fand in seiner Untersuchung signifikante Korrelationen zwischen visueller Halbfeldtechnik mit Buchstabenfolgen (z. B. D A G) und einem dichotischen Hörtest (ungereimte Wortpaare), und zwar für Rechts- und für Linkshänder. Dabei war der Zusammenhang für Linkshänder größer als für Rechtshänder, was ein unerwartetes Ergebnis darstellte. Christianson und Mitarbeiter (1992) konnten bei Kindern für einen gleichartigen dichotischen Hörtest und eine tachistoskopische Aufgabe mit Bildern ebenfalls einen positiven Zusammenhang zeigen. Beide Aufgaben ergaben einen linkshemisphärischen Vorteil. (Es handelte sich hierbei jedoch um eine bilaterale tachistoskopische Darbietung, d. h. linkes und rechtes visuelles Halbfeld erhielten gleichzeitig Informationen. Diese Anforderung wurde von den Autoren für besser lateralisiert gehalten als eine unilaterale.) Die Datenlage ist relativ heterogen. Es soll trotzdem versucht werden, eine Aufgabe in visueller Halbfeldtechnik zur Validierung des FW10B und FW12K zu nutzen.

Wenn man annimmt, dass die Ohrpräferenz eine eher sensorische Asymmetrie darstellt, wäre es auch sinnvoll, sie nicht nur mit der Händigkeit sondern auch mit sensorischen Asymmetrien des Menschen zu korrelieren. Eine solche findet sich z. B. für das Vestibulärorgan. Das vestibuläre System weist einen Tonusunterschied auf. Eine Seite des Körpers hat einen geringeren Tonus als die andere (vgl. auch Theorie von Previc, 1991, s. 1.1.2). Reiss & Reiss (1998) fanden eine Korrelation von  $r = .39$  zwischen einer dichotischen Konsonant-Vokal-Aufgabe und dem Unterberger Trettest, der als Indikator für die Asymmetrie des Vestibulärorganes genutzt wurde. (Eine genauere Beschreibung des Testes findet sich unter 5.2.) Bei diesem Tretversuch kommt es zu einer Drehung hin zur Seite des geringeren Tonus und dies äußert sich bei den meisten Rechtshändern in einer Drehung zur rechten Seite (bei Linkshändern zur linken). Mit Hilfe des Unterberger Tretversuches soll der Zusammenhang zwischen sensorischen Asymmetrien und den dichotischen Hörtests FW10B und FW12K untersucht werden.



Die Reliabilität eines Testes kann man u. a. über die Retest-Reliabilität schätzen. Dabei wird überprüft, wie gut die Testergebnisse bei zweimaliger Durchführung des Testes miteinander korrelieren. Für den deutschen dichotischen Hörtest lagen bisherige Re-Test-Werte zwischen  $r = .65$  und  $r = .87$  (Hättig & Beier, 2000). Eine weitere Möglichkeit, die Reliabilität zu schätzen, ist die Bestimmung der internen Konsistenz (Cronbachs  $\alpha$ , vgl. Guthke et al., 1990). Dies soll im Rahmen dieser Untersuchung geschehen.

Bei der Erstellung der aktuellen Versionen FW10B und FW12K wurden Itemanalysen durchgeführt und der ursprüngliche Itempool auf die jetzige Größe reduziert. Nachdem die Tests nun mehrere Jahre angewendet wurden (v. a. der FW10B), stellt sich auf Grundlage der klinischen Erfahrung die Frage, ob nicht immer noch Items enthalten sind, die sehr oft Stimulusdominanzen erzeugen und damit nicht zur Lateralisierungskraft des Testes beitragen. Im Sinne des Testes ist es sinnvoll, wenige Stimulusdominanzen zu erzielen, denn ein Wortpaar (Item), bei dem die Person immer das eine, nie aber das andere Wort hört, trägt nicht zur Erzeugung von Ohrpunkten und zur Darstellung eines Ohrvorteils bei. Repp (1978, zit. bei Whitaker, 1983) gibt aber zu Bedenken, dass eine gewisse Palette an Stimulusdominanz nötig ist. Es scheint so zu sein, dass nicht jedes Itempaar bei jeder Person die gleichen Eigenschaften besitzt. Manche Wortpaare erzeugen bei einer Versuchsperson immer eine Stimulusdominanz, bei einer anderen jedoch nie. Der Entstehung einer Stimulusdominanz scheint eine Interaktion zwischen Wortpaar und bestimmten, bisher unbekanntem Personenparametern zugrunde zu liegen. Deshalb ist es auch nicht möglich, eine Itemreduktion anhand von klassischen Itemgütekriterien, wie Trennschärfe und Schwierigkeit, durchzuführen. Ein wichtiges Kriterium bei der Zusammenstellung der Items zum FW10B war die Stärke, mit der ein Item Rechtsohrpunkte erzeugte (d. h. Korrelation aller Rechtsohrpunkte eines Wortpaares mit der Gesamtohrpunktzahl über alle Probanden hinweg). Solch eine Itemanalyse, in etwas erweiterter Form, soll noch einmal mit gesunden Probanden (Studenten) für beide deutsche dichotische Hörtests durchgeführt werden. Dabei soll überprüft werden, ob sich Vermutungen hinsichtlich der geringen Lateralisierungskraft bestimmter Wortpaare bestätigen lassen und ob eine weitere Reduktion der Items sinnvoll ist.

Schließlich sollen beide Tests verglichen werden, um festzustellen, ob bei denselben Versuchspersonen vergleichbare Ergebnisse im FW10B und FW12K erzielt werden. Hierzu liegen bisher keine Studien vor.

**Fragestellung 3:** Korrelieren die dichotischen Hörtests FW10B und FW12K mit anderen Verfahren zur Feststellung der Sprachlateralisation bzw. von sensorischen Asymmetrien? Welche Items des FW10B und FW12K sind am geeignetsten, um eine Asymmetrie der Verarbeitung auditiver Stimuli (Ohrpunkte) zu erzeugen? Wie stark korrelieren die beiden dichotischen Hörtests FW10B und FW12K?

Im folgenden werden die drei Fragestellungen nacheinander in den Kapiteln 3 bis 5, jeweils mit Hypothesen, Methoden, Ergebnissen und Interpretation behandelt.

### 3. Validierung des FW10B am Wada-Test

**Fragestellung 1:** Kann das Ergebnis des Wada-Testes durch das Ergebnis im dichotischen Hörtest FW10B bei Patienten im präepilepsiechirurgischen Monitoring vorhergesagt werden?

#### 3.1 Hypothesen FW10B und Wada-Test

Die Lokalisation des Sprachzentrums nach Wada-Test drückt sich in gleichsinnigen Ergebnissen des dichotischen Hörtests FW10B aus:

**H1:** Patienten mit linkslateralisierter Sprache im Wada-Test zeigen einen eindeutigen Rechtsohrvorteil bzw. einen positiven Lambda-Wert.

Die Hypothese wird mit Hilfe einer Kontingenztafelanalyse, der Regressionsanalyse und der Varianzanalyse überprüft.

**H2:** Patienten mit rechtslateralisierter Sprache im Wada-Test zeigen einen eindeutigen Linksohrvorteil bzw. einen negativen Lambda-Wert. Die Hypothese wird wie H1 überprüft.

**H3:** Patienten mit bilateraler Sprachorganisation im Wada-Test zeigen schwache, variable Ohrvorteile bzw. einen nicht-signifikanten Lambda-Wert. Die Hypothese wird wie H1 überprüft.

#### 3.2 Methoden FW10B und Wada-Test

##### 3.2.1 Stichprobe

Die Stichprobe bestand aus 71 Patienten (32 weibliche, 39 männliche), die zwischen 1997 und 2001 an prächirurgischen Untersuchungen (epilepsiechirurgisches Monitoring) teilgenommen haben. Während des Monitorings werden die Patienten ca. 5 Tage lang unter Abdosierung der Medikamente mit Hilfe eines Video-EEG überwacht. Es werden Anfälle aufgezeichnet, um eine Diagnose über Art und Entstehungsort der Epilepsie stellen zu können. Die neuropsychologische Untersuchung findet vor dem Monitoring, der Wada-Test meist danach statt. In die Analyse gingen die Daten der Patienten ein, die sowohl einen Wada-Test als auch den dichotischen Hörtest FW10B absolviert hatten (anfallende Stichprobe). Das Alter der Patienten zum Untersuchungszeitpunkt lag im Durchschnitt bei 35 Jahren (Minimum 17, Maximum 63 Jahre). Bis auf zwei Patienten litten alle an pharmako-

resistenter Epilepsie, die beiden anderen Patienten wurden vor einer Tumor-Entfernung untersucht. Einer der beiden zeigte im Monitoring ebenfalls epileptische Potentiale. Die Dauer der Epilepsie lag zwischen 1 bis maximal 41 Jahre (Mittel: 20 Jahre). Die Häufigkeiten der Epilepsieherde (Bereich) und –seite sind in Tabelle 1 abgebildet.

Bereich Seite	temporal		temporo- frontal		temporo- parietal		Seite gesamt
	temporal	frontal	temporal	frontal	parietal	parietal	
links	35	0	0	6	0	1	42
bilateral	1	0	0	1	0	0	2
rechts	19	2	1	3	1	0	26
<b>Bereich gesamt</b>	55	2	1	10	1	1	70

**Tabelle 1**

Häufigkeiten von Epilepsieherd (Bereich) und –seite in der Stichprobe von 71 Patienten. Ein Patient zeigte im Monitoring keine epileptischen Potentiale.

### 3.2.2 Diagnostik und angewandte Testverfahren

Die medizinischen Befunde aus dem prächirurgischen Monitoring wurden dem Entlassungsarztbrief, dem Patientenbogen bzw. der Monitoring-Beurteilung entnommen. In der Monitoring-Beurteilung bewertet der Neurologe die aufgezeichneten EEG-Daten und stellt eine Diagnose bezüglich des Epilepsieherdes und der Anfallsseite. Der Wada-Test wurde von einem Team aus Psychologen, Neurologen, technischen Assistenten, Anästhesisten und Radiologen durchgeführt. Die Diagnose der Wada-Sprachseite stammt aus dem Bericht des Psychologen (zum Ablauf der Wada-Prozedur s. 1.2.1).

Die neuropsychologische Testbatterie umfasste mehrere Einzeltestverfahren (s. Anhang 1). Interessant für die o. g. Fragestellung war nur das Ergebnis des dichotischen Hörtestes FW10B (zum Aufbau s. 1.2.3.2). Es wurde der Lambda-Wert berechnet (natürlicher Logarithmus des Quotienten Rechtsohrpunkte/Linksohrpunkte, s. a. 1.2.3.3). Außerdem wurde der z-Wert für Lambda ermittelt, indem Lambda durch seinen Standardfehler geteilt wurde:

$$z\lambda = \frac{\lambda}{s_e(\lambda)}$$

Diese z-Lambda-Werte sind normalverteilt mit einer Standardabweichung von 1,96 (bei  $\alpha = 0,05$ ) und ermöglichen somit eine einfache Signifikanzprüfung (vgl. Fernandes & Smith, 2000). Die z-Lambda-Werte wurden genutzt, um eine Einteilung der Patienten in Sprachseiten-Gruppen (wie im Wada-Test) vorzunehmen. Die Schwelle für linkslateralisierte Sprache (signifikanter Rechtsohrvorteil) liegt damit bei einem z-Lambda von  $z\lambda = 1,96$  (eine Standardabweichung über Null), für Rechtslateralisation (signifikanter Linksohrvorteil) bei  $z\lambda = -1,96$ . Die Werte dazwischen werden als bilaterale Sprachrepräsentation gewertet (vgl. Zatorre, 1989 und Fernandes & Smith, 2000).

Die Händigkeit wurde mit der deutschen Form des Edinburgh Handness Inventory (s. Untersuchungsprotokoll Anhang 2) erfragt. Bei den Items, die im Epilepsiezentrum verwandt werden, gibt es eine Abweichung von der Originalform. Es wird nicht nach der oberen Hand beim Kehren mit einem Besen gefragt, sondern nach der Hand beim Kartenausteilen. Zusätzlich wurden latente Linkshändigkeitszeichen und familiäre Linkshändigkeit (Eltern und Geschwister) erfragt (s. Untersuchungsprotokoll Anhang 2).

### **3.3 Ergebnisse FW10B und Wada-Test**

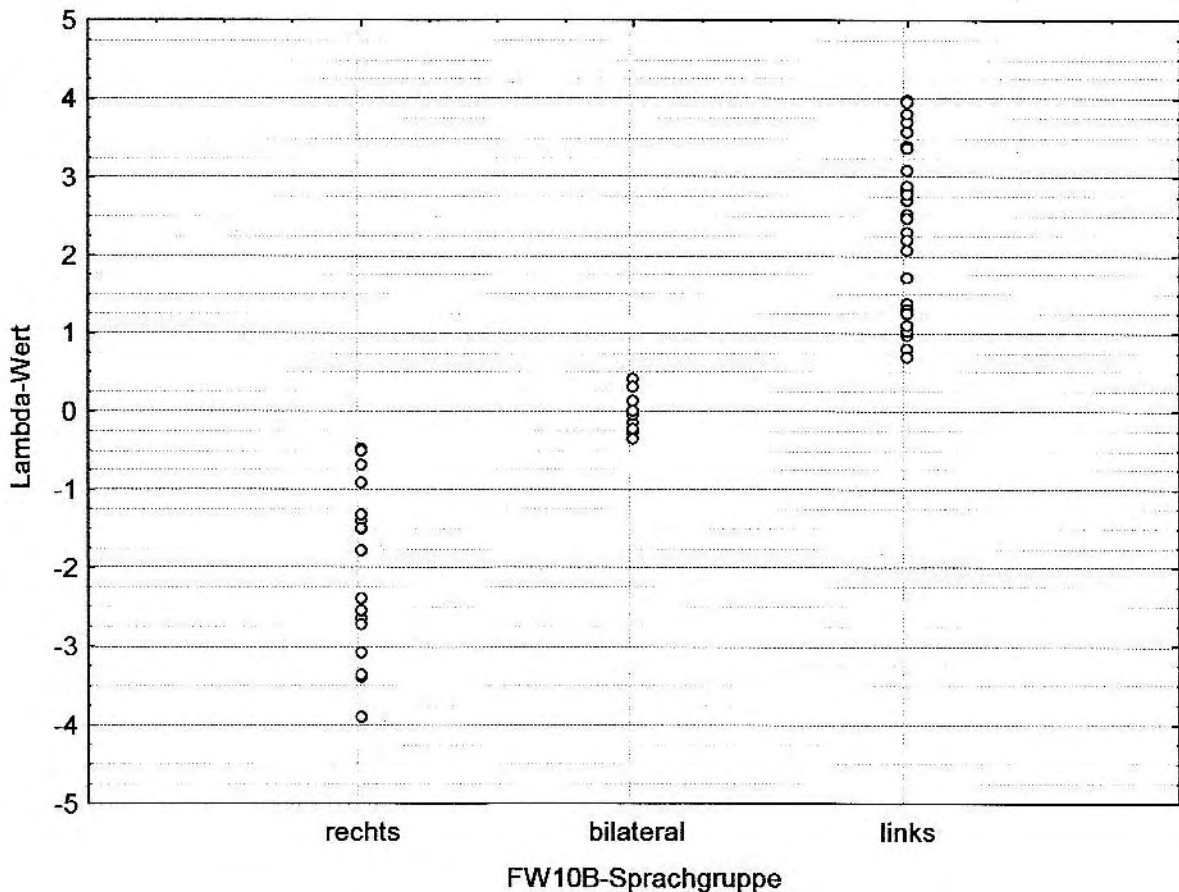
#### **3.3.1 Händigkeit**

Wenn die Grenze zwischen Links- und Rechtshändigkeit beim Wert 0 des Edinburgh Handness Inventory (Wertebereich  $-100$  für ausschließliche Linkshändigkeit bis  $+100$  für ausschließliche Rechtshändigkeit) gezogen wurde, galten acht Patienten als Linkshänder (Werte zwischen  $+50$  und  $-100$ ) und 63 als Rechtshänder (Werte zwischen  $+20$  und  $+100$ ). Da die verschiedenen Abstufungen der Händigkeit (Handpräferenz) in der Bevölkerung nicht gleich verteilt sind (vgl. 1.3 und Oldfield, 1971), kann man die Grenze zwischen Rechtshändigkeit und Nicht-Rechtshändigkeit auch bei einem anderen Wert ziehen. Hier wurde der Wert  $+70$  gewählt. Diesen Wert erhält man, wenn eine Person bei drei von zehn Tätigkeiten angibt, nicht ausschließlich die rechte Hand, sondern beide Hände gleich häufig zu verwenden. Bezüglich der Normstichprobe liegt dieses strengere Kriterium unterhalb der 4. Dezile der Verteilung der positiven Lateralitätsquotienten. Wenn dieses Kriterium angesetzt wurde, gab es in der Stichprobe 54 Rechts- und

17 Nicht-Rechtshänder. Familiäre Linkshändigkeit wurde in sieben Fällen berichtet. 59 Patienten gaben an, keine Linkshänder in der Verwandtschaft zu haben, fünf konnten keine Angaben machen. Von den Probanden mit familiärer Linkshändigkeit hatten sechs einen Lateralitätsquotienten von 100 (ausschließliche Rechtshändigkeit), einer hatte einen Wert von 60 (nach strengem Kriterium Nicht-Rechtshänder).

### 3.3.2 Vergleich der Kategorisierung nach Wada-Test und FW10B

**Deskriptive Daten:** Der mittlere Lambda-Wert lag bei  $\lambda = 0,66$  (SD = 2,09). Mit Hilfe des Standardfehlers ( $s_e = 0,247692$ ) wurden die z-Lambda-Werte berechnet, deren Mittel bei  $z\lambda = 2,67$  (SD = 8,43) lag. Mit Hilfe der z-Lambda-Werte wurden die Personen hinsichtlich der Sprachseite kategorisiert. Danach ergab sich die in Abbildung 2 dargestellte Verteilung.



**Abbildung 2**

Verteilung der Lambda-Werte in den FW10B-Sprachgruppen (N = 71 Patienten). Die Zuordnung zu den Sprachgruppen erfolgte mit Hilfe der z-Lambda-Werte. Für Lambda ergaben sich damit folgende Kategoriegrenzen: Sprachgruppe rechts:  $\lambda < -0,49$ , Sprachgruppe bilateral:  $-0,49 \leq \lambda \leq 0,49$ , Sprachgruppe links:  $\lambda < 0,49$ .



Wenn man die Wada-Seite als Indikator für die tatsächliche Sprachrepräsentation ansieht, konnte der FW10B (mit dem gewählten z-Lambda-Kriterium) rechte und linke Sprachlateralisation in ca. 60% der Fälle richtig zuordnen, bilaterale Sprache aber nur in 9%.

**Kontingenztafelanalyse:** Tabelle 2 zeigt die Kontingenzen der Sprachgruppen beider Testverfahren.

FW10B \ Wada-Test	links	bilateral	rechts	gesamt
links	34	7	14	55
bilateral	4	1	6	11
rechts	1	1	3	5
gesamt	39	9	23	71

**Tabelle 2**

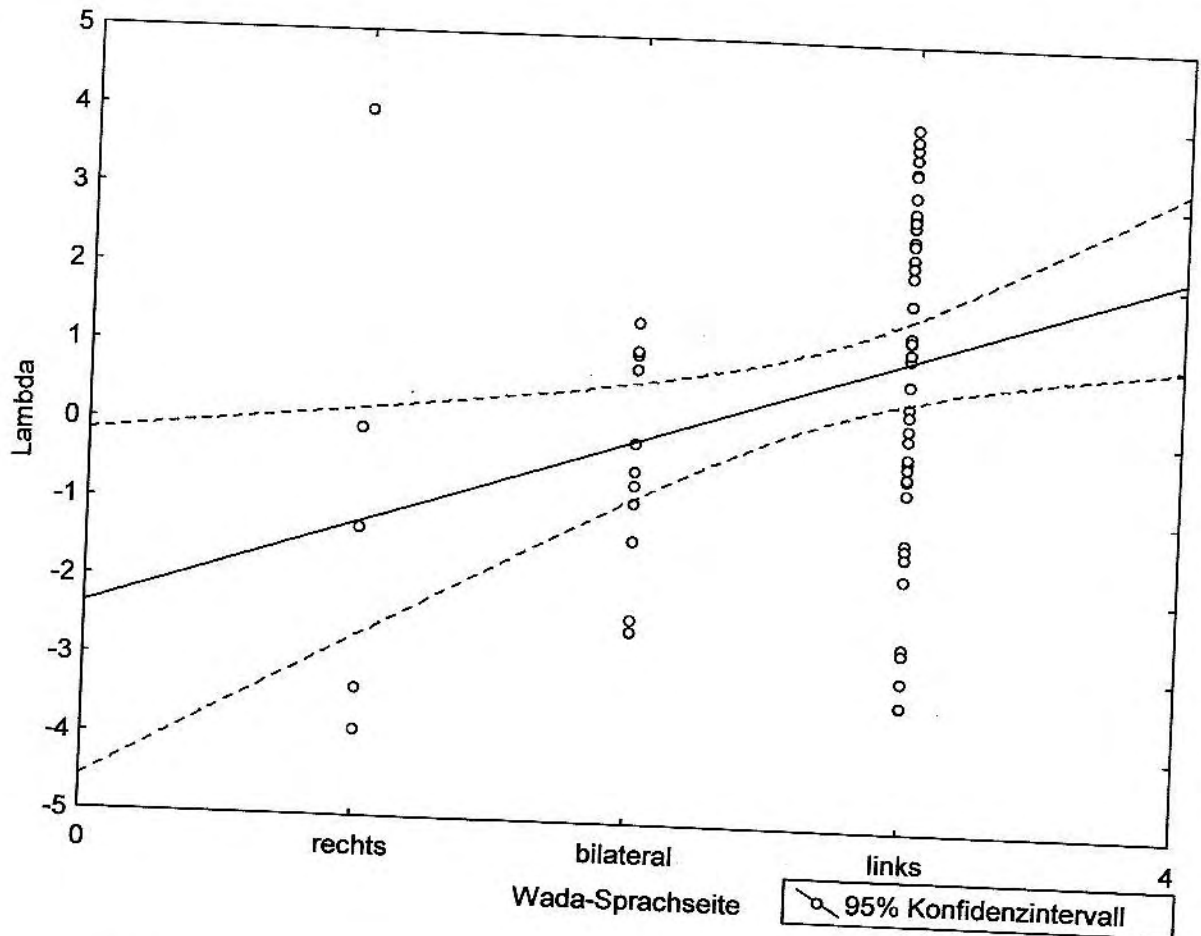
Kontingenztafel der Sprachseite nach Wada-Test und FW10B

Bei Analyse der Daten aus Tabelle 2 mit Hilfe der Kontingenztafelstatistik konnte die Unabhängigkeitshypothese (Lambda-Seitenzuordnung ist unabhängig von Wada-Seite) nicht abgelehnt werden: Pearson  $\chi^2 = 6,26$ , FG = 4,  $p = 0,19$ ; d. h. der  $\chi^2$ -Wert ist für  $p = 0,05$  oder  $p = 0,01$  nicht signifikant.

**Regressionsanalyse und Korrelation:** Der Zusammenhang zwischen den beiden Variablen Wada-Seite und Lambda-Wert ließ sich linear beschreiben:  $\text{Lambda} = -2,359 + 1,1166 \cdot \text{Wada-Seite}$  (s. Abbildung 4).

Die Regressionsanalyse wurde mit 3 Zahlenwerten für die Wada-Kategorien durchgeführt: Wada-Sprachseite rechts = 1, bilateral = 2, links = 3. Die Korrelation war signifikant ( $p < 0,05$ ), betrug jedoch lediglich  $r = .32$ . Die Rangkorrelation (Spearman) zwischen den Sprachgruppen betrug  $r = .28$  ( $p < 0,05$ ).



**Abbildung 4**

Regressionsgerade für den Zusammenhang Lambda-Werte und Wada-Kategorien (N = 71 Patienten):  $\text{Lambda} = -2,359 + 1,1166 \cdot \text{Wada-Seite}$ . Korrelation:  $r = .31837$ . In der Formel haben die Wada-Kategorien folgende Zahlenwerte: „links“ = 3, „bilateral“ = 2, „rechts“ = 1.

**Varianzanalyse:** In Anlehnung an die Analysen von Zatorre (1989) und Fernandes & Smith (2000) wurde eine Varianzanalyse mit den Faktoren: Geschlecht, Händigkeit (nach beiden o. g. Kriterien), Wada-Seite und Anfallsseite durchgeführt. Dabei war die Wada-Sprachseite der einzig signifikante Einflussfaktor ( $F(1, 61) = 4,56, p = 0,04$ ). Aufgrund nichtvollständiger Zellbesetzung konnten nur zweifaktorielle Interaktionen berechnet werden: hierbei ergab sich lediglich eine signifikante Interaktion zwischen Geschlecht und Wada-Seite. Diese ist dadurch zu erklären, dass die Unterschiede zwischen den Lambda-Mittelwerten (s. Tabelle 3) stärker durch die FW10B-Ergebnisse der männlichen Probanden beeinflusst wurden (obwohl es in den Lambda-Werten insgesamt keinen signifikanten, geschlechtsspezifischen Unterschied gab.)

Tabelle 3 zeigt die Unterschiede zwischen den (z-)Lambda-Mittelwerten für die einzelnen Wada-Sprachgruppen.

<u>Wada-Sprachgruppe</u>	<u>Mittelwert Lambda (Standardabweichung)</u>	<u>Mittelwert z-Lambda (Standardabweichung)</u>	<u>N</u>
links	1,02 (1,99)	4,13 (8,04)	55
bilateral	-0,41 (1,36)	-1,64 (5,55)	11
rechts	-0,93 (3,15)	-3,77 (12,7)	5

**Tabelle 3**

Mittelwerte und Standardabweichungen der Lambda-Werte und z-Lambda-Werte in den einzelnen Wada-Sprachgruppen

Die Mittelwertsunterschiede waren zwischen linker und bilateraler Wada-Gruppe signifikant ( $t = 2,3$ ;  $p = 0,03$ ), zwischen linker und rechter Gruppe knapp signifikant ( $t = 2,0$ ;  $p = 0,051$ ) und zwischen bilateraler und rechter Gruppe nicht signifikant ( $t = 0,48$ ;  $p = 0,64$ ). Diese t-Test-Ergebnisse sind allerdings aufgrund der unterschiedlichen Gruppengrößen nur eingeschränkt interpretierbar.

### 3.4 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse FW10B und Wada

In zwei von drei Analyseverfahren ergab sich ein Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des dichotischen Hörtestes FW10B und dem des Wada-Testes. In der Varianzanalyse erwies sich die diagnostizierte Wada-Sprachseite als einziger Faktor, der in seinen Abstufungen (links, rechts, bilateral) einen Einfluss auf das FW10B-Ergebnis hatte. Die einzige signifikante Interaktion bestand zwischen Wada-Seite und Geschlecht. Männliche Patienten wiesen größere Unterschiede zwischen den dichotischen Hörtestergebnissen in Abhängigkeit von der Wada-Sprachseite auf. Zum einen war der Lambda-Mittelwert in der Gruppe Wada-Sprache links bei den Männern größer als bei den Frauen ( $\lambda_m = 1,17$  vs.  $\lambda_w = 0,80$ ). Zum anderen zeigten die drei Männer der Wada-Sprachgruppe rechts im Mittel einen negativen Lambda-Wert ( $\lambda = -2,16$ ), während die eine Frau dieser Gruppe einen positiven Lambda-Wert hatte ( $\lambda = 3,97$ ). Insofern ist diese Interaktion auch durch die geringe Gruppengröße der Wada-Gruppe rechts zu erklären.

In der Regressionsanalyse konnte gezeigt werden, dass ein linear beschreibbarer Zusammenhang zwischen den Verfahren existierte. Allerdings ist die Korrelation zwischen den beiden Verfahren mit  $r = .32$  als gering zu bewerten, vor allem wenn der Wada-Test als Außenkriterium zur Validierung des FW10B herangezogen werden soll.

Die deskriptiven Daten ergaben einen deutlich geringeren Zusammenhang zwischen den beiden Tests als in bisherigen Untersuchungen. Die Ergebnisse stimmten lediglich in 54% der Fälle überein (zum Vergleich: Zatorre, 1989: 94%; Beier, 1994: 86%). Die Wada-Seiten links und rechts konnten in 60% der Fälle durch den F10B richtig vorhergesagt werden, bilaterale Sprachrepräsentation nur in 9%. Diese Werte sind nicht befriedigend für ein Testverfahren, das dem Wada-Test ähnlich sein soll. Die Kontingenztafelanalyse zeigte sogar an, dass beide Verfahren unabhängig voneinander sind. Das bedeutet, dass die Zuordnung zu einer Sprachgruppe nach dem Lambda-Wert unabhängig von der Zuordnung nach Wada-Test ist.

Die unter 1.2.4 dargestellten Probleme beim Vergleich von Wada- und dichotischen Hörtest-Ergebnissen können nicht als alleinige Ursache für den geringen Zusammenhang gesehen werden, da frühere Studien (s. 2.1) schon größere Konkordanz gefunden haben. Ein schon unter 1.2.3.4 erwähnter Einflussfaktor sind die Hirnläsionen der Epilepsiepatienten. Zatorre (1989) hatte aus seiner Studie Patienten mit bekannten morphologischen Läsionen (Tumore, Zysten, Hamatome) ausgeschlossen und er hatte, ebenso wie Fernandes & Smith (2000), für die Seite des epileptischen Fokus keinen Unterschied in den Lambda-Werten gefunden. Wenn die hier untersuchte Stichprobe daraufhin analysiert wurde, zeigte sich allerdings tendenziell ein Läsionseffekt. Patienten mit einem rechten Epilepsie-Fokus hatten im Mittel einen deutlich höheren Lambda Wert ( $\lambda = 4,56$ ;  $N = 26$ ) als Patienten mit einem linken Herd ( $\lambda = 1,19$ ;  $N = 42$ ). Dies entspricht dem klassischen Effekt, dass ein linker Anfallsherd zu verringerten Ohrpunkten vom linken Ohr und damit zu einer geringeren Ohrpunktedifferenz und einem geringeren Lambda-Wert führt. Der Mittelwertsunterschied ist im t-Test nicht signifikant, allerdings zeigt sich eine Tendenz ( $t = -1,6$  bei  $p = 0,11$ ). Es kann also angenommen werden, dass bei dieser Stichprobe von Epilepsiepatienten die Läsion einen Einflussfaktor auf den dichotischen Hörtest darstellt.

Ein weiterer Faktor liegt möglicherweise im dichotischen Hörtestergebnis selbst. Zatorre (1989) hatte (ohne nähere Begründung) gefordert, dass für einen interpretierbaren dichotischen Hörtest der Gesamtanteil der Ohrdominanz (Linksohrpunkte + Rechtsohrpunkte) bei mindestens 25% liegen muss (vgl. Problem der Stimulus-

dominanz unter 1.2.3.3). In der vorliegenden Stichprobe traf dies nur für 22 Patienten zu. 41 Patienten erzielten Werte zwischen 10 und 25% und bei acht Patienten lag der Anteil der Ohrpunkte an den gesamten Antworten unter 10%. Wenn man nur die 22 Patienten betrachtet, die das Kriterium erfüllten, steigt die Konkordanz zwischen Wada- und Hörtest-Ergebnis auf 68%. Dieser Wert liegt allerdings immer noch weit unter denen der o. g. früheren Untersuchungen (s. 2.1). Zatorre (1989) hatte dieses Kriterium nicht näher begründet. Deshalb kann auch eine andere Möglichkeit zur Überprüfung der Interpretierbarkeit des Testergebnisses genutzt werden: Wenn man die Signifikanzgrenzen der Binomialverteilung für die Ergebnisse des FW10B betrachtet, ergibt sich, dass eine Differenz von 13 Ohrpunkten einen signifikanten Unterschied von zwei Standardabweichungen ausmacht. Nach diesem Kriterium erzielten 26 Patienten (37%) ein valides Ergebnis. Bei ihnen stimmten die Zuordnungen der Sprachseite mit Hilfe der beiden Testverfahren FW10B und Wada-Test in 77% der Fälle überein. Allerdings waren unter diesen Probanden keine Personen mit bilateraler Sprachrepräsentation (weder nach Wada-Test noch nach FW10B). Und gerade in dieser Lateralisationsgruppe gab es bei der Gesamtbetrachtung die meisten Unterschiede in der Zuordnung. Damit kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Grund für die nicht ausreichende Übereinstimmung zwischen Wada-Testergebnis und dichotischem Hörtest im FW10B selbst liegt.

Für die Kategorisierung der Patienten nach ihrem Hörtestergebnis wurde in Anlehnung an Fernandes & Smith (2000) der z-Lambda-Wert benutzt. Dieser ist abhängig vom Standardfehler der spezifischen Stichprobe. In einer anderen Stichprobe ergibt sich evtl. ein anderer Fehler, der dann auch zu anderen Kategorisierungen führen würde. Ein Grundproblem besteht also darin, dass es für den Lambda-Wert keine Normen gibt, die anzeigen, ab welchem Lambda-Wert eine Person als linkshemisphärisch sprachdominant bezeichnet wird und ab welchem sie einer anderen Kategorie zugeordnet wird.

Es kann angenommen werden, dass die diskutierten Einflussfaktoren das Ergebnis des dichotischen Hörtestes beeinflusst haben. Sie tragen eventuell dazu bei, dass der Hörtest den tatsächlichen Anteil an Patienten mit linkslateralisierter

Sprache soweit unterschätzt hat und dass das Testergebnis so ungenügend mit dem des Wada-Tests übereinstimmt.

Die unter 3.1 aufgestellten Hypothesen H1 – H3, dass sich die Diagnose der Sprachseite aus dem Wada-Test in gleichsinnigen Lambda-Werten im FW10B (also zum Beispiel positiver Lambda-Wert für Wada-Sprachseite links) niederschlägt, müssen nach den vorliegenden Daten abgelehnt werden: Die mit dem Wada-Test ermittelte sprachdominante Hirnhälfte kann mit den Ergebnissen des dichotischen Hörtestes FW10B nicht befriedigend vorhergesagt werden. In der Gruppe ließ sich zwar eine Tendenz erkennen, dass Patienten mit linkslateralisierter Sprache positive Lambda-Werte erzielten und Patienten mit rechtsseitiger Sprachdominanz negative, aber die Konkordanz zwischen den beiden Verfahren war für die Maßstäbe, die an diagnostische Verfahren gestellt werden, zu gering. Insbesondere bilaterale Sprachrepräsentation lässt sich mit Hilfe des FW10B nur schlecht diagnostizieren.

Um den Einfluss des Läsionseffektes noch genauer zu untersuchen wird in Kapitel 4 eine Untersuchung an einer größeren Patientenstichprobe vorgestellt.

## 4. Läsionseffekte bei der Anwendung des FW10B

**Fragestellung 2:** Welchen Einfluss haben morphologische und epileptogene Läsionen bei Patienten mit Epilepsie auf das Ergebnis des dichotischen Hörtests FW10B?

### 4.1 Hypothesen Läsionseffekte

**H4a:** Eine morphologische Läsion hat in Abhängigkeit von der Hirnhälfte, auf der sie sich befindet, Einfluss auf die Ergebnisse des dichotischen Hörtestes FW10B:

Patienten mit linker Läsion zeigen einen verminderten Rechtsohrvorteil bzw. einen kleineren Lambda-Wert als Patienten mit rechter Läsion. Patienten mit rechter Läsion zeigen einen verminderten Linksohrvorteil bzw. einen größeren Lambda-Wert als Patienten mit rechter Läsion.

Die Gruppenvergleiche zwischen den Probandengruppen werden mit Hilfe von t-Tests durchgeführt.

**H4b:** Eine morphologische Läsion des Temporallappens einer Hirnhälfte hat nur dann einen Einfluss auf das Ergebnis des dichotischen Hörtestes FW10B, wenn sie sich kortikal, temporal lateral, nicht aber mesial (Hippocampus, tieferliegend) befindet.

Die Hypothese wird wie Hypothese H4a mit t-Tests überprüft.

**H5a:** Eine epileptogene Läsion (Epilepsieherd) hat in Abhängigkeit von der Hirnhälfte, auf der sie sich befindet, Einfluss auf die Ergebnisse des dichotischen Hörtestes FW10B: Patienten mit linkem Herd zeigen einen verminderten Rechtsohrvorteil bzw. einen kleineren Lambda-Wert als Patienten mit rechtem Herd. Patienten mit rechtem Fokus zeigen einen verminderten Linksohrvorteil bzw. einen größeren Lambda-Wert als Patienten mit rechtem Fokus.

Die Hypothese wird wie Hypothese H4a mit t-Tests überprüft.

**H5b:** Eine epileptogene Läsion hat nur dann Einfluss auf die Ergebnisse des dichotischen Hörtestes FW10B, wenn der Epilepsieherd im Temporallappen lokalisiert ist: Patienten, bei denen der Temporallappen im präepilepsiechirurgischen Monitoring als Teil des Anfallherdes identifiziert wurde, weisen bei linkem Herd geringere Rechtsohrpunkte bzw. einen geringeren Lambda-Wert

auf als Patienten mit rechtem Herd. Patienten, bei deren Anfallsentstehung der Temporallappen nicht beteiligt ist, zeigen diese Unterschiede nicht.

Die Hypothese wird wie Hypothese H4a mit t-Tests überprüft.

## **4.2 Methoden Läsionseffekte**

### **4.2.1 Stichprobe**

Zur Verfügung stand eine Stichprobe von 186 Patienten (84 weibliche, 102 männliche) des Epilepsiezentrums Berlin, die zwischen 1997 und 2001 im Rahmen des prächirurgischen Monitorings untersucht wurden. Eingeschlossen sind die in Kapitel 3 untersuchten 71 Patienten. Das durchschnittliche Alter der Probanden lag zum Untersuchungszeitpunkt bei 35 Jahren (Minimum 13, Maximum 73 Jahre). Die Dauer der Epilepsie variierte zwischen einem und 47 Jahren bei einem Mittelwert von 19 Jahren.

### **4.2.2 Diagnostik und angewandte Testverfahren**

Vor dem Monitoring wurden die Patienten mit einer neuropsychologischen Testbatterie (s. Anhang 1) und mit dem dichotischen Hörtest FW10B untersucht. Die Händigkeit wurde wie unter 3.2.2 und 3.3.1 angegeben erfasst. Das Video-EEG wurde über 5 Tage mit dichtgesetzten Oberflächenelektroden und zum Teil auch mit Sphenoidalelektroden aufgezeichnet. Anhand dieser Daten stellten die behandelnden Neurologen die Diagnose bezüglich des Anfallsherdes. Der überwiegende Teil der Patienten erhielt eine MRT (Magnetresonanztomographie) oder CCT (Craniale Computertomographie), die vom Chefarzt oder dem Radiologen begutachtet wurde. Alle Befunde, die in die Analyse gingen, entstammten dem Entlassungsarztbrief, dem Patientenbogen bzw. der Monitoring-Beurteilung. Als epileptogene Läsion (Anfallsherd) wurde die im Monitoring vom Neurologen diagnostizierte Anfallsseite und der -bereich (z. B. frontal) betrachtet. Es gab 65 Patienten mit linkem Fokus, 48 mit rechtem und 18 mit bilateralem. Am häufigsten kamen die Anfälle aus dem Temporallappen (N = 91). Die morphologischen Läsionen der Patienten umfassten sehr unterschiedliche Defekte. Es wurden alle Befunde als Läsion gewertet, die mit Seite und Bereich (z. B. links mesiotemporal) angegeben waren. Dazu zählten Raumforderungen verschiedener

Art, postoperative Narben, Volumenminderungen, Dysplasien, Substanzdefekte aufgrund von Hirnschädigungen (Schädelhirntraumata, Blutungen oder Schlaganfälle), Sklerosen, Atrophien und typische Gewebsveränderungen bestimmter Hirnerkrankungen (z. B. laminäre Heterotopie). Die meisten dieser Diagnosen hatten eine niedrige Frequenz und kamen jeweils mit Häufigkeiten von eins bis sechs vor. Hippocampusatrophien (-sklerosen) stellten die größte Untergruppe dar (N = 47).

In keine der unten dargestellten Analysen gingen alle Patienten ein. Die betrachteten Gruppen setzten sich jeweils aus den Probanden zusammen, die die zu untersuchenden Merkmale aufwiesen. Nicht bei jedem Patienten konnte nach dem Video-EEG eine eindeutige Diagnose hinsichtlich des Anfallsherdes gestellt werden und viele Patienten hatten keine oder unsichere MRT- bzw. CT-Befunde.

### **4.3 Ergebnisse Läsionseffekte**

#### **4.3.1 Händigkeit**

Wenn das Kriterium für Nicht-Rechtshändigkeit bei einem Wert von +70 des Edinburgh-Händigkeits-Inventar gesetzt wurde, gab es in dieser Stichprobe 151 Rechtshänder und 33 Nicht-Rechtshänder. Für zwei Patienten lagen keine Händigkeitsdaten vor.

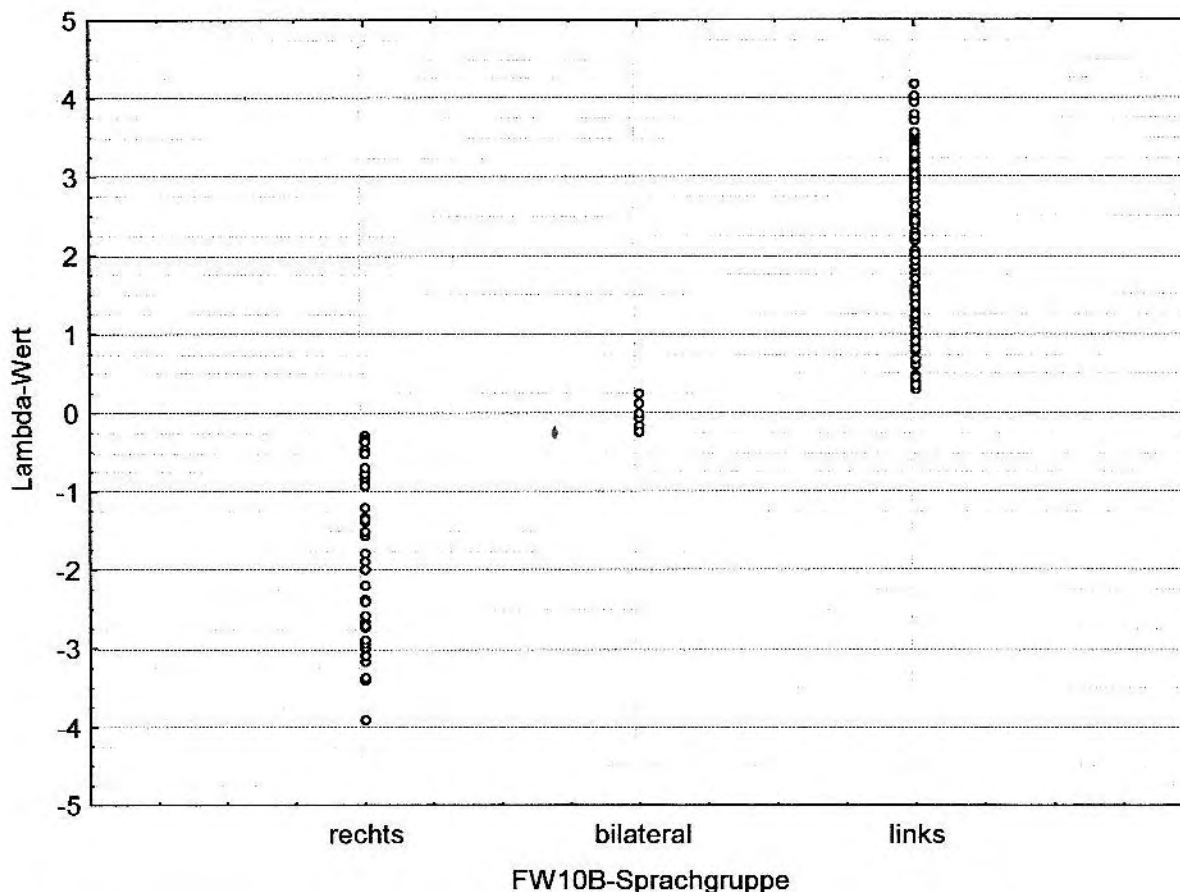
Die Lambda-Werte unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Händigkeitsgruppen. Der mittlere Wert betrug für die Rechtshänder  $\lambda = 1,05$  (SD = 1,86) und für die Nicht-Rechtshänder  $\lambda = 0,43$  (SD = 2,28). Wurden die Werte mit Hilfe eines t-Testes verglichen ergab die Testgröße  $t = 1,66$  bei  $p = 0,10$ . Dies stellt keine Signifikanz auf einem annehmbaren Niveau dar, kann aber als Tendenz gewertet werden. Die Anwendung des t-Testes ist hier allerdings problematisch, da sich die Gruppengrößen deutlich unterscheiden.

#### **4.3.2 Deskriptive Daten zum dichotischen Hörtest FW10B**

Der mittlere Lambda-Wert betrug  $\lambda = 0,94$  (SD = 1,94), der Standardfehler lag bei  $s_e = 0,14223$ . Damit wurden wie unter 3.2.2 dargestellt die z-Lambda-Werte



ermittelt. Nach dem z-Lambda-Kriterium wurde bei 123 Patienten linkshemisphärische Sprachdominanz (66%) diagnostiziert, bei 53 rechtshemisphärische (29%) und bei zehn bilaterale Sprachrepräsentation (5%). Die Verteilung der Lambda-Werte in den FW10B-Sprachgruppen ist in Abbildung 5 dargestellt.



#### Abbildung 5

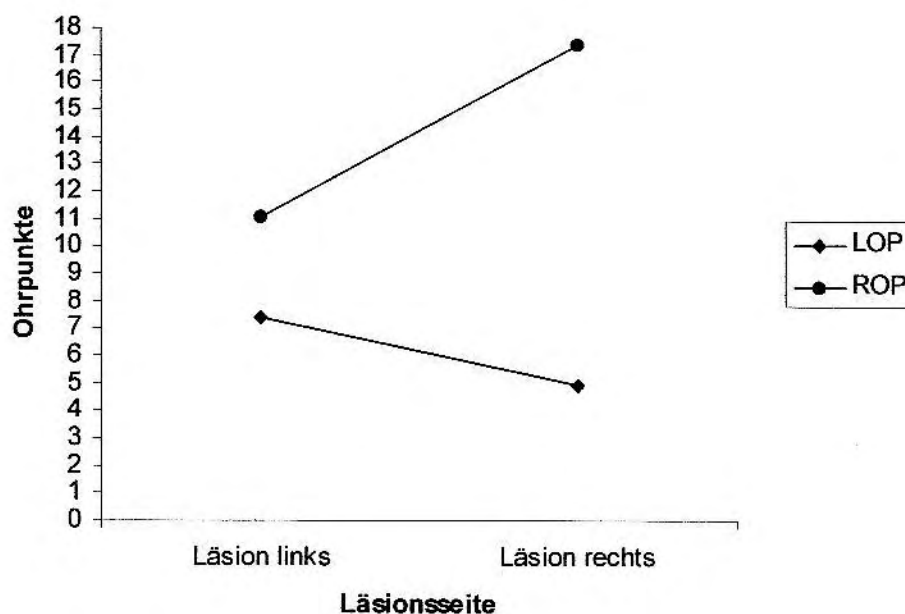
Verteilung der Lambda-Werte in den FW10B-Sprachgruppen (N = 186 Patienten). Die Zuordnung zu den Sprachgruppen erfolgte mit Hilfe der z-Lambda-Werte. Für Lambda ergaben sich damit folgende Kategoriegrenzen: Sprachgruppe rechts:  $\lambda < -0,28$ , Sprachgruppe bilateral:  $-0,28 \leq \lambda \leq 0,28$ , Sprachgruppe links:  $\lambda > 0,28$ .

#### 4.3.3 Läsionseffekte bei morphologischer Läsion

Bei Einbeziehung der Läsionsseite unabhängig von der Lokalisation der Läsion auf der Hirnhälfte (Hypothese H4a) ergab sich ein deutlicher Unterschied zwischen Patienten mit linker und rechter Läsion in Bezug auf ihre Ergebnisse im dichotischen Hörtest FW10B (s. Abbildung 6). Patienten mit linker Läsion (N=70) hatten im Mittel weniger Rechtsohrpunkte ( $ROP_{\text{linke Läsion}} = 11,06$ ) als Patienten mit rechter Läsion (N = 55,  $ROP_{\text{rechte Läsion}} = 17,35$ ). Dieser Unterschied war im t-Test signifikant ( $t = -2,63$ ;  $p = 0,009$ ). Patienten mit rechter Läsion erreichten hingegen weniger Linksohrpunkte ( $LOP_{\text{rechte Läsion}} = 4,87$ ) als Patienten mit linker Läsion ( $LOP_{\text{linke Läsion}} = 7,37$ ). Hier wies der t-Test jedoch lediglich eine Tendenz aus

( $t = 1,67$ ;  $p = 0,10$ ). Auch die Lambda-Werte unterschieden sich signifikant:

$\lambda_{\text{linke Läsion}} = 0,50$ ;  $\lambda_{\text{rechte Läsion}} = 1,41$ ;  $t = -2,65$ ;  $p = 0,009$ .



**Abbildung 6**

Links- und Rechtsohrpunkte bei Patienten mit linker und rechter Läsion: Insgesamt zeigen beiden Gruppen mehr Rechts- als Linksohrpunkte, in der Gruppe „Läsion links“ ergaben sich aber weniger Rechtsohrpunkte als in der Gruppe „Läsion rechts“. Umgekehrt wurden in der Gruppe rechte Läsion weniger Linksohrpunkte beobachtet als in der Vergleichsgruppe.

Die Ergebnisse von Patienten mit lateral temporalen Läsionen im Vergleich zu denen mit mesiotemporalen (Hypothese H4b) sind in Tabelle 4 dargestellt.

Läsionsort Index	lateral-temporal			mesiotemporal			temporal gesamt		
	links		rechts	links		rechts	links		rechts
Lambda	0,45	<	1,53	1,02	<	1,56	0,88	<	1,53
LOP	7,73	>	5,20	5,21	>	3,00	6,21	>	3,97
ROP	<b>9,93</b>	<*	<b>18,93</b>	13,09	<	17,47	5,92	<	18,12
N	15		15	33		19	48		34

**Tabelle 4**

Vergleich der Lambda-Werte und Ohrpunkte in Abhängigkeit von der Läsionsseite für Läsionen lateral-temporal und mesiotemporal sowie temporale Läsionen insgesamt. (\* kennzeichnet einen signifikanten Unterschied auf dem Niveau  $p = 0,05$ .) Der einzige signifikante Unterschied ergab sich bei den Rechtsohrpunkten im Vergleich der links-lateral-temporalen mit der rechts-lateral-temporalen Gruppe.

Alle Vergleiche zwischen linken und rechten Läsionen gingen in die erwartete Richtung: Patienten mit linken Läsionen erzielten weniger Rechtsohrpunkte und geringere Lambda-Werte als die mit rechten Schädigungen. Für die rechtsseitig geschädigten Probanden zeigte sich eine Verringerung bei den Linksohrpunkten.

Der einzige signifikante Unterschied ergab sich bei den Rechtsohrpunkten lateral-temporaler Läsionen: Patienten mit links-lateral-temporaler Läsion erreichten signifikant weniger Rechtsohrpunkte als Patienten mit vergleichbarer Läsion der rechten Seite. Zwischen der mesiotemporalen Gruppe und der Temporallappen-gruppe insgesamt (mesiotemporale und laterale zusammen) gab es keine signifi-kante Differenz in Abhängigkeit von der Läsionsseite.

#### 4.3.4 Läsionseffekte in Abhängigkeit von Epilepsiefokus

Betrachtete man nur die Seite des Epilepsieherdes (Hypothese H5a), ergab sich folgendes Bild:

Linke Herde (N = 65) führten zu signifikant geringeren Rechtsohrpunkten als rechte Herde (N = 48):  $ROP_{\text{linke Läsion}} = 12,14$ ;  $ROP_{\text{rechte Läsion}} = 18,46$ ;  $t = 2,36$ ;  $p = 0,02$ .

Rechte Herde erbrachten signifikant weniger Linksohrpunkte als linke:  $LOP_{\text{rechte Läsion}} = 4,63$ ;  $LOP_{\text{linke Läsion}} = 7,85$ ;  $t = -2,11$ ;  $p = 0,03$ .

Auch die Lambda-Werte unterschieden sich signifikant zwischen den Gruppen:

$\lambda_{\text{linke Läsion}} = 0,60$ ;  $\lambda_{\text{rechte Läsion}} = 1,38$ ;  $t = 2,04$ ;  $p = 0,04$ .

Grafisch ergab sich damit ein ähnliches Bild wie für die morphologischen Läsionen (vgl. Abbildung 6).

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse für den Vergleich von Epilepsieherden, an denen der Temporallappen beteiligt ist, mit solchen, die extratemporal liegen, dargestellt (Hypothese H5b):

Index \ Fokus	temporal				extratemporal			
	links		rechts	t-Test	links		rechts	t-Test
Lambda	0,65	<	1,37	t = 1,70 p = 0,09	0,47	<	1,48	t = 1,12 p = 0,30
LOP	7,58	>	4,33	t = -1,92 p = 0,06	8,08	>	5,78	t = -0,66 p = 0,50
ROP	12,02	<	17,60	t = 1,88 p = 0,06	12,38	<	22,56	t = 1,56 p = 0,10
N	50		41		13		9	

**Tabelle 5**

Vergleich der Ohrpunkte und Lambda-Werte für epileptische Herde mit Beteiligung des Temporallappens und ohne: in der temporalen Gruppe ergaben sich durchweg tendenziell signifikante Unterschiede (zwischen  $p = 0,06$  und  $p = 0,09$ ); in der extratemporalen Gruppe unterschieden sich linke und rechte Herde nicht signifi-kant.

Aus Tabelle 5 wird ersichtlich, dass bei allen Werten für den Vergleich von links-temporalen mit rechtstemporalen Foki eine Tendenz zu einem signifikanten Unterschied bestand, wohingegen diese Tendenz für extratemporale Epilepsieherde nicht zu beobachten war.

#### **4.4 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse Läsionseffekte**

Die Ergebnisse für die Betrachtung des Läsionseffektes bei morphologischen Läsionen ergaben, dass Patienten mit linker Läsion signifikant weniger Linksohrpunkte und einen geringeren Lambda-Wert erzielten, als Patienten mit rechter Läsion. Tendenziell konnten auch verringerte Ohrpunkte von rechts für Probanden mit rechtshemisphärischer Schädigung ausgemacht werden. Beim Vergleich speziell von lateral-temporalen Läsionen mit mesiotemporalen war einzig die verringerte Rechtsohrpunktzahl für links-lateral-temporale Schädigungen signifikant. Zwischen mesiotemporalen linken und rechten Läsionen gab es keinen Unterschied. Auch für die temporalen Läsionen insgesamt (lateral-temporal und mesiotemporal zusammen) zeigte sich der oben gefundene Seitenunterschied nicht. Damit konnte die Hypothese H4a, dass die Seite der Läsion einen Einfluss auf die Ohrpunkte im FW10B hat, für die morphologischen Schädigungen in dieser Stichprobe bestätigt werden. Für den Unterschied lateral-temporale vs. mesiotemporale Läsionen (Hypothese H4b) zeigte sich eine hypothesenkonforme Tendenz.

Ein ähnliches Bild ergab sich für die epileptischen Läsionen. Auch hier bestätigte sich die Hypothese H5a hinsichtlich der Seite des Anfallsherdes: Linke Foki führten zu signifikant geringeren Rechtsohrpunkten und rechte zu verringerten Linksohrpunkten. Für die Lokalisation der epileptischen Läsion auf der Hirnhälfte zeigte sich die Tendenz, dass temporale Anfallsherde eher einen Läsionseffekt hervorriefen, als extratemporale. Die entsprechende Hypothese H5b konnte aber nicht eindeutig bestätigt werden.

Mit diesen Ergebnissen wurde der schon oft berichtete Effekt einer strukturellen Läsion auf die Leistung in dichotischen Hörtests repliziert. Zusätzlich ergaben sich Hinweise, dass es eher lateral-temporale Läsionen sind, die zu einem Läsionseffekt führen, was mit den Befunden von Brizzolara (2002) übereinstimmt. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Zatorre (1989) und Fernandes & Smith

(2000), die bei Durchführung des FRWT an Epilepsiepatienten keinen Läsionseffekt für epileptogene Läsionen gefunden hatten, konnte ein solcher Effekt für die Anfallsseite hier ausgewiesen werden. Zatorre hatte jedoch Patienten mit bekannten morphologischen Läsionen (Tumore, Zysten, Hamartome) aus der Analyse ausgeschlossen. In der vorliegenden Stichprobe befanden sich in der Gruppe der Probanden mit epileptogenen Läsionen auch Patienten, die morphologische Schädigungen aufwiesen. Eine Betrachtung von Patienten, die ausschließlich morphologische oder epileptogene Schädigungen aufwiesen, konnte in mit Hilfe Stichprobe nicht stattfinden.

Der dargestellte Läsionseffekt äußerte sich ausschließlich in unterschiedlichen Links- und Rechtsohrpunkten und Lambda-Werten im Vergleich der verschiedenen Läsionsgruppen miteinander. Wenn die FW10B-Ergebnisse der Patientenstichprobe mit denen einer Stichprobe von gesunden Probanden (Stichprobe für die Itemanalyse, Kap. 5) verglichen wurde, zeigte sich, dass in der Läsionsgruppe insgesamt nicht weniger Ohrpunkte (GOP-Mittelwert = 20) als in der Nicht-Läsionsgruppe (GOP-Mittelwert = 21) erzielt wurden. Es kann also nicht davon ausgegangen werden, dass der dichotische Hörtest FW10B bei Patienten mit Epilepsie insgesamt zu verringerten Ohrpunktzahlen und deshalb zu nicht-interpretierbaren Ergebnissen führt (vgl. Forderung von Zatorre zur Gesamtohrpunktzahl unter 3.5).

Ein Grund dafür, dass nicht alle erwarteten Effekte signifikant nachzuweisen waren, könnte am Alter beim Entstehen der Läsion liegen (s. a. 2.2). Woods (1984) hatte gefunden, dass der Läsionseffekt in einer dichotischen Höraufgabe nur bei Patienten auftrat, die eine „späte“ Läsion (nach dem 1. Lebensjahr) hatten. Er hatte angenommen, dass bei einer frühen Läsion größere Möglichkeiten für Reorganisationsprozesse bestünden (z. B. bilaterale Sprachorganisation) und die Läsion damit keinen Einfluss auf die Leistung im dichotischen Hörtest habe. Auch die hier untersuchten Patienten unterschieden sich hinsichtlich des Zeitpunktes, zu dem die Läsion entstanden ist. Allerdings lagen keine Daten vor, die einen direkten Vergleich mit Woods' Stichprobe möglich machen. Er hatte Kinder untersucht, die deutliche klinische Zeichen einer Läsion aufwiesen (Hemiparese). Bei den hier untersuchten Patienten lagen Informationen darüber vor, welche Ursache die Epilepsie möglicherweise haben könnte und wann solch ein ursächliches Ereignis

stattgefunden hat. Wenn man die Patienten nach frühen und späten Läsionen klassifiziert, fällt auf, dass bei den frühen Ursachen meist Geburtskomplikationen (Hypoxien) oder frühe schwere Infektionen (z. B. Meningitiden) genannt werden. Hinweise auf Hemiparesen u. ä. ergaben sich aus den Patientenakten aber nicht. Trotzdem ist es natürlich nicht ausgeschlossen, dass das Alter bei der Läsion eine Rolle für die (Re-)Organisation des Gehirnes und damit für die Leistung im dichotischen Hörtest spielt. Außerdem ist es auch möglich, dass der Faktor Alter der Läsion mit der Art der Läsion interagiert. So untersuchten Brizzolara et al. (2002) in ihrer Studie Kinder mit subkortikalen und kortikalen Läsionen. Subkortikale Läsionen (periventrikuläre Läsionen der weißen Substanz) waren meist auf hämorrhagische Leukomalazie zurückzuführen, eine Störung, die im letzten Trimester der Schwangerschaft auftritt. Stärker kortikal betonte Schädigungen entstanden eher um die Geburt herum und zwar aufgrund von Infarkten der cerebralen Hauptarterien. Es scheint lohnenswert, die Einflussfaktoren Alter bei Schädigung und Art der Schädigung einmal zusammen in einer Studie in Hinsicht auf einen Läsionseffekt zu untersuchen.

Ein weiterer nichtkontrollierter Einflussfaktor liegt möglicherweise in der Läsionsgröße und in der Läsionsart. Die Befunde von Schulhoff & Goodglass (1969, s. a. 2.2) hatten z. B. gezeigt, dass große Läsionen nicht nur zum Absinken der Ohrpunkte vom kontralateralen Ohr, sondern zu verringerten Ohrpunktzahlen von beiden Ohren führten. Die Läsionsgröße wurde in der vorliegenden Arbeit nicht betrachtet. Die vorliegenden Daten waren dafür zu ungenau. Möglicherweise unterscheiden sich die Patienten hinsichtlich der Größe der Hirnschädigung und zeigen dadurch unterschiedliche Läsionseffekte. Auch die Läsionsart konnte in ihrem Einfluss nicht analysiert werden. Wie unter 4.2.2 angegeben, gab es sehr viele verschiedene Läsionsursachen und -typen.

Der hier gefundene Läsionseffekt für strukturelle und epileptogene Läsionen ist eine mögliche Ursache dafür, dass der dichotische Hörtest FW10B so ungenügend mit den Wada-Testergebnissen korrespondiert (s. a. 3.4). Man könnte jedoch versuchen, den Effekt in die Interpretation der FW10B-Ergebnisse einzubeziehen. Eine mögliche Schlussfolgerung aus den oben dargestellten Daten wäre beispielsweise, dass ein Läsionseffekt vor allem bei Epilepsien des lateralen Tempo-

rallappens auftritt. Bei solchen Patienten wäre der dichotische Hörtest FW10B dann nicht aussagekräftig. Die sichersten Effekte waren jedoch nachzuweisen, wenn nur die Seite der Läsion betrachtet wurde. Dies betrifft wiederum alle Epilepsiepatienten und dieser Effekt ist nicht ohne weiteres durch Ausschluss bestimmter Patienten zu umgehen. Die einzige Patientengruppe, bei der ein Verzicht auf den Wada-Test und die Anwendung des FW10B als alleiniges Diagnostikum der Sprachdominanz möglich wäre, sind die Patienten mit Hippocampus-Sklerose. Bei ihnen wurde kein Läsionseffekt beobachtet. Da der Effekt aber nur auf Gruppenebene nachgewiesen wurde, ist eine Übertragung auf Einzeltestergebnisse nicht ohne weiteres möglich. Grote et al. (1995) hatten auf dieses Problem hingewiesen. Es ist also schwierig, Schlussfolgerungen für die Interpretation der Testergebnisse zu ziehen (z. B. indem man sagt, bei Patienten mit linker Schädigung kann man schon bei geringem positiven Lambda-Wert von einer linkshemisphärischen Sprache ausgehen). Eine bessere Möglichkeit, den Läsionseffekt zu umgehen, läge darin, eine Normierung des Testes für linke und rechte Hirnschädigungen vorzunehmen, um Lambda-Grenzwerte zu erhalten, die eine Zuordnung zu Sprachseitengruppen ermöglichen.

Damit ist die Anwendung des FW10B in der jetzt vorliegenden Form als alleiniges Diagnostikum der Sprachdominanz bei Patienten mit fokaler Epilepsie nicht ausreichend.

## 5. Itemanalysen und Vergleich des FW10B und des FW12K

**Fragestellung 3:** Korrelieren die dichotischen Hörtests FW10B und FW12K mit anderen Verfahren zur Feststellung der Sprachlateralisation bzw. von sensorischen Asymmetrien? Welche Items des FW10B und FW12K sind am geeignetsten, um eine Asymmetrie der Verarbeitung auditiver Stimuli (Ohrpunkte) zu erzeugen? Wie stark korrelieren die beiden dichotischen Hörtests FW10B und FW12K?

### 5.1 Hypothesen FW10B und FW12K

**H6:** Die dichotischen Hörtests korrelieren hoch mit einer Aufgabe in visueller Halbfeldtechnik (Worterkennung) und mit dem Unterberger Tretversuch.

Diese Hypothese wird mit Hilfe einer Korrelationsanalyse überprüft.

**H7:** Alle Items des FW10B und FW12K tragen im gleichen Maße zu einer Differenzierung im Sinne eines Ohrvorteils bei.

Zur Analyse werden die Ohrpunkte (Rechtsohrpunkte, Linksohrpunkte bzw. Gesamtohrpunkte) jedes Itempaares (über alle Durchgänge hinweg) mit der Gesamtohrpunktzahl korreliert. Außerdem werden die mittleren Häufigkeiten von Rechtsohr- und Gesamtohrpunkten jeder Skala (Wortpaar über alle Durchgänge hinweg) bestimmt. Des weiteren soll die interne Konsistenz der Einzel-Itemdarbietungen und der Skalen ermittelt werden.

**H8:** Die beiden Itemserien FW10B und FW12K messen den Ohrvorteil gleichermaßen gut.

Zur Prüfung der Hypothese wird die Produkt-Momentkorrelation verwendet.

### 5.2 Methoden FW10B und FW12K

#### 5.2.1 Stichprobe

An der Studie, die zwischen März und Juni 2002 am Lehrstuhl für Allgemeine Psychologie an der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt wurde, nahmen 41 Probanden teil. Es handelte sich dabei hauptsächlich um Studenten der Psychologie, die für ihre Teilnahme am Experiment Punkte für den Erwerb eines



Leistungsnachweises erhielten. Sie wurden durch Aushänge bzw. persönliche Ansprache auf die Teilnahmemöglichkeit aufmerksam gemacht (anfallende Stichprobe). In die endgültige Analyse gingen 33 Personen (17 Frauen, 16 Männer) ein. Von der statistischen Analyse ausgeschlossen wurden Personen, deren Muttersprache nicht Deutsch war, sowie zwei Personen, die ein Kriterium bei der visuellen Halbfeldtechnik nicht erreicht hatten (s. a. 5.2.2). Das Alter der Teilnehmer variierte zwischen 19 und 31 Jahren mit einem Mittelwert von 25 Jahren. 28 Probanden waren Studenten, fünf waren berufstätig.

### 5.2.2 Untersuchungsdesign und Bewertung der Einzelverfahren

Die Untersuchung jedes Probanden bestand aus fünf Teilen: dichotischer Hörtest FW10B, dichotischer Hörtest FW12K, Unterberger Tretversuch (UTV, zweimal zwei Durchgänge von verschiedenen Startpositionen A und B) und lexikalische Entscheidungsaufgabe in visueller Halbfeldtechnik (VHFT).

Zu Beginn der Untersuchung wurden die Personendaten (Geburtsdatum, Tätigkeit) erhoben. Außerdem wurde jeder Proband nach früheren Hirnerkrankungen, bekannten Läsionen und danach befragt, ob er ihm bekannte Hörschädigungen oder -störungen habe. Danach wurde das Edinburgh-Händigkeit-Inventar inklusive Erfassung der familiären Linkshändigkeit angewandt (Untersuchungsprotokoll s. Anhang 2).

Es gab vier Bedingungen der Testreihenfolge um Reihenfolgeeffekte auszuschließen:

- A) FW10B UTV-AB VHFT UTV-BA FW12K
- B) FW12K UTV-AB VHFT UTV-BA FW10B
- C) FW10B UTV-BA VHFT UTV-AB FW12K
- D) FW12K UTV-BA VHFT UTV-AB FW10B

Bei der Zuordnung der Probanden zu den Untersuchungsgruppen wurden Händigkeit und Geschlecht berücksichtigt. In jeder Gruppe sollten die Bedingungen A) – B) sofern möglich gleich häufig besetzt werden (s. Abbildung 6).

	weiblich	männlich
<b>Rechtshänder</b>	A) 01, 12	A) 03
	B) 02	B) 06
	C) 08	C) 11
	D) 10	D)
<b>Linkshänder</b>	A) 04	A) 05
	B) 09	B) 07
	C)	C)
	D)	D)

#### Abbildung 6

Versuchsplan: Abgebildet ist die Zuordnung von 12 hypothetischen Probanden zu den Gruppen und Untersuchungsbedingungen (Testreihenfolgen). Beispiel: Proband 01 war die erste weibliche Rechtshänderin und wurde mit Testreihenfolge A untersucht; Proband 07 war der zweite männliche Linkshänder und führte die Tests deshalb in Reihenfolge B durch.

**FW10B und FW12K:** Beide Hörtests wurden wie im Epilepsiezentrum Berlin üblich durchgeführt (s. 1.2.3.2). Den FW10B führten die Probanden nach Instruktion (s. Anhang 3) allein am Computer durch. Beim FW12K bekamen sie die Bilder pro Item vorgelegt und die Versuchsleiterin gab die Antwort in den Rechner ein (Instruktion im Anhang 4). Die Reaktionen der Versuchsteilnehmer wurden jeweils vom Computer erfasst.

Für die Datenanalyse wurde der Lambda-Wert (s. 1.2.3.3) sowie der z-Lambda-Wert (s. 3.2.2) berechnet. Außerdem wurde für jedes Wortpaar in jedem Durchgang erfasst, ob sich beim Probanden dabei ein Rechtsohrpunkt, ein Linksohrpunkt oder eine Stimulusdominanz ergab.

**Unterberger Tretversuch:** Dieses Verfahren wurde 1938 von Unterberger zum Nachweis vestibulospinaler Abweichungen (Einfluss eines gestörten Vestibulärsystems auf Körperreaktionen) entwickelt. Dazu wird der Proband gebeten, im abgedunkelten Raum eine Minute lang auf der Stelle zu treten. Damit keine akustische Orientierungsmöglichkeit besteht, dürfen während des Versuches keine Geräusche zu hören sein. Scholtz & Kunath (1978) hatten zur Erhöhung der Reli-

abilität vorgeschlagen, den Trettest dreimal durchzuführen und nur den dritten Versuch zu werten. In Anlehnung daran und an die Studie von Reiss & Reiss (1998) wurde der Tretversuch in der vorliegenden Untersuchung viermal durchgeführt (Instruktion s. Anhang 5). Die visuelle und auditive Orientierung wurde minimiert, in dem die Probanden eine Schlafmaske und ein Lärmschutzkopfhörer trugen. Da der Kopfhörer nicht alle Geräusche auslöschte, wurden zwei einander gegenüberliegende Startpositionen (A und B) benutzt. Von jedem Startpunkt aus wurden zwei Versuche durchgeführt. Die Versuchspersonen absolvierten die Tretversuch-Durchgänge entweder in der Sequenz AB-BA oder BA-AB. Auf dem Boden gab es eine Startmarkierung, von der aus die Winkelabweichung mit einem Winkelmesser bestimmt werden konnte. Drehungen nach rechts wurden als positive Werte registriert (z. B. +41°), Abweichungen nach links als negative. Als Gesamtergebnis wurde die Summe über alle Versuche gebildet.

Nach Scholtz & Kunath (1978) gilt eine Winkelabweichung über 45° als auffällig; eine Abweichung über 75° weist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Vestibularisstörung hin. Aufgrund dessen wurden die Winkelabweichungen  $u$  in vier Abweichungsgruppen aufgeteilt:

Gruppe 0:	$0^\circ \leq u \leq 10^\circ$	Gruppe 0:	$-10^\circ \leq u \leq 0^\circ$
Gruppe 1:	$11^\circ \leq u \leq 45^\circ$	Gruppe -1:	$-45^\circ \leq u \leq -11^\circ$
Gruppe 2:	$46^\circ \leq u \leq 75^\circ$	Gruppe -2:	$-75^\circ \leq u \leq -46^\circ$
Gruppe 3:	$76^\circ \leq u \leq \infty$	Gruppe -3:	$-\infty \leq u \leq -76^\circ$

**Visuelle Halbfeldtechnik:** Durstewitz (1992) und Kayser (1993) haben ein Computerprogramm entwickelt, mit Hilfe dessen Wörter und Nichtwörter tachistoskopisch dargeboten werden können (Lexical Decision Task – LDT). Bei jeder Darbietung soll der Proband entscheiden, ob es sich beim dargebotenen Item um ein echtes Wort der deutschen Sprache handelt oder nicht (Instruktion s. Anhang 6). Es existierten zwei Serien mit je 26 vierbuchstabigen deutschen Substantiven. Die Nichtwörter waren sinnfreie Folgen aus den Buchstaben der jeweiligen Wörter. Um vier gleichwertige Durchgänge zu erhalten, wurden weitere vierbuchstabige Substantive aus einer Liste der gebräuchlichsten deutschen Wörter (Ortmann, 1983) ausgewählt und somit vier Serien mit je 18 Wörtern und Nichtwörtern gebildet (s. Anhang 7). Für jeden Durchgang wurde der prozentuale Anteil der richtigen

Entscheidungen (Wort als Wort erkannt, Nichtwort als Nichtwort) pro Gesichtsfeldhälfte registriert.

In die Analyse sollten pro Person zwei Durchgänge eingehen, in denen in mindestens einer Gesichtsfeldhälfte ein überzufälliger Anteil an richtigen Entscheidungen vorlag (signifikante Worterkennung). Da jede zu treffende Entscheidung zwei Möglichkeiten eröffnet, kann die Binomialverteilung zur Berechnung der Signifikanzgrenzen genutzt werden. Eine überzufällige Worterkennung ist dann gegeben, wenn in einer Gesichtsfeldhälfte die richtigen Entscheidungen zwei Standardabweichungen über dem Erwartungswert der entsprechenden Binomialverteilung liegen. Für einen Durchgang mit 18 Items, in dem jedes Wort und Nichtwort in einer Gesichtsfeldhälfte einmal dargeboten wird, ergeben sich 36 Darbietungen pro Seite. Nach Pfanzagl (1962) geht die Binomialverteilung ab  $N = 36$  in die Normalverteilung über. Deshalb wurden für jeden Durchgang 18 Items zusammengestellt. Damit beträgt der Erwartungswert  $\mu = 18$  ( $\mu = n \cdot p = 36 \cdot 0,5$ ) und die Streuung  $\sigma = 3$  ( $\sigma = (n \cdot p \cdot q)^{1/2} = (36 \cdot 0,5 \cdot 0,5)^{1/2}$ ). Ab einer Anzahl von  $N = 25$  ( $N > \mu + 2\sigma = 18 + 6$ ) richtigen Lösungen in einer Gesichtsfeldhälfte ist von einer überzufälligen Worterkennung auszugehen. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von ca. 70% richtiger Entscheidungen pro Gesichtsfeldhälfte.

Um von jedem Probanden zwei gültige Durchgänge aufzuzeichnen, wurde nach jedem Durchgang geprüft, ob das o. g. Kriterium von 70% in einer Gesichtsfeldhälfte erreicht wurde. Wenn dies nicht der Fall war, wurde die Darbietungszeit der Items erhöht. (Begonnen wurde jeweils mit derselben Darbietungszeit. Die Darbietungsdauer konnte aufgrund von Programm Besonderheiten nicht in ms eingestellt oder gemessen werden. Auch dies war ein Grund, ein Kriterium einzusetzen, das die individuelle Leistungsfähigkeit der Person berücksichtigte.) In die Analyse gingen zwei kriteriumskonforme Durchgänge mit der Differenz der Prozentwerte der beiden Gesichtsfelder (Leistung rechtes Gesichtsfeld – Leistung linkes Gesichtsfeld) ein. Eine positive Differenz entspricht einem Vorteil im rechten visuellen Halbfeld und damit der linken Hemisphäre. Aus den beiden Differenzen wurde eine mittlere Differenz als Gesamtergebnis gebildet. Diese Differenz wurde wie der Lambda-Wert in eine z-Differenz umgewandelt, indem sie durch den Standardfehler geteilt wurde. Mit Hilfe dieses z-Wertes wurden Lateralitäts-

kategorien (VHFT-Kategorien) gebildet: Werte  $z < -1,96$  entsprachen Rechtslateralisation der Sprache, Werte zwischen  $z = -1,96$  und  $z = 1,96$  Bilateralität und Werte  $z > 1,96$  Linkslateralisation.

### 5.3 Ergebnisse FW10B und FW12K

#### 5.3.1 Korrelation des FW10B und FW12K mit anderen Lateralitätsindikatoren

**Unterberger Tretversuch:** Über die vier Durchgänge des UTV hinweg nahmen die Winkelabweichungen deutlich ab (s. Tabelle 6)

UTV-Durchgang	Mittelwert	Standard-abweichung
1	15,8	51,1
2	5,3	45,7
3	-0,5	55,7
4	-7,7	54,9

**Tabelle 6**

Mittelwerte und Standardabweichungen der Winkelabweichungen (in°) in den Durchgängen des Unterberger Tretversuches

Die Varianzen der Durchgänge unterschieden sich nicht signifikant voneinander: Cochran-Test:  $TG = 0,27$ ; Bei  $F_{\max}(3, 4, \alpha = 0,05) = 0,68$  kann die Nullhypothese der Varianzgleichheit nicht abgelehnt werden. Die Mittelwertsunterschiede erwiesen sich im multiplen Mittelwertsvergleich als nicht signifikant auf einem Niveau von  $p < 0,05$ . Die Untersuchungssequenz (AB-BA oder BA-AB) hatte keinen Einfluss auf die Abweichungswerte.

Die Korrelationen zwischen dem Gesamtergebnis im UTV (Summe aller Abweichungen) und den Lambda-Werten der dichotischen Hörtests FW10B und FW12K erwiesen sich als nicht signifikant (Werte von  $r = -0,05$  bzw.  $r = 0,01$ ). Keiner der einzelnen Durchgänge des UTV korrelierte signifikant mit den Lambda-Werten (Werte zwischen  $r = 0,11$  und  $r = -0,12$ ). Diese Analyse wurden mit Hilfe der in Abweichungsgruppen überführten Werte durchgeführt (s. 5.2.2).

Die Korrelationswerte der einzelnen UTV-Durchgänge mit der Händigkeitgruppe der Person (Rechtshänder bzw. Nicht-Rechtshänder) betragen zwischen  $r_{\min} = .12$  und  $r_{\max} = .38$ . Dabei erwies sich die Korrelation zwischen Händigkeitgruppe und dem zweitem UTV-Durchgang mit  $r = .38$  als signifikant. Für den Gesamttestwert des UTV war die Korrelation mit  $r = .32$  nicht signifikant.

Eine Abhängigkeit der UTV-Werte vom Geschlecht war nicht zu beobachten.

**Lexikalische Entscheidungsaufgabe in visueller Halbfeldtechnik:** Die Differenzen in den beiden Durchgängen betragen im Mittel  $d_1 = 3,36$  bzw.  $d_2 = 6,18$  (jeweils leichter Vorteil des rechten Gesichtsfeldes bzw. der linken Hirnhälfte). Ein t-Test für abhängige (gepaarte) Stichproben zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen diesen Werten an. Als Gesamtergebnis ergab sich eine mittlere Differenz von  $d = 4,77$ . Der Standardfehler betrug  $s_e = 1,77$ .

Es gab keine signifikanten Korrelationen der einzelnen Durchgangsergebnisse und des Gesamtergebnisses mit den Lambda-Werten des FW10B bzw. FW12K: Die Werte waren durchweg negativ und lagen zwischen  $r_{\min} = -0,08$  und  $r_{\max} = -0,24$ .

Bei Betrachtung der Lateralitätsgruppen nach z-Lambda-Index und z-Differenz ergaben sich folgende Kontingenzen (s. Tabellen 7 und 8):

VHFT \ FW10B	links	bilateral	rechts	gesamt
links	16	4	6	26
bilateral	2	2	1	5
rechts	2	0	0	2
gesamt	20	6	7	33

**Tabelle 7**

Verteilung der Kategorien nach Lambda-Wert des FW10B und VHFT. (Die Kategorien beziehen sich auf die Sprachlateralisation.)

VHFT \ FW12K	links	bilateral	rechts	gesamt
links	17	3	5	25
bilateral	1	3	1	5
rechts	2	0	1	3
gesamt	20	6	7	33

**Tabelle 8**

Verteilung der Kategorien nach Lambda-Wert des FW12K und VHFT. (Die Kategorien beziehen sich auf die Sprachlateralisation.)

Das VHFT-Ergebnis stimmte in 54% der Fälle mit dem des FW10B und in 66% der Fälle mit dem des FW12K überein.

Weder Lateralitätsquotient noch Händigkeitgruppe der Personen korrelierten signifikant mit dem Gesamtergebnis des VHFT ( $r = -.13$  bzw.  $r = .06$ ). 67% der Nicht-Rechtshänder zeigten einen Vorteil des rechten Gesichtsfeldes bzw. der linken Hemisphäre. Bei den Rechtshändern traf dies auf 75% zu. Es waren keine signifikanten Geschlechtsunterschiede zu beobachten.

**Händigkeit, Geschlecht, frühere Erkrankungen:** Bei Anwendung des unter 3.3.1 erläuterten Kriteriums (EHI-Index = +70 als Grenze) gab es in der Stichprobe 24 Rechtshänder und 9 Nicht-Rechtshänder. In acht Fällen wurde familiäre Linkshändigkeit berichtet. In vier Fällen trat familiäre Linkshändigkeit zusammen mit Nicht-Rechtshändigkeit des Probanden auf. Im t-Test ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in den Lambda-Werten des FW10B und FW12K zwischen den Händigkeitgruppen. Allerdings ergab eine einfaktorielle Varianzanalyse, dass der Faktor Lateralitätsquotient (EHI-Index) einen signifikanten Einfluss auf die Lambda-Werte hatte: FW10B:  $F(9, 23) = 2,99$ ;  $p = 0,02$ ; FW12K:  $F(9, 23) = 3,24$ ;  $p = 0,01$ .

Händigkeitgruppe, familiäre Linkshändigkeit und Geschlecht stellten varianzanalytisch keine signifikanten Einflussgrößen dar.

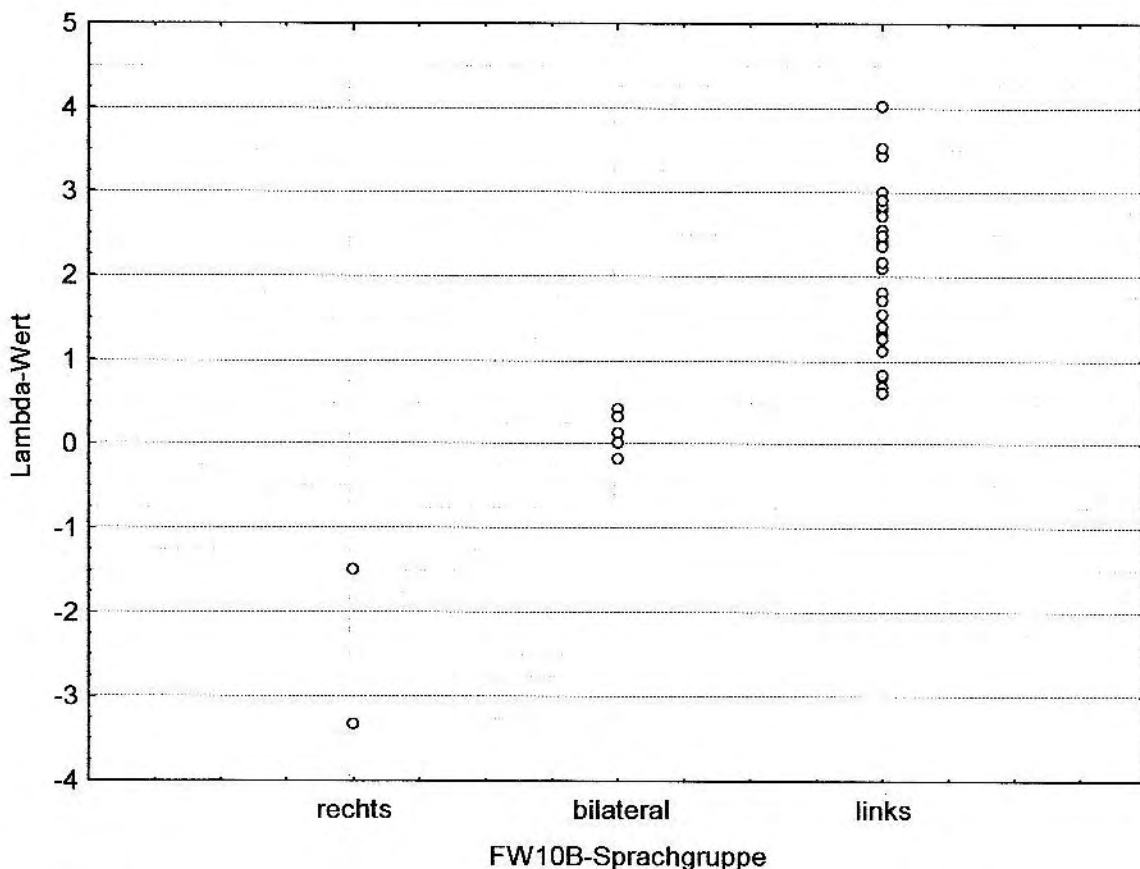
Wie schon in den anderen Stichproben (s. Kapitel 3 und 4) lagen die Mittelwerte der Lambda-Indizes für männliche Probanden höher als für weibliche (FW10B:

$\lambda_{\text{weibl.}} = 1,40$ ;  $\lambda_{\text{männl.}} = 1,70$ ; FW12K:  $\lambda_{\text{weibl.}} = 1,43$ ;  $\lambda_{\text{männl.}} = 2,12$ ). Es bestand jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen.

Drei Probanden berichteten von früheren Hirnerkrankungen (zweimal Meningitiden, einmal Fieberkrämpfe). Diese Variable hatte varianzanalytisch jedoch keinen Einfluss auf die Lambda-Werte.

### 5.3.2 Itemanalysen des FW10B und FW12K

**FW10B:** Im Mittel wurden 21 Gesamtpunkte, 4 Links- und 17 Rechtspunkte erreicht. Der mittlere Lambda-Wert betrug  $\lambda = 1,54$  mit einer Standardabweichung von  $SD = 1,52$ . Die mittlere Fehlerzahl lag bei  $f = 1,3$ . In Abbildung 7 ist die Verteilung der Lambda-Werte in den FW10B-Sprachgruppen dargestellt. Die Kategorisierung erfolgte mit Hilfe der z-Lambda-Werte. Der Standardfehler betrug  $s_e = 0,264921$ .



**Abbildung 7**

Verteilung der Lambda-Werte in den FW10B-Sprachgruppen ( $N = 33$  Probanden). Die Zuordnung zu den Sprachgruppen erfolgte mit Hilfe der z-Lambda-Werte. Für Lambda ergaben sich damit folgende Kategoriegrenzen: Sprachgruppe rechts:  $\lambda < -0,52$ , Sprachgruppe bilateral:  $-0,52 \leq \lambda \leq 0,52$ , Sprachgruppe links:  $\lambda < 0,52$ .



Tabelle 9a zeigt die Korrelationen der Skalen (alle acht Darbietungen eines Wortpaares) mit den Gesamtohrpunkten bzw. mit den Rechts- oder Linksohrpunkten. Dazu wurden die erreichten Ohrpunkte bzw. Rechts- oder Linksohrpunkte je Skala mit der Gesamtohrpunktzahl bzw. Gesamtrechts- oder -linksohrpunkte über alle Personen korreliert.

In Tabelle 9b sind die mittleren Häufigkeiten der pro Skala erreichten Ohrpunkte/Rechtsohrpunkte aufgelistet. Minimal kann diese 0, maximal 8 betragen. Dieser Index zeigt an, wie oft eine Skala im Mittel zu Ohrpunkten führt. (Auf die Angabe dieser Häufigkeit für die Linksohrpunkte wird verzichtet, da es insgesamt in der Stichprobe viel weniger Linksohrpunkte als Rechtsohrpunkte gab: im Mittel  $n_{LOP} = 4$ ;  $n_{ROP} = 17$ .)

Skala \ r	Gesamt- ohrpunkte	Rechts- ohrpunkte	Links- ohrpunkte
<b>Topf-Kopf</b>	.60	.62	<b>.87</b>
Tran-Kran	.21	.26	.12
Trick-Klick	.24	.27	.12
<b>Trott-Pott</b>	.60	<b>.68</b>	.49
Pfropf-Kropf	.28	.47	.32
<b>Pol-Kohl</b>	.60	.64	<b>.78</b>
<b>Preis-Kreis</b>	<b>.68</b>	<b>.69</b>	.47
<b>Pult-Kult</b>	<b>.69</b>	<b>.75</b>	<b>.78</b>
Blei-Drei	.49	.61	.30
<b>Bier-Gier</b>	.11	.14	<b>.65</b>

**Tabelle 9a**

Korrelationen der erreichten Gesamt-, Rechts- und Linksohrpunkte pro Skala mit den Gesamtohrpunkten bzw. Rechts- und Linksohrpunkten des Gesamttest FW10B. Alle Korrelationen  $r > .45$  waren signifikant. Korrelationen  $r \geq .65$  sind fettgedruckt.

Skala	r	mittlere Häufigkeit GOP	mittlere Häufigkeit ROP
	Topf-Kopf		4
Tran-Kran		1	1
Trick-Klick		2	2
Trott-Pott		2	2
Pfropf-Kropf		1	1
Pol-Kohl		2	2
Preis-Kreis		2	2
Pult-Kult		2	1
Blei-Drei		2	2
Bier-Gier		2	1

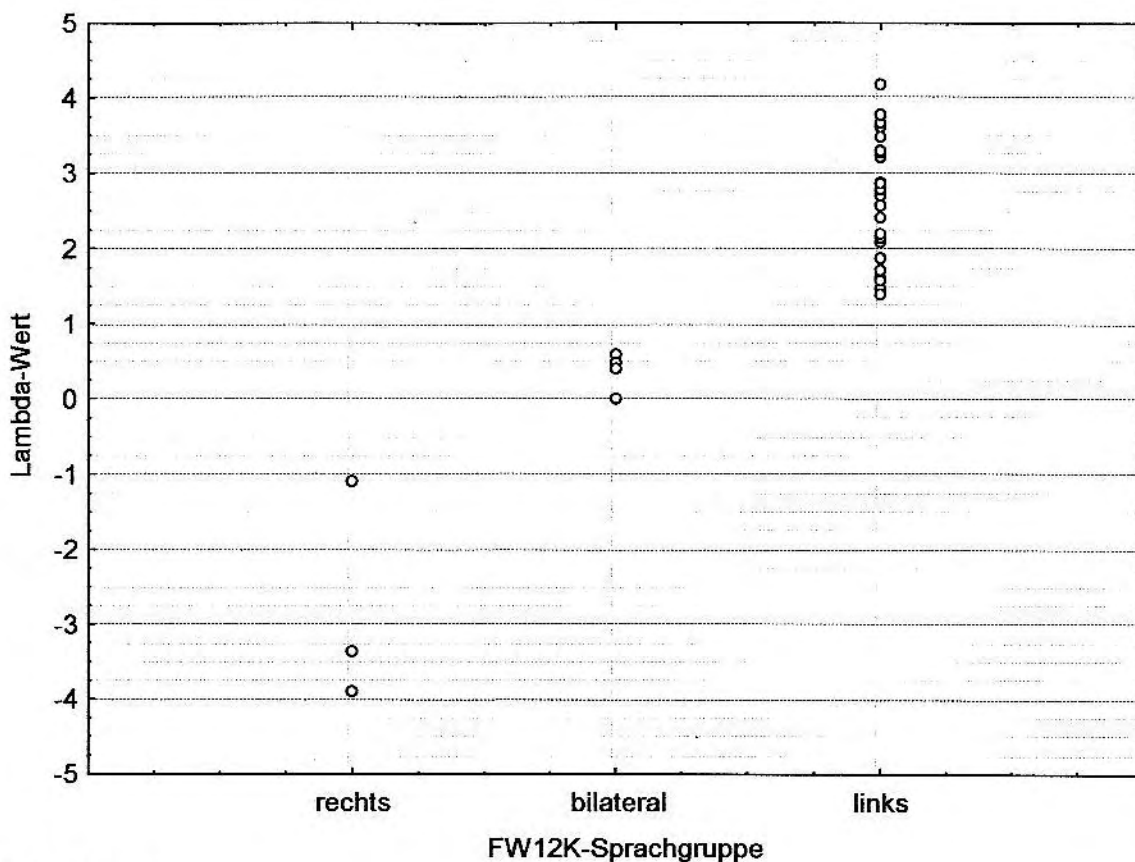
**Tabelle 9b**

Mittlere Häufigkeiten der in den Skalen erreichten Gesamt- bzw. Rechtsohrpunkte (GOP und ROP) im FW10B (8 Durchgänge).

Bei Betrachtung aller 80 Einzel-Itemdarbietungen ergab sich eine interne Konsistenz von Cronbach- $\alpha = 0,90$  bezogen auf Erzeugung von Rechtsohrpunkten und Cronbach- $\alpha = 0,85$  bezogen auf die Gesamtohrpunkte. Die 10 Skalen (Wortpaare) zeigten eine Konsistenz von Cronbach- $\alpha = 0,71$  (standardisiertes  $\alpha = 0,69$ ) für Rechtsohrpunkte und Cronbach- $\alpha = 0,59$  für die Gesamtohrpunkte (standardisiertes  $\alpha = 0,57$ ). Als beste Skalen im Sinne der internen Konsistenz erwiesen sich Pult-Kult und Preis-Kreis. Wenn man diese Skalen ausschließen würde, ergäbe sich das geringste  $\alpha$  (standardisiertes  $\alpha_{\min} = 0,64$ );  $\alpha$  würde sich erhöhen bei Ausschluss der Skalen Tran-Kran, Trick-Klick und Bier-Gier (standardisiertes  $\alpha_{\max} = 0,73$  für Rechtsohrpunkte). Damit stellen diese drei Skalen die im Sinne der internen Konsistenz schlechtesten dar. Dies gilt für die Erzeugung von Rechtsohrpunkten ebenso wie für die Gesamtohrpunkte.

**FW12K:** Im FW12K lag der mittlere Lambda-Wert bei  $\lambda = 1,76$  (SD = 1,87). Die mittlere Gesamtohrpunktzahl betrug 25. Die Mittel für Rechts- und Linksohrpunkte lagen bei 19 bzw. 5. Der Fehlermittelwert betrug  $f = 0,3$ . Mit Hilfe der z-Lambda-Werte konnten die Personen hinsichtlich ihrer Sprachlateralisation kategorisiert werden. Der Standardfehler für die Berechnung von z-Lambda betrug in dieser

Stichprobe  $s_e = 0,325861$ . Die Verteilung der Lambda-Werte in den FW12K-Sprachgruppen ist in Abbildung 8 dargestellt.



**Abbildung 8**

Verteilung der Lambda-Werte in den FW12K-Sprachgruppen (N = 33 Probanden). Die Zuordnung zu den Sprachgruppen erfolgte mit Hilfe der z-Lambda-Werte. Für Lambda ergaben sich damit folgende Kategoriegrenzen: Sprachgruppe rechts:  $\lambda < -0,64$ , Sprachgruppe bilateral:  $-0,64 \leq \lambda \leq 0,64$ , Sprachgruppe links:  $\lambda < 0,64$ .

In Tabelle 10a sind die Korrelationen der Skalen (alle acht Darbietungen eines Wortpaares) mit den Gesamtohrpunkten bzw. mit den Rechts- oder Linksohrpunkten dargestellt (Erläuterung siehe bei FW10B).

Tabelle 10b zeigt die mittleren Häufigkeiten der pro Skala erreichten Ohrpunkte/Rechtsohrpunkte. Die Häufigkeit kann in diesem Test zwischen 0 und 6 schwanken. (Auf die Angabe dieser Häufigkeit für die Linksohrpunkte wird verzichtet, da es insgesamt in der Stichprobe viel weniger Linksohrpunkte als Rechtsohrpunkte gab: im Mittel  $n_{LOP} = 4$ ;  $n_{ROP} = 19$ .)

<b>r</b> Skala	<b>Gesamt- ohrpunkte</b>	<b>Rechts- ohrpunkte</b>	<b>Links- ohrpunkte</b>
<b>Tau-Bau</b>	<b>.73</b>	<b>.67</b>	<b>.91</b>
<b>Braut-Kraut</b>	<b>.57</b>	<b>.64</b>	<b>.76</b>
<b>Topf-Kopf</b>	<b>.60</b>	<b>.70</b>	<b>.63</b>
<b>Brücke-Krücke</b>	<b>.70</b>	<b>.74</b>	<b>.86</b>
<b>Tuch-Buch</b>	<b>.68</b>	<b>.64</b>	<b>.81</b>
<b>Gold-Colt</b>	<b>.65</b>	<b>.70</b>	<b>.77</b>
<b>Dorn-Korn</b>	<b>.62</b>	<b>.65</b>	<b>.78</b>
<b>Pol-Kohl</b>	<b>.54</b>	<b>.58</b>	<b>.72</b>
<b>Gasse-Kasse</b>	<b>.65</b>	<b>.67</b>	<b>.92</b>
<b>Glut-Blut</b>	<b>.61</b>	<b>.66</b>	<b>.64</b>
<b>Gabel-Kabel</b>	<b>.60</b>	<b>.60</b>	<b>.90</b>
<b>Pass-Bass</b>	<b>.51</b>	<b>.55</b>	<b>.84</b>

**Tabelle 10a**

Korrelationen der erreichten Gesamt-, Rechts- und Linksohrpunkte pro Skala mit den Gesamtohrpunkten bzw. Rechts- und Linksohrpunkten des Gesamttests FW12K. Alle Korrelationen waren signifikant. Korrelationen  $r \geq .65$  sind fettgedruckt.

<b>r</b> Skala	<b>mittlere Häufigkeit GOP</b>	<b>mittlere Häufigkeit ROP</b>
<b>Tau-Bau</b>	1	1
<b>Braut-Kraut</b>	3	2
<b>Topf-Kopf</b>	3	2
<b>Brücke-Krücke</b>	3	2
<b>Tuch-Buch</b>	1	1
<b>Gold-Colt</b>	2	2
<b>Dorn-Korn</b>	2	2
<b>Pol-Kohl</b>	2	2
<b>Gasse-Kasse</b>	3	2
<b>Glut-Blut</b>	1	1
<b>Gabel-Kabel</b>	1	1
<b>Pass-Bass</b>	2	2

**Tabelle 10b**

Mittlere Häufigkeiten der in den Skalen erreichten Gesamt- bzw. Rechtsohrpunkte (GOP und ROP) im FW12K (6 Durchgänge).

Die interne Konsistenz lag bei Cronbach- $\alpha = 0,95$ , wenn alle 72 Einzel-Itemdarbietungen auf die Erzeugung von Rechtsohrpunkten hin analysiert wurden. Bezogen auf die Gesamtohrpunkte war Cronbach- $\alpha = 0,94$ . Für die 12 Skalen (Wortpaare) ergab sich Cronbach- $\alpha = 0,87$  für Rechtsohrpunkte (standardisiertes  $\alpha = 0,88$ ), und Cronbach- $\alpha = 0,85$  für die Gesamtohrpunkte (standardisiertes  $\alpha = 0,86$ ). Bezogen auf die Rechtsohrpunkte würde sich das geringste  $\alpha$  ergeben, wenn man die Skalen Brücke-Krücke und Gold-Colt ausschließen würde (standardisiertes  $\alpha_{\min} = 0,85$ ). Zu den Gesamtohrpunkten tragen am stärksten die Skalen Tau-Bau und Brücke-Krücke bei. Diese drei Skalen sind damit die besten in Hinblick auf eine hohe interne Konsistenz des Testes. Das Weglassen einer Skala würde  $\alpha$  in beiden Fällen (Betrachtung von Rechtsohr- oder Gesamtohrpunkten) nicht erhöhen. Es gab also keine Skalen, die sich im Sinne der internen Konsistenz als schlecht erwiesen.

### 5.3.3 Korrelation der beiden dichotischen Hörtests FW10B und FW12K

Der mittlere Lambda-Wert lag im FW10B bei  $\lambda = 1,54$  mit einer Standardabweichung von  $SD = 1,52$  (Standardfehler  $s_e = 0,26$ ). Für den FW12K ergaben sich:  $\lambda = 1,76$ ;  $SD = 1,87$ ;  $s_e = 0,33$ .

Tabelle 11 zeigt die Lateralitätskategorien, die mit Hilfe der z-Lambda-Werte ermittelt wurden. In 91% der Fälle stimmten die Zuordnungen der Versuchspersonen zu den Kategorien zwischen den beiden Tests überein.

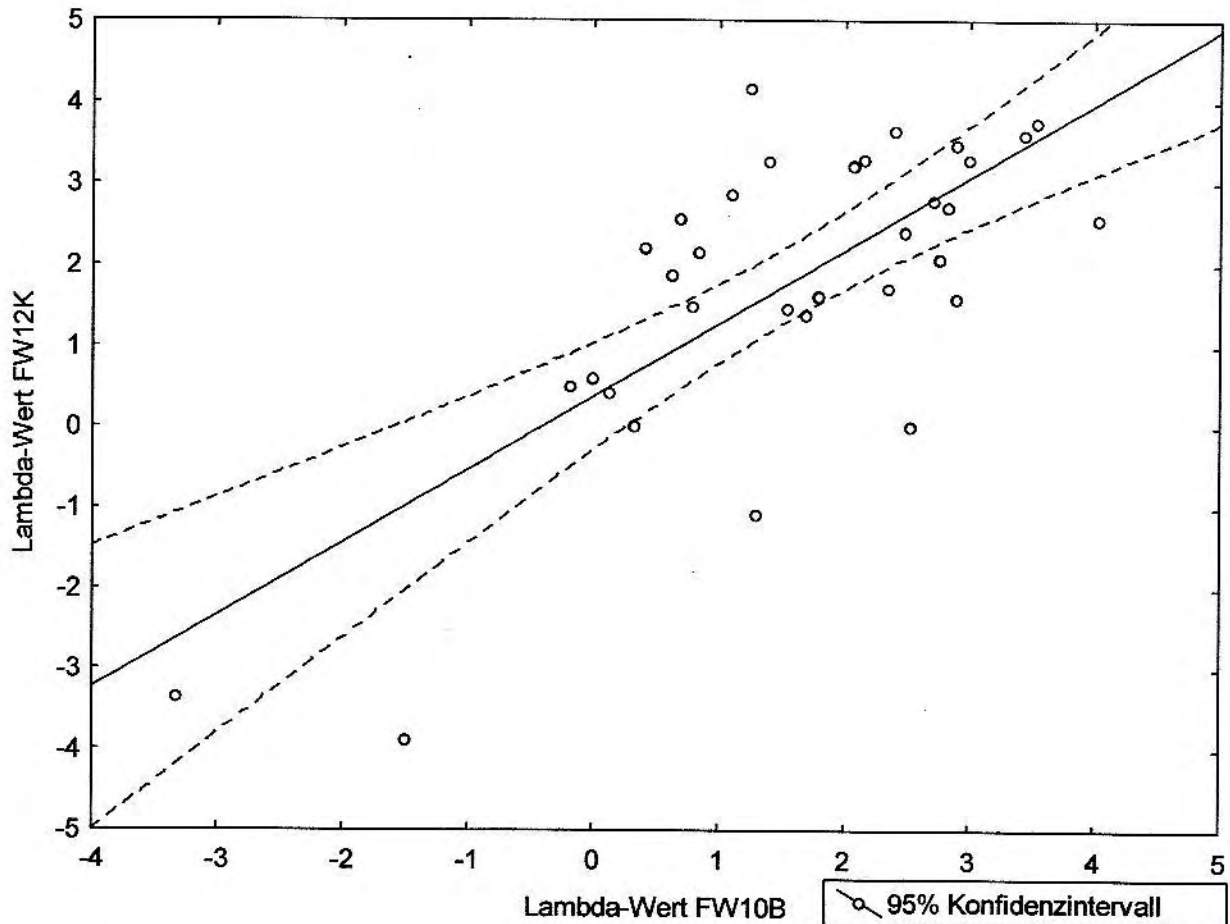
FW12K \ FW10B	links	bilateral	rechts	gesamt
links	24	1	1	26
bilateral	1	4	0	5
rechts	0	0	2	2
gesamt	25	5	3	33

**Tabelle 11**

Kontingenzen der Sprach-Lateralitätskategorien des FW10B und FW12K

Die Lambda-Werte der beiden Tests FW10B und FW12K korrelierten bei Anwendung der Produkt-Moment-Korrelation signifikant und auf relativ hohem Niveau

miteinander ( $r_{\text{Lambda}} = .73$ ). Auch die Linksohrpunkte, die in beiden Tests erreicht wurden, wiesen signifikante Übereinstimmungen auf ( $r_{\text{LOP}} = .57$ ). Die Korrelation der Rechtsohrpunkte miteinander erwies sich als nicht signifikant:  $r_{\text{ROP}} = .26$ . Die Regressionsgerade verdeutlicht den linearen Zusammenhang zwischen beiden Verfahren (s. Abbildung 9).



**Abbildung 9**

Regressionsgerade des Zusammenhanges der Lambda-Werte des FW10B und FW12K (N = 33 Probanden):  
 $\text{Lambda-FW12K} = 0,37 + 0,90 \cdot \text{Lambda-FW10B}$ .

#### 5.4 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse FW10B und FW12K

Der Zusammenhang der dichotischen Hörtests mit der lexikalischen Entscheidungsaufgabe in visueller Halbfeldtechnik, als weiteres Verfahren zur Messung der Sprachlateralisation, und mit dem Unterberger Tretversuch, als Messung einer sensorischen Asymmetrie (funktionelle Asymmetrie des Vestibulärorganes), war jeweils sehr schwach. Für den Unterberger Tretversuch wurden Null-Korrelationen festgestellt, für die lexikalische Entscheidungsaufgabe in visueller Halbfeldtechnik leicht negative, nicht signifikante Korrelationen. Die Übereinstimmungen der

VHFT-Ergebnisse mit den Hörtests bewegten sich ungefähr in der selben Größenordnung, wie die zwischen Wada-Test und dichotischem Hörtest FW10B (ca. 60%, s. a. 3.3.2). Im Unterberger Tretversuch war ein nicht-signifikanter, positiver Zusammenhang mit der Händigkeit beobachten. Die Korrelation des Gesamtwertes mit der Händigkeitsgruppe betrug  $r = .32$ . Es konnte nicht nachgewiesen werden, dass rechtshändige Personen im UTV eher nach rechts und linkshändige eher nach links abweichen. Die hohe Übereinstimmung zwischen dichotischen Hörtests und Unterberger Tretversuch von Reiss & Reiss (1998) konnte nicht gezeigt werden. Die Hypothese H6 des Zusammenhanges der dichotischen Hörtests mit den beiden anderen Verfahren muss daher abgelehnt werden: Die visuelle Halbfeldtechnik zeigte die Sprachlateralisation nicht in gleichem Maße wie der FW10B oder FW12K an und der Unterberger Tretversuch, als Messverfahren für eine sensorische Asymmetrie des Gehirnes, wies nicht die gleichen Übereinstimmungen auf, wie sie zwischen Händigkeit und Sprachlateralisation bestehen.

Insgesamt konnten die unter 2.3 dargestellten Befunde zu den Übereinstimmungen einer Aufgabe in visueller Halbfeldtechnik und des Unterberger Tretversuches mit dichotischen Tests nicht repliziert werden. Reiss & Reiss (1998) hatten eine Korrelation von  $r = .39$  zwischen einer dichotischen Konsonant-Vokal-Aufgabe und dem UTV gefunden und eine geringere Korrelation von  $r = .22$  zwischen Händigkeit und UTV. Diese Ergebnisse waren also genau entgegengesetzt zu den eben berichteten. In der Stichprobe von Reiss & Reiss gab es eine andere Verteilung von Links-, Rechts- und Beidhändern als in der vorliegenden. Sie hatten 85% Rechts-, 10% Links- und 5% Beidhänder untersucht. Die vorliegende Stichprobe bestand aus 72% Rechts- und 18% Nicht-Rechtshändern. (Wenn man Personen mit einem EHI-Quotient zwischen  $-50$  und  $+50$  als Beidhänder bezeichnet, waren es 72% Rechts-, 9% Links- und 9% Beidhänder). Darin könnte ein Grund für die Abweichungen zwischen den Studien liegen. Allerdings wichen die o. g. Ergebnisse des UTV selbst auch deutlich von denen Reiss' & Reiss' ab. Sie hatten bei 70% der Rechtshänder eine Drehung nach rechts beobachtet, in der vorliegenden Untersuchung galt dies nur für 52% der Rechtshänder. Da sich die Autoren ebenfalls nach den Empfehlungen von Scholtz & Kunath (1978) zur Durchführung des

wo  
aufgeführt  
?

Tretversuches gerichtet hatten, scheint die Reliabilität des Testverfahrens trotz der Standardisierungsbemühungen nicht sehr hoch zu sein.

Auch für die hier verwandte lexikalische Entscheidungsaufgabe in visueller Halbfeldtechnik war die Reliabilität nicht bekannt. Der Versuch wurde selbst modifiziert (Erstellung von vier Durchgängen) und kritisch muss angemerkt werden, dass es keine Validierungsuntersuchung zu diesem neuen Testaufbau gab. Außerdem lagen für den Test keine Normen für einen signifikanten Vorteil eines Gesichtsfeldes vor und die Darbietungszeit konnte aufgrund von Programm Besonderheiten nicht in ms eingestellt werden. Das hier eingesetzte Kriterium (Vergleich mit der Binomialverteilung) war die einzige Möglichkeit, Entscheidungen über das Vorliegen von signifikanter Worterkennung zu treffen. Problematisch dabei war jedoch, dass unter den gegebenen Untersuchungsbedingungen nicht kontrolliert werden konnte, ob die Probanden Augenbewegungen durchführten, was mit Erhöhung der Darbietungszeit nicht mehr sicher ausgeschlossen werden konnte. Möglicherweise gäbe es bessere Übereinstimmungen zwischen der VHFT und dem FW10B/FW12K, wenn besser etablierte VHF-Techniken eingesetzt würden. Das vorliegende Ergebnis ist damit ein weiterer Hinweis darauf, dass die beiden Techniken zur Sprachlateralisation nicht das Gleiche erfassen. Die unter 2.3 dargestellten Befunde stellten sich heterogen dar und hatten damit schon in diese Argumentationsrichtung verwiesen. Sowohl Dagenbach (1986) als auch Springer & Deutsch (1998) äußerten Zweifel daran, dass beide Aufgabentypen dieselben Sprachverarbeitungsgebiete beanspruchen.

Ein schon unter 3.4 diskutiertes Problem betrifft die dichotischen Hörtests FW10B und FW12K selbst. Es gibt keine Normen für die Tests und es bestehen Zweifel daran, ob jedes Hörtestergebnis interpretiert werden kann. So hatte Zatorre (1989) vorgeschlagen, nur Tests mit einem Gesamtanteil der Ohrdominanz von über 25% zu werten. Dieses Kriterium wurde in der vorliegenden Stichprobe im FW10B nur von 14, im FW12K von 19 Personen erreicht (also knapp unter bzw. über 50%). Da Zatorre die Angabe der 25% nicht näher begründet hatte, könnte man auch die Signifikanzgrenzen der Binomialverteilung für den Test berechnen und einbeziehen. Danach ergibt sich, dass eine Ohrpunktdifferenz zwischen Links- und Rechtsohrpunkten von 13 im FW10B und 12 im FW12K zwei Standardabweichungen



chungen über dem Erwartungswert liegt. Dieses Kriterium erfüllten 15 Versuchspersonen im FW10B und 21 im FW12K. Auch diese Werte erscheinen noch nicht befriedigend, so dass zu überprüfen wäre, ob die Übereinstimmung der Hörtests mit den anderen Verfahren besser wäre, wenn nur die Versuchspersonen mit in diesem Sinne validen Ergebnissen einbezogen würden. Dies wurde exemplarisch für den FW12K geprüft und konnte nicht bestätigt werden. Die Korrelation zwischen VHFT und Lambda-Wert im FW12K wurde sogar noch stärker negativ. Insgesamt scheinen die ungenügenden bzw. unbekanntenen Reliabilitäten der beiden Vergleichsverfahren VHFT und UTV mit den Fehlerquellen der Hörtests zu interagieren, so dass in der Untersuchung keine befriedigenden Übereinstimmungen gefunden wurden.

Ein weiterer Schwachpunkt lag in der Durchführung der dichotischen Hörtests. Es ist nicht auszuschließen, dass mögliche Unterschiede in der Hörleistung des rechten und linken Ohres Einfluss auf das Ergebnis der dichotischen Hörtests haben. Vor der Anwendung der dichotischen Tests wurde keine Hörprüfung durchgeführt. Die Probanden wurden lediglich nach Hörstörungen gefragt und es wurde überprüft, ob sie die Worte monaural erkennen können. Es wäre möglich, vor der Testdurchführung eine Hörprüfung mit Hilfe von Sinustönen durchzuführen. Aber auch diese ist nur bedingt mit der im Test verlangten Worterkennung korrelierbar. Die Durchführung einer monauralen Worterkennungsaufgabe scheint der Anforderung im dichotischen Hörtest besser gerecht zu werden und wurde deshalb bisher beibehalten. Trotzdem stellt eine mögliche Hörstörung eine nicht vollständig kontrollierbare Fehlerquelle für den FW10B und FW12K dar.

Die interne Konsistenz des FW10B lag mit Werten zwischen Cronbach- $\alpha = 0,59$  und  $0,90$  (je nachdem, ob Erzeugung von Gesamt- oder Rechtsohrpunkten und ob Einzelitems oder Skalen betrachtet wurden) in einem akzeptablen Bereich. Für den FW12K stellten sich diese Werte sogar noch höher und homogener dar: Cronbach- $\alpha = 0,85$  bis  $0,95$ . Die interne Konsistenz als eine Schätzgröße für Reliabilität ist somit vergleichbar mit den Retest-Reliabilitäten, die für den FW10B gefunden wurden. Diese lagen zwischen  $r = .65$  und  $r = .87$  (Hättig & Beier, 2000). Im FW10B gab es zwischen den Items (Skalen) deutliche Unterschiede. Als beste Items zur Erzeugung von Rechtsohrpunkten und Ohrpunkten insgesamt erwiesen

sich: Pult-Kult und Preis-Kreis. Einige Items verschlechterten die interne Konsistenz (Tran-Kran, Trick-Klick, Bier-Gier) und könnten nach diesem Kriterium aus dem Itempool ausgeschlossen werden. Allerdings zeigten nicht alle dieser Items schlechte Eigenschaften hinsichtlich des zweiten Kriteriums, der mittleren Häufigkeit der Ohrpunkte, die bei diesem Item erzielt wurden. Z. B. erbrachte Trick-Klick im Mittel zwei Gesamt- und zwei Rechtsohrpunkte und trug damit genauso zur Erzeugung von Ohrpunkten bei wie das „gute“ Item Preis-Kreis. Da die erreichte Ohrpunktzahl im FW10B insgesamt nicht sehr hoch war (im Mittel 21 GOP), ist eine weitere Reduktion von Items wohl nicht sinnvoll. Dann würden noch weniger Ohrpunkte erzielt und noch weniger Personen würden das geforderte Kriterium von 25% oder der Ohrpunktedifferenz von 13 erreichen. Sollten trotzdem Items aus der Serie entfernt werden, müsste die Anzahl der Durchgänge für die verbliebenen Items erhöht werden, um genügend Beobachtungswerte zu erzeugen. Auch der erwartete Zugewinn an interner Konsistenz bei Entfernung der drei „schlechten“ Wortpaare rechtfertigt die Itemreduktion nicht. (Das standardisierte  $\alpha$  würde von  $\alpha = 0,69$  auf  $\alpha = 0,73$  steigen.) Da es Items gibt, die die interne Konsistenz verringern und die nicht hoch mit dem Gesamtergebnis korrelieren, muss die Hypothese H7, dass alle Skalen gleichwertig zum Gesamtergebnis beitragen, für den FW10B abgelehnt werden.

Der FW12K zeigte sich hinsichtlich seiner Itemeigenschaften wesentlich homogener als der FW10B. Als beste Skalen erwiesen sich Brücke-Krücke, Tau-Bau und Gold-Colt. Es gab kein Wortpaar (keine Skala), dessen Entfernen die interne Konsistenz des Testes erhöhen würde. Außerdem erreichten die Versuchspersonen im FW12K im Mittel mehr Ohrpunkte als im FW10B und auch die Fehler waren geringer (Fehlermittelwert  $f = 0,3$ , im FW10B  $f = 1,3$ ). Des Weiteren wurde von deutlich mehr Personen die kritische Differenz von 12 als Gültigkeitskriterium des Testergebnisses erreicht. Für den FW12K kann die Hypothese H7 angenommen werden, da es keine Wortpaare gibt, die die Reliabilität (interne Konsistenz) des Testes verringern und die unverhältnismäßig niedrig mit dem Gesamtergebnis korrelieren.

Insgesamt scheint der FW12K etwas zuverlässiger und konsistenter als der FW10B zu sein. Eine Fehlerquelle des FW10B liegt wahrscheinlich im Antwort-

modus. Es werden vier Wörter als mögliche Antwort vorgegeben. Wenn die Versuchspersonen ein Wort wählen, was nicht aus dem dichotischen Wortpaar stammt, wird dies als Fehler gewertet und außerdem geht dabei die Möglichkeit des Erzielens eines Ohrpunktes verloren. Die dichotome Antwortstruktur des FW12K (zwei Abbildungen) trägt deutlich besser zur Erzeugung von Ohrpunkten bei. Es wäre lohnenswert, den FW12K in seiner Anwendbarkeit zu verbessern, da er bessere Testeigenschaften zeigte als der FW10B, der bisher bei Erwachsenen eingesetzt wurde. In der aktuellen Version des FW12K werden die Abbildungen manuell dargeboten. Wenn der Test so gestaltet würde, dass er vollständig am Computer durchgeführt werden könnte (Präsentation der Abbildungen über den Computer), wäre sein Einsatz wesentlich effizienter.

Die beiden Testverfahren korrelierten signifikant miteinander:  $r = .73$ . Dieser Wert lag damit im Bereich der Retest-Reliabilität des FW10B (Hättig & Beier, 2000: bei verschiedenen Personengruppen Werte zwischen  $r = .65$  und  $r = .87$ ). Von verschiedenen anderen dichotischen Testverfahren wurden auch weit geringere Retest-Reliabilitäten berichtet, z. B.  $r = .60$  für eine dichotische Konsonant-Vokal-Aufgabe (Teng, 1981, zit. bei Bryden, 1988). Vor diesem Hintergrund ist die Korrelation von  $r = .73$  zwischen den dichotischen Hörtests FW10B und FW12K, die eine unterschiedliche Itemanzahl haben und verschiedene Antwortmodalitäten nutzen, als hoch einzuschätzen. Die Übereinstimmung der Lateralitätskategorien zwischen den beiden Verfahren war mit 91% ebenfalls zufriedenstellend. Die höhere Korrelation der Linksohrpunkte der beiden Tests ( $r = .57$  im Gegensatz zu den Rechtsohrpunkten,  $r = .26$ ) kann dadurch erklärt werden, dass es zwei Personen gab, die in beiden Tests sehr hohe Linksohrvorteile und auch viele Linksohrpunkte erzielten. Diese beiden Versuchsteilnehmer sind auch diejenigen, die in beiden Testverfahren als sprachlich rechtsdominant eingeordnet worden. Wenn man die Rangkorrelation der Rechtsohrpunkte der beiden dichotischen Hörtests berechnet, erhält man eine signifikante Korrelation von  $r = .45$ . Dies zeigt zumindest, dass die Probanden in beiden Tests hinsichtlich der Rechtsohrpunkte ähnliche Rangfolgen bildeten. Damit wurde gezeigt, dass die beiden dichotischen Hörtests FW10B und FW12K, die unterschiedliches Antwortmaterial (Wörter bzw. Abbildungen) benutzen und deren Items unabhängig voneinander generiert wur-

den, den Ohrvorteil gleichermaßen gut abbilden. Die Hypothese H8, dass beide dichotische Hörtests vergleichbare Ergebnisse hervorbringen, kann daher bestätigt werden.

## 6. Gesamtdiskussion

An dieser Stelle sollen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen in Hinblick auf ihre Konsequenzen für die weitere Anwendung des FW10B und des FW12K erläutert werden. Dabei werden noch einmal Grundprobleme des dichotischen Hörtests erörtert und es wird ein Ausblick auf weitere notwendige Untersuchungen bzw. Verbesserungen der Verfahren gegeben.

Noch immer sind das Wissen und die Vorstellungen darüber, was dem Rechtsohrvorteil, der in dichotischen Tests entsteht, zugrunde liegt, unzureichend. Es ist anzunehmen, dass dies ein Grund dafür ist, dass bisher nur unzureichende Korrelationen mit anderen Verfahren zur Darstellung der Sprachlateralisation beobachtet wurden, und dass die dichotischen Testverfahren nicht die tatsächliche Verteilung der Sprachdominanz in der Bevölkerung abbilden. In der vorliegenden Untersuchung hat sich gezeigt, dass der FW10B nur gering mit dem Wada-Test und der visuellen Halbfeldtechnik korrelierte. Auch der Zusammenhang zum Unterberger Tretversuch, der funktionelle, sensorische Asymmetrien des Vestibulärorganes anzeigt, konnte nicht dargestellt werden. Der Wada-Test ist das Verfahren, mit dem die meisten Erkenntnisse über die Sprachorganisation gewonnen wurden und der als Außenkriterium für neue Testverfahren genutzt wird. Aber auch er weist methodische Probleme auf. Zum Beispiel zeigt der Wada-Test nur grob die Beiträge der Hirnhälften zur Sprachfunktion an. Er ist eher ein Verfahren, der die Kompensationsmöglichkeiten des Gehirnes bei Ausfall bestimmter Hirnteile darstellt. Auch die beiden anderen Verfahren (Unterberger Tretversuch und visuelle Halbfeldtechnik) stellen andere Anforderungen an die sensorische Verarbeitung als ein dichotischer Hörtest und korrelieren daher gering mit dem FW10B. Außerdem konnte nicht geklärt werden, welcher Anteil des fehlenden Zusammenhanges zwischen den Verfahren auf die mangelnde Reliabilität der einzelnen Tests und welcher auf die Unterschiedlichkeit der Aufgaben zurückgeführt werden muss. Neueste Forschung hat gezeigt, dass der FW10B sehr gut mit Ergebnissen einer funktionellen MRT-Untersuchung mit Sprachaufgaben übereinstimmt (Hund-Georgiadis et al., 2002). Die Autoren fanden eine Übereinstimmung von 97,1%, wenn semantische Wortklassifikationsaufgaben als Aktivierungsbedingung im fMRT benutzt wurden und wenn auch temporale Aktivierungen mit in den fMRT-Lateralitätsindex einbezogen wurden. Dies spricht wiederum dafür, dass für das

FW10B-Ergebnis perzeptuelle Sprachverarbeitungsprozesse von großer Bedeutung sind. Damit ist der FW10B vielleicht zusammen mit fMRT-Untersuchungen sinnvoll einsetzbar. Es erscheint lohnenswert, den Zusammenhang zwischen diesen beiden Verfahren weiter zu untersuchen und auch die verwendeten fMRT-Aufgaben zu verfeinern. Zweifelhaft bleibt jedoch, ob mit diesen beiden Verfahren auch die im Wada-Test angezeigten Kompensationsmöglichkeiten der Hirnhälften für eine Vorhersage der Folgen einer Operation abgeschätzt werden können. Die dichotischen Hörtests und die fMRT-Aufgaben zeigen als Aktivierungsverfahren eher das Zusammenspiel der Hemisphären an. Deshalb ist Bilateralität von Funktionen hier schlechter zu beobachten, als im Wada-Test, wo jede Hemisphäre in ihren eigenständigen Beiträgen zu einzelnen Hirnfunktionen dargestellt wird.

Neben dem Problem, dass die verschiedenen Lateralitätsmessungen unterschiedliche Anforderungen an das Gehirn stellen, zeigte sich in den vorliegenden Untersuchungen auch ein methodisches Problem des FW10B. Es gibt für diesen Test keine Normen, ab welchem Lambda-Wert man von Links- oder Rechtslateralisation bzw. von bilateraler Sprachrepräsentation ausgeht. Die Kategorisierung wurde in den drei Analysen jeweils mit Hilfe des z-transformierten Lambda-Wertes durchgeführt. Diese Transformation ist allerdings stichprobenabhängig, da sie den Standardfehler der Verteilung nutzt. Dieser Standardfehler variierte von Stichprobe zu Stichprobe, so dass ein Lambda-Wert, der vielleicht in der einen Untersuchung als Linkslateralisation kategorisiert wurde, in der anderen bilaterale Sprachorganisation anzeigte. Hier scheint es dringend notwendig, eine Normierungsstudie an gesunden Probanden und Patienten durchzuführen, um die Kategorisierung der Lambda-Werte eindeutiger zu machen.

Ein häufig diskutiertes Problem sind Einflussfaktoren auf das Ergebnis von dichotischen Tests. Unter diesen Faktoren gibt es stabile und situationsgebundene. Zu den letzteren gehört die Aufmerksamkeit. Asbjornsen & Hugdahl (1995, zit. bei Hiscock et al., 2000) haben beispielsweise gefunden, dass gerichtete Aufmerksamkeit auf das rechte Ohr den Rechtsohrvorteil verstärkt. Obwohl dies mit Instruktionen beeinflusst werden könnte, ist unklar, ob eine solche Kontrolle der Aufmerksamkeit mehr Rechtsohrvorteile erzeugen würde und von welchem diagnostischen Wert diese sind. Es scheint Individuen zu geben, bei denen dichoti-

sche Tests nie oder selten zu der gewünschten Darstellung eines Ohrvorteils führen. Eine mögliche Einflussgröße dafür sind die stabilen, nicht kontrollierbaren Faktoren. Dazu zählen zum Beispiel bestimmte Erfahrungen mit dem Stimulusmaterial (vgl. Hiscock et al., 2000). Letztendlich muss davon ausgegangen werden, dass auch die Kenntnis von Störvariablen nicht immer dazu führt, dass diese auch sinnvoll kontrolliert werden können.

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Läsionseffekt als ein Einflussfaktor auf das Ergebnis des FW10B untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass die Seite der morphologischen Schädigung ebenso wie die des Anfallsherde einen Läsionseffekt verursachen und es gab Hinweise darauf, dass lateral-temporale Schädigungen eher als hippocampale (mesiotemporale) einen Läsionseffekt hervorrufen. Es ist jedoch auch hier so, dass diese Erkenntnis allein nicht genutzt werden kann, um mit Hilfe eines korrigierten Lambda-Wertes die Aussagekraft des dichotischen Hörtestes in Hinblick auf die Sprachlateralisation zu verbessern. Eine Kombination mit anderen Kenntnissen über den Patienten kann aber die Vorhersage der Sprachlateralisation verbessern. Zum Beispiel konnten Helmstaedter et al. (1997) zeigen, dass die Kombination der Daten über die Händigkeit und das Alter bei Beginn der Epilepsie die Vorhersage von atypischer Sprachlateralisation in 92% der Fälle möglich machte. Es ist vorstellbar, dass das Kombinieren der FW10B-Ergebnisse mit solchen Daten, z. B. Händigkeitsinformationen, ebenfalls zu verbesserten Klassifikationen hinsichtlich der Sprachdominanz führt.

Ein statistisches Problem von Lateralitäts-Tests, wie dem FW10B, wurde 1977 von Satz aufgezeigt. Er stellte dar, dass durch die ungleiche Verteilung der Sprachlateralisation in der Bevölkerung (95% der Rechtshänder haben linkshemisphärische Sprachdominanz, nur 5% davon abweichende) große Schwierigkeiten bei der Interpretation von Rechts- und Linksohrvorteilen in dichotischen Hörtests entstehen. Mit Hilfe einer Bayes-Statistik konnte er nachweisen, dass bei einem Hörtest mit einer Reliabilität von  $r = .70$  nur 10% Wahrscheinlichkeit dafür besteht, dass bei einem Individuum mit einem Linksohrvorteil tatsächlich rechtshemisphärische Sprachdominanz vorliegt. Damit liegt die Fehlerwahrscheinlichkeit bei der Interpretation eines Linksohrvorteils als Rechtslateralisation bei 90%. Auch eine Erhöhung der Reliabilität (Testverlängerung) konnte die Fehl kategorisierungsrate nicht

ausreichend verbessern (Hiscock et al., 2000). Unter diesen Umständen muss ein dichotischer Hörtest maximale Reliabilität aufweisen, um überhaupt interpretiert werden zu können. Dieses Problem bildet zusammen mit den unzureichenden theoretischen Vorstellungen über das Zustandekommen des Rechtsohrvorteils und den nachgewiesenen Läsionseffekten bei Patienten mit Hirnschädigungen, einen Komplex von Fehlerquellen und Schwierigkeiten bei der Anwendung von dichotischen Hörtests, gerade bei Patienten mit Hirnschädigungen. Wenn trotz dieser Einschränkungen ein dichotischer Hörtest genutzt wird, sollte er zumindest zufriedenstellende Testeigenschaften besitzen. In der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass vor allem der FW12K eine hohe interne Konsistenz aufweist und damit wohl noch am ehesten als Lateralisationstest eingesetzt werden kann. Da sich gezeigt hat, dass diese Testversion hoch mit dem FW10B korreliert, kann davon ausgegangen werden, dass alle bei der Anwendung des FW10B gemachten Erfahrungen (z. B. Zusammenhang zum Wada-Test oder bestimmte Läsionseffekte) auch im FW12K auftreten würden. Somit würden für den FW12K gleiche Anwendungsbeschränkungen bzw. -möglichkeiten wie für den FW10B vorliegen. Insgesamt muss aber nach den oben dargestellten Befunden davon ausgegangen werden, dass sich beide dichotische Hörtests nicht als alleiniges Diagnostikum der Sprachlateralisation bei Patienten mit Hirnläsionen eignen.

Nach Betrachtung der hier dargestellten Untersuchungsergebnisse sollte das Konzept der Sprachlateralisation an sich noch einmal näher beleuchtet werden. Wenn man bedenkt, dass die Hirnhälften trotz möglicher Spezialisierungen in der Realität meistens gleichzeitig aktiv sind und zusammenarbeiten, ist die Zuordnung der Sprache zu einer Hemisphäre vielleicht nicht so absolut, wie in vielen Theorien dargestellt und gedacht. Auch wenn die linke Hirnhälfte den größten Anteil an der Sprachverarbeitung leistet, trägt die rechte evtl. mit bestimmten Einzelfunktionen dazu bei. Zaidel et al. (1990, zit. bei Hiscock et al., 2000) fanden beispielsweise, dass Untersuchungen an der isolierten rechten Hemisphäre während eines Wada-Testes ihren Beitrag zur Sprache im intakten Gehirn unterschätzten. Wenn also gar nicht eine Hirnhälfte allein für die Sprachverarbeitung zuständig ist, kann auch nicht von einem Lateralitätstest erwartet werden, dass er die Aktivierung der nur



einer, sprachdominanten Hemisphäre anzeigt. Die Testanwendung sollte daher zweckabhängiger definiert werden: Wenn es einerseits darum geht, das Sprachverlustisiko eines chirurgischen Eingriffes abzuschätzen, sollte auch ein Verfahren verwendet werden, das dies am besten leisten kann, z. B. der Wada-Test oder intraoperative Stimulation des Kortex. Ein dabei gefundener Lateralitätsindex sollte dann aber auch nur in diesem Rahmen interpretiert werden. Wenn es andererseits das Ziel ist, Theorien über die Hirnorganisation zu entwickeln oder zu verifizieren, sind auch andere Verfahren, die Auskünfte über lateralisierte Funktionen geben können, wichtig. Gerade für die Ausarbeitung theoretischer Vorstellungen über die Funktionsweise des Gehirns ist es sinnvoll, die Zusammenarbeit der Hirnhälften und nicht nur eine relative Dominanz einer Hemisphäre darzustellen. In diesem Rahmen haben der FW10B und der FW12K ihre Berechtigung. Außerdem sind sie in der Forschung bei gesunden Personen dazu geeignet, Hinweise über die Organisation des Sprachsystems zu liefern. Deshalb erscheint es trotz bestehender Mängel lohnenswert, den dichotischen Hörtest FW12K, der sich als stabiler als der FW10B erwiesen hat, in seiner Anwendbarkeit zu verbessern, um ihn als ein Verfahren zur Messung von Sprachlateralisation verfügbar zu halten.

## 7. Zusammenfassung

Im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit stand die Untersuchung verschiedener Aspekte der Validität und der Anwendbarkeit der dichotischen Hörtests FW10B und FW12K (Fused Rhymed Words Test, deutsche Version), speziell für die Diagnostik der Sprachdominanz bei Patienten mit fokaler Epilepsie. An einer Stichprobe von 71 epilepsiechirurgischen Kandidaten des Epilepsiezentrum Berlin zeigte sich, dass die Übereinstimmung zwischen dem Wada-Test und dem FW10B geringer war, als in früheren Studien. In der Analyse der Daten einer erweiterten Stichprobe von 186 Patienten des prächirurgischen Monitorings konnte nachgewiesen werden, dass bei dieser Personengruppe Läsionseffekte auftraten: sowohl die Seite der morphologischen Läsion als auch die Seite des epileptischen Anfallsherdes beeinflussten die Ergebnisse im FW10B. Linkshemisphärische Läsionen bzw. Anfallsherde führten zu signifikant geringeren Rechtsohrpunkten und Lambda-Werten als rechtshemisphärische. Dadurch konnte bei Patienten mit solchen Läsionen zum Teil keine eindeutige Aussage hinsichtlich der Sprachlateralisation gemacht werden. Zusätzlich zeigten sich tendenziell unterschiedliche Effekte in Abhängigkeit von der Lokalisation der morphologischen und epileptogenen Läsion auf der Hirnhälfte. Insgesamt erwies sich der FW10B als nicht dafür geeignet, als alleiniges Verfahren zur Diagnostik der Sprachlateralisation bei Patienten mit Hirnläsionen eingesetzt zu werden. Des Weiteren wurde am Lehrstuhl für Allgemeine Psychologie des Psychologischen Institutes der Humboldt-Universität zu Berlin eine Studie an 33 gesunden Probanden durchgeführt, um die Testeigenschaften der beiden dichotischen Hörtests FW10B und FW12K zu überprüfen. Beide Tests korrelierten in ihren Ergebnissen hoch miteinander. In der Itemanalyse erwiesen sich im FW10B drei Wortpaare (Skalen) als ungenügend zur Erzeugung von Ohrpunkten und im Sinne der internen Konsistenz des Testes. Der FW12K stellte sich in seinen Skalen als sehr homogen dar und wies eine höhere interne Konsistenz auf. Der Vergleich der dichotischen Hörtests mit der visuellen Halbfeldtechnik führte nicht zu den erwarteten übereinstimmenden Ergebnissen hinsichtlich der Sprachlateralisation. Ein Zusammenhang zu einem Verfahren zur Erfassung von sensorischen Asymmetrien des Gleichgewichtsorganes (Unterberger Tretversuch) konnte ebenfalls nicht festgestellt werden.

## 8. Literatur

- Beier, M. (1994).** Validierung eines neuentwickelten dichotischen Hörtests zur Messung der Sprachlateralisation an zwei Stichproben von Patienten mit fokaler Epilepsie. Diplomarbeit FU-Berlin.
- Bengner, T. (2002).** Auswirkungen der Injektionsreihenfolge und Hemisphärenspezialisierung auf Kognition und Motorik im intracarotidalen Amobarbitaltest. Dissertation Epilepsiezentrum Berlin.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (1996).** Biologische Psychologie. Berlin: Springer.
- Bryden, M. P. (1988).** An Overview of the Dichotic Listening Procedure and its Relations to Cerebral Organization. In: Hugdahl, K. Handbook of Dichotic Listening: Theory, Methods and Research. New York: John Wiley & Sons.
- Christianson, S.-A., Saisa, J., Hugdahl, K. & Asbjørnsen, A. (1992).** Hemispheric Asymmetry Effects in Children Studied by Dichotic Listening and Visual Half-Field Testing. Scandinavian Journal of Psychology, 33, 238-246.
- Dagenbach, D. (1986).** Subject Variable Effects in Correlations between Auditory and Visual Language Processing Asymmetries. Brain and Language, 28, 169-177.
- Fernandes, M. A. & Smith, M. L. (2000).** Comparing the Fused Dichotic Words Test and the Intacarotid Amobarbital Procedure in Children with Epilepsy. Neuropsychologia, 38, 1216-1228.
- Geffen, G., Caudrey, D. (1981).** Reliability and Validity of the Dichotic Monitoring Test for Speech Laterality. Neuropsychologia, 19, 413-424.
- Geschwind, N. & Galaburda, A. M. (1987).** Cerebral Lateralization: Biological Mechanisms. Massachusetts Institute of Technology.
- Gothe, J. (1996).** Entwicklung und Erprobung eines dichotischen Hörtests für Kinder zur Bestimmung der Sprachlateralisation. Diplomarbeit FU-Berlin.
- Grimshaw, G. M., McManus, I. C. & Bryden, M. P. (1994).** Controlling for Stimulus Dominance Listening Tests: a Modification of  $\lambda$ . Neuropsychologia, 8 (2), 278-283.
- Grote, C. L., Pierre-Louis, S. J. C., Smith, M. C., Roberts, R. J., Varney, N. R. (1995).** Significance of Unilateral Ear Extinction on the Dichotic Listening Test. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, Vol. 17, No. 1, 001-008.
- Guthke, J., Böttcher, H. R. & Sprung, L. (Hrsg.) (1990).** Psychodiagnostik. Bd. 1. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Hättig, H. & Beier, M. (2000).** FRWT: Ein dichotischer Hörtest für Klinik und Forschung. Zeitschrift für Neuropsychologie, 11 (4), 233-45.

- Helmstaedter, C. & Kurthen, M. (1997).** Patterns of Language Dominance in Focal Left and Right Hemisphere Epilepsies: Relation to MRI-Findings, EEG, Sex and Age at Onset of Epilepsy. *Brain and Cognition* 33, 135-150.
- Hiscock, M., Cole, L. C., Benthall, J. G., Carlson, V. L. & Ricketts, J. M. (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., Carlsson, G., Uvebrant, P. & Lundervold, A. J. (1997).** Dichotic-Listening Performance and Intracarotid Injections of Amobarbital in Children. *Archives of Neurology*, Vol. 54, 1491-1500.
- Hugdahl, K. (2000).** Lateralization of Cognitive Processes in the Brain. *Acta Psycho-logica* 105: 211-235.
- Hund-Georgiadis, M., Lex, U., Friederici, A. D. & v. Cramon, D. 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, 166-176.
- Isermann, H. (1997).** *Neurologie und neurologische Krankenpflege: Lehrbuch für Krankenschwestern, Krankenpfleger und medizinisch-technische Assistenzberufe.* Stuttgart: Kohlhammer.
- Janszky, J. (2002).** [Role of Epileptogenic Lesions in the Development of Ictal and Interictal Epileptic Disturbance]. (Artikel in ungarischer Sprache). *Orvosi hetilap*;143 (18), 915-920.
- Kimura, D. (1961a).** Cerebral Dominance and the Perception of Verbal Stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 166-171.
- Kimura, D. (1961b).** Some Effects of Temporal Lobe Damage on Auditory Perception. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 156-165.
- Kolb, I. & Wishaw, B. (1996).** *Neuropsychologie.* Heidelberg: Spektrum.
- Lee, G. P., Loring, D. W., Varney, N. R., Roberts, R. J., Newell, J. R., Martin, J. A., Smith, J. R., King, D. W., Meador, K. J., Murro, A. M. (1994).** Do Dichotic Word Listening Asymmetries Predict Side of Temporal Lobe Seizure Onset? *Epilepsy Research*, 19, 153-160.
- Luria, A. R. (1970).** *Traumatic Aphasia.* Den Haag : Mouton.
- Oldfield, R. C. (1971).** The Assessment and Analysis of Handness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia* 9, 97 – 114.
- Ortmann, W.-D. (1983).** *Wortbildung und Morphemstruktur: 4600 deutsche Morpheme.* Goethe-Institut München.

- Pfanzagl, J. (1962).** Höhere Methoden unter besonderer Berücksichtigung der Anwendung. In: Allgemeine Methodenlehre der Statistik. Bd. 1. Berlin: De Gruyter.
- Previc, F. H. (1991).** A General Theory Concerning the Prenatal Origins of Cerebral Lateralization. *Psychological Review*, Vol 98, No. 3: 299-334.
- Reiss, M. (1993).** Händigkeit und zerebrale Lateralität. *Psycho* 19: 382-387.
- Reiss, M. & Reiss, G. (1998).** Die funktionelle Asymmetrie des Vestibulärorganes: Die Beziehung zu verschiedenen Lateralitätsparametern. *Zeitschrift für Neuropsychologie* 9, Heft 2, 133-138.
- Satz, P. (1977).** Laterality Tests: An Inferential Problem. *Cortex* 13, 208-212.
- Satz, P., Orsini, D. L., Saslow, E, Henry, R. (1985).** Early Brain Injury and Pathological Lefthandness. In: Benson, F. D. & Zaidel, E. *The Dual Brain – Hemispheric Spezialisization in Humans*. New York: The Guilford Press.
- Satz, P., Strauss, E., Wada, J., Orsini, D. L. (1988).** Some Correlates of Intra- and Interhemispheric Speech Organization after Left Focal Brain Injury. *Neuropsychologia*, Vol. 26, No. 2, 345-350.
- Scheibel, A. B., Fried, I., Paul, L., Forsythe, U., Tomiyasu, A., Wechsler, A., Kao, A., Slotnick, J. (1985).** Differentiating Characteristics of the Human Speech Cortex: a Quantitative Golgi Study. In: Benson, D. F. & Zaidel, E. (Hrsg). *The Dual Brain*. New York: Guilford Press.
- Schmidt, D. (1988).** Epilepsien: Fragen und Antworten. München: Zuckschwerdt.
- Scholtz, H.-J. & Kunath, H. (1978).** Zur Durchführung des Tretversuches nach Unterberger. *HNO-Praxis*, 3, 266-271.
- Schulhoff, C. & Goodglass, H. (1969).** Dichotic Listening, Side of Brain Injury and Cerebral Dominance. *Neuropsychologia*, Vol. 7, 149-160.
- Silbernagl, S. & Lang, F. (1998).** Taschenatlas der Pathophysiologie. München: Deutscher Taschenbuchverlag.
- Springer, S. P. & Deutsch, G. (1998).** Linkes – rechtes Gehirn. Heidelberg: Spektrum.
- Taylor, M. M. (1988).** The Bilateral Cooperative Model. In: de Kerckhove, D. & Lumsden, C. J. (Eds). *The Alphabet and the Brain: The Lateralization of Writing*. New York: Springer.
- Unterberger, S. (1938).** Neue objektiv registrierbare Vestibularisdrehreaktion, erhalten durch Treten auf der Stelle. *Archiv für Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde*, 145, 478-492.

- Wexler, B. E. & Halwes, T. (1983).** Increasing the Power of Dichotic Methods: The Fused Rhymed Words Test. *Neuropsychologia*, 21, 59-66.
- Whitaker, L. A. (1983).** Item Analysis of a Single Response Dichotic Listening Test. *Cortex* 19, 243-257.
- Woods, B. T. (1984).** Dichotic Listening Ear Preference after Childhood Cerebral Lesions. *Neuropsychologia*, Vol. 22, No. 3, 303-310.
- Yeo, R. A., Gangestad, S. W., Thoma, R., Shaw, P., Repa, K. (1997).** Developmental Instability and Cerebral Lateralization. *Neuropsychology*, Vol. 11, No. 4: 552-561.
- Zatorre, R. J. (1989).** Perceptual Asymmetry on the Dichotic Fused Words Test and Cerebral Speech Lateralization Determined by the Carotid Sodium Amytal Test. *Neuropsychologia*, 27, No. 10, 1207-1219.

## 9. Anhang

### Anhang 1

#### Neuropsychologische Testbatterie

Screening: Rey-Kopie (nonverbale Funktionen)

Token Test (verbale Funktionen)

Wortschatz-Test (schulisches Bildungsniveau)

Kurzzeitgedächtnis: Zahlen-Nachsprechen, vorwärts (verbale Merkspanne)

Silben-Nachsprechen (Lautdiskrimination)

Block-tapping vorwärts (figurale Merkspanne)

BT 6 (figurale Merkspanne)

Lernen/Langzeitgedächtnisbildung: MAC (Selbsteinschätzung Gedächtnis)

VLMT (Listenlernen, langfristiger Abruf)

RFT (figurale Gedächtnisbildung)

Aufmerksamkeit: FEDA (Selbsteinschätzung Aufmerksamkeit)

TAP Alertness (allgemeine Wachheit)

TAP Go/NoGo (Wahlreaktion)

TAP geteilte Aufmerksamkeit (geteilte Aufmerksamkeit)

TAP Arbeitsgedächtnis

Intelligenz bildungsabhängig: WST (Wortschatztest)

Exekutive Funktionen: 5-Punkte-Test (Figuren generieren)

Wortflüssigkeit aus LPS

Tiere aufzählen

Arm, Hand- und Finger-Motorik: MLS-Tapping (Handgeschwindigkeit)

MLS kurze Stifte umstecken (Koordination)

MLS Pursuit Rotor (Arm-Hand-Koordination)

Sprachlateralisation: FW10B

## Anhang 2

### Untersuchungsprotokoll

Vp-Nr.:

Untersuchungsdatum:

Geburtsdatum:

Beruf/Tätigkeit:

bekannte Hirnläsionen

frühere Hirnerkrankungen:

bekannte Hörstörungen:

### Händigkeit

#### EHI

**Indifferenz** = ein Kreuz auf jeder Seite

**strikte Bevorzugung** = zwei Kreuze auf einer Seite

Seite

immer zwei Kreuze in einer Zeile links ! rechts

1. Schreiben	x x ! x x	links LQ < 0
2. Zeichnen	x x ! x x	Decile 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
3. Werfen	x x ! x x	L.Q: -28 -42 -54 -66 -76 -83 -87 -90 -92 -100
4. Schere halten	x x ! x x	
5. Zahnbürste halten	x x ! x x	rechts LQ > 0
6. Messer (ohne Gabel)	x x ! x x	Decile 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
7. Löffel halten	x x ! x x	L.Q: +48 +60 +68 +74 +80 +84 +88 +92 +95 +100
8. Kartenausteilen, Hand	x x ! x x	
9. Streichholz beim anzünden	x x ! x x	sR - sL
10. Zigarettenschachtel (Deckel)	x x ! x x	LQ = ----- x 100, LQ = ----- x 100 =
	Summe (sL, sR)	sR + sL

#### familiäre Linkshändigkeit

Größe der bekannten Primärfamilie: \_\_\_\_\_ Kinder: Mädchen 1 2 3 4 5 6 Jungen 1 2 3 4 5 6

familiäre Linkshändigkeit 1 ja 2 nein keine familiäre Linkshändigkeit

11 (Mutter) 12 (Vater) 13 (1. Bruder) 14 (2. Bruder) 15 (1. Schwester) 16 (2. Schwester)

spontane Schreibhand beim Schriffterwerb	1 links	2 rechts
späterer Handwechsel Schreiben	1 ja	2 nein
Handwechsel Richtung	2 von links nach rechts	1 von rechts nach links
Händefalten	1 linker Daumen oben	2 rechter Daumen oben
Händeklatschen	1 Re bewegt/oben	2 Li bewegt/oben



### Anhang 3

#### Instruktion FW10B

Während des folgenden Tests werden Ihnen über Kopfhörer nacheinander verschiedene Wörter dargeboten. Alle Wörter sind Substantive der deutschen Sprache. Ich werde Ihnen jetzt 20 Wörter vorlesen. Im Test sind keine anderen Wörter zu hören, als diese.

<b>Topf</b>	<b>Pfropf</b>	<b>Blei</b>	<b>Kohl</b>	<b>Tran</b>
<b>Pol</b>	<b>Bier</b>	<b>Kreis</b>	<b>Trick</b>	<b>Preis</b>
<b>Kopf</b>	<b>Kult</b>	<b>Trott</b>	<b>Pult</b>	<b>Kran</b>
<b>Drei</b>	<b>Kropf</b>	<b>Pott</b>	<b>Klick</b>	<b>Gier</b>

Alle Wörter, die ich gerade vorgelesen habe, kommen im Test gleich häufig vor. Der Test besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil werden Ihnen die Wörter entweder auf dem linken oder auf dem rechten Ohr dargeboten. Im zweiten Teil werden Ihnen die Wörter auf dem linken und dem rechten Ohr dargeboten.

Nach jedem gehörten Wort erscheinen auf dem Monitor vier verschiedene Wörter. Sie sollen jeweils entscheiden, welches Wort Sie gerade über Kopfhörer gehört haben. Geben Sie die Nummer des Wortes, welches Sie gehört haben über die Tastatur ein. Dann drücken Sie zweimal die „Enter-Taste“. Daraufhin wird das nächste Wort dargeboten.

Jetzt beginnt der erste Teil des Testes. Ihnen werden die Wörter über Kopfhörer entweder auf dem linken oder dem rechten Ohr dargeboten. Entscheiden Sie jedes Mal, welches Wort Sie gehört haben und geben Sie das Ohr an, auf welchem Sie es gehört haben. Es folgt ein Durchgang, in dem jedes Wort zweimal vorkommt, auf jedem Ohr einmal.

..... (Durchführung 1. Teil)

Jetzt beginnt der zweite Teil des Tests. Ihnen werden die Wörter über Kopfhörer auf beiden Ohren gleichzeitig dargeboten. Dabei haben wir die Wörter elektronisch verändert, so dass sie manchmal etwas unscharf klingen. Entscheiden Sie nach jedem gehörten Wort, welches der auf dem Monitor gezeigten Wörter Sie gehört haben und geben Sie die entsprechende Ziffer über die Tastatur ein. Es folgen 8 Durchgänge, in denen jedes Wort zweimal dargeboten wird.

..... (Durchführung 2. Teil)

## Anhang 4

### Instruktion FW12K

Während des folgenden Tests werden Ihnen über Kopfhörer nacheinander verschiedene Wörter dargeboten. Alle Wörter sind Substantive der deutschen Sprache. Ich werde Ihnen jetzt 24 Wörter vorlesen. Im Test sind keine anderen Wörter zu hören, als diese.

<b>Kopf</b>	<b>Kohl</b>	<b>Bau</b>	<b>Topf</b>	<b>Kabel</b>
<b>Bass</b>	<b>Tau</b>	<b>Krücke</b>	<b>Tuch</b>	<b>Dorn</b>
<b>Glut</b>	<b>Blut</b>	<b>Buch</b>	<b>Colt</b>	<b>Gabel</b>
<b>Braut</b>	<b>Kraut</b>	<b>Gold</b>	<b>Gasse</b>	<b>Kasse</b>
<b>Pass</b>	<b>Pol</b>	<b>Brücke</b>	<b>Korn</b>	

Alle Wörter, die ich gerade vorgelesen habe, kommen im Test gleich häufig vor. Der Test besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil werden Ihnen die Wörter entweder auf dem linken oder auf dem rechten Ohr dargeboten. Im zweiten Teil werden Ihnen die Wörter auf dem linken und dem rechten Ohr dargeboten.

Nach jedem gehörten Wort werden Ihnen Abbildungen gezeigt. Sie sollen jeweils entscheiden, welches Wort Sie gerade über Kopfhörer gehört haben. Zeigen Sie auf das entsprechende Bild.

Jetzt beginnt der erste Teil des Testes. Ihnen werden die Wörter über Kopfhörer entweder auf dem linken oder dem rechten Ohr dargeboten. Entscheiden Sie jedes Mal, welches Wort Sie gehört haben und geben Sie das Ohr an, auf welchem Sie es gehört haben. Es folgt ein Durchgang, in dem jedes Wort zweimal vorkommt, auf jedem Ohr einmal.

..... (Durchführung 1. Teil)

Jetzt beginnt der zweite Teil des Tests. Ihnen werden die Wörter über Kopfhörer auf beiden Ohren gleichzeitig dargeboten. Dabei haben wir die Wörter elektronisch verändert, so dass sie manchmal etwas unscharf klingen. Entscheiden Sie nach jedem gehörten Wort, welche Abbildung dem gehörten Wort entspricht und zeigen Sie darauf. Es folgen 8 Durchgänge, in denen jedes Wort zweimal dargeboten wird.

..... (Durchführung 2. Teil)

## Anhang 5

### Instruktion Unterberger Tretversuch

Wir führen jetzt einen motorischen Test durch. Dazu sollen Sie eine Minute lang auf der Stelle treten. Ungefähr in diesem Tempo: (VL führt Tempo vor) also die Schritte im Abstand von etwas mehr als einer Sekunde, so dass pro Minute ca. 50 Schritte entstehen. Dabei sollen Sie nicht marschieren, sondern ruhig auf der Stelle gehen und die Beine etwas anheben.

Bitte stellen Sie sich so an die Position A (B), dass Sie bequem stehen und die Füße parallel zur Mittellinie ausgerichtet sind. Sie bekommen jetzt eine Brille und Gehörschutz. Bitte schließen Sie unter der Brille die Augen. Ich gebe das Startsignal. Wenn der Piepton der Stoppuhr ertönt, bleiben Sie bitte stehen.

## Anhang 6

### INSTRUKTION LEXIKALISCHE ENTSCHEIDUNGSAUFGABE – VHFT

Dir werden im folgenden verschiedene Buchstabenfolgen an verschiedenen Positionen des Bildschirms dargeboten. Von diesen Buchstabenfolgen sind etwa die Hälfte echte Wörter der deutschen Sprache, die andere Hälfte jedoch sinnlose Kombinationen, die aber durchaus an Wörter der deutschen Sprache erinnern können. Die Buchstabenfolge enthält in jedem Fall nur Großbuchstaben. Deine Aufgabe ist es, durch Drücken der Tasten

J = (Wort)    oder    N = (Nicht-Wort)

zu entscheiden, ob es sich um ein echtes Wort der deutschen Sprache gehandelt hat oder nicht.

**ES KOMMT DABEI AUF DIE GESCHWINDIGKEIT UND DIE RICHTIGKEIT  
DEINER ANTWORT AN!!!**

Entscheide Dich also zügig, drücke **AUF JEDEN FALL** eine der Tasten J oder N, auch wenn Du Dir unsicher bist (das Programm wird sonst nicht fortgesetzt).

Gib bitte alle Deine Antworten ausschließlich mit einer Hand!!!

Der Versuch besteht aus mehreren Durchgängen. Jeder dieser Durchgänge ist wie folgt aufgebaut: Kurz vor dem Erscheinen einer Buchstabenfolge ertönt ein Signal und auf der Mitte des Bildschirms erscheint ein kleines Kreuz (+), das auch für die Zeit der Darbietung der Buchstabenfolge zu sehen bleibt. Danach erscheint **ZUFÄLLIG** rechts oder links vom Kreuz für sehr kurze Zeit die Buchstabenfolge.

**FIXIERE BITTE UNBEDINGT WÄHREND DER GESAMTEN DARBIETUNGSZEIT  
DAS KREUZ.**

**DAS GELINGEN DES VERSUCHES HÄNGT ENTSCHEIDEND DAVON AB!**

Nach kurzer Zeit wird der gesamte Bildschirm gelöscht und ein Fragezeichen (?) erscheint in der Mitte. Gib nun bitte schnell Deine Antwort. Danach beginnt der nächste Durchgang.

Denke daran, dass die Buchstabenfolgen jeweils etwa zur Hälfte echte Wörter oder Nicht-Wörter sind. Dies gilt sowohl für die rechte als auch für die linke Seite der Darbietungen.

Am Ende aller Durchgänge wird eine Ergebnistabelle ausgegeben.

## Anhang 7

Itemlisten der einzelnen Durchgänge der lexikalischen Entscheidungsaufgabe (lexical decision task) in visueller Halbfeldtechnik:

LDT A		LDT B		LDT C		LDT D	
ADEL	DELA	BAHN	NAHB	BAND	DANB	ARZT	TRAZ
AULA	ALAU	BILD	LIBD	BROT	TROB	BART	TARB
DING	GIND	BUCH	CHUB	BUND	BNUD	BIER	RIEB
EHRE	HERE	BURG	GURB	FILM	MILF	DACH	CHAD
FORM	MORF	DANK	KNAD	HAUS	SUHA	DUFT	FUDT
GANG	GNAG	FACH	FHAC	HUND	NUHD	FELD	LEFD
GAST	STAG	FLUG	GLUF	KAUF	FAKU	HAST	STAH
HALT	LAHT	FUND	DUNF	RAUM	RUMA	HERD	DEHR
IGEL	LEGI	GELD	LEGD	REIZ	ZIRE	KIND	KNIK
KERN	RENK	HAND	NAHD	STIL	TILS	NERV	VREN
KOPF	PFOK	HEIM	MIHE	TAKT	KATB	PARK	KRAP
LAND	NALD	JAHR	ARHJ	TEIL	LITE	REIF	FERI
LIGA	ILAG	KOST	SKOT	TOUR	ORTU	REST	SERT
MAGD	GMAD	LAUB	BULA	WELT	TWEL	RING	GNIR
NORM	MORN	LAUF	FALU	WOHL	LOHW	SIEB	BEIS
OPER	EPOR	POST	TOPS	WORT	ROWT	WEIN	WINE
RAND	NARD	REIS	RISE	ZEIT	ZETI	WERT	WRET
WERK	WREK	WIRT	RIWT	ZEUG	GEZU	ZAHL	LAHZ