

GEZÄSCHTE  
MEH-NR

1	4
2	7
3	21
4	<u>25</u>
5	29
6	20
7	<u>31</u>
8	32
9	33
10	35
11	43

**FREIE UNIVERSITÄT BERLIN**

Fachbereich Erziehungs- und  
Unterrichtswissenschaften  
Institut für Psychologie

REST = 90 ITEMS

$$\begin{array}{r} 4 \times 22 = 88 \\ 11 \times 22 = 22 \\ \hline 110 \end{array}$$

**Validierung eines neuentwickelten dichotischen Hörtests  
zur Messung der Sprachlateralisation an zwei Stichproben  
von Patienten mit fokaler Epilepsie**

**Diplomarbeit**  
erstellt unter der Leitung von  
Prof. Dr. Peter Walschburger  
Prof. Dr. Rainer Bösel

Martin Beier  
Leibnizstr. 32  
10625 Berlin

Berlin im September 94

## *Vorwort*

Die Patientenuntersuchungen in Berlin wurden durch das Einverständnis von Prof.Dr. Meencke und Dipl.-Psych. Hättig ermöglicht, während in Bonn Prof.Dr. Elger und Dipl.-Psych. Helmstaedter ihre Einwilligung gaben.

Bei der Umsetzung dieses Diplomarbeitsprojektes wurde ich sehr hilfreich von Heinz Hättig unterstützt. Dies betrifft sowohl das Bemühen um eine für den Versuch notwendige technische Ausstattung, als auch die Probleme der Durchführung, Auswertung und organisatorische Fragen. Hierfür sei ihm von mir herzlich gedankt.

Sehr hilfreich waren auch meine Eltern, die mir moralische Unterstützung gaben und halfen, das nach dem bestandenen Vordiplom nicht mehr genehmigte BAFÖG zu kompensieren.

Die Untersuchung der Bonner Stichprobe wurde durch die großzügige Unterstützung von Ruth Hieke ermöglicht, der ich an dieser Stelle noch einmal meinen besonderen Dank ausspreche.

Dies gilt auch für Ralph Tillmann, der besonders in der Schlußphase engagierte Rückmeldungen meiner letzten Fassungen abgab.

Für das Gewähren von technischer Hilfe danke ich Roland Striepling und Holger Prante.

## *Inhaltsverzeichnis*

1. Einleitung	4
2. Theoretische Grundlagen	6
2.1 Funktionelle Hemisphärenspezialisierung	6
2.2 Diagnostik der Sprachlateralisation	7
2.2.1 Dichotisches Hören	8
2.2.2 Erklärungsmodelle für das Dichotische Hören	10
2.2.3 Weitere Einflußfaktoren auf den Ohrvorteil	12
2.3 Fused Rhymed Words Test	15
2.4 Lateralitätsindizes	19
2.5 Wada-Test	22
2.5.1 Fokale Temporallappenepilepsie	25
2.5.2 Indikation zur chirurgischen Behandlung und zum Wada-Test	28
3. Fragestellung	31

4. Methode	36
4.1 Testentwicklung	36
4.2 Testdurchführung	47
4.3 Auswertung	49
5. Ergebnisse	50
5.1 Deskriptive Statistik der Lambda-Werte in den verschiedenen Stichproben	51
5.1.1 Berliner Stichprobe	51
5.1.2 Bonner Stichprobe	55
5.1.3 Kontrollgruppe	58
5.1.4 Gesamte Patientenstichprobe	60
5.2 Vergleich der Wada-Testergebnisse und der Lambda-Werte der Patienten	62
5.3 Testanalyse	63
5.4 Einfluß der Faktoren Herdseite und Operation	69
6. Diskussion	75
7. Zusammenfassung	78
Literaturverzeichnis	79
Anhang	84

## *1. Einleitung*

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung der Sprachlateralisierung bei prä- und postoperativen Epilepsie-Patienten mit Hilfe des Fused Rhymed Words Test (FRWT), der nach dem Prinzip des dichotischen Hörens funktioniert.

Das zur Zeit zuverlässigste Verfahren der Messung der Sprachlateralisierung - der Wada-Test - dient dabei als Validierungskriterium. Dieser Test wird bei einer für präoperative Epilepsiepatienten obligaten Angiographie (Gefäßdarstellung) durchgeführt. Dabei wird eine Hemisphäre des Patienten kurzzeitig betäubt (3-8 min). Während der Betäubungsphase wird ein kurzer sensibler und motorischer Sprach-/ und Lerntest durchgeführt. Dadurch kann mit sehr hoher Sicherheit festgestellt werden, welche Hemisphäre des Patienten sprachdominant ist. Bei den Patienten der hier untersuchten Stichproben ist dieser Test durchgeführt worden und soll deshalb mit den Ergebnissen des FRWT verglichen werden.

Inhalt des 2. Kapitels ist die Darstellung der theoretischen Grundlagen in Bezug auf die sprachliche Hemisphärenspezialisierung, das dichotische Hören und den Wada-Test. Zusätzlich kommen wichtige Faktoren der - für diese Stichprobe charakteristischen - epileptischen Erkrankungsform zur Sprache, d.h. der Zusammenhang zwischen der Temporallappenepilepsie und der Indikation für den Wada-Test wird erläutert. Schließlich werden Einflußfaktoren aufgezeigt, die sich störend auf die Messung der Lateralisierung auswirken können.

Im 3. Kapitel werden die Fragestellung sowie die daraus abgeleiteten Hypothesen erörtert.

Die Zusammensetzung der Stichprobe, das methodische Vorgehen, das Versuchsdesign, die verwendeten Stimuli, die Durchführung des Versuchs und die Datenerhebung sind Thema des 4. Kapitels.

Die Ergebnisse der Untersuchung werden in Kapitel 5 dargestellt.

Im 6. Kapitel werden die Ergebnisse diskutiert, während das 7. Kapitel eine Zusammenfassung des Ablaufs und der Ergebnisse der Untersuchung bietet.

## **2. Theoretische Grundlagen**

### **2.1 Funktionelle Hemisphärenspezialisierung**

Das menschliche Großhirn besteht aus zwei symmetrisch wirkenden Hemisphären. Schon im letzten Jahrhundert wurden jedoch erste Hinweise dafür gefunden, daß es funktionale Spezialisierungen der beiden Großhirnhemisphären gibt.

In Bezug auf die Sprache vermutete der Chirurg Paul Broca bereits 1863, daß es Beziehungen zwischen dem Ort der Hirnläsion und der hemisphärischen Lokalisation der Sprachfunktionen gibt. Mehrere Autopsien von Patienten mit Sprachverlust brachten Läsionen in einem Bereich des linken Frontallappens zutage, der als Broca'sches Areal bezeichnet wird und von dem man heute weiß, daß er die motorischen Sprachfunktionen steuert.

Die Erforschung der Hemisphärenspezialisierung von intellektuellen Leistungen wie Gedächtnis- oder Sprach-funktionen und räumlich-visuellen Leistungen wie die Orientierung im Raum, Erkennen von Gesichtern, etc., ist in den letzten Jahrzehnten intensiv betrieben worden. Die experimentellen Befunde weisen eine ganze Reihe von mehr oder weniger lateralisierten Funktionen des Gehirns aus.

Einerseits werden unterschiedlichste Modalitäten wie Sehen, Hören und Fühlen (vgl. De Renzi et al., 1970) geprüft, andererseits hat man auch versucht, übergeordnete Charakteristika für Unterschiede in den Denkstilen der beiden Hemisphären zu finden.

Sehr viele Befunde sprechen mittlerweile dafür, daß es Spezialisierungen der Hemisphären in verbalen (linke Hemisphäre) und nicht-verbalen/räumlichen (rechte

Hemisphäre) Funktionen gibt. Aber auch andere dichotomische Unterteilungen wie sequentiell vs. gleichzeitig, digital vs. analog wurden vorgenommen.

Die im klinischen Bereich angewendeten Methoden der lateralisierten Reizdarbietung sind hauptsächlich tachistoskopische und dichotische Verfahren. Überwiegend werden die Sprachlateralisierung sowie die räumlich-figurale Spezialisierung gemessen.

Ein Beispiel für andere Fragestellungen ist die Untersuchung der Explorationsasymmetrie (Hättig, 1992). Hierbei wird dem Probanden eine Diaserie mit 50 Texturen dargeboten, die unterschiedliche graphische Figuren zeigen, von denen der Proband bestimmte Figuren herausfinden muß. Bei gesunden rechtshändigen Probanden entsteht eine Bevorzugung des linken Explorationsfeldes, während Personen mit einer rechtshemisphärischen Läsion bevorzugt die rechte Seite explorieren. Für einen umfassenden Überblick der Hemisphärenspezialisierung und deren Messung wird auf Springer und Deutsch (1993) verwiesen.

## **2.2 Diagnostik der Sprachlateralisation**

Die Diagnose der Sprachlateralisierung kann invasiv oder nicht-invasiv erfolgen. Der mit einem körperlichen Eingriff verbundene Wada-Test gilt als invasiv, während die dichotischen Testverfahren als nicht-invasiv verstanden werden. Das Prinzip des dichotischen Hörens, der Fused Rhymed Words Test (FRWT) und der Wada-Test werden im folgenden genauer beschrieben, da sie das Untersuchungsinstrument (FRWT) bzw. Validierungsinstrument (Wada-Test) dieser Arbeit darstellen.

### 2.2.1 Dichotisches Hören

Erste Versuche mit Stimulationsreizen für beide Ohren wurden durch Broadbent (1954) bekannt. Er untersuchte die Anforderungssituation von Fluglotsen. Dabei wurden der Versuchsperson gleichzeitig verschiedene Zahlenfolgen (Identifikationsnummern der Flugzeuge) für jedes Ohr über einen Kopfhörer dargeboten. Wenn die Darbietung schnell erfolgte (ca. 2 Zahlen/sec/Ohr), gaben die Versuchspersonen erst das komplette Item eines Ohres wieder, dann folgte das andere. Bei langsamerer Darbietungsfolge konnten die Probanden die genaue Sequenz der Zahlen unabhängig von der Ohrzuordnung wiedergeben. In der Auslegung dieser frühen Studien standen weitestgehend gedächtnis- und aufmerksamsrelevante Aspekte im Vordergrund.

Der dichotische Hörtest ist ein Verfahren, das einem Probanden akustische Reize auf beiden Ohren gleichzeitig darbietet. Bei gleichem Stimulusmaterial wird jedem Ohr ein unterschiedlicher Reiz dargeboten. So kann z.B. für das rechte Ohr die Silbe "ta" hörbar sein und gleichzeitig für das linke Ohr die Silbe "re". Der Proband soll bei den meisten dichotischen Versuchsanordnungen das mit beiden Ohren Gehörte wiedergeben. Erfahrungsgemäß ergibt sich bei den meisten Probanden nach der Darbietung von entsprechend vielen Stimuluspaaren ein Vorteil für die Wiedergabeleistung einer Ohrseite.

Die Psychologin Doreen Kimura (1961a) war mit einem ähnlichen Thema beschäftigt, wie es dieser Arbeit zugrundeliegt. Sie testete Patienten, die unter einer medikamentenresistenten Temporallappenepilepsie litten, mit einem dichotischen Hörtest. Die Probanden hatten vorher einen Wada-Test absolviert. Sie stellte bei der Patienten-gruppe mit durch den Wada-Test erwiesener linkshemisphärischer Sprachrepräsentation einen Rechtsohr-Vorteil (REA) fest, während sie bei rechtshemisphärischer Sprachrepräsentation einen Linksohr-Vorteil (LEA) fand.

Dieses Ergebnis war unabhängig von der Händigkeit der Patienten. Der Vorteil der Wiedergabeleistung für das rechte Ohr wird hier im folgenden mit REA (Right Ear Advantage), und der Vorteil des linken Ohres entsprechend mit LEA (Left Ear Advantage) bezeichnet. Kimura (1961b) konnte noch im gleichen Jahr ein entsprechendes Experiment an gesunden Probanden durchführen und registrierte dabei einen relativ größeren Anteil an Personen, die einen REA für sprachliches Material aufwiesen. Als Material wurden ähnlich wie bei Broadbent Zahlen verwendet.

Die Arten des verwendeten Stimulusmaterials sind unterschiedlichster Natur. Für einen erhaltenen REA wurden z.B. Zahlen, Wörter, sinnfreie Silben, Formantenübergänge, Rückwärts-Sprache, Morsezeichen, schwierige Rhythmen, zeitliche Abfolgen, bewegungsbezogene Tonsignale, etc. verwendet. Als sprachbezogene Stimuli haben CV-Silben (Consonant Vowel) und Wörter wohl die häufigste Verwendung gefunden.

LEA-produzierende Stimuli sind überwiegend Melodien, Akkorde, Umgebungsgeräusche und andere nichtsprachliche Reize.

Bei der Erstellung der Stimuli für einen dichotischen Test gibt es einige wichtige Kriterien zu beachten. In frühen Studien wurden etliche Bedingungen des Stimulusmaterials noch nicht berücksichtigt, die heute für die Zusammenstellung des Testmaterials dichotischer Tests als wichtig gelten. Da bis in die siebziger Jahre hinein mit Tonbandgeräten gearbeitet wurde, waren vor allem zeitliche Faktoren bei den Sprachaufnahmen noch nicht so genau zu realisieren. Um die gleiche Stimulusqualität für beide Ohren zu erhalten, müssen die verwendeten Silben möglichst gleich lang sein. Wenn hier zu große Abweichungen bestehen, stellt dies einen möglichen Störfaktor dar. Auch die Zeit bis zum Anfang des ersten Wortes sollte für beide Ohren möglichst gleich sein. Heute werden die Stimuli digitalisiert

einem Computer eingegeben und können auf weniger als eine Millisekunde genau bearbeitet werden.

### 2.2.2 Erklärungsmodelle für Dichotisches Hören

Die zuerst formulierte Vorstellung über das Zustandekommen des REA ist auch als strukturelle Theorie bekannt. Kimura (1967) vertrat die Ansicht, daß die ipsilateralen Hörbahnen bei einer kompetitiven Reizung beider Ohren durch einen dichotischen Stimulus gehemmt bzw. blockiert werden. Dazu soll die Reizleitung vom Innenohr zum Gehirn im Überblick beschrieben werden.

Anders als beim visuellen Sinnessystem erhält die Hörrinde jeder Hemisphäre die volle Information beider Ohren. Die aufsteigenden Projektionen eines Ohres bilden ein stärkeres Nervenbündel, das zur kontralateralen Hemisphäre führt und ein schwächeres für die ipsilaterale Hirnhälfte. Ausgehend vom Hörnerven (Nervus cochlearis) verläuft die Reizleitung über mehrere Schaltstationen zu einem Schaltrelais im Zwischenhirn, dem Corpus geniculatum mediale. Von dort aus führt die sogenannte Hörstrahlung (Radiatio acustica) in den primären akustischen Cortex (Gyri temporales transversi und Planum temporale). Für eine detailliertere Beschreibung wird auf den neuroanatomischen Atlas von Nieuwenhuys et al. (1991) verwiesen.

Kimuras Theorie setzt also voraus, daß es so etwas wie einen physiologischen Schaltmechanismus gibt, der dann in Kraft tritt, wenn beide Ohren unterschiedliche Informationen mit großer Schnelligkeit gleichzeitig aufnehmen müssen, also wenn es zu einer konkurrierenden Stimuluseingabe kommt. Als ein Argument für diese Erklärungsmöglichkeit kann die Tatsache gelten, daß monoaurale Ohrvor-

teile nur sehr schwer nachweisbar und dann meist ziemlich klein sind, also wahrscheinlich auf einem anderen Wirkmechanismus beruhen.

Von Kinsbourne (1973) stammt die Theorie, nach der die Aufmerksamkeit der wesentliche Faktor für das Zustandekommen eines Ohrvorteils ist. Demnach wird bei der Versuchsperson in Erwartung von sprachlichen Reizen die darauf spezialisierte Hemisphäre voraktiviert (biased priming effect) und dadurch die Aufmerksamkeit auf die kontralaterale Seite verlagert. Wenn ein Ohrvorteil nur daraus resultieren würde, müßte er bei einer gelungenen experimentellen Kontrolle der Aufmerksamkeit verschwinden. In den letzten Jahrzehnten sind viele Experimente gemacht worden, bei denen die Aufmerksamkeit kontrolliert worden war, und bei denen trotzdem ein Ohrvorteil als Ergebnis entstand. Wenn also der Aufmerksamkeitseffekt eine gewisse Rolle spielt, bietet er jedoch keinesfalls eine ausreichende Erklärung für das Phänomen des Ohrvorteils, den man bei den meisten Probanden erhält.

Eine weitere Erklärungsmöglichkeit bietet die Beteiligung des Kurzzeitgedächtnisses. Demnach wird möglicherweise das dem rechten Ohr dargebotene Material dauerhafter im Arbeitsgedächtnis der Versuchsperson gespeichert, so daß die Gedächtnisspur weniger schnell zerfällt, als diejenige der anderen Ohrseite. Auch dies reicht aber als Erklärungsmöglichkeit für den Ohrvorteil nicht aus.

Bryden erwähnte in seinem Buch "Laterality" (Bryden, 1982) als vierte Möglichkeit der Erklärung die perzeptuelle Asymmetrie. Die direkt zur linken Hemisphäre führende Nervenleitung des rechten Ohres soll demnach mit einem größeren Signal-Rausch-Abstand begünstigt sein. Später diskutiert Bryden (1988) hauptsächlich die strukturellen und aufmerksamkeitsbezogenen Theorien. Er schlägt ein modifiziertes strukturelles Modell vor, das die Aufmerksamkeitseffekte miteinbezieht.

Ein Teil des Temporallappens - das Planum temporale - ist in die anatomisch-strukturellen Überlegungen miteinzubeziehen. Das Planum enthält den primären auditiven Cortex und ist bei den meisten Menschen in der linken Hirnhälfte größer. Daraus wird abgeleitet, daß das größere Planum einen Vorteil der betreffenden Hemisphäre für komplexe sprachliche Aufgaben bedeutet (siehe Strauss et al., 1985; Witelson, 1983; Witelson et al., 1988).

Schließlich weist die Stärke und Effizienz der subkortikalen akustischen Reizleitungen individuelle Unterschiede auf. Daher schlägt Bryden (1988) die Entwicklung einer "Eich"-Aufgabe vor, die durch spezifisch dichotische Testung beide Hemisphären gleich stark beansprucht. Von einem derartigen individuellen Nullniveau aus könnten dann relative Ohrvorteile gemessen werden.

### **2.2.3 Weitere Einflußfaktoren auf den Ohrvorteil**

Ein vielbeachteter und bei neuropsychologischen Untersuchungen routinemäßig miterhobener Faktor ist die Händigkeit. Schon Kimura stellte in ihrer Studie (1961b) fest, daß mehr Rechtshänder einen REA zeigen, als Linkshänder. Außerdem war der bei Linkshändern vorgefundene REA durchschnittlich kleiner, als bei Rechtshändern.

Die Arbeit von Kurthen (1993) zeigt in einer Übersicht die von 10 verschiedenen Autoren beim Wada-Test gefundenen Dominanzmuster in Relation zur Händigkeit. Von den Rechtshändern lag der Anteil der linkshemisphärisch dominanten Patienten bei 9 Autoren zwischen 80 und 94%, ein Autor fand nur 63%. Von den Linkshändern diagnostizierten 9 Autoren 38-60% als linksdominant, während ein Autor auf nur 24% kam.

Bryden (1988) bietet eine Übersicht von 19 dichotischen Studien mit der Angabe von Händigkeit (re oder li) und erlangtem Ohrvorteil (REA oder LEA). Es wurde daraufhin verglichen, ob sich in den beiden Händigkeitsgruppen signifikante Häufigkeitsunterschiede bezüglich des Ohrvorteils ergeben. Nur in einer Studie hatten relativ mehr Linkshänder als Rechtshänder einen REA. In den anderen Studien hatten die Rechtshänder relativ häufiger einen REA, wobei 10 von den 19 Studien eine Signifikanz für die Zahl der Rechtshänder, die einen REA zeigten, ergaben. Dabei war der gesamte Durchschnitt aller Studien ebenfalls signifikant für die Häufigkeit der Rechtshänder mit einem REA.

Insgesamt hat sich diese Einschätzung als recht stabil erwiesen. Demnach ist zu erwarten, daß bei einer gleich hohen Anzahl von Rechts- und Linkshändern in einem dichotischen Hörexperiment mehr Rechtshänder als Linkshänder einen REA aufweisen. Nimmt man die Gruppe der Linkshänder für sich, muß man mit einer heterogeneren Verteilung der Sprachdominanzmuster rechnen. Obwohl die meisten Probanden in dieser Gruppe ebenfalls einen REA aufweisen, ist dieser tendentiell kleiner als bei den Rechtshändern. Daraus folgt auch, daß unter den Linkshändern relativ mehr Probanden mit einem LEA oder keinem signifikanten Ohrvorteil zu finden sind, von denen viele eine rechtshemisphärische bzw. bilaterale Sprachrepräsentation haben.

Ein weiterer Einflußfaktor auf den Ohrvorteil könnte das Geschlecht der Probanden sein.

Nach Bryden (1988, S.30-32) haben prozentual mehr rechts-händige Männer als Frauen einen REA. Die Versuchsdaten stammen allerdings ausschließlich aus dem Labor des Autors und er beschreibt den Signifikanzeffekt als marginal. Springer & Deutsch (1993, S.163) stellen fest, daß die Hälfte aller Untersuchungen, die sich mit Geschlechtsunterschieden hinsichtlich der Lateralisierung bei dichotischem

Hören beschäftigen, keine Geschlechts-unterschiede zeigen. Die andere Hälfte läßt eine größere Lateralisierung bei Männern erkennen. Neuerdings haben sich Hinweise darauf ergeben, daß es bei Frauen Schwankungen im Grad der Lateralisierung gibt, die auf den Hormonzyklus zurückzuführen sind (Kimura und Hampson, 1992).

Der Einfluß einer Hirnschädigung auf das Ergebnis eines dichotischen Hörtests ist seit Kimura (1961a) wiederholt untersucht worden. Kimura selbst war durch ihre Untersuchung zu dem Ergebnis gelangt, daß ein Läsionseffekt existiert. Die substantiell geschädigte Hirnseite weist eine durchschnittlich schlechtere Ohrleistung auf, was zu einem Vorteil des anderen Ohres führen kann. Ein derartiger Ohrvorteil kommt also nur durch das Nachlassen bzw. völlige Versagen der läsionsbezogenen Ohrseite zustande und muß anders interpretiert werden, als Fälle mit einem Ohrvorteil ohne Schädigung. Anders sieht es aus, wenn keine substantielle Schädigung, sondern nur die bei Epileptikern manchmal beobachtbaren elektrophysiologischen Veränderungen nachweisbar sind. Zatorre (1989) stellte in seiner Untersuchung fest, daß die Seite der größten epileptischen Aktivität nicht mit einer Veränderung des Ohrvorteils in Zusammenhang steht. Mazzucchi und Parma (1978) verglichen eine Gruppe epileptischer Patienten, die eine makroskopisch nachweisbare Läsion hatten, mit einer Gruppe von Epileptikern mit fokalen EEG-Veränderungen ohne makroskopische Läsion. Das Stimulusmaterial bestand aus Zahlensilben und Wörtern. Während sich bei der Gruppe mit Strukturläsionen der Läsionseffekt einstellte, war bei der Gruppe ohne Läsion ein "paradoxe" Effekt zu beobachten. Dabei zeigte die kontralaterale Ohrseite der Hemisphäre mit der größeren epileptischen Aktivität einen überdurchschnittlich großen Ohrvorteil. Bei einer linkshemisphärischen EEG-Aktivität ergab sich also ein größerer REA. Dies steht im Widerspruch zu Zatorres Ergebnis. Jedenfalls kann aus den in der Literatur wiedergegebenen Ergebnissen der vorläufige Schluß gezogen werden, daß eine strukturelle Läsion eine deutlichere Schwächung des Ohrvorteils bewirkt, als

das bloße Vorhandensein atypischer EEG-Muster. Allerdings ist hier kritisch anzumerken, daß mit der Weiterentwicklung der bildgebenden Verfahren immer mehr epileptische Herde mit strukturellen Defekten entdeckt werden, so daß kaum noch von epileptischen Erkrankungen ohne strukturelle Veränderung des betroffenen Nervengewebes gesprochen werden kann.

### 2.3 Fused Rhymed Words Test

Die ursprünglichen Versionen des Fused Rhymed Words Tests (FRWT) von Johnson et al. (1977) sowie von Halwes (1969), wurden von Wexler & Halwes (1983) zu einem neuen FRWT weiterentwickelt. Es handelt sich dabei um einen speziellen dichotischen Hörtest. Der Test besteht aus einsilbigen sich reimenden Hauptwörtern, die sich nur im Anfangskonsonanten unterscheiden (z.B. coat und goat). Diese Konsonanten waren b, p, d, t, g und k. Die Wörter wurden zunächst durch eine digitale Aufnahme auf ein Tonband aufgenommen. Dann wurden die Signale mit Hilfe eines speziellen Sprachcomputers bearbeitet. Um einen möglichst gleichen Klang der Wortenden und eine gleiche Gesamtlänge der Wörter zu erzielen, wurde zuerst der Anfangskonsonant von jedem Einzelwort eines Paares abgetrennt (z.B. c von coat und g von goat). Die zeitliche Länge dieser Konsonanten wurde verglichen und wenn Unterschiede existierten, wurden diese durch Heraustrennen von Segmenten des längeren Konsonanten bis auf wenige Millisekunden angeglichen. Dann wurde das Vokal-Konsonanten-Ende eines der beiden Wörter (z.B. oat von coat) abgetrennt und an die Anfangskonsonanten der ersten beiden Wörter angefügt. Der Sinn dieses cross-splicing genannten Verfahrens ist es, eine zeitlich und klanglich gleichlange abschließende Vokal-Konsonantengruppe zu erhalten.

Wenn ein fertig aufbereitetes Wortpaar einer Versuchsperson zeitgleich über Kopfhörer stereophon (z.B. links coat und rechts goat) dargeboten wird, dann entsteht der Höreindruck eines einzigen "in der Mitte des Kopfes" verschmolzenen (engl. fused) Wortes, d.h. es wird entweder nur coat oder nur goat gehört. Der gehörte Konsonant eines Wortpaares wird als Wertung für die bevorzugt wahrgenommene Kanalseite gezählt (z.B. goat/ rechter Kanal = Wertung für rechtes Ohr). Da jedes Item in jedem Durchgang auch mit vertauschten Kanälen dargeboten wird (links goat und rechts coat), ergibt sich bei einer weiteren Wertung für die rechte Ohrseite (coat/rechter Kanal=Wertung für rechtes Ohr) ein Punkt für das rechte Ohr, bezogen auf dieses Item für diesen Probanden. Die Punkte sämtlicher Items im gesamten Test für einen Probanden werden aufaddiert, woraus sich die Gesamtzahl der erreichten Punkte rechts und links bei einem Probanden ergibt. Diese werden dann zu einer Gesamtbilanz verrechnet. Probanden, die häufiger die auf der rechten Kanalseite dargebotenen Items erkennen, haben demnach vermutlich eine linkshemisphärische Sprachdominanz. Dementsprechend deutet ein LEA auf eine rechts-hemisphärische Sprachdominanz hin. Eine Unsicherheit besteht allerdings darin, wie hoch die zahlenmäßige Überlegenheit einer Ohrseite veranschlagt werden soll, um eine möglichst sichere Klassifikation der Sprachdominanz zu erlauben. Wexler & Halwes (1983) errechneten zum Vergleich Chi-Quadrat-Tests mit unterschiedlicher Irrtumswahrscheinlichkeit. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $P < 0.10$  konnten 49% aller rechtshändigen Probanden sicher klassifiziert werden, von denen 98% einen REA aufwiesen. Bei  $P < 0.30$  waren es 62%, davon 97% mit einem REA. Von den linkshändigen Probanden konnten nur 36% auf dem Niveau von  $P < 0.10$  klassifiziert werden, von denen 30% einen LEA hatten.

Ein weiteres Problem betrifft die Stimulusdominanz. Eine solche ergibt sich dann, wenn ein Wort eines Paares auf beiden Ohrseiten wahrgenommen wird. Ein sol-

ches Item sagt nichts über eine perzeptuelle Symetrie bzw. Asymetrie aus und wird deshalb nicht in die Auswertung einbezogen.

Schließlich ist noch die Wahrnehmung eines dritten, nicht dargebotenen Konsonanten möglich (z.B. tar/bar, bar als par gehört). Wexler & Halwes nennen dieses Phänomen Mischung (blend), bei Zatorre wird es als Fehler beschrieben. Selbstverständlich scheiden auch diese Items aus der Berechnung der Sprachlateralisierung aus, wobei unabhängig davon die Fehlerraten einzelner Gruppen erhoben werden können. Nach Zatorre sind hierbei keine signifikanten Unterschiede zu erwarten.

Wexler & Halwes (1983) testeten eine recht große Stichprobe von 194 Rechtshändern und 175 Linkshändern im Alter von 15 bis 67 Jahren mit dem FRWT. Es handelte sich dabei um gesunde Probanden. Zunächst wurde jedes verwendete Wort binaural (auf beiden Kanälen) dargeboten, damit festgestellt werden konnte, ob die Probanden die Einzelwörter richtig verstehen. Die 15 Wortpaare wurden je zweimal pro Durchgang mit unterschiedlicher Kanalbelegung dargeboten. Jedes Wort war also in einem Durchgang von 30 Trials einmal auf jedem Kanal zu hören. Insgesamt wurden 4 Durchgänge verwendet, so daß ein Wort eines Paares viermal auf jedem Kanal zu hören war und insgesamt 120 Trials dargeboten wurden.

Zatorre (1989) testete eine klinische Stichprobe am Montreal Neurological Institute Hospital, die aus 67 epileptischen Patienten bestand, von denen 60 unter fokalen Temporallappenepilepsien litten. Die restlichen sieben hatten anders lokalisierte epileptische Anfälle. Kein Patient war vor dem Test operiert worden. Da alle Patienten den Wada-Test absolviert hatten, war ihre Sprachlateralisierung bekannt. Nach Ausschluß von 6 Patienten, die zu wenig Punkte erzielt hatten, blieben 61 Patienten und 30 Probanden der Kontrollgruppe für die Analyse übrig. Die Berechnungen erfolgten sowohl nach dem Differenz-, als auch nach dem Lambda-

Index. 32 der nach dem Wada-Test als linkshemisphärisch eingestuften Patienten erhielten einen REA, während 2 einen LEA zeigten. Somit wären in dieser Gruppe 94% richtig klassifiziert worden, wenn man einen REA allein als hinreichend betrachtet. Während die üblichen Schätzungen der Validität dichotischer Hörtests etwa bei 70-85% korrekter Klassifikation liegen, ist Zatorres Wert als sehr hoch einzuschätzen. Allerdings ergab sich bezüglich der Einschätzung der Sprachlateralisierung im Vergleich mit der Gruppe der bilateralen Patienten ein Problem. Ein Teil der Patienten mit bilateraler Sprachrepräsentation belegten einen Wertebereich der linkshemisphärisch dominanten Patienten, zeigten also einen REA. Bei Verwendung des Differenz-Index lagen 13 linksdominante und 7 bilaterale Patienten im Bereich von 0 bis 10, bei Verwendung des Lambda-Index 12 linksdominante und 7 bilaterale im Bereich von 0 bis 1 (Erklärung der Indizes s.Kap. 2.5). Hier gelang also die diskriminative Klassifikation nicht. Von den 4 rechtsdominanten Patienten erhielten alle einen LEA, der in der Größe sehr deutlich ausfiel. Eine Beziehung zwischen dem Ort größter epileptischer Aktivität und der Ausprägung des Ohrvorteils wurde nicht festgestellt.

Die Verteilung der Testpunkte der rechtshändigen Kontrollgruppe unterschied sich nicht von der als linkshemisphärisch sprachdominant ausgewiesenen Patienten-gruppe.

Die Autoren weisen auf die Tatsache hin, daß es sich bei der Patientengruppe nicht um eine Zufallsstichprobe handelte. Es wurde in der Regel besonders dann ein Wada-Test durchgeführt, wenn atypische Sprachmuster zu erwarten waren. Teilweise wurden Personen, die einen sehr deutlichen REA erzielten, nicht dem Wada-Test unterzogen, und zum Teil wurde der Test durchgeführt, weil die Ergebnisse des FRWT auffällig waren (z.B. wegen eines niedrigen Lambda-Index). Aufgrund dieser diagnostischen Vorgehensweise ergibt sich auch eine geringere Wahrscheinlichkeit für große REAs in der Patientenstichprobe. Somit könnten

atypische Sprachmuster im Vergleich zu einer Zufallsstichprobe der Normalpopulation überrepräsentiert sein. Ein wichtiger Faktor für das Zustandekommen des Ohrvorteils ist die Zahl der nicht stimulus-dominanten Wörter insgesamt. Wenn diese sehr gering ist, dann ist fraglich, ob diese Ohrvorteile sehr reliabel sind. Zatorre schlägt eine Anzahl von mindestens 30 (25% aller Items) nicht stimulus-dominanten Items vor, um eine reliable Klassifikation zu ermöglichen.

#### 2.4 Lateralitätsindizes

Bei einem dichotischen Hörtest werden in der Regel die korrekten Antworten und die Fehler auf jedem Kanal gezählt. Die Fehler lassen sich aufteilen in falsche und fehlende Wiedergaben. Außerdem kann die Wiedergabe in einer bestimmten Reihenfolge verlangt werden (cued recall). Bei der Interpretation der erhaltenen Werte erhält man ein Bild von der perzeptuellen Asymmetrie, wenn man Störfaktoren (z.B. Gedächtniseffekte, Aufmerksamkeitseffekte, etc.) als kontrolliert ansieht.

Harshman and Lundy (1993) beschreiben einen Wechsel in der Art der Argumentation, der kennzeichnend ist für die Entwicklung der Lateralitätsmessung bei dichotischen Hörtests. Demnach hat eine Verschiebung von mehr empirisch und psychologischen hin zu mehr formal und mathematisch begründeten Maßen stattgefunden.

Es wurde nach Indizes gesucht, die möglichst optimale mathematische Eigenschaften besitzen, um bei jedem möglichen kombinierten Leistungsniveau beider Ohren jeden möglichen Lateralitätsgrad annehmen zu können.

Der einfachste dieser Indizes, der auch als einer der ersten verwendet wurde, ist

der Differenz-Index. Dies ist die Differenz der rechts richtig wiedergegebenen Items minus der links richtig wiedergegebenen Items :

$$d = R - L$$

Der Index hat den Nachteil, daß er vom Gesamtleistungsniveau der Probanden abhängig ist. Bei extrem hohem und extrem niedrigem Leistungsniveau kann die mögliche Ohrdifferenz nur gering sein, bei mittlerem Leistungsniveau sind dagegen hohe, mittlere und niedrige Ohrdifferenzen möglich. Dies kann z.B. einen Alterseffekt vortäuschen, wenn die Sprachlateralisierung bei Kindern in längeren Abständen gemessen wird (Kimura, 1963).

Es folgte die Zählung der rechts richtig wiedergegebenen Items in Prozent (Percent Of Correct [POC]) und der links entstandenen Fehler in Prozent (Percent Of Error [POE]).

Die wichtigsten modernen Werte stammen von Repp (1977) und Bryden und Sprott (1981). Die Formel für den Index nach Repp (1977) lautet:

$$e = (Pr - Pl) / (Pr + Pl) \quad \text{für } 0.0 < P_0 < 0.5 \text{ und}$$

$$e = (Pr - Pl) / (2 - Pr - Pl) \quad \text{für } 0.5 < P_0 < 1.0$$

Dabei bedeuten:

Pr = Zahl der korrekten Antworten des rechten Ohres

Pl = Zahl der korrekten Antworten des linken Ohres

$$P_0 = 1/2 (Pr + Pl)$$

P<sub>0</sub> ist die durchschnittliche Gesamtleistung, also die über beide Ohren gemittelte Leistung.

Der e-Index kann somit bei jedem durchschnittlichen Leistungsniveau  $P_0$  jeden möglichen Wert zwischen +1 und -1 annehmen und ist damit nicht vom Gesamtleistungsniveau abhängig. Ein Nachteil ist der abrupte Umschlagspunkt der Funktion bei einem  $P_0$ -Wert von 0.5.

Als Alternativindex schlugen Bryden und Sprott (1981) den Lambda-Index vor:

$$\text{Lambda} = \ln(R_c/R_m) - \ln(L_c/L_m)$$

$R_c$  sind die korrekten Antworten rechts und  $R_m$  die falschen Antworten rechts, entsprechendes gilt für  $L_c$  und  $L_m$ .

Für den FRWT gibt es keine falschen Antworten wie bei den herkömmlichen dichotischen Tests. In diesem Fall lautet die Formel für Lambda:

$$\text{Lambda} = \ln(R) - \ln(L) \text{ gleichbedeutend mit } \ln(R/L)$$

Mit dieser Formel erreicht Lambda als Funktion einen abgerundeten, harmonischen Verlauf (s. Bryden und Sprott 1981, S.573). Außerdem ist hiermit die Berechnung auf statistische Signifikanz für Gruppen und Einzelpersonen möglich. Für diesen Zweck wird Lambda z-transformiert nach der Formel  $z = \text{Lambda}/\text{Sigma}$ . Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $P=0.05$  muß  $z$  einen Wert von 1,64 überschreiten, um statistisch signifikant zu sein.

$$z = \frac{\lambda}{\sigma} \Rightarrow \lambda = z \cdot \sigma = 1.64$$

??  
00

## 2.5 Wada-Test

Der Wada-Test wurde von Wada 1949 (Wada 1949) entwickelt und ist bis heute das wichtigste Instrument zur Erfassung der Sprachlateralisierung. Wenn die weiter unten erläuterten Voraussetzungen für die chirurgische Behandlung einer Temporallappenepilepsie vorliegen, wird eine Angiographie zur Bestimmung des Gefäßverlaufs im OP-Gebiet durchgeführt. Der Patient wird vorher über den Untersuchungsablauf aufgeklärt. Es ist dabei notwendig, ihn durch die Anwendung einer Übungsversion mit dem Ablauf des neuropsychologischen Tests vertraut zu machen.

Bei der Untersuchung liegt der Patient in Rückenlage. Es wird ein Katheter über die Arteria femoralis (Oberschenkelschlagader) bis zur Höhe der Arteria carotis interna (innere Kopfschlagader) dexter bzw. -sinister vorgeschoben. Diese Gefäße entspringen der rechten bzw. linken gemeinsamen Kopfschlagader (A. carotis communis dexter bzw. sinister). Aus der A. carotis interna entspringen die beiden wichtigen Versorgungsarterien A. cerebri media (mittlere Hirnschlagader) und A. cerebri anterior (vordere Hirnschlagader). Diese Gefäße versorgen ein Großteil der Hirnareale, die für die geprüften Sprach- und Gedächtnisleistungen überwiegend zuständig sind. Es handelt sich hierbei um das Broca'sche und das Wernicke-Areal und die medialbasalen Strukturen des Schläfenlappens.

Bei richtigem Sitz des Katheters wird ein hochwirksames Barbiturat (Amobarbital) injiziert, so daß die betroffene Hemisphäre des Patienten 3-8 Minuten lang betäubt ist. Die ganze Untersuchung wird von mehreren Fachärzten (Neurologe, Radiologe und EEG-Spezialist) überwacht. An der Normalisierung des EEG-Verlaufs läßt sich recht genau ablesen, wie die Betäubung der Hemisphäre abklingt, und wann diese wieder völlig normal arbeitet. Während der Betäubungszeit wird ein kurzer neuropsychologischer Sprach- und Gedächtnistest durchgeführt.

Die hier beschriebene Version des Tests (siehe Anhang) entspricht dem Testprotokoll, das am Universitätsklinikum Rudolf Virchow und im Epilepsie-Zentrum in Bethel/Bielefeld bei der Untersuchung verwendet wird und ursprünglich aus Cleveland/Ohio stammt.

Kurz vor der Injektion wird der Patient aufgefordert, beide Arme hochzuhalten und von 1 an beginnend laut zu zählen. Wenige Sekunden nach Beginn der Injektion fällt der Arm, der der betäubten Hirnhälfte gegenüberliegt auf das Tischpolster. Damit wird sichtbar, daß die Kontrolle der Körpermotorik auf dieser Seite erloschen ist. In der überwiegenden Zahl der Fälle hört der Patient auch auf zu zählen, wenn die betäubte Seite die sprachdominante ist. Der Sprachtest setzt sich aus 13 verschiedenen Untertests zusammen, in denen motorische (z.B. Bild erklären) und sensible (z.B. Bewegungskommando ausführen) Sprach- und Gedächtnisfähigkeiten geprüft werden. Die einzelnen Untertests sind dem Anhang zu entnehmen. In der Betäubungsphase werden die motorischen und sensiblen Sprachfertigkeiten geprüft, während nach dem Abklingen der Betäubungsphase und der EEG-Normalisierung die gedächtnis-bezogene Abfrage des Patienten stattfindet.

Bis heute gibt es kein standardisiertes Verfahren für den Inhalt und die Durchführung der Sprachprüfung beim Wada-Test. Protokolle verschiedener Epilepsiezentren unterscheiden sich sämtlich in irgendeiner Hinsicht. Es überwiegen die Benennungsaufgaben bei den meisten Autoren, während sensorische Sprachaufgaben am geringsten vertreten sind (vgl. Kurthen, 1993). Solange es keine Standardisierung von Durchführung und Inhalt des Wada-Tests gibt, wird natürlich die Vergleichbarkeit der Testergebnisse verschiedener Epilepsiezentren erschwert.

Auch bei der verwendeten Dosis des verwendeten Amobarbitals werden Unterschiede berichtet. Wenn auch die meisten Studien von 100 bis 150 mg Amobarbital pro betäubter Hemisphäre (im R.-Virchow-Krhs. 125mg) berichten, so finden dennoch auch kleinere und größere Dosen Verwendung. Bei kleineren Dosen besteht

vor allem das Problem, daß keine vollständige Betäubungswirkung für die Hemisphäre gewährleistet ist. Dadurch kann eventuell vorhandenes sprachliches Restvermögen zu einer Fehlbeurteilung der kontralateralen Hemisphäre führen. Ein weiterer Störfaktor ergibt sich aus der anatomischen Lokalisation eines Blutgefäßes. Die Arteria cerebri posterior, ein Gefäß, das bei manchen Menschen sprach-sensitive Areale mitversorgt, wird von dem Betäubungsmittel meist nicht durchströmt. Kurthen (1993) vermutet, daß dies Anlaß für eine Fehldiagnose der sprachlichen Leistung der kontralateralen Hemisphäre sein könnte. Wenn man nämlich fälschlicherweise annimmt, die eine Hemisphäre sei vollständig betäubt, dann wird die sprachliche Restleistung irrtümlicherweise der nicht betäubten Hemisphäre zuerkannt.

Außerdem kann es zu artifiziellen Phänomenen kommen. Besonders bei rechtsseitigen Amobarbitaltests ist ein kontralateraler Gesichtsfeldausfall möglich. Bei den Leseprüfungen kann dies dann eine Fehldiagnose bedeuten. Am Anfang der Injektion kann es zu einem kurzen Spracharrest kommen, der durch Ermutigung des Patienten wieder verschwindet. Auch das Gegenteil, nämlich ein Weiterzählen trotz Betäubung der dominanten Hemisphäre ist beobachtet worden. Die nicht-dominante Hemisphäre scheint dabei einfach ein sprechmotorisches Programm durchzuführen.

Das klassische Paradigma der Auswertung sieht 3 verschiedene Dominanzmuster vor:

- linkshemisphärische Sprachdominanz
- rechtshemisphärische Sprachdominanz
- bilaterale Sprachrepräsentation

In der Praxis werden jedoch auch Dominanzmuster beobachtet, die eine genauere Beschreibung sinnvoll machen. Außer den eindeutigen Dominanzformen wie rechts oder links-dominant konnte Kurthen (1992 a) weitere Untertypen von Dominanzformen darstellen. Bei etwa 200 Patienten waren 16% inkomplett linksdominant, d.h. beide Hemisphären sind an der Sprachbildung beteiligt, wobei die linke jedoch relativ überlegen ist. 7.5% entsprachen dem stark bilateralen Typ, 71,6% waren linksdominant und 8% rechtsdominant. Kurthen schlägt eine Berechnungsmethode für die Ausprägung der Dominanzmuster vor, die im Anhang wiedergegeben wird. Für die vorliegende Arbeit wird die dreifache Unterteilung möglicher Dominanzmuster beibehalten.

### **2.5.1 Fokale Temporallappenepilepsie**

Da diese spezielle epileptische Erkrankungsform zum übergeordneten Thema dieser Arbeit in den Zusammenhang mit dem Wada-Test gehört, soll das Krankheitsbild an dieser Stelle überblicksweise erörtert werden.

Die Temporallappenepilepsie ist eine Untergruppe epileptischer Erkrankungen. Epilepsien sind zunächst einmal ganz allgemein Anfallsleiden, die durch eine pathologische Ausbreitung hirnelektrischer Aktivität entstehen. Diese Aktivitätsausbreitung kann generalisiert, also über das gesamte Großhirn verbreitet, oder auf bestimmte Areale beschränkt sein. Einen Überblick über Epilepsie-Ursachen und deren Häufigkeitsverteilung gibt Masuhr (1981), auf den für ein genaueres Studium der Häufigkeits- und Ursachenverteilung verwiesen wird. An dieser Stelle soll nur auf die definierte Unterform fokaler Temporallappenepilepsien eingegangen werden. Diese entstehen durch eine Schädigung eines Teils des Temporallappens. Die Schädigung kann auf embryofetalen Entwicklungsstörungen wie Zellmigrationsstörungen, Fehlbildungen der Nervenzellen, aber auch auf Gefäßmißbil-

dungen beruhen. Als weitere Ursache für Anfallserscheinungen kommen Tumoren in Betracht. Im Falle von Tumoren ist in erster Linie die Neurochirurgie zuständig, da die Erkrankung nicht eine zugrundeliegende Epilepsie, sondern der Tumor ist.

Die pathophysiologische Wirkungsweise der epileptischen Anfälle besteht aus einer elektrophysiologischen Entladung, die in einem umschriebenen Gebiet des Temporallappens beginnt. Die Erregung kann auf einen Bezirk dieser Hemisphäre beschränkt bleiben, oder sich in schwereren Fällen auch über die ganze oder sogar über beide Hemisphären (sekundär generalisierter Anfall) ausbreiten.

Der Anfall fokaler Art kündigt sich dem Erkrankten häufig durch eine Aura an. Darunter versteht man eine verändert erlebte Wahrnehmung von Sinnesmodalitäten, wie z.B. Geschmack, Geruch und Gesichtssinn. Diese veränderten Wahrnehmungen können auch halluzinatorische Qualitäten erreichen. Ein häufiges Phänomen ist daneben die epigastrische Aura, ein aus der Magengegend aufsteigendes Wärme- oder Beklemmungsgefühl.

Ebenfalls wichtig für die Symptomatologie sind psychische Veränderungen, die auraartig wahrgenommen werden ("dreamy state"). Gefühle der Entfremdung (jamais-vu) oder unbestimmter Vertrautheit (deja-vu), sowie Dehnung oder Raufung des Zeiterlebens gehören dazu.

Nach der Aura folgt im Anfallskern die Phase der Bewußtseinstrübung, die zwischen 30 Sekunden und 2 Minuten lang ist. Eine gewisse Reaktionsfähigkeit bleibt den Patienten meist erhalten, aber die Aufmerksamkeit ist massiv gestört, d.h., sie sind in dieser Phase nicht ansprechbar. Häufig stellen sich orale Automatismen wie Kauen, Schlucken, Schmatzen und Lecken der Lippen ein. Zusätzlich können andere Bewegungstereotypien wie Gegenstände hin- und herräumen, Jacke auf- und zuknöpfen (nestelnde Automatismen), etc. beobachtet werden.

Schließlich können vegetative Symptome wie Pupillenerweiterung, Speichelfluß, Änderung der Gesichtsfarbe (Blässe oder Rötung), Frequenzbeschleunigung oder -verlangsamung der Atmung und des Herzschlags sowie vermehrter Harndrang auftreten.

Mit dem Abklingen des Anfalls lassen auch die motorischen Automatismen nach. Für die Zeit des Anfallkerns besteht eine Amnesie. Der Patient durchläuft nun oft eine Phase der Reorientierung. Ereignet sich ein Anfall während einer psychodiagnostischen Untersuchung, so lassen sich eindrucksvoll mnestische Minderleistungen (Kurzzeit-gedächtnis und Lernfähigkeit) und sprachliche Defizite (Wortfindungsstörungen, disarthrische und aphasische Symptome) in der Reorientierungsphase belegen. Die Art der Defizite gibt oftmals einen Hinweis auf die Lokalisation des Herdes.

Epilepsien haben heutzutage eine relativ gute Prognose, da eine medikamentöse Einstellung in der überwiegenden Zahl der Fälle gelingt.

Wenn man eine optimale Behandlung voraussetzt, werden 50-70% aller Patienten anfallsfrei (Groh, 1975). Es bleibt aber ein Prozentsatz von Erkrankten (20-40%), deren Anfälle nicht medikamentös kontrollierbar sind. Es hat sich herausgestellt, daß der Behandlungserfolg medikamentöser Therapien stark von der zugrundeliegenden Ursache abhängt. Ein hoher Prozentsatz der fokalen Temporallappen-Epilepsien läßt sich nicht medikamentös behandeln, während die primär generalisierten Formen relativ gut auf Medikamente ansprechen.

### 2.5.2 Indikation zur chirurgischen Behandlung und zum Wada-Test

Die Indikation zur chirurgischen Behandlung einer epileptischen Erkrankung ist heute von mehreren Grundvoraussetzungen abhängig.

Zunächst muß ein einzelner fokaler Herd der anfallsauslösenden Aktivität vorliegen. Der Nachweis erfolgt durch die einschlägigen diagnostischen Hilfsmittel wie Computertomographie, EEG, etc. Ferner muß ein Versagen medikamentöser Therapieversuche mit 2-3 Medikamenten der ersten Wahl vorliegen. Die Anfälle sollten zudem eine ernsthafte Belastung für den Patienten darstellen. Schließlich soll sich dieser in möglichst gutem gesundheitlichen Allgemeinzustand befinden. Wenn diese Voraussetzungen alle erfüllt sind, findet als Vorbeutung auf die Operation ein sogenanntes Epilepsie-Monitoring statt. Dabei sind die Patienten bis zu mehrere Wochen lang mit EEG-Elektroden verbunden, die ihre hirnelektrische Aktivität ständig aufzeichnen. Außerdem findet im Krankenzimmer eine ständige Videoaufzeichnung statt, damit ein sich ereignender Anfall dokumentiert wird. Da sich trotzdem auch längere Zeit kein Anfall ereignen kann, sind Stimulationsmethoden (z.B. Hyperventilation und Schlafentzug) vorgesehen, um einen Anfall zu provozieren. Wenn die anfallsauslösende Ursache ausreichend erhoben ist, findet routinemäßig eine Darstellung der Blutgefäße (Angiographie) im Kopf statt, damit deren Verlauf für die Operation bekannt ist. Der oben beschriebene Wada-Test wird, wenn erforderlich, in derselben Sitzung nach der Darstellung der Blutgefäße durchgeführt.

Wenn alle Voraussetzungen für eine erfolgversprechende chirurgische Behandlung vorliegen, wird der Ort der größten epileptischen Aktivität bzw. die nachgewiesene strukturelle Läsion operativ entfernt. Bei den fokalen Temporallappen-Epilepsien wird in Berlin die sogenannte Tailored-Anterior--Resektion des Temporallappens der betroffenen Seite vorgenommen. Dabei wird versucht, möglichst viel tempo-

der betroffenen Seite vorgenommen. Dabei wird versucht, möglichst viel temporales Cortex-Areal zu schonen. Häufig sind auch Teile des Hippocampus (gedächtnistragende Funktion) mit betroffen, die dann zusätzlich abgetragen werden.

Aufgrund der Operation sind folgende Veränderungen möglich, die einen Ohrvorteil bei einem dichotischen Hörtest beeinflussen können:

### 1. Gedächtnisveränderungen

Die Operation an der sprachdominanten Hemisphäre verursacht tendentiell einen geringen Verlust der Verbalgedächtnisleistung und keinen oder nur geringen Verlust an räumlich-visueller Gedächtnisleistung. Keine Veränderung der visuell-räumlichen Gedächtniskapazität ergibt sich bei Operation der nicht-sprachdominanten Seite; dafür kommt es zu einer geringfügigen Verbesserung der Verbalgedächtnisleistung (Katz et al., 1989).

### 2. Sprachveränderungen

Hermann und Wyler (1988) stellten bei einigen Patienten Verbesserungen der Sprachfähigkeit fest, nachdem die sprachdominante Hemisphäre operiert worden war. Vermutlich hat die epileptische Aktivität vor der Operation sprachverwandte Areale derselben Hemisphäre beeinträchtigt. Wahrscheinlicher ist aber eine leichte Verschlechterung der Sprachleistung, wenn in der sprachdominanten Hemisphäre operiert wurde.

### 3. Intelligenzveränderungen

Unmittelbare postoperative Leistungsverluste werden in der Literatur beschrieben (vgl. Milner, 1975). Als Gründe hierfür kommen vor allem kurzzeitige, aufgrund der Operation vorliegende Beeinträchtigungen des Gehirns in Frage. Eine häufiger genannte Ursache ist das postoperative Ödem. Als Operationsfolge kommt es zu vermehrter Flüssigkeitsbildung, wodurch das Nervengewebe aufquillt, was den Verlust des Membranpotentials in den betroffenen Bereichen mit sich bringt. Nach 1-2 Tagen bildet sich dieser Effekt jedoch zurück. Die Langzeituntersuchungen des Intelligenzniveaus lassen keine Veränderungen erkennen.

### 3. Fragestellung

Aus den oben angeführten Erklärungen des dichotischen Hörtests geht hervor, daß sich bei den meisten Probanden als Ergebnis des Tests ein REA ergibt, wenn sprachliches Stimulusmaterial verwendet wird. Wie oben schon dargelegt, zeigt die Mehrzahl von Probanden, die mit dem Wada-Test getestet wurden, einen Ohrvorteil derjenigen Seite, die der sprachdominanten Hemisphäre gegenüberliegt. Linkshemisphärisch sprachdominante Probanden zeigen überwiegend einen REA und rechtshemisphärisch sprachdominante einen LEA. Ein Hauptziel dieser Arbeit ist es, den Grad der Übereinstimmung zwischen dem im Wada-Test von den Patienten erhaltenen Ergebnis und dem Index-Wert des FRWT bei denselben Patienten zu erfassen. Die erreichte Übereinstimmung kann dann als eine erste Validierung des Tests verstanden werden. Zunächst soll die globale Übereinstimmung zwischen den Wada-Testdaten und dem Lambda-Index, der aus dem FRWT gewonnen wurde, geprüft werden. Als global richtige Klassifikation wird es gewertet, wenn die Sprachdominanzdiagnose des Wada-Tests mit der Richtung des Ohrvorteils übereinstimmt. Außerdem wird die Zahl der Patienten registriert, die sich in der Überlappungszone der linksdominanten und bilateralen Sprachdominanzmuster im Lambda-Wertebereich von -1 bis +1 befinden. Schließlich soll noch eine Berechnung der Übereinstimmung nach dem Gesamtleistungsniveau der Probanden erfolgen.

Eine zweite Fragestellung betrifft den Zusammenhang zwischen Gruppierungsfaktoren der Patientenstichprobe und der Höhe des Ohrvorteils. Seit der Arbeit von Kimura (1961a) ist mehrfach die Existenz eines Läsionseffektes beschrieben worden (Schulhoff & Goodglass, 1969; Mazzuchi & Parma, 1978). Dieser Effekt besagt, daß bei linkshemisphärischer Läsion, d.h. bei substantieller Beeinträchtigung durch Operation oder andere Ursachen (z.B. Tumoren, Migrationsstörungen, etc.) ein signifikant schwächerer REA gemessen wird. Offensichtlich kommt es zum

Transfer sprachlicher Teilfunktionen, wenn die linke Hemisphäre beschädigt ist. Da aber die meisten Patienten dieser Stichprobe einen substantiellen Effekt aufweisen, erscheint eine Analyse der Daten nach einem Faktor substantielle vs. nicht-substantielle Schädigung hier nicht sinnvoll. Dennoch erscheint die Frage interessant, ob die Gruppenschritte sich mehr unterscheiden, wenn man die Herdseite als Gruppierungsfaktor untersucht, oder ob dies für den Faktor der Operation gilt, ob also die Beeinträchtigung durch die Operation eine andere Auswirkung auf den Ohrvorteil hat, als das Vorhandensein eines epileptischen Herdes.

In dieser Arbeit soll die Sprachlateralisierung bei der Patientenstichprobe hinsichtlich der folgenden Faktoren untersucht werden:

1. Die Seite größter epileptischer Aktivität (rechts oder links)
2. Operation (operiert oder nicht operiert)

Die gewonnene Stichprobe ist nach der Art ihrer Erhebung nicht repräsentativ, da grundsätzlich jeder Patient, der erreichbar oder anwesend war und einen Wada-Test absolviert hat, miteinbezogen wurde; es handelt sich also nicht um eine echte Zufallsstichprobe. Die Stichprobengröße war mit 23 Patienten sehr gering. Bei diesem quasiexperimentellen Vorgehen ist hinsichtlich der Untersuchung der oben genannten Gruppenfaktoren große Vorsicht bei der Interpretation der Ergebnisse angebracht, ein hohes Maß an externer Validität wird nicht erwartet.

Normalerweise wird für die Fragestellung eine 2 x 2 faktorielle Varianzanalyse mit den zweifach gestuften Faktoren Herseite (rechts und links) und Operation (operiert und nicht operiert) als angemessen betrachtet. Dabei könnte man auch

feststellen, ob es zu Wechselwirkungen zwischen den Faktoren kommt. Für eine solche Berechnung war jedoch die Zellenbesetzung zu gering.

Die durchgeführten Berechnungen entsprechen dem Design von zwei einfaktoriellen Varianzanalysen mit dreifach gestuftem Faktor.

Die untersuchten Patientengruppen unterscheiden sich hinsichtlich der Herdseite und dem Faktor Operation. Die Herdseite ist entweder rechts- oder linkshemisphärisch, wobei unterschiedliche Lokalisationen einer Seite zunächst zusammengefaßt werden. Die Kontrollgruppe hat als dritte Stufe keine Herdseite. In einem nachfolgenden Schritt soll noch geprüft werden, ob sich die Gruppen mit rein temporal lokalisierten Herden hinsichtlich des Ergebnisses unterscheiden. Die abhängige Variable ist der gemessene Lambda-Wert.

Für die Untersuchung des Faktors Operation wird ebenfalls eine einfaktorielle Varianzanalyse gewählt, die Gruppe operierter Patienten wird mit der Gruppe nicht operierter verglichen, wobei wiederum die Kontrollgruppe als dritte Stufe verstanden wird.

Da die Verteilung der Sprachdominanz bei der Population der Linkshänder nicht ganz so eindeutig ist wie bei den Rechtshändern (s.Kap.2.6.2.2.), werden in der Kontrollgruppe ausschließlich Rechtshänder verwendet. Die Händigkeit wird durch das Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield,R.C., 1971) erhoben.

Als Test zur Messung der Sprachlateralisierung soll eine deutsche, im Rahmen dieser Diplomarbeit erarbeitete vorläufige Version des FRWT verwendet werden. Der FRWT ist ein dichotischer Test (s.Kap. 2.7) und existierte bisher nicht als deutschsprachige Version. Für den Zweck der Verwendung an der klinischen

Stichprobe erscheint dieser dichotische Test aus folgenden Gründen besonders gut geeignet:

1. Die Übereinstimmung mit den Wada-Testergebnissen wurde bei Zatorre als hoch eingeschätzt.
2. Der Test ist sehr einfach durchzuführen.
3. Gedächtnisleistungen spielen keine Rolle, wodurch der FRWT für Patienten leicht zu bearbeiten ist und Ermüdungserscheinungen kaum zu erwarten sind.
4. Der Zeitbedarf für die Durchführung ist mit ca. 20 min. äußerst gering.

Das Vorgehen bei der Herstellung der deutschen FRWT-Version wird in Kapitel 4.1 genauer beschrieben.

Für den FRWT wird der Ohrvorteil als der Quotient der relativen Anzahl der auf dem rechten und linken Kanal erreichten Ohrvorteile definiert. Der natürliche Logarithmus dieses Wertes ergibt den Lambda-Index für den jeweiligen Probanden. Die stimulusdominanten Wörter werden nicht bei der Berechnung des Lambda-Index berücksichtigt. Die Fehler werden erhoben, gehen jedoch nicht in die Berechnung des Lambda-Index mit ein.

Mit Hinsicht auf die Patienten der Stichprobe werden folgende Hypothesen formuliert:

Da eine Schädigung der linken Hemisphäre die Wahrscheinlichkeit für einen Transfer sprachlicher Teilleistungen erhöht, wird ein signifikant höherer Ohrvorteil der Patientengruppe mit rechtem Herd erwartet. Der Unterschied zwischen

den Mittelwerten der Patientengruppe mit rechtem Herd und der Kontrollgruppe sollte dagegen nicht signifikant ausfallen. Für den Faktor Operation wird kein signifikantes Ergebnis erwartet, da sich die operativen Eingriffe auf beide Hirnseiten verteilen. Im folgenden ist das Design der varianzanalytischen Auswertung abgebildet:

<b>Design</b> varianzanalytischer Gruppenvergleich			
<b>Herdseite</b>			
	rechts	links	keine
Gruppe	Patienten- gruppe 1	Patienten- gruppe 2	Kontroll- gruppe

abhängige Variable: Lambda-Wert

<b>Operation</b>			
	ja	nein	nein
Gruppe	Patienten- gruppe 1	Patienten- gruppe 2	Kontroll- gruppe

abhängige Variable: Lambda-Wert

## 4. Methode

### 4.1 Testentwicklung

Für diese Arbeit wurde der Versuch unternommen, eine erste deutschsprachige Version des FRWT zu erstellen. Die Originalreize der englischen Version (nach Wexler & Halwes, 1983) sind im folgenden wiedergegeben:

DEER-TEAR

PIT -KIT

BILL-PILL

CAN -PAN

COAT-GOAT

BAR -CAR

CAGE-PAGE

KEG -PEG

BOOK-COOK

PIG -DIG

BOY -TOY

PAIL-TAIL

BEER-PIER

CURL-PEARL

Alle 8 unterstrichenen und fettgedruckten Items der obigen Liste stellen eine Mischkombination aus stimmhaften und stimmlosen Konsonanten dar. Tendenziell ist aus der Literatur ein relatives Übergewicht an Stimulusdominanz von stimmlosen gegenüber stimmhaften Konsonanten bekannt (s. Speaks et al, 1981, Berlin et al., 1973). Als Erklärungen werden die unterschiedlichen Zeitdifferenzen vom Beginn des Konsonanten bis zum Konsonanten-Vokalübergang (Voice onset

time[VOT]), sowie die unterschiedliche Amplitudengröße des Konsonantenbeginns herangezogen. Für diese Arbeit wurde nun versucht, diese Faktoren möglichst für eine Paarung vergleichbar zu gestalten, d.h. es wurden nur stimmlose oder stimmhafte Konsonanten in einer Paarung verwendet. Außerdem hat Zatorre bei der Wortzusammensetzung ein Verfahren gewählt, das offensichtlich einen Nachteil unberücksichtigt läßt. Die dazu benutzte Endsilbe stammte von einem der beiden darzubietenden Wörter. Dadurch entsteht ein phonologisches Ungleichgewicht zuungunsten des Wortes, von dem die Endsilbe ursprünglich nicht stammt.

Die Teststimuli wurden wie folgt erarbeitet:

Es wurde ein Inventar von sich reimenden, einsilbigen Wörtern erstellt, wobei darauf geachtet wurde, daß sich mindestens 4 verschiedene Wörter mit gleichlautenden Vokal-Konsonanten-Enden für eine Itemgruppe zusammenstellen lassen. Eine solche Wortgruppe ist z.B. **Gier-Bier-Zier-Tier**. Die fettgedruckten Wörter entsprechen dem dargebotenen Paar, wohingegen die anderen Wörter Distraktoren sind. Insgesamt wurden 96 solcher Wortgruppen gefunden, die mit den Konsonantenpaarungen T/K, T/P, P/K, B/G, B/D, Z-F, S-W, R-L und R-S begannen. Es handelte sich also um Paarungen von explosiven, frikativen und nicht frikativen Konsonanten, wobei jeweils nur stimmhafte bzw. stimmlose Paarungen ausgesucht wurden. Die untenstehende Liste zeigt je ein Beispiel aus jeder Gruppe von Konsonantenpaarungen:

**Topf-Kopf-Zopf-Tropf**

**Trug-Pflug-Krug-Flug**

**Post-Kost-Rost-Most**

**Bier-Gier-Tier-Zier**

**Bank-Dank-Gang-Schwank**

**Grock-Dock-Block-Rock**

**Zeh-Fee-Tee-Reh**

**Saal-Wal-Pfahl-Tal**

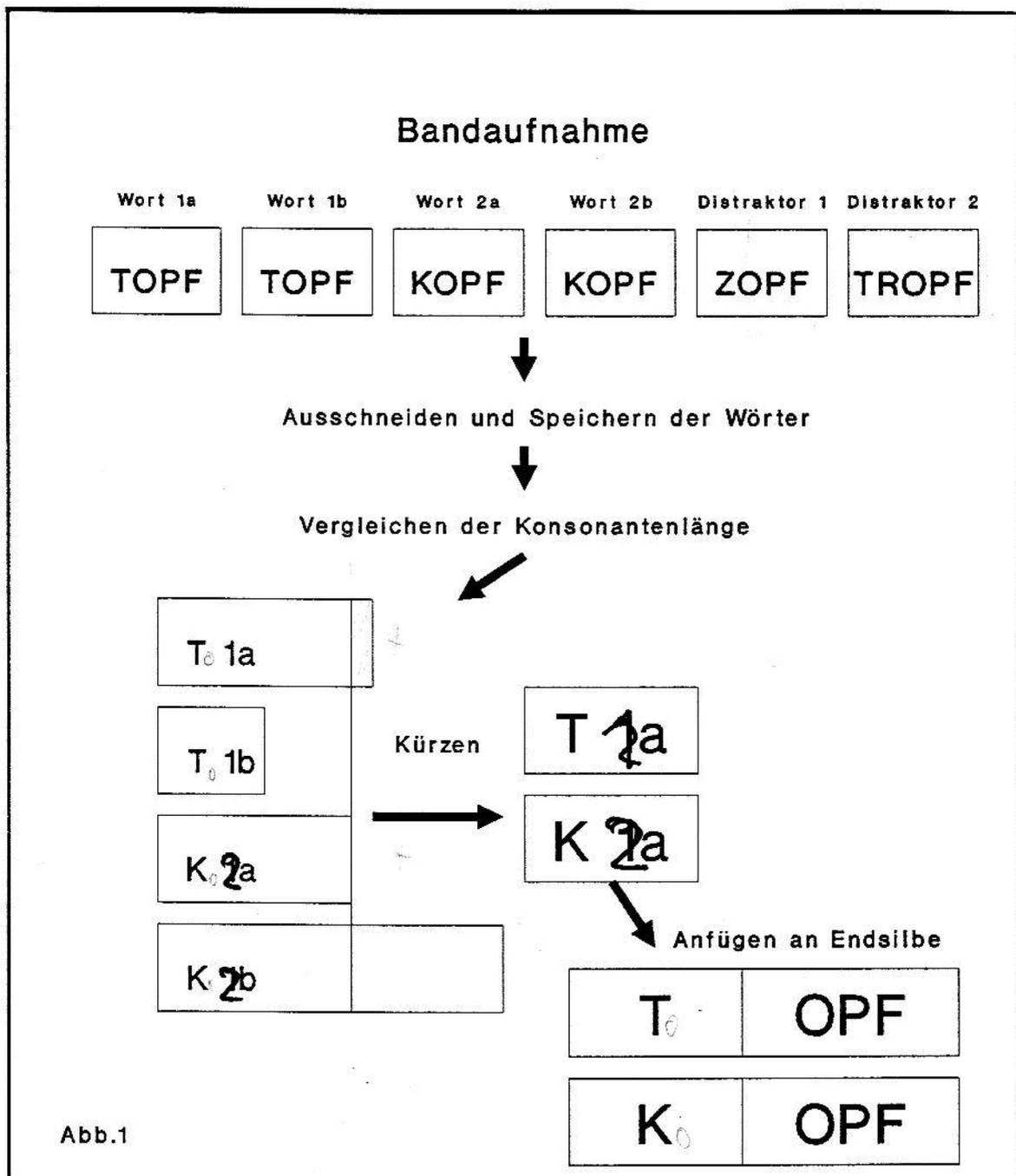
**Reim-Leim-Keim-Schleim**

Bei der weiteren Versuchsplanung wurden einerseits wegen der relativ großen Anzahl von Paarungen, andererseits wegen der Vergleichbarkeit mit den Stimuli von Zatorre nur die explosiven Konsonantenpaare verwendet. Bei der Bearbeitung wurde wie folgt verfahren:

Die gesamten 56 Itemgruppen wurden mit einem DAT-Recorder in der Akustikkammer der HNO-Abteilung des UKRV aufgenommen. Dabei wurden die späteren Darbietungspaare wiederholt und die Distraktorwörter je einmal aufgenommen. Für das Item Topf/Kopf wurde also das erste Wort Topf zweimal hintereinander aufgesprochen, dann folgte das zweite Wort Kopf zweimal. Als fünftes Wort erschien dann das erste Distraktorwort Zopf, während das letzte aufgesprochene Wort der Distraktor Tropf war. Auf diese Weise gelangten alle der 56 Itemgruppen auf das Tonband. Das Endergebnis dieses ersten Bearbeitungsprozesses wurde dann für die Weiterbearbeitung in digitale Signale umgewandelt und in Form von drei großen Sprachdateien gespeichert.

Nun begann die eigentliche Herstellung der darzubietenden Testitempaare. Dazu wurde jedes Wort einzeln ausgeschnitten, d.h. markiert und in einer eigenen Datei abgespeichert. Die so gespeicherten Wörter wurden einzeln aufgerufen und die Anzahl der Samples der Anfangskonsonanten, also deren Länge, miteinander verglichen. In der Regel wurden dann die beiden Konsonanten ausgesucht, die den kürzesten Längenunterschied zueinander hatten. Auf das oben angegebene Beispiel bezogen wurden ein T und ein K vom Wort abgetrennt und wieder auf Dateien abgespeichert. Die zeitlichen Konsonantenunterschiede wurden bei sämtlichen Itempaaren auf maximal 20 Samples reduziert, was einem Zeitintervall von

0,89 Millisekunden entspricht, da mit 22321 Samples pro Sekunde aufgenommen worden war. Die meisten Werte lagen jedoch mit 0 bis 5 Samples Unterschied deutlich darunter. Das bisher geschilderte Vorgehen ist auf der Abbildung 1 graphisch dargestellt.

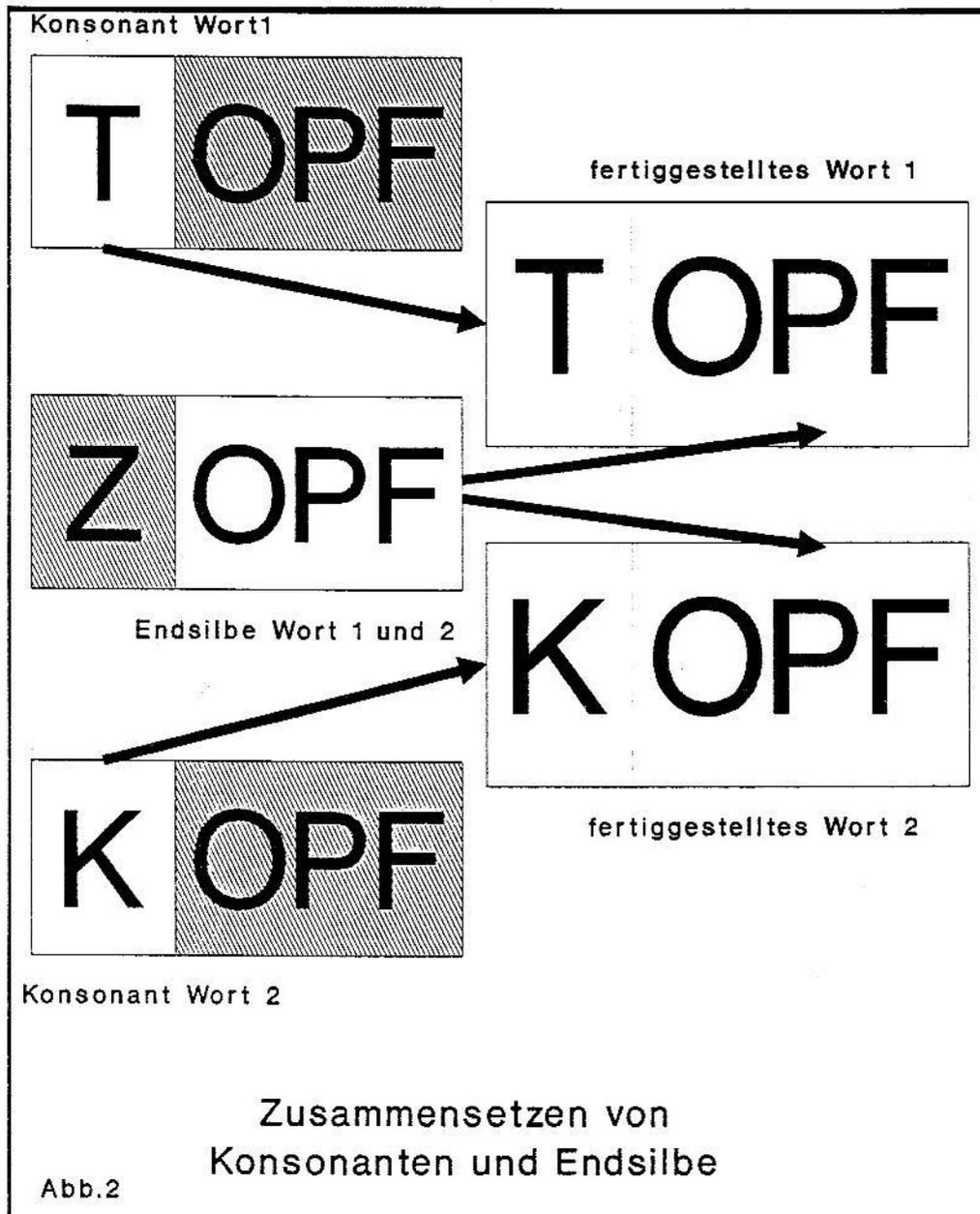


Der zu kürzende Konsonant wurde im mittleren Abschnitt gekürzt, da der Endabschnitt schon den beginnenden Anlaut des Vokals enthielt. Dieser Bereich mußte bei beiden Konsonanten vorhanden sein, um einen zu abrupten, künstlichen Übergang vom Konsonanten zur Endsilbe zu vermeiden.

Nach der Abtrennung der Konsonanten wurde das Distraktorwort für die Abtrennung einer Vokal-Konsonanten-Endsilbe gesucht. Im Gegensatz zu Zatorre wurde für die Endsilbe keines der Darbietungswörter verwendet, weil dann das Wort, dessen Endstück gewählt würde, einen Vorteil hinsichtlich des natürlichen Klanges hätte. Für das Beispielpaar Tod/Kot wurde also die Endsilbe eines dritten Wortes, in diesem Fall von dem Wort Boot gewählt.

Das Kriterium für die Auswahl des dritten Wortes war die möglichst deutliche Aussprache des Endabschnittes. Manche Distraktorwörter zeigten Übersteuerungen des Vokal-Abschnittes und wurden daher nicht verwendet. Im angegebenen Beispiel wurde das Wort **Zopf** für diese Prozedur ausgesucht und **opf** vom Anfangskonsonanten abgetrennt.

Nun wurde jeder fertig bearbeitete Konsonant an die Schnittstelle der fertigen Endsilbe angefügt. Dadurch, daß dieselbe Endsilbendatei für beide Wörter benutzt wurde, ergab sich praktisch nur noch der Wortlängenunterschied, der aus den nach der Bearbeitung verbleibenden Differenzen der Anfangskonsonanten resultierte. Abb.2 (S.41) zeigt diesen Zusammensetzungsprozess, wobei die schraffierten Flächen die nicht mehr benötigten Wortteile bedeuten.



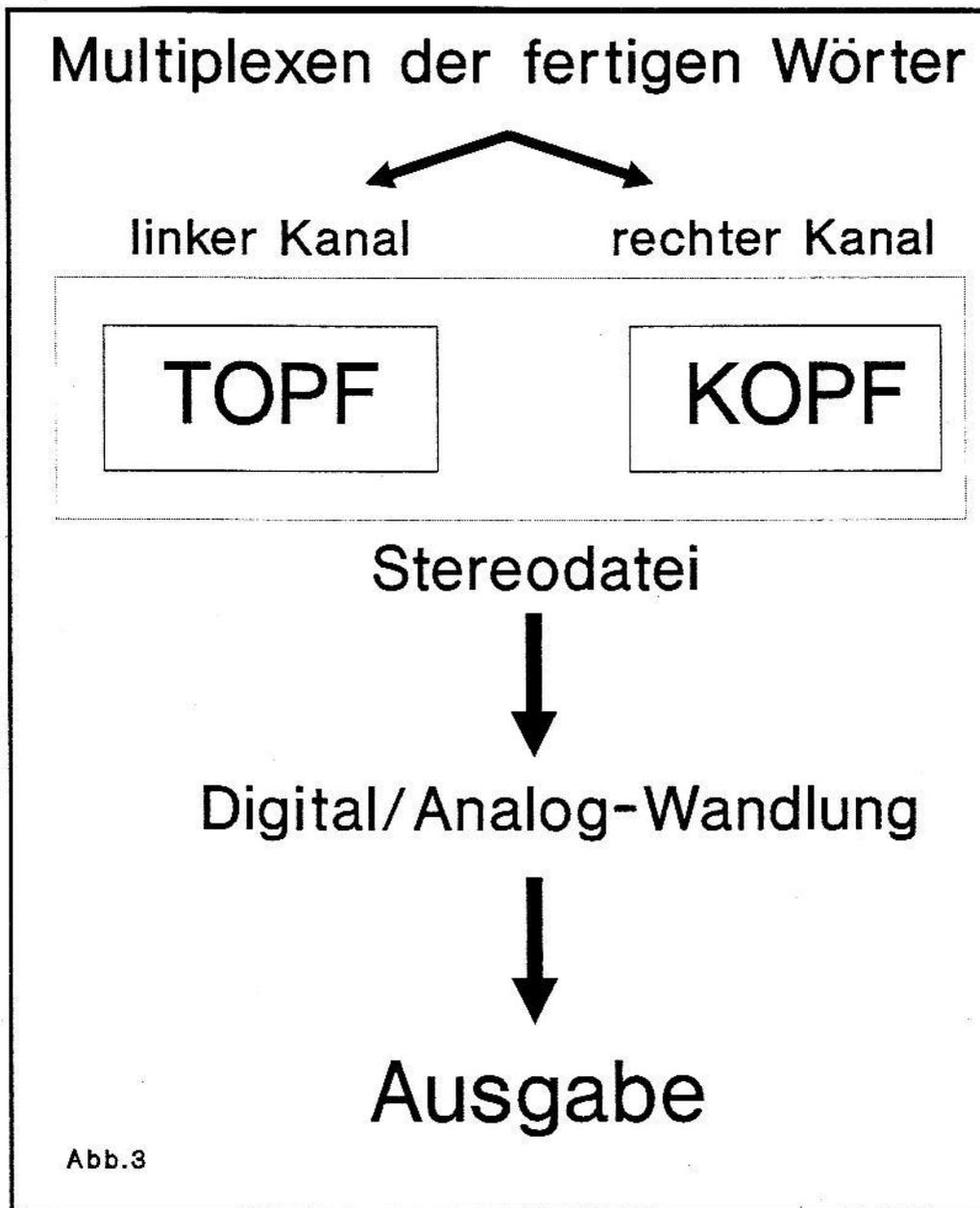
Bei sämtlichen Schneide- und Zusammensetzungsprozeduren wurde darauf geachtet, daß die Schnitt- bzw. Klebestelle der Wortteile keinen großen Amplitudenun

terschied im Schnittpunkt selbst aufwies. Erfahrungsgemäß führte ein Unterlassen dieser Vorsichtsmaßnahme eher zu knackenden Störgeräuschen.

Eine weitere Grundregel bestand in der Einhaltung der Stetigkeit vor und hinter der Schnittstelle. Die jeweilige Richtung der Amplitudenwelle wurde möglichst über die Schnittstelle hinweg beibehalten.

Die beiden fertiggestellten Wörter Topf und Kopf wurden im letzten Bearbeitungsschritt auf eine Stereodatei übertragen, ein Vorgang, der Multiplexing genannt wird. Dabei wurde jedes der Wörter einem Darbietungskanal zugeordnet, z.B Topf dem linken und Kopf dem rechten Kanal.

Für die Darbietung mußte dann auch noch eine Datei mit vertauschten Kanälen angelegt werden. Abb.3 (S.43) zeigt den Prozess des Multiplexing schematisch.



Zusätzlich zu den dichotischen Dateien wurde jedes fertige Wort auf eine Stereo-datei gemultiplext, d.h. dieses Wort taucht dann auf beiden Kanälen auf (z.B. re Topf und li Topf). Dies war für die binaurale Darbietung vor den 4 Versuchsblöcken erforderlich.

Für die Darbietung im Versuch wurde dann mit dem Editor eine Experimentaldatei geschrieben, die sowohl die Auswahl der Items, als auch die Pausen zwischen den Items und den Darbietungsblöcken steuert.

In einem kleinen Vortest wurden die erstellten Wortgruppen an 8 Probanden getestet. Genau wie im Hauptversuch wurden Antwortlisten verwendet, wo die Items in der Reihenfolge der Itemdarbietung ausgedruckt waren. Die Probanden bekamen die Instruktion, dasjenige Wort einer Reihe von 4 Wörtern mit Bleistift zu markieren, welches sie gehört hatten.

Für den Vortest waren nach der Bearbeitung von 56 ursprünglichen Wortgruppen 44 übriggeblieben. Diese Itemgruppen wurden 8 gesunden Probanden dargeboten, die alle Rechtshänder waren. Bis auf einen erhielten alle der 8 Versuchspersonen einen REA.

In der Auswertung dieses Vortests wurden die Items nach der Häufigkeit der erzielten Lateralisierungen in eine Rangfolge gebracht. Von den Items, die weniger als 3 Ohrpunkte (zweimal dergleiche Kanal bei einem Item) bei allen 8 Probanden insgesamt erbrachten, wurde angenommen, daß diese entweder zu schlecht gelungen oder grundsätzlich (aufgrund der Konsonanten/bzw. Konsonanten-Vokalpaarungen) nicht günstig waren, um Ohrvorteile zu erzielen. Für den vorläufigen Test zur Verwendung in der Untersuchung blieben dann 21 Itemgruppen übrig.

Da die Wiedergabequalität über die Digital/Analog-Wandlung mit der verwendeten Computerhardware nicht optimal war, konnte davon ausgegangen werden, daß einige Items noch bessere Ergebnisse erbringen, wenn das Material mit Filtern auf Tonband überspielt wird, so daß das teilweise vorhandene Störgeräusch entfällt.

Durch das Aufnehmen besteht außerdem der Vorteil der Computerunabhängigkeit, da ein bespieltes Tonband auf jedem Stereorecorder abgespielt und so über Kopfhörer dargeboten werden kann.

Die gesamte Versuchsdarbietung wurde durch einen wissenschaftlichen Mitarbeiter des Institutes für technische Akustik der TU Berlin mit entsprechenden Filtern auf Tonbandkassette überspielt. Dieses Tonband wurde für die Tests benutzt, auf deren Daten der Ergebnisteil in dieser Arbeit beruht.

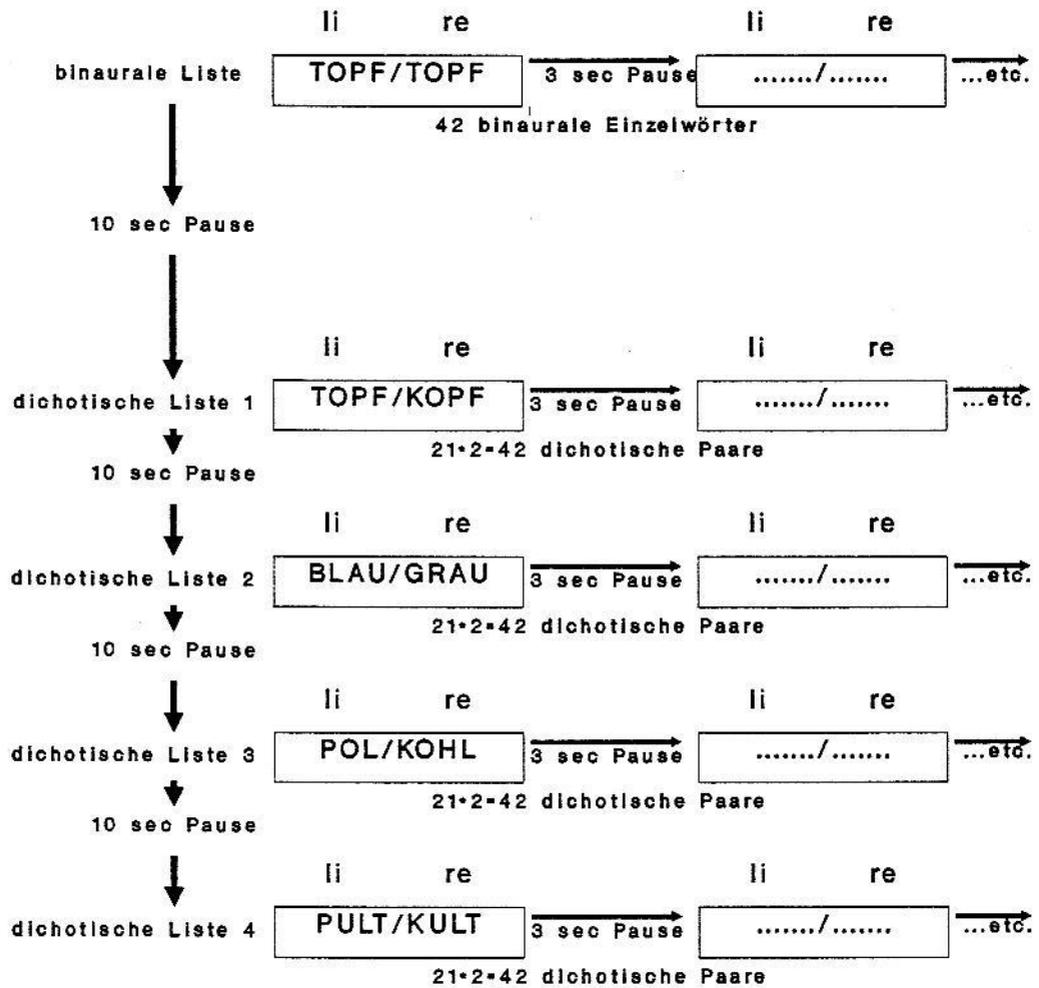
Die auf das Tonband aufgenommene Versuchsdarbietung wird im folgenden noch einmal dargestellt:

1. Liste mit binauralen Wörtern (z.B. re Topf/li Topf), zwischen den Itemdarbietungen 3 sec Pause

10 sec Pause

2. vier Listen mit dichotischen Wörtern (z.B. re Topf/li Kopf), zwischen den Itemdarbietungen 3 sec Pause, zwischen den Blöcken 10 sec Pause. Abb. 4 (S.46) veranschaulicht dieses Ablaufschema in graphischer Form.

## Testdarbietung der Items



Ende der Darbietung

Abb.4

## 4.2 Testdurchführung

Für die endgültige Darbietung wurden 4 unterschiedliche Randomisierungen (s. Anhang) erstellt. Jede Itemgruppe taucht in jedem der 4 Blöcke zweimal auf, wobei einmal die Kanäle vertauscht sind. Es ergeben sich also pro Darbietungsblock 42 und bei 4 Blöcken insgesamt 168 Items.

Um das Wortverständnis der Einzelwörter zu prüfen und die Probanden mit den Wörtern vertraut zu machen, wurde eine randomisierte Liste der Einzelwörter eines jeden Paares erstellt, woraus sich 42 binaurale Darbietungen der Einzelwörter ergeben.

Für die Darbietung des Tests wurde mit dem Texteditor eine Steuerdatei geschrieben. Diese Datei ruft die Items in der Reihenfolge der Listen ab. Als Pause zwischen den dargebotenen Wörtern wurde ein Zeitintervall von 3 Sekunden gewählt. Die Pause zwischen den einzelnen Darbietungsblöcken betrug 10 Sekunden.

Die Darbietung erfolgte mit einem Stereorecorder über einen Verstärker, dessen Kopfhörerausgang für eine markierte Lautstärkenregler-Stellung auf die Lautstärke von 70 dB(A) geeicht war.

Vor dem Testbeginn wurde mit einem Audiometer sichergestellt, daß die Hörfähigkeit der Probanden auf beiden Ohren annähernd gleich gut ist. Diese Prozedur bot jeweils einen Dauerton mit den Frequenzen von 500, 1000, 2000 und 4000 Hz dar. Teilnehmer der Kontrollgruppe, die bei diesem Test eine Frequenz nicht hörten, wurden nicht in den Versuch miteinbezogen. Patienten mit dem Verlust einer oder mehrerer Frequenzen wurden trotzdem mit dem FRWT getestet, um eine Überprüfung von tendentieller Übereinstimmung mit dem Wada-Test-Ergebnis zu

erfassen. Für weitere Analysen (s Kap 5.4) wurden diese Patienten dann ausgeschlossen.

Nach der Überprüfung des Hörvermögens wurde zunächst die binaurale Liste mit der Aufforderung vorgespielt, diese nachzusprechen. Daraufhin folgten die 4 dichotischen Wortlisten mit der Instruktion, dasjenige Wort von 4 auf der Liste ausgedruckten Wörtern einzukreisen, welches gehört wurde. Es wurde nicht mitgeteilt, daß es sich um einen dichotischen Test handelte.

Für die Bonner Patienten mußten die Testbedingungen relativ flexibel gehandhabt werden. Die stationären Patienten hatten zum Teil einen Kopfverband, so daß der Kopfhörer in diesen Fällen die Ohren nicht so eng umschloß. Das Ergebnis des binauralen Vortests ließ jedoch die Annahme zu, daß in diesen 3 Fällen die Hörfähigkeit nicht merklich eingeschränkt war, so daß die Testergebnisse als verwertbar betrachtet werden konnten. Auf den Stationen war außerdem ein gewisses Niveau an Störgeräuschen unvermeidlich.

Zwei der ambulanten Patienten aus Bonn konnten die Testanweisung nicht befolgen, weil ihnen ein schnelles Mitlesen der Itemliste und das Auffinden der Wörter unmöglich war. In diesen beiden Fällen wurden die Wörter von den Probanden nachgesprochen und der Versuchsleiter füllte die Bögen aus.

### 4.3 Auswertung

Die Auswertung geschah mit Hilfe von selbsterstellten Auswerteschablonen, die die Zuordnung der komplementären Itempaare ermöglichten. Die Punktzahl für jedes Item wurde in einen Protokollbogen übertragen, auf dem dann die gesamte Zahl der nicht-stimulusdominanten und fehlerfreien Items ermittelt wurde.

Für die Auswertung wurde der Lambda-Index (s.Kap.2.4) berechnet. Diese Form des dichotischen Hörtests verwendet keine Fehlerangaben zur Berechnung des Index. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\text{Lambda} = \ln \text{Re} - \ln \text{Li} \text{ bzw. } \ln \text{Re/Li}$$

Für die Berechnung des Lambdawertes gilt als Voraussetzung, daß jede Ohrseite mindestens einen Punkt erzielt hat. Dem Vorgehen Zatorres folgend wurde hier pragmatisch verfahren und für eine Ohrseite, bei der kein Punkt erzielt wurde, eine 1 eingesetzt.

Daneben wurde die Zahl der stimulusdominanten Items erhoben. Schließlich wurde die Zahl der Fehler vermerkt. Als Fehler gilt die Wiedergabe eines Wortes, das nicht dargeboten wurde.

## **5. Ergebnisse**

### **5.1 Deskriptive Statistik der verschiedenen Stichproben**

Im folgenden werden die gesamte Stichprobe, die drei Teilstichproben und die zusammengefasste Patienten-stichprobe mit der jeweiligen Verteilung der Lambda-Werte und den wichtigsten statistischen Kennwerten dargestellt.

Die Patientenstichprobe bestand aus 13 Berliner (9 Frauen/4 Männer) und 10 Bonner (5 Frauen/5 Männer) Patienten und 12 gesunden Probanden der Kontrollgruppe. Von den Berliner Patienten waren alle bis auf einen Rechtshänder, die Bonner Patienten bestanden aus 5 Rechtshändern, 2 Linkshändern und 2 Ambidextrern.

Die Berliner Probanden wurden aus dem Patientenstamm des Universitätskrankenhauses Rudolf-Virchow, der Abteilung Neurologie 7 (Epilepsie-Monitoring, Prof. Dr. Meencke, Neuropsychologie Dipl.-Psych. Hättig) gewonnen.

Die Bonner Patientengruppe stammt aus der Universitätsklinik für Epileptologie in Bonn unter Leitung von Prof. Dr. Elger.

Alle Patienten haben den Wada-Test zur Testung der Sprachdominanz absolviert.

Die Berliner Patienten wurden telefonisch und wenn dies nicht möglich war, schriftlich gebeten, sich für den dichotischen Test zur Verfügung zu stellen. Die Patienten, denen es nicht möglich war, zu erscheinen, wurden nach Möglichkeit per Hausbesuch getestet. Durch dieses flexible Vorgehen war es möglich, 13 von 14 Berliner wadagetesteten Patienten (92%), die für eine Teilnahme in Frage kamen, in das Projekt miteinzubeziehen.

Die Bonner Stichprobe wurde durch das Engagement des dortigen Neuropsychologen Dipl.-Psych. Dr. Helmstaedter ermöglicht. Innerhalb von einer Woche wurden die stationären und ambulanten Wada-Patienten, die für den dichotischen Test in Frage kamen, getestet.

### 5.1.1 Berliner Stichprobe

Zwei Teilnehmer der Berliner Gruppe hatten Hörausfälle bestimmter Frequenzen. In einem Fall mußte ein Hörausfall beider Ohren für die Frequenzen 2000 und 4000Hz festgestellt werden, im anderen Fall ein Fehlen der 4000Hz-Frequenz auf dem rechten Ohr. Beide Patienten erreichten einen REA, was besonders im zweiten Fall vermuten läßt, daß die Wirksamkeit des Tests durch den definierten Hörausfall nicht beeinträchtigt war. Eine Patientin hatte Schwierigkeiten mit der geforderten Bearbeitungs-geschwindigkeit der sprachlichen Reize, woraus eine höhere Fehlerzahl resultierte.

Die Berliner Stichprobe wies einen durchschnittlichen Lambda-Wert von 2,08 auf. Der kleinste Wert betrug -1,79 und stammt von einem Patienten, der laut Wada-Test eine rechtshemisphärisch organisierte Sprache hat. Der größte Wert wurde bei einem nach dem Wada-T.-Ergebnis als linkshemisphärisch klassifizierten Patienten mit 3,89 gemessen. Die Range zwischen kleinstem und größtem Wert ist 5,68.

Die durchschnittliche Fehlerzahl ergibt sich aus der Gesamtzahl von 17 gemachten Fehlern als 1,3. Die meisten Fehler wurden von den 3 Patienten mit eingeschränktem Hörvermögen bzw. Testbearbeitungsvermögen gemacht. Schließt man diese aus, dann ergibt sich eine durchschnittliche Fehlerzahl von 0,8. Die Verteilung der Lambda-Werte in Abb.5 ersichtlich.

## Berliner Stichprobe $N = 13$ Lambda-Werte-Verteilung

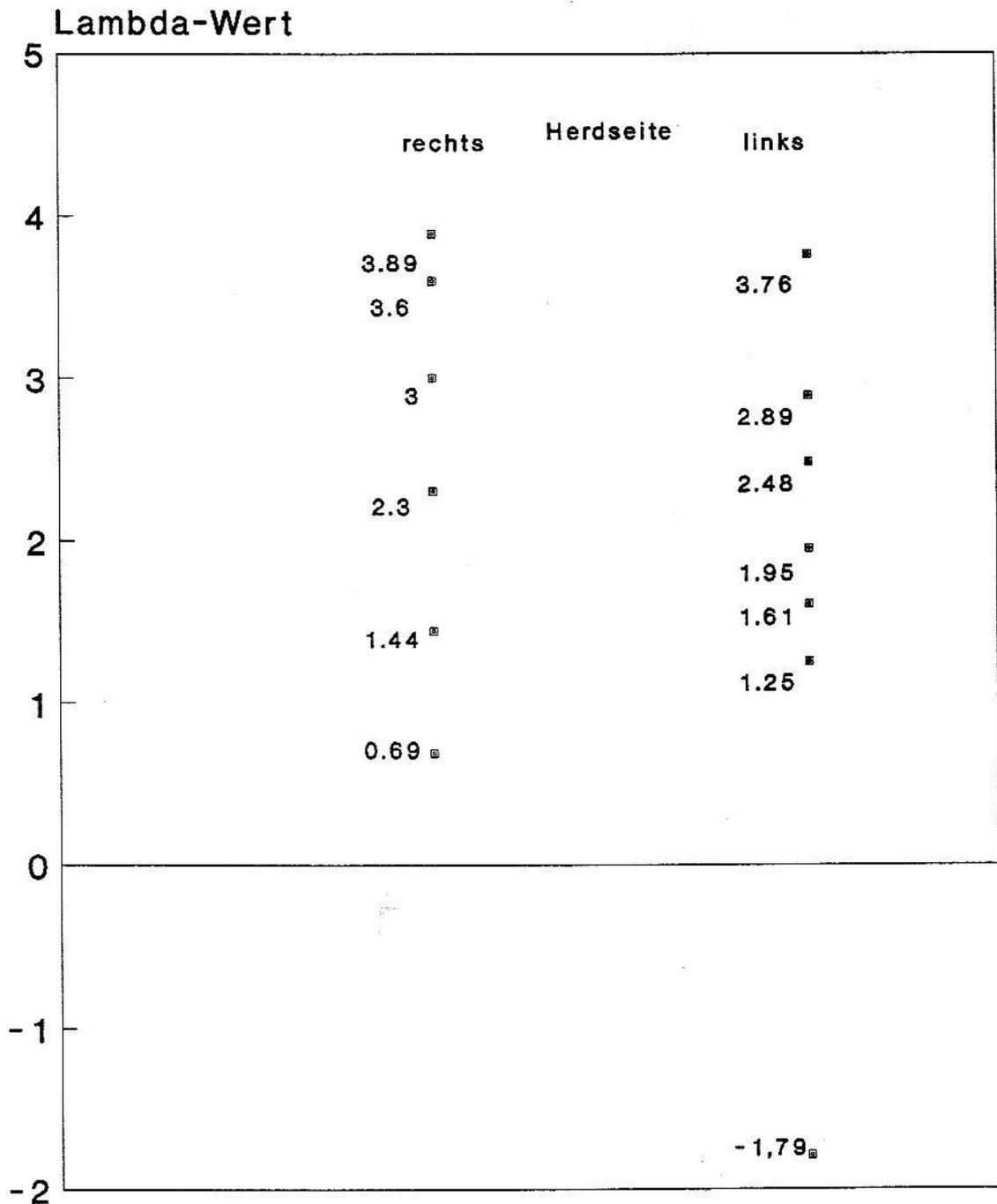


Abb.5

Die erste der untenstehenden Tabellen spiegelt die Herdlokalisierung, den Faktor operiert/nicht operiert und das Wada-Test-Ergebnis der Stichprobe wieder. Dabei bedeuten die Abkürzungen:

li temp = links temporal re temp = rechts temporal

li a = links andere als temporal

re a = rechts andere als temporal

operiert = neurochirurgischer Eingriff ist erfolgt

nicht op = " " " " " " ist nicht erfolgt

Wada re = laut Wada-Test rechtshemisphärisch sprachdominant

Wada li = " " " linkshemisphärisch sprachdominant

In der zweiten Tabelle ist zu erkennen, wieviele Lambda-Werte nach dem Schema der z-Wert-Berechnung signifikant ausfielen. In der Berliner Stichprobe gibt es 5 Patienten (38%) mit einem größeren z-Wert als 1.64, der bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $P=0.05$  als signifikant betrachtet wird. 6 Patienten (46%) haben noch einen größeren z-Wert als 1 und eine Patientin einen kleineren als -1. Eine Patientin befindet sich im Bereich von +1 und -1. Für die z-Wert-Berechnung wurde die Streuung über alle 35 Probanden herangezogen.

$$\bar{X}_{\text{LAMBDA}} =$$

$$S_{\text{LAMBDA}} =$$

in der dritten Tabelle ist die Darstellung des erreichten Gesamtniveaus der Punktzahlen, auf denen die Lambda-Wert-Berechnung basiert, zu erkennen. Es wurden die drei Kategorien größer oder gleich 25%, 10-25% und kleiner als 10% der im Test erreichbaren Punktzahl gebildet. Demnach haben 8 Probanden (61%) einen reliablen Ohrvorteil erzielt.

Berliner Stichprobe ( $N = 13$ )  
 Herdlokalisierung/Operation/Wada-Test

	LI TEMP	RE TEMP	LI AN	RE AN	OP	NOP	WA LI	WA RE
m	2	2	-	-	4	-	4	-
w	5	3	-	1	4	5	8	1

Signifikanzniveau von Lambda

z	>1.64	>1	+1bis-1	<-1
m	1	3	-	-
w	4	3	1	1

Gesamtleistungsniveau der Ohrvorteile

%	$\geq 25$	10-25	<10
m	3	-	1
w	5	4	-

### 5.1.2 Bonner Stichprobe

Zwei der Bonner Patienten hatten umschriebene Hörausfälle. Bei einem vorliegenden Ausfall der Frequenzen 500 und 4000Hz links des einen Patienten dürfte dessen extremer REA in dieser Höhe ein Artefakt sein. Der mittlere REA des anderen Probanden dürfte durch den umschriebenen Frequenzausfall rechts bei 500Hz eher als Ergebnis bekräftigt sein. Ein dritter Patient hatte starke Leseschwierigkeiten, weshalb er die Items nachsprach, die dann vom Versuchsleiter protokolliert wurden.

Die Bonner Gruppe weist einen mittleren Lambda-Wert von 1,67 auf. Der kleinste Wert beträgt -3,69 und stammt von einem Patienten mit rechtshemisphärisch ausgewiesener Sprache. Der Maximalwert von 4,14 entspricht dem oben beschriebenen extremen REA mit eingeschränkter Validität. Die Range beträgt 7,8.

Die Zahl der Fehler betrug 23 mit einem durchschnittlichen Fehlerwert von 2,09 eines Probanden. Werden die Probanden mit Hörstörungen oder Kopfverband ausgeschlossen, ergibt sich ein Gesamtwert der Fehlerzahl von 16 und ein Mittelwert von 1,45.

Die Verteilung der Lambda-Werte der Bonner Patientengruppe ist in Abb.6 ersichtlich.

## Bonner Stichprobe Lambda-Werte-Verteilung

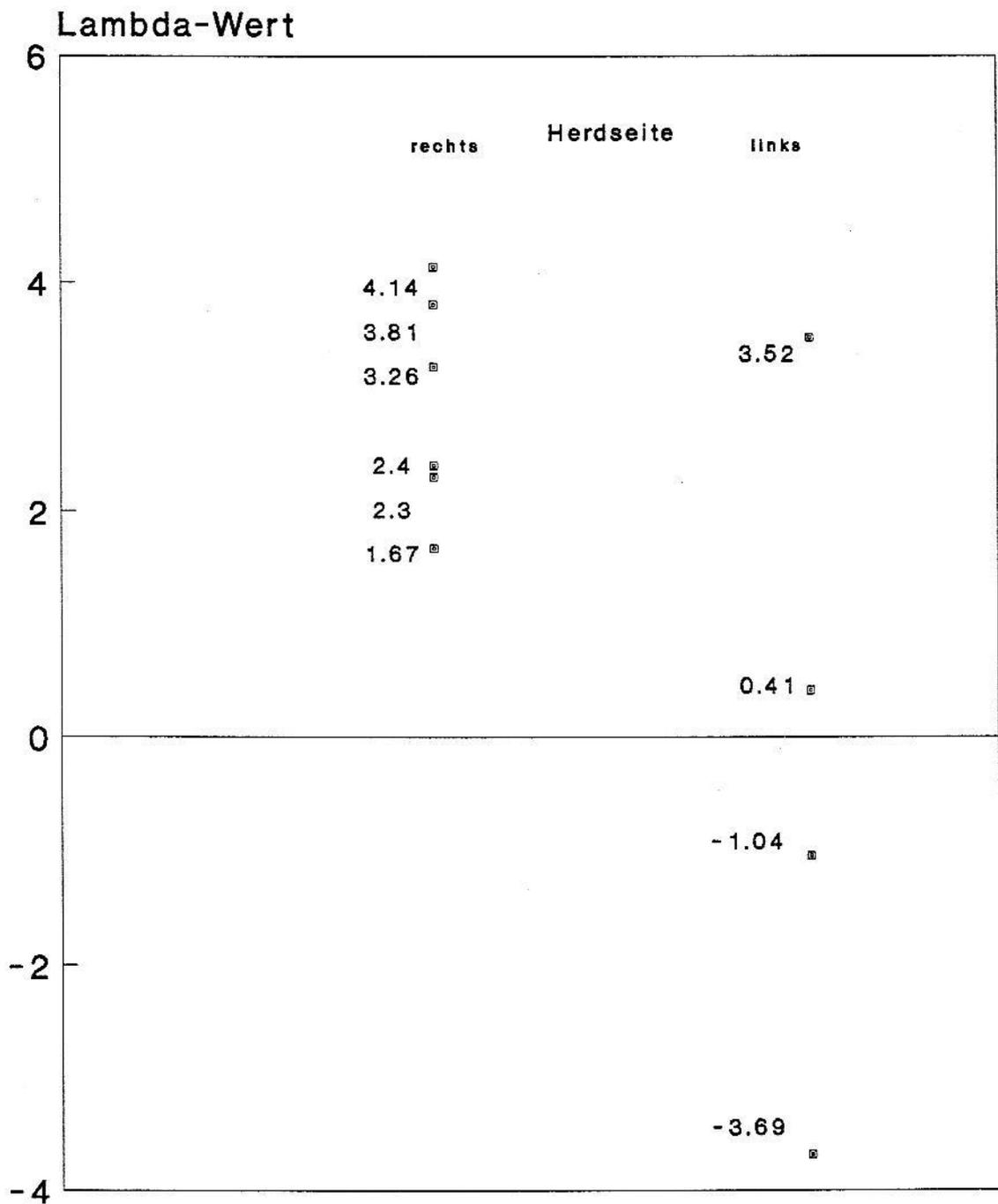


Abb.6

Für die Tabellen gilt dieselbe Legende wie für die Berliner Stichprobe. Folgende Kürzel kommen bei der ersten Tabelle hinzu:

re=li = laut Wada-Test auf beide Hemisphären gleichverteilte Sprachfunktionen, bilaterales Dominanzmuster.

li>re = laut Wada-Test linkshemisphärisch mehr Sprachfunktionen repräsentiert, als rechtshemisphärisch (inkomplette Linksdominanz)

Bonner Stichprobe (N=10)																
Herdlokalisation/Operation/Wada-Test																
	HERD				OP		WADA									
	LI	TEMP	RE	TEMP	LI	AN	RE	AN	OP	NOP	WA	LI	WA	RE	RE=LI	LI>RE
m	1		1		1		3		4	2		3		1	1	-
w	2		1		-		1		2	2		2		-	-	2
	10								10		10					

Signifikanzniveau von Lambda					
z	>1.64	>1	+1bis-1	<-1	<-1.64
m	3	2	-	-	1
w	1	1	1	1	-

Gesamtleistungsniveau der Ohrvorteile			
%	>=25	10-25	<10
m	4	2	-
w	2	2	-

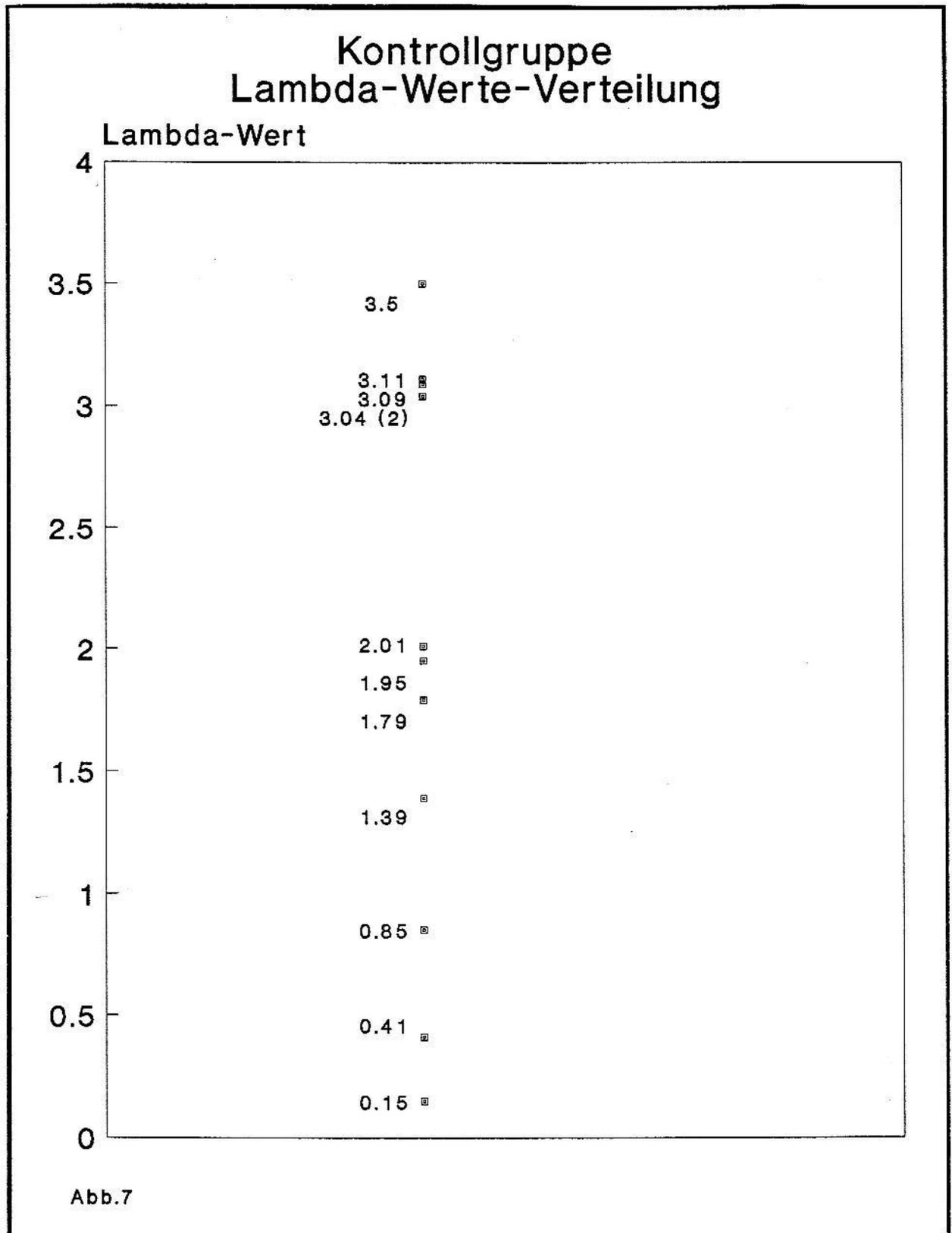
4 Patienten überschritten ein Signifikanzniveau von 1.64 und einer erreichte einen Wert von  $< -1.64$ . Das ergibt eine Anzahl von 5 signifikanten Lambda-Werten (50%). Auch in dieser Gruppe fiel nur ein Wert in den Bereich von -1 bis +1. Das Gesamtleistungsniveau von 25% wurde von 6 Probanden (60%) erreicht bzw. überschritten.

### 5.1.3 Kontrollgruppe

Die aus 12 Teilnehmern bestehende Kontrollgruppe (7 Frauen und 5 Männer) erreichte einen durchschnittlichen Lambda-Wert von 2,02. Der niedrigste Wert betrug 0,15 und der Maximalwert war 3,5. Die Range ist 3,35.

Die gesamte Fehlerzahl der Kontrollgruppe lag bei 2, einem durchschnittlichen Fehlerwert von 0,16. Dieser Wert liegt deutlich niedriger als bei den Patientens Stichproben.

Abb.7 zeigt die Verteilung der Lambda-Werte der Kontrollgruppe.



Die Tabellen zeigen 6 Teilnehmer (50%) mit signifikantem Lambda und 8 Personen (61%) mit einem Leistungsniveau über 25%.

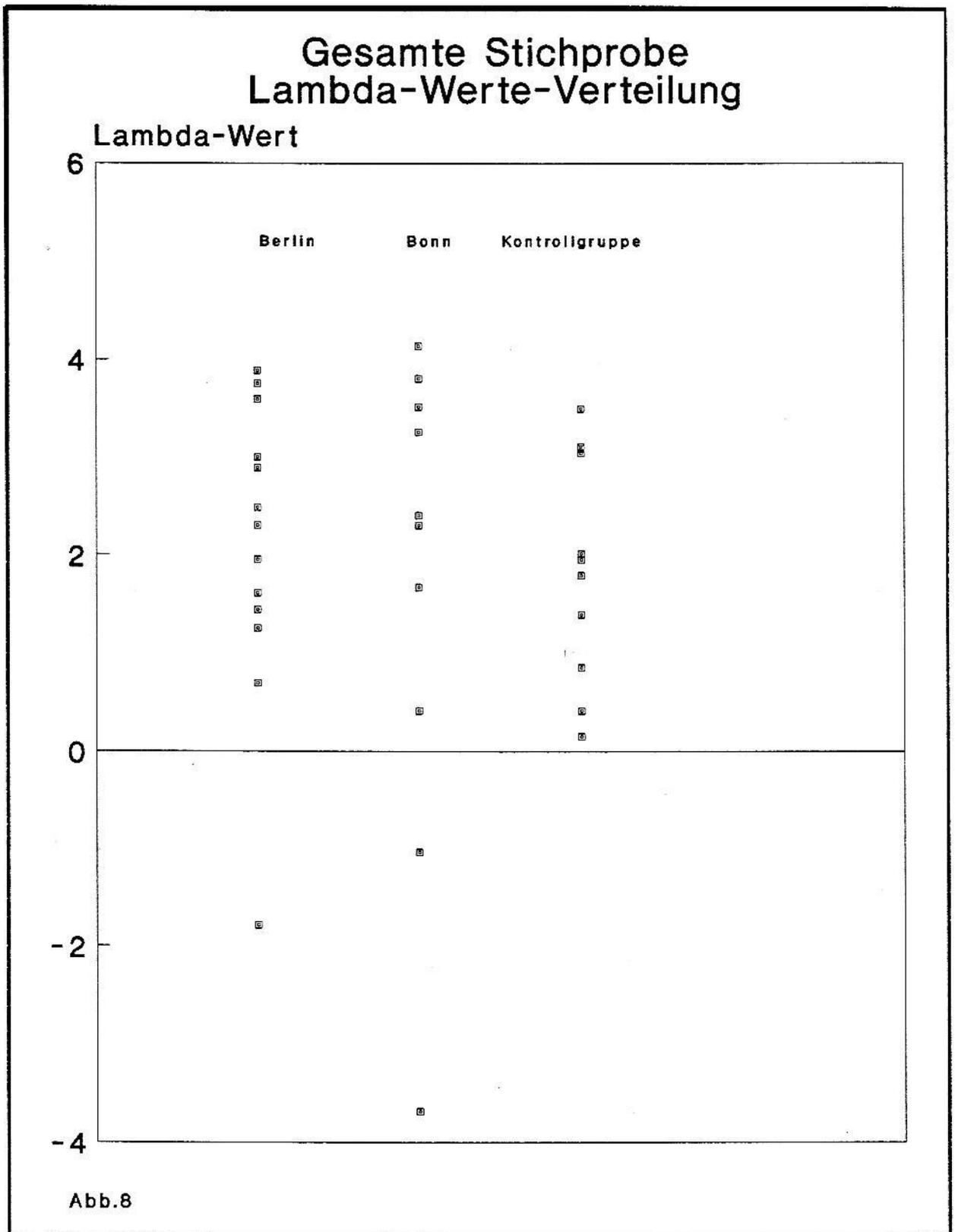
Kontrollgruppe				
Signifikanzniveau von Lambda				
z	>1.64	>1	+1bis-1	<-1
m	2	1	2	-
w	4	1	2	-

Gesamtleistungsniveau der Ohrvorteile			
%	>=25	10-25	<10
m	4	1	-
w	4	3	-

#### 5.1.4 Gesamte Stichprobe

Um einen Überblick über die gesamte Stichprobe zu ermöglichen, werden sämtliche erhaltenen Lambda-Werte in der untenstehenden Abbildung 8 graphisch dargestellt.



## 5.2 Vergleich der Wada-Testergebnisse und der Lambda-Werte der Patienten

Von den 2 rechtshemisphärisch sprachorganisierten Wada-Patienten erhielten beide einen deutlichen (-1,79) bzw. hohen (-3,69) LEA.

Die 18 laut Wada-Test linkshemisphärisch sprachorganisierten Patienten erhielten alle einen REA. *DER ABWEICHEN IN 2 FÄLLEN ZWISCHEN 0 UND +1 LAG (NICHT SIGNIFIKANT WAR)*

10 (43%) der 23 Patienten erhielten einen signifikanten Ohrvorteil, während 14 (60%) ein Gesamtleistungsniveau von gleich oder größer 25% erreichten.

In der Berliner Stichprobe hatte eine Patientin mit Hörfrequenzausfall von 4000Hz rechts einen REA von 0,69 erhalten. Das Wada-Testergebnis war in diesem Fall eindeutig linksdominant. Möglicherweise wäre der Lambda-Wert ohne die Hörschädigung größer als 1 geworden. Bei einer Bonner Patientin wurde ein Lambda-Wert von 0,41 gemessen. Hier hatte der Wada-Test eine inkomplette Linksdominanz ergeben, d.h. links ist anteilmäßig mehr Sprache organisiert, als rechts. Eine weitere Patientin aus Bonn hatte ebenfalls eine inkomplette Linksdominanz im Wada-Test gezeigt und erbrachte ein Lambda von -1,04.

Ein Bonner Patient hatte rechts mehr sensorische und links mehr motorische Sprachfähigkeiten, was als bilateral laut Wada-Test klassifiziert wurde. Dieser Patient erhielt einen Lambda-Wert von 3,52, ein Ergebnis, das man laut Wada-Test nicht erwartet hätte.

Nach dieser groben Klassifikation in der Richtung des Lambda-Wertes ergibt sich ohne die letztgenannten Patienten eine Übereinstimmung von 94,4 % (17 von 18 Patienten) mit den mit rein linksdominanten Diagnosen des Wada-Tests, wenn

man einen REA von mindestens +1 voraussetzt. Macht man diese Voraussetzung nicht, dann wurden alle 18 rein linksdominanten Patienten richtig klassifiziert. Die 4 oben erwähnten Patienten wären - dem Wada-Test zufolge - in der Überlappungszone von Lambda zwischen -1 und +1 angesiedelt. Während dies für einen Wert (0,41) und (0,69) zutrifft, liegt ein anderer (-1,04) knapp unter dieser Grenze und ein dritter (3,52) liegt deutlich außerhalb dieses Bereichs. Wenn die letzten beiden Werte als falsch klassifizierend beurteilt werden, dann sind insgesamt 21 von 23 Wada-Patienten richtig entsprechend dem Wada-Testergebnis klassifiziert, was einem Prozentsatz von 91,3% richtiger Klassifikation entspricht.

Folgende Erklärungsmöglichkeiten für die beiden Fehlklassifikationen wären denkbar:

1. Der große REA (3,52) bei dem laut Wada-Test bilateralen Patienten könnte daraus resultieren, daß die überwiegend motorische Sprachfähigkeiten repräsentierende linke Hemisphäre noch einen entscheidenden Rest an denjenigen rezeptiven Sprachfunktionen hat, die für das Zustandekommen des Ohrvorteils im FRWT verantwortlich sind.
2. Der LEA von -1,04 liegt erstens noch an der Grenze von -1 und zweitens besteht die Möglichkeit, daß die für den Test sensiblen Sprachfunktionen mehr in der unterrepräsentierten rechten Hemisphäre vertreten sind.

### 5.3 Testanalyse

Mit den nachfolgenden Analysen sollte festgestellt werden, mit welcher Häufigkeit die Testitems in der Stichprobe lateralisiert haben. Für jedes einzelne Wortpaar wurde ein Profil erstellt, das die Häufigkeit der erzielten Lateralisierungen (0 bis

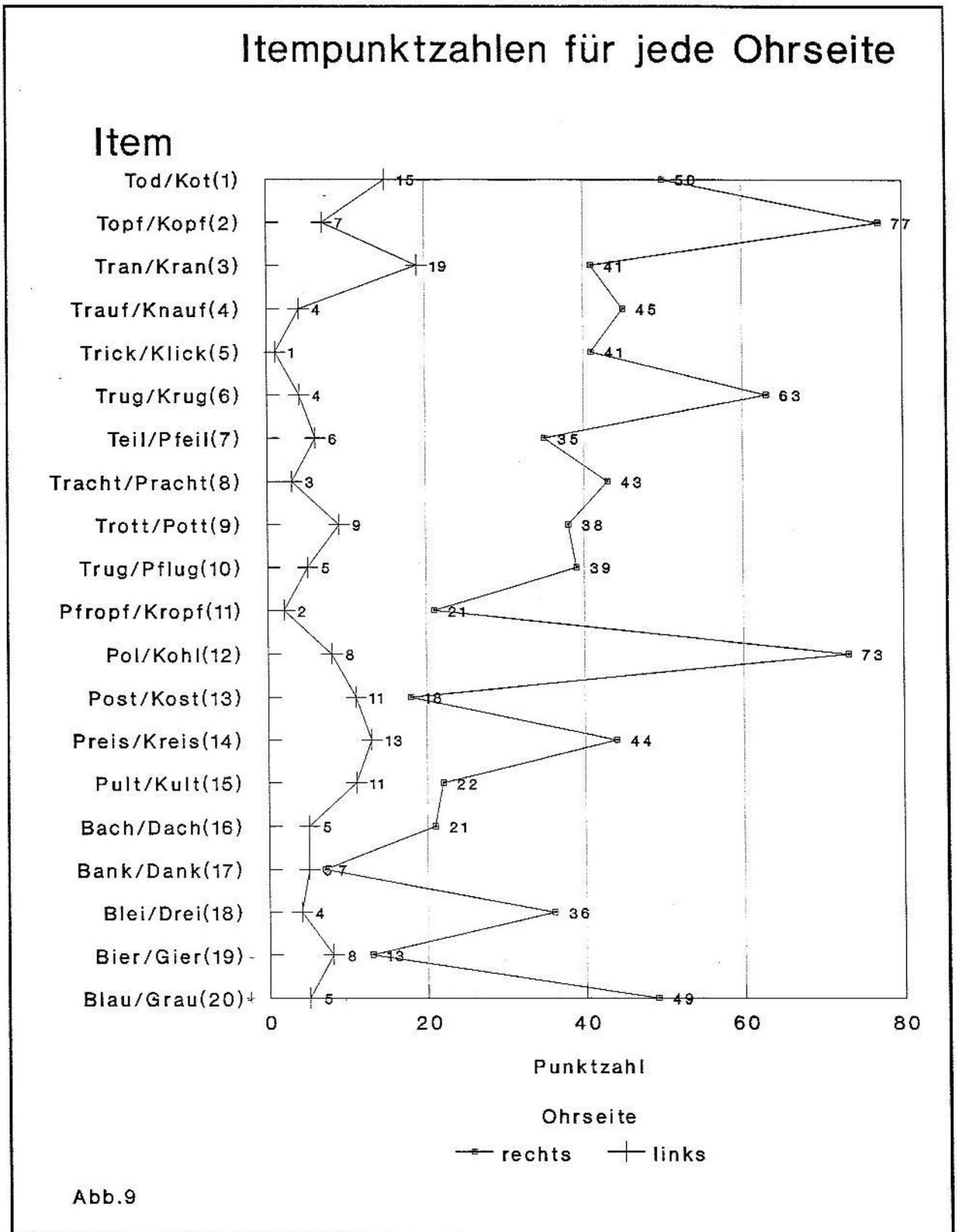
4) dieses Items über alle Fälle für rechts und links getrennt zeigt. Eines der Items (Po/Klo) stellte sich als unbrauchbar heraus, da es bei sämtlichen Versuchsteilnehmern zu Stimulusdominanz führte. Diese Wortgruppe wurde grundsätzlich aus allen Berechnungen ausgeschlossen, so daß alle in dieser Arbeit dargestellten Ergebnisse auf den Punktzahlen der verbleibenden 20 Items beruhen.

Da die Gesamtzahl der erbrachten Lateralisierungen der einzelnen Items ein wichtiger Faktor für die Beurteilung und Weiterentwicklung des Tests ist, wurde die Summe der Lateralisierungen für jedes Item rechts und links aufaddiert, so daß sich eine Rangfolge daraus ergibt. Abb.9 (S.65) zeigt die Häufigkeit der Lateralisierungen in Punktform für jedes Wortpaar.

Die Wortgruppen, die mit Abstand die meisten Lateralisierungspunkte auf dem rechten Ohr erzielt haben, waren die Itemgruppen Topf/Kopf (77), Pol/Kohl (73) und Trug/Krug (63). Es folgt eine Gruppe von 7 Wortpaaren, die zwischen 40 und 50 Lateralisierungen liegt. 4 der Paare sind zwischen 30 und 40 Punkten angesiedelt, wonach wieder ein Sprung erfolgt, da die restlichen 6 Paare nur höchstens 22 Punkte erbrachten.

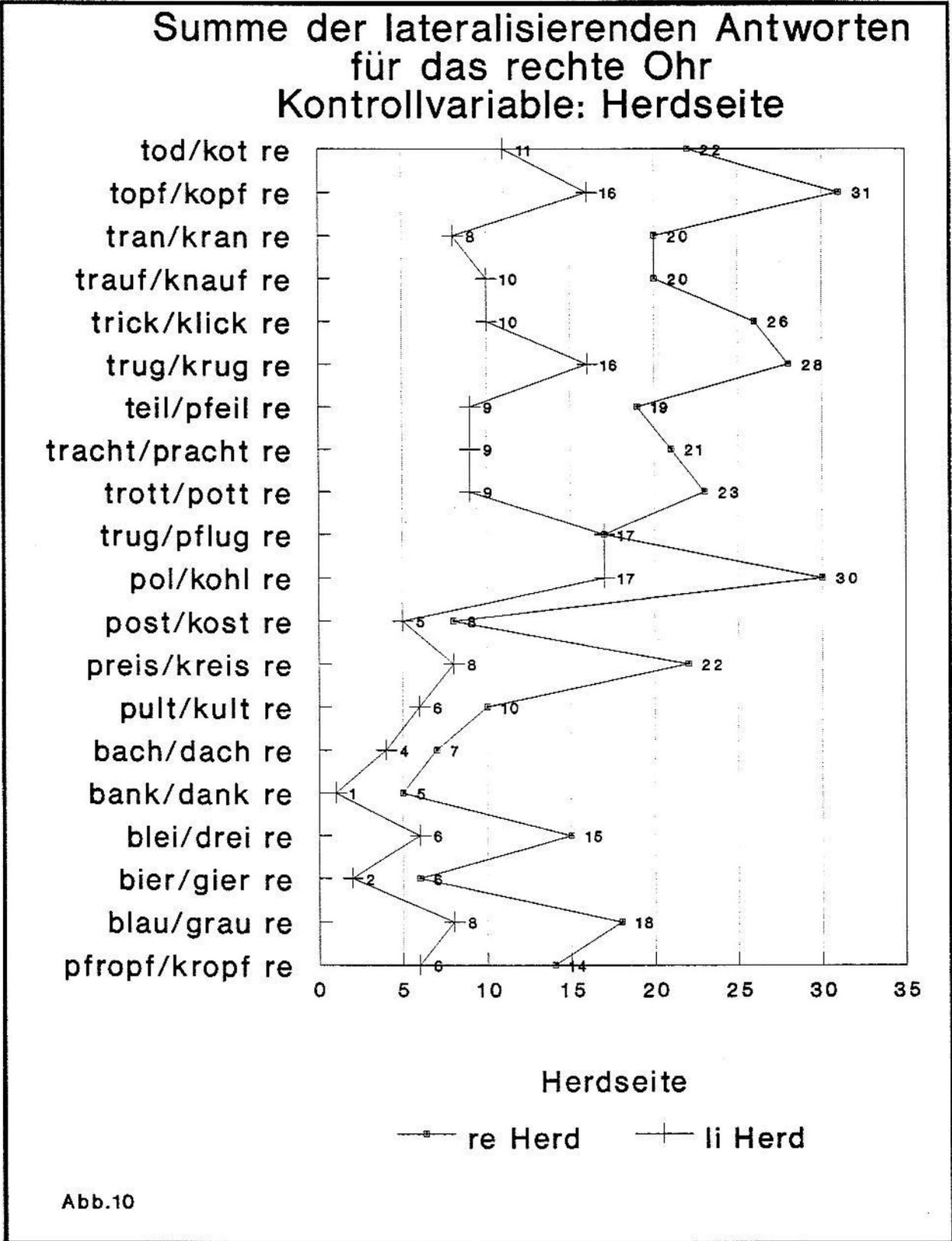
Auf der linken Ohrseite gab es erwartungsgemäß insgesamt eine viel geringere Anzahl an Lateralisierungen. Deshalb soll hier nur erwähnt werden, daß 5 der Paare zwischen 10 und 20 Lateralisierungen lagen, wobei die drei größten Werte von den Wortgruppen Tran/Kran (19), Tod/Kot (15) und Preis/Kreis (13) erreicht wurden.

Es muß in diesem Zusammenhang festgestellt werden, daß sich keine der Wortgruppen, die rechts einen der drei Spitzenwerte erbrachten mit einer, die links einen der drei Höchstwerte erreichte, deckt.

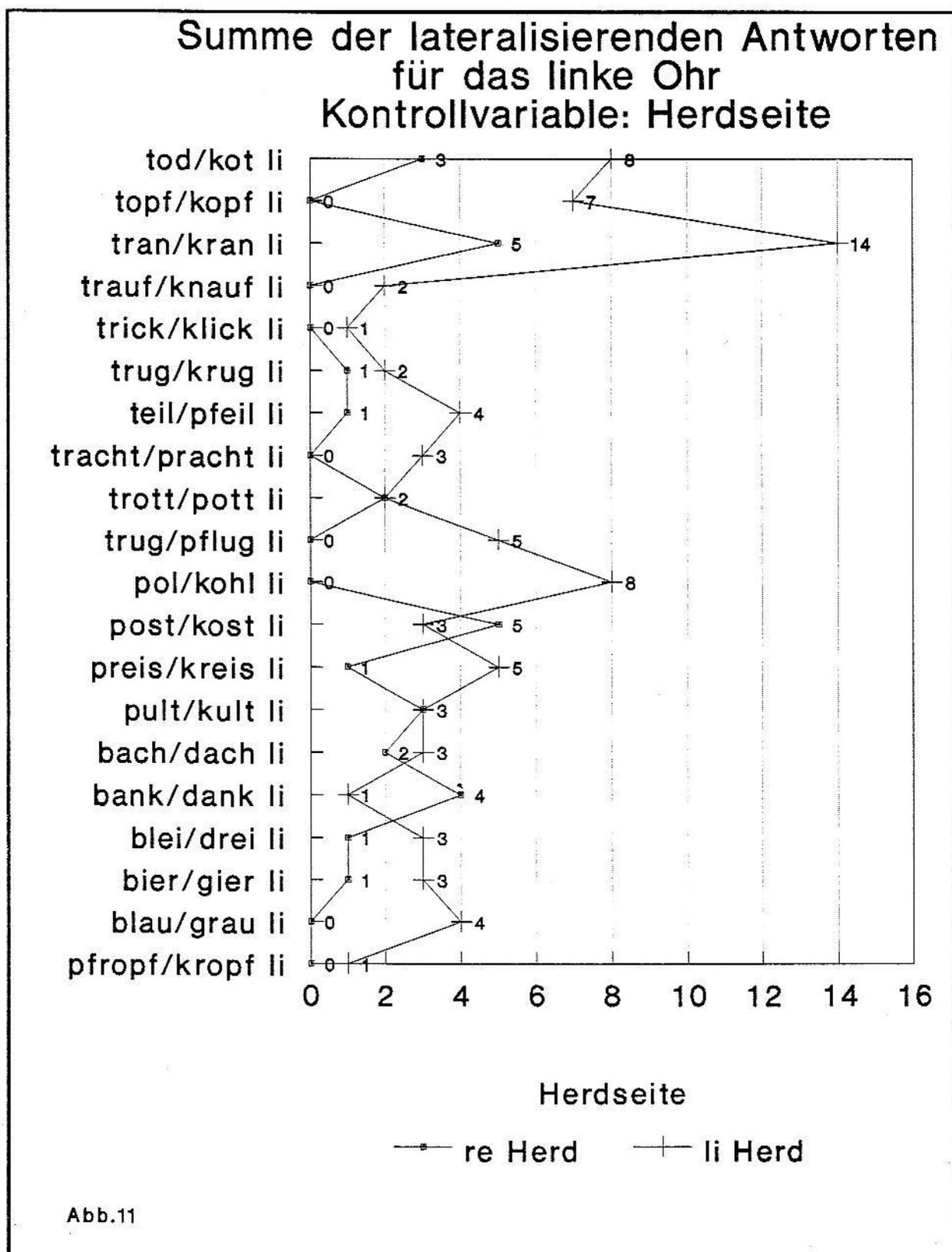


Zusätzlich ist in Abb.10 und 11 graphisch dargestellt, wie häufig für die einzelnen Ohrseiten - bezogen auf jedes Itempaar - Lateralisierungen erzielt wurden. Als Kontroll-variable wurde dabei die Herdseite gewählt, die Kontrollgruppe wurde

also hier nicht berücksichtigt. Hiermit wird deutlich, wie unterschiedlich die Items - bezogen auf die Herdseite - in der Patientengruppe lateralisieren. Auf Abb.10 ist erkennbar, daß fast alle Wortgruppen rechts eine höhere Punktzahl bei der Patientengruppe mit rechtem Herd erreichten.



Die nachfolgende Abb.11 zeigt fast umgekehrte Verhältnisse. Außer bei 4 Items ist die Punktzahl für das linke Ohr bei allen Wortgruppen für die Patienten mit linkem Herd größer.



Die Testergebnisse wurden versuchsweise einer Reliabilitätsanalyse nach dem Modell der klassischen Testtheorie unterzogen, wobei Cronbach's Alpha berechnet wurde. Die 4 Durchgänge wurden dabei als 4 einzelne Untertests aufgefaßt.

Folgende Skalen wurden für die Berechnungen definiert:

1. Gesamt: Punktzahlen aller 40 (2 Ohrseiten) Items
2. Rechts: Punkte der rechten Ohrseite
3. Links: Punkte der linken Ohrseite
4. TK rechts: Punkte der Konsonantengruppen T/K rechts
5. TK links: Punkte der Konsonantengruppen T/K links
6. +7. TP rechts und TP links (ab hier analog zu 4. +5.)
8. +9. PK rechts und PK links
10. +11. BD rechts und BD links
12. +13. BG rechts und BG links

Die Reliabilitätskoeffizienten für die Gesamtskala und die einzelnen Unterskalen finden sich untenstehend auf der nächsten Seite.

	ALPHA
GESAMTSKALA =	.7831
RECHTS =	.8864
LINKS =	.8961
TK rechts =	.8543
TK links =	.7607
TP rechts =	.8131
TP links =	.7539
PK rechts =	.4797
PK links =	.6224
BD rechts =	-.0923

BD links = .4738  
 BG rechts = -.1751  
 BG links = .3109

Interessant ist vor allem, daß die Wortgruppen TK rechts und TP rechts die höchsten Reliabilitätskoeffizienten neben den größeren Unterskalen (RECHTS und LINKS) erhalten. Dies sind dieselben Wortgruppen, die auch die höchsten Punktzahlen erbrachten. Die niedrigsten Werte sind bei BD rechts und BG rechts zu finden.

#### 5.4 Einfluß der Faktoren Herseite und Operation *LITERATUR* VOESINGER 1985, THE DUAL BIDAN, (REUSOW + ZAIWEC, ADS) S. 132

Aufgrund der geringen Zahl an Patienten, die in diese Untersuchung miteinbezogen werden konnten, hat die folgende Berechnung eher modellhaften Charakter. Ursprünglich war eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Herseite und Operation geplant, die Besetzung der einzelnen Zellen der Varianzanalyse (4/6/4/3) ist aber zu gering.

In einer einfaktoriellen Varianzanalyse sollte geprüft werden, ob sich die 3 im folgenden aufgeführten Gruppen signifikant im Gruppenmittel voneinander unterscheiden. Die Gruppen 1 und 2 bestehen aus Epileptikern mit rechts- bzw. linksseitigem Herd, die dritte Gruppe ist die Kontrollgruppe. Die umseitige Tabelle zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen und Teilnehmerzahlen der zusammengefassten Patientenstichprobe für die Aufteilung nach dem Faktor Herdseite und darunter das Ergebnis der einfaktoriellen Varianzanalyse mit der Herdseite als Gruppierungsfaktor.

---

 Faktor Herdseite

	Mean	s	N
gesamte Stichprobe	1.9480	1.7076	35
Herdseite rechts	2.7083	1.0885	12
Herdseite links	1.0318	2.3526	11
Kontrollgruppe	2.0275	1.1488	12

---

## Faktor Herdseite

		Analysis of Variance			
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between	2	16.2464	8.1232	3.1358	.0571
Within	32	82.8958	2.5905		
Total	34	99.1422			

Die Mittelwerte der verschiedenen Gruppen zeigen zunächst einen deutlichen Unterschied in der Höhe Lambdas zwischen den Patienten mit rechtem und linkem Herd. Der Wert der Kontrollgruppe nimmt eine Mittelposition ein. Das Ergebnis der Varianzanalyse weist keine signifikanten Gruppenunterschiede aus. Die Mittelwertsdifferenzen befinden sich jedoch mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5,71% in der Nähe eines signifikanten Ergebnisses. In einer nachfolgenden Analyse wurden die Patienten mit Hörstörungen ausgeschlossen. Die untenstehenden Tabellen zeigen die entsprechenden Werte.

-----

Faktor Herdseite ohne Hörstörungen

	Mean	Std Dev	Cases
Gesamte Stichprobe	1.9377	1.7565	31
rechter Herd	2.8889	.8320	9
linker Herd	.9740	2.4716	10
Kontrollgruppe	2.0275	1.1488	12
Total Cases =	31		

-----

Faktor Herdseite ohne Hörstörungen

		Analysis of Variance			
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between	2	17.5268	8.7634	3.2702	.0529
Within	28	75.0332	2.6798		
Total	30	92.5599			

Als Ergebnis ist zu erkennen, daß die Gruppenunterschiede fast genauso einzuschätzen sind, wie ohne den Ausschluß. Nachfolgend wurden alle Patienten mit einem nicht temporalen Herd ausgeschlossen:

-----

Faktor Herdseite nur temporal ohne Hörstörungen

	Mean	Std Dev	Cases
Gesamte Stichprobe	1.9663	1.4257	27
rechter Herd	2.5550	.8219	6
linker Herd	1.4922	1.9624	9
Kontrollgruppe	2.0275	1.1488	12
Total Cases =	27		

-----

Faktor Herdseite nur temporal ohne Hörstörungen

		Analysis of Variance			
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between	2	4.1471	2.0735	1.0218	.3751
Within	24	48.7025	2.0293		
Total	26	52.8496			

Obwohl zu erkennen ist, daß zwischen der Gruppe der rechtstemporalen und der linkstemporalen Patienten ein Mittelwertsunterschied von mehr als 1 besteht, weist die Varianzanalyse keine Signifikanz aus.

Da die Möglichkeit bestand, daß die beiden extremen LEAs den Durchschnittswert für die beiden Patientenstichproben erheblich senken, wurden diese Werte (-1,79 und -3,69) für eine weitere Berechnung aus den Rechts- und Linksherdgruppen ausgeschlossen. Die daraus resultierenden Mittelwerte und das Ergebnis der Varianzanalyse sind untenstehend zu finden.

-----  
 Faktor Herdseite ohne Hörstörungen und ohne Wada rechts

	Mean	Std Dev	Cases
Gesamte Stichprobe	2.2603	1.2532	29
rechter Herd	2.8889	.8320	9
linker Herd	1.9025	1.6340	8
Kontrollgruppe	2.0275	1.1488	12

-----

Faktor Herdseite ohne Hörstörungen und ohne Wada rechts

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between	2	5.2306	2.6153	1.7551	.1928
Within	26	38.7437	1.4901		
Total	28	43.9743			

Das Ergebnis dieser Berechnung ist ein deutliches Absinken der Gruppendifferenzen und ein erkennbares Abrücken von der 5% Signifikanzgrenze (Irrtumswahrscheinlichkeit 19,28%). Damit ist für diese Stichprobe klar, daß die Mittelwertsunterschiede nur an die Signifikanzgrenze von  $P=0.05$  gelangen, wenn die rechtshemisphärisch sprachdominanten Patienten miteinbezogen werden. Für den Gruppierungsfaktor Operation wurde die gleiche Berechnung durchgeführt, wobei nur die Patienten mit Hörstörungen ausgeschlossen wurden:

-----

Faktor Operation ohne Hörstörungen

	Mean	Std Dev	Cases
Gesamte Stichprobe	1.9377	1.7565	31
nicht operiert	1.7557	1.9578	7
operiert	1.9542	2.2303	12
Kontrollgruppe	2.0275	1.1488	12
Total Cases =			31

-----

Faktor Operation ohne Hörstörungen

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between	2	.3319	.1659	.0504	.9510
Within	28	92.2281	3.2939		
Total	30	92.5599			

Schon zwischen den Mittelwerten der einzelnen Gruppen sind nur geringe Unterschiede erkennbar. Das varianzanalytische Ergebnis ist dementsprechend auch weit von einer Signifikanz entfernt (Irrtumswahrscheinlichkeit 95,10%).

## 6. Diskussion

An dieser Stelle sollen die Ergebnisse dieser Arbeit, was die Testanwendung, die Testqualität und die Hypothesenprüfung angeht, erörtert werden. Ferner werden Verbesserungsvorschläge für eine Weiterbearbeitung des Tests ausgesprochen.

Ein wesentliches Anliegen bei der Testkonstruktion war die gute Durchführbarkeit an Patientenstichproben. Dies betrifft sowohl den zeitlichen Rahmen der Durchführung, als auch die Verständlichkeit der Instruktionen, sowie die geforderte Konzentrations- und Gedächtnisleistung. Die Erfahrung aus der Anwendung im klinischen Kontext konnte klar belegen, daß die Konzeption des Tests hinsichtlich dieser Faktoren als gut geglückt zu bezeichnen ist. Lediglich ein Patient konnte die Instruktionen wegen einer spezifischen Leseschwierigkeit nicht befolgen. Für solche Fälle ist jedoch das Nachsprechenlassen der Wörter eine Kompensationsmöglichkeit. Als zu zeitraubend hat sich die Auswertung mit dem selbstentworfenen Formular und den Schablonen erwiesen. Mit ca. 20 min dauerte diese länger als die Testdurchführung.

Bezüglich der Testqualität hat sich herausgestellt, daß der Test verlässliche Messungen des Ohrvorteils ermöglicht. Die Anfangskonsonantengruppen T/K, T/P und P/K scheinen besonders geeignet zu sein, rechtsseitige Lateralisierungseffekte zu bewirken. Für die linke Ohrseite werden die höchsten Lateralisierungseffekte von den gleichen Konsonantengruppen wie rechts erzielt, jedoch nicht von denselben Items. Dieser Effekt muß jedoch mit Vorsicht interpretiert werden, da die Zahl der linksseitigen Lateralisierungen, wie auch zu erwarten war, sehr gering ausfiel. Dennoch stellt sich die Frage, ob bei rechtshemispärischen Sprachdominanzmustern mit zum Teil anderen Itemgruppen Ohrvorteile erzielt werden, als bei linksdominanten.

Für das Phänomen der Stimulusdominanz muß gefragt werden, warum bei einem Probanden das Wort Preis und beim anderen das Wort Kreis zur Stimulusdominanz führt. Aus dem theoretischen Hintergrund zur Modellvorstellung der Stimulusdominanz leuchtet dies nicht unmittelbar ein. Als Erklärung wäre eine interindividuell verschiedene Konsonantenwahrnehmungs- bzw. -unterscheidungsfähigkeit möglich. Auch kognitive Störfaktoren wie z.B. ein Abwägen nach dem Lesen der Reihe von 4 Wörtern könnten einen Effekt bewirken. Dagegen spricht allerdings die kurze Zeit von nur 3 Sekunden zwischen den Wortreihen; die Probanden mußten sich dadurch relativ schnell für ein Wort entscheiden. Im Rahmen dieser Arbeit können diese Fragen nicht geklärt werden.

Als letzter Punkt zur Testbeurteilung sei erwähnt, daß die Reliabilitätsberechnung (Testwiederholung) die schon oben genannten Konsonantengruppen T/K und T/P als die zuverlässigsten bestätigt. Die am dritthäufigsten rechts lateralisierende Gruppe P/K fällt dagegen im Reliabilitätskoeffizienten ab. Es gibt 3 Items dieser Gruppe, die sehr wenig zur Lateralisierung beitragen, während die anderen 2 gute Lateralisierungseffekte erbringen. Insgesamt deutet sich bei dieser Itemgruppe an, daß sie weniger oft in allen 3 oder 4 Untertests hintereinander eine Lateralisierung bewirkt.

Die Hypothesen hinsichtlich der Patientenstichprobe können nur bezüglich des Faktors Operation als bestätigt angesehen werden. Allein durch die Tatsache einer erfolgten Operation ist keine Schwächung des Ohrvorteils zu erwarten, wenn nicht zusätzlich nach der Herdseite differenziert wird.

Betrachtet man die Herdseite für sich, so ist der Unterschied zwischen den Gruppen nur annähernd signifikant, obwohl die Lambda-Werte der rechtshemisphärisch sprach-dominanten Patienten den Durchschnittswert senken. Nimmt man diese heraus, dann gleichen sich die Mittelwerte an. Das könnte

darauf zurückzuführen sein, daß - verglichen mit einer größeren Patientenpopulation - überdurchschnittlich viele Patienten einen hohen Ohrvorteil erhielten. Es kann mit Recht vermutet werden, daß sich eine deutliche Signifikanz ergibt, wenn man eine größere Stichprobe als in dieser Arbeit daraufhin überprüft. Die Gefahr einer Extremgruppenauswahl würde dann absinken, so daß auch im Bereich von -1 und +1 der Lambda-Werte mehr Patienten zu erwarten sind, was die bekanntermaßen erhöhte Wahrscheinlichkeit eines Transfers von Sprachfunktionen zur rechten Hemisphäre bei geschädigtem linken Temporallappen nahelegt.

Ein nächstes Thema ist die Reliabilität des individuellen Ohrvorteils. Mißt man diese an dem erreichten Gesamtleistungsniveau eines Probanden, so muß festgestellt werden, daß nur 60% der Patientenstichprobe und 66% der Kontrollgruppe dieses Leistungsniveau erreichten. Allerdings sind sehr viele Probanden im Bereich von 10 bis 25% angesiedelt und nur ein einziger hat ein Gesamtleistungsniveau von weniger als 10%. Das wird als Hinweis darauf verstanden, daß eine Qualitätsverbesserung der Items das Leistungsniveau noch anheben würde.

Abschließend werden folgende Verbesserungsvorschläge für eine Weiterentwicklung des FRWT in der deutschen Version gemacht. Die Items müßten noch einmal in verbesserter Qualität generiert werden, wobei vorher verworfene Items möglicherweise erneut verwendet werden könnten. Eventuell könnten andere Konsonantenpaarungen ausprobiert werden, die hier keine Verwendung fanden. Sowohl die möglicherweise unterschiedliche Wahrscheinlichkeit der Items, bei unterschiedlichen Sprachdominanzformen Ohrvorteile zu erbringen, als auch das beobachtete Phänomen des Stimulusdominanz-Wechsels könnten bei nachfolgenden Untersuchungen analysiert werden.

Ferner sollte die Praktikabilität der Auswertung verbessert werden. Hier ist ein Computerprogramm vorstellbar, das sowohl die Darbietung der Listen, als auch die anschließende Auswertung übernimmt. Ein neu zusammengestellter Test sollte an einer größeren Stichprobe validiert werden.

## *7. Zusammenfassung*

Mit dem Ziel der Messung der Sprachlateralisierung wurde eine deutschsprachige Version des Fused Rhymed Words Test als nicht-invasives Testinstrument hergestellt. Die nach der Itemselektion entstandene Endversion wurde an zwei klinischen Stichproben von Epileptikern, die den Wada-Test absolviert hatten, validiert. Als Maß für die Lateralisierung wurde der Lambda-Index verwendet. In der Richtung des durch den Lambda-Wert repräsentierten Ohrvorteils wurden die Diagnosen des invasiven Wada-Tests zu 91 % bestätigt. Eine Analyse der Items bezüglich der erreichten Punkte ergab, daß besonders die Itemgruppen mit den Anfangskonsonantenpaarungen T/K, T/P und P/K für eine häufige Lateralisierung geeignet sind. Die Hypothesen hinsichtlich der Patientenstichprobe konnten nur in Bezug auf den Faktor Operation bestätigt werden. Die durch die Herdseite bedingten Mittelwertsunterschiede stellten sich als nicht signifikant heraus.

*Literaturverzeichnis*

*BERLIN, C. , LOWE-BELL, S. , CULLEN, J. , THOMPSON, C. & LOOVIS, C. (1973).*

Dichotic speech perception: An interpretation of right-ear advantage and temporal offset effects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 53, 699-709.

*BROCA, P. (1863).* Localisation des fonctions cerebrales-Siege du langage articule. *Bulletins de la Societe d'Anthropologie*, 4, 200-204.

*BROADBENT, D.E. (1954).* The role of auditory localization in attention and memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 191-196.

*BRYDEN, M.P. (1982).* *Laterality*. New York: Academic Press.

*BRYDEN, M.P. (1988).* An Overview Of The Dichotic Listening Procedure And Its Relation To Cerebral Organization. In: Bryden, M.P., Murray, J.E., (1985). *Toward a model of dichotic listening performance*. *Brain and Cognition*, 4, 241-257.

*BRYDEN, M.P. , SPOTT, D.A. (1981).* Statistical Determination of Degree of Laterality. *Neuropsychologia*, 19, 571-581.

*DE RENZI, E. , FAGLIONI, P. , SCOTTI, G. (1970).* Hemispheric Contribution to Exploration of Space through Visual and Tactile Modality. *Cortex*, 6, 191-203.

*GROH, C. (1975).* Zur Frage der Heilbarkeit kindlicher Epilepsien. *Klinische Wochenschrift*, 87,

*HÄTTIG, H. A. (1992).* Die Erfassung der spontanen initialen visuellen Explorationsasymmetrie. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 3, 52-67.

*HALWES, T. (1969).* Effects of dichotic fusion on the perception of speech. Supplement to status report on speech research. Haskins laboratories: New Haven, Conn..

*HALWES, T. (1986).* Developing a noninvasive measure of speech lateralization: an efficient scoring algorithm. Unpublished manuscript. University of Colorado.

*HAMPSON, M. & KIMURA, D. (1992).* Sex differences and hormonal influences on cognitive function in humans. In Becker, J., Breedlove, M. and Crevos, D., (Eds.). *Behavioral endocrinology*. MIT-Press: London.

*HERMANN, B. P., WYLER, A. R. (1988).* Effects of anterior temporal lobectomy on language function: a controlled Study. *Annals of Neurology*, 23, 585-588.

*HARSHMAN, R. A., LUNDY, M. E. (1993).* Can dichotic listening measure "degree of lateralization" ? In: Hugdahl, K. (Ed.). *Handbook Of Dichotic Listening: Theory, Methods And Research*. New York: John Wiley & Sons.

*JOHNSON, J. P., SOMMERS, R. K. AND WEIDNER, W. E. (1977).* Dichotic ear preference in aphasia. *Journal of Speech and Hearing Research*, 20, 116-129.

*KATZ, A., AWAD, J. A., KONG, A. K., CHELUNE, G. J. ET AL. (1989).* Extent of resection in temporal lobectomy for epilepsy, II: memory changes and neurologic complications. *Epilepsia*, 30, 763-771.

*KIMURA, D.*, (1961 A). Some Effects of Temporal-Lobe Damage on Auditory Perception. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 156-165.

*KIMURA, D.* (1961 B). Cerebral Dominance and the Perception of Verbal Stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 166-171.

*KIMURA, D.* (1963). Speech lateralization in young children as determined by an auditory test. *Journal of comparative and physiological psychology*, 56, 899-902.

*KIMURA, D.* (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*, 3, 163-168.

*KINSBOURNE, M.* (1973). The Control of Attention by Interaction between the cerebral Hemispheres. In Kornblum, S. (Ed.). *Attention and Performance IV*. New York: Academic Press.

*KURTHEN, M.* (1993). Die Bestimmung der zerebralen Sprachdominanz im Intrakarotidalen Amobarbital-Test. *Fortschritte der Neurologie-Psychiatrie*, 61, 77-89.

*MASUHR, K. F.* (1981). Sozialmedizinische Aspekte. In Hopf, H. CH., Poeck, K., Schliack, H. (Eds.). *Neurologie in Praxis und Klinik Bd. II*. Stuttgart: Thieme.

*MAZZUCHI, A.*, *PARMA, M.* (1978). Responses to dichotic listening tasks in temporal epileptics with or without clinically evident lesions. *Cortex*, 14, 381-390.

*MILNER, B.* (1975). Psychological aspects of focal epilepsy and its neurosurgical management. In Purpura, D. P., Penry, J. K. and Walter, R. D. (Eds.). *Advances in*

Neurology, Vol.8.: Neurosurgical management of the epilepsies. Raven Press : New York.

*NIEUWENHUYNS, R., VOOGD, J., VAN HUIJZEN, CHR. (1991).* Das Zentralnervensystem des Menschen. Berlin; Heidelberg; New York: Springer Verlag.

*OLDFIELD, R. C. (1971).* The Assessment and Analysis of Handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.

*REPP, B. H. (1977).* Measuring Laterality Effects in Dichotic Listening. *Journal of the Acoustical Society of America*, 62, 720-737.

*SCHULHOFF, C., GOODGLASS, H. (1969).* Dichotic listening, side of brain injury and cerebral dominance. *Neuropsychologia*, 7, 149-160.

*SPEAKS, C., NICCUM, N., CARNEY, E., & JOHNSON, C. (1981).* Stimulus dominance in dichotic listening. *Journal of Speech and Hearing Research*, 24, 430-437.

*SPRINGER, S. P., DEUTSCH, G. (1993).* Linkes-Rechtes Gehirn: Funktionelle Asymmetrien. Heidelberg, Berlin, New York: Spektrum Akademischer Verlag.

*STRAUSS, E., LAPOINTE, J. S., WADA, J. A., GADDES, W & KOSAKA, B. (1985).* Language dominance: Correlation of radiological and funktional data. *Neuropsychologia*, 23, 415-420.

*WADA, J. A. (1949).* A new method for the determination of the side of cerebral speech dominance: a preliminary report on the intracarotid injection of sodium amytal. *Medicine and Biology*, 14, 221-222.

WEXLER, B. E. AND HALWES, T. (1983). Increasing the power of dichotic methods: the fused rhymed words test. *Neuropsychologia*, 21, 59-66.

WITELSON, S. F. (1983). Bumps on the brain: Right-left asymmetry as a Key to functional Lateralisation. In Segalowitz, S.J. (Ed.). *Language functions and brain organisation*. New York: Academic Press.

WITELSON, S. F., DEBRA, L. K. (1988). Asymmetry in brain functions follows asymmetry in anatomical form: gross, microscopic, postmortem and imaging studies. In Boller and Grafman (Eds.). *Handbook of Neuropsychology 1*. Elsevier Science Publishers B.V..

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, 1207-1219.

## Anhang 1

### Wada-Test: Lateralitätsindex

Formel für den Lateralitätsindex L (nach Kurthen 1993) zur Berechnung der Sprachdominanz beim IAT (intrakarotidaler Amobarbital-Test, synonym für Wada-Test):

$$L = \frac{\text{Score IAT li} - \text{Score IAT re}}{\text{Score IAT li} + \text{Score IAT re}} \cdot \frac{n}{m}$$

Score IAT li = Gesamtpunktzahl beim Wada-Test links

Score IAT re = Gesamtpunktzahl beim Wada-Test rechts

n = Punktzahl des besseren Testergebnisses

m = maximal mögliche Punktzahl

Durch die Anwendung der Formel ergibt sich ein Wert zwischen +1 und -1. Eine völlige Linksdominanz ergibt demnach den Wert +1, während die Zahl -1 dem völlig rechtsdominanten Typ entspricht.

Der Quotient aus n und m soll ein Korrekturfaktor sein, der den Gesamtwert in Richtung 0 drückt, falls auch die bessere IAT-Leistung nicht die volle Punktzahl erreicht. Je geringer also die relative Dominanz einer Hemisphäre ausfällt, desto mehr wird dies als Hinweis auf eine bilaterale Leistungsbeteiligung gewertet.

## **Anhang 2**

### **Wada-Test: getestete Funktionen:**

Im Rudolf-Virchow-Krankenhaus und in Bethel/Bielefeld werden folgende Funktionen getestet:

1. motorische Sprachfunktion: Reihensprechen von 1 an bis zur Aufforderung "stop"
2. sensible Sprachfunktion und Gedächtnisfunktion: Benennen und Behalten von gezeigten realen Gegenständen (Zahnbürste, Uhr, Seife, etc.)
3. sensible Sprachfunktion: Ausführung einfacher Körperbewegungen auf verbale Aufforderung hin (Machen Sie den Mund auf/zu, Schauen Sie nach rechts, etc.); außerdem erfolgt eine Kraftprüfung beider Arme (Patient soll versuchendie Arme hochzuhalten und gegen die Haltekraft des Untersuchers zu drücken. Dieser Test wird insgesamt 6 mal zwischen den einzelnen Untertests durchgeführt.
4. motorische Sprachfunktion und Gedächtnisfunktion: Lange Wörter nachsprechen (Fischgräte, Frischmilch, etc.) und einprägen.
6. sensible und motorische Sprachfunktion: Auszüge aus dem Token-Test (z.B. "Zeigen Sie das große gelbe Viereck").
7. motorische Sprachfunktion und Gedächtnisfunktion: Eine Zahl laut vorlesen und einprägen.
8. motorische Sprachfunktion und Gedächtnisfunktion: Eine Farbe benennen und einprägen.
9. sensible und motorische Sprachfunktion und Gedächtnisfunktion: Einen kurzen Satz (z.B. Heute ist ein schöner Tag) nachsprechen und einprägen.
10. motorische Sprachfunktion und Gedächtnisfunktion: abgebildete Gegenstände benennen und einprägen.
11. sensible und motorische Sprachfunktion und Gedächtnisfunktion: Ein Sprichwort (z.B. Mehr schlecht als recht) nachsprechen und einprägen.
12. sensible und motorische Sprachfunktion und Gedächtnisfunktion: Ein vom Untersuchungsleiter vorgelesenes Wort (z.B. Autobahn) erklären und einprägen.
13. Gedächtnisfunktion: zwei komplexe Muster einprägen.

In den Untertests wird je 6 mal die motorische, 4 mal die motorische und sensible, sowie 10 mal die Gedächtnisfunktion geprüft.

### Anhang 3

Auf den folgenden beiden Seiten ist die Wortliste abgedruckt, deren Items Ausgangsmaterial für die Testherstellung waren. Die unterstrichenen Itemgruppen wurden für den Test verwendet.

#### Itempool "Fused Rhymed Words"

Explosiv, stimmlos:

##### T-K

1	Tang	Klang	Gang	Drang
2	Tanz	Kranz	Gans	Schwanz
3	Teil	Keil	Beil	Heil
4	Tod	Kot	Lot	Boot
5	Topf	Kopf	Zopf	Tropf
6	Tour	Kur	Flur	Schnur
7	Tran	Kran	Bahn	Wahn
8	Trauf	Knauf	Lauf	Kauf
9	Trick	Klick	Blick	Knick
10	Tritt	Kitt	Bit	Hit
11	Trug	Krug	Flug	Pflug

##### T-P

12	Tal	Pfahl	Mahl	Saal
13	Tand	Pfand	Land	Hand
14	Tat	Pfad	Rad	Saat
15	Tau	Pfau	Frau	Sau
16	Teil	Pfeil	Keil	Beil
17	Ton	Phon	Mohn	Sohn
18	Topf	Pfropf	Kropf	Schopf
19	Tracht	Pracht	Gracht	Schmacht
20	Tran	Plan	Bahn	Wahn
21	Trott	Pott	Gott	Spott
22	Trug	Pflug	Krug	Flug

##### P-K

23	Pfeil	Keil	Teil	Beil
24	Pfiff	Kliff	Riff	Griff
25	Pfropf	Kropf	Topf	Schopf
26	Po	Klo	Zoo	Floh
27	Pol	Kohl	Wohl	Sol
28	Post	Kost	Rost	Most
29	Priel	Kiel	Stil	Ziel
30	Preis	Kreis	Reis	Mais
31	Protz	Klotz	Rotz	Trotz
32	Pult	Kult	Huld	Schuld

**Anhang 4****Explosive, stimmhaft:**

B-D: 7

B-G: 10

G-D: 7

**B-D**

33	Bach	Dach	Fach	Krach
34	Ball	Drall	Knall	Fall
35	Bank	Dank	Gang	Schwank
36	Blei	Drei	Hai	Mai
37	Bock	Dock	Rock	Schock
38	Born	Dorn	Horn	Zorn
39	Brunst	Dunst	Kunst	Gunst

**4 B-G**

40	Bad	Grat	Maat	Pfad
41	Bast	Gast	Mast	Quast
42	Bau	Gau	Frau	Stau
43	Bier	Gier	Tier	Zier
44	Blau	Grau	Frau	Stau
45	Block	Grog	Dock	Rock
46	Blut	Glut	Brut	Flut
47	Brut	Gut	Flut	Sud
48	Bus	Guß	Fluß	Schuß
49	Bund	Grund	Mund	Schwund

**4 G-D**

50	Gang	Dank	Bank	Schwank
51	Gift	Drift	Stift	Lift
52	Gramm	Damm	Kamm	Stamm
53	Grat	Draht	Naht	Tat
54	Grog	Dock	Block	Rock
55	Gruft	Duft	Luft	Kluft
56	Gunst	Dunst	Kunst	Brunst7

## Anhang 5

Die an die Patienten verschickte Einladung hatte das hier abgebildete Aussehen:

Dipl.-Psych. Heinz Hättig  
Cand. Psych. Martin Beier  
UKRV-W Neurologie 7  
Augustenburger Platz 1  
13353 Berlin

Telefon 030/4505-1547/31900959

Sehr geehrte Frau/Herr.....

Im Rahmen unserer neuropsychologischen Diagnostik der Abteilung Neurologie/EEG-Monitoring würden wir mit Ihnen gerne einen neuentwickelten Test zur Sprachwahrnehmung durchführen, der etwa 20 min dauert. Der Test soll dazu beitragen, diejenige Seite des Gehirns herauszufinden, die bevorzugt die Sprachfunktion übernimmt.

Die Durchführung soll an der oben angegebenen Adresse stattfinden, wenn nicht anders möglich, kann aber auch ein Hausbesuch erfolgen. Da die Daten auch in einer neuropsychologischen Diplomarbeit verwendet werden, ist ein relativ eingeschränkter Zeitraum etwa bis Anfang August für die Testdurchführung vorgesehen.

Wir haben für Sie den Termin am ....7.94 um ....Uhr vorgesehen.

Falls Sie zu diesem Termin nicht können, melden Sie sich bitte fernmündlich oder schriftlich, damit wir einen neuen Termin vereinbaren können.

mit freundlichen Grüßen

## Anhang 6

Aus den folgenden 4 Seiten sind die 4 Antwortlisten, die den Probanden vorgelegt wurden, abgebildet.

## Liste 1

-0104	0 Tod	5 Lot	3 Boot	2 Kot
+0209	3 Knick	7 Blick	8 Klick	0 Trick
-0321u	7 Spott	5 Gott	2 Pott	6 Trott
-0430	3 Mais	2 Preis	6 Kreis	5 Reis
-0526	7 Zoo	5 Floh	8 Klo	0 Po
-0633	8 Dach	5 Fach	6 Bach	3 Krach
0736u	6 Drei	8 Blei	7 Hai	9 Mai
0844	6 Grau	2 Blau	5 Frau	7 Stau
0919	1 Gracht	6 Tracht	8 Pracht	9 Fracht
1016u	1 Keil	3 Beil	4 Pfeil	6 Teil
1111	1 Flug	2 Krug	0 Trug	7 Pflug
1208u	0 Knauf	1 Kauf	4 Trauf	5 Lauf
-1332	5 Huld	0 Pult	2 Kult	1 Schuld
-1428u	3 Rost	7 Most	2 Kost	4 Post
-1526u	8 Po	6 Klo	3 Zoo	5 Floh
-1643u	8 Bier	6 Gier	7 Tier	3 Zier
-1735	9 Gang	8 Dank	2 Bank	3 Schwank
-1828	9 Rost	6 Post	8 Kost	7 Most
1922u	5 Krug	6 Trug	2 Pflug	1 Lug
2005	5 Zopf	4 Topf	6 Kopf	7 Tropf
-2107	8 Kran	1 Bahn	6 Tran	3 Wahn
2227	1 Sol	5 Wohl	6 Kohl	4 Pol
2322	6 Pflug	4 Trug	1 Krug	7 Lug
2444u	0 Grau	4 Blau	9 Frau	7 Stau
2536	0 Blei	9 Hai	2 Drei	3 Mai
-2607u	7 Bahn	2 Kran	4 Tran	5 Wahn
2716	9 Keil	8 Pfeil	4 Teil	3 Beil
-2830u	4 Preis	7 Mais	2 Kreis	9 Reis
-2921	3 Spott	4 Trott	6 Pott	5 Gott
3009u	6 Trick	3 Blick	5 Knick	0 Klick
3105u	5 Tropf	1 Zopf	4 Kopf	8 Topf
3227u	8 Pol	7 Wohl	9 Sol	4 Kohl
3311u	6 Trug	5 Flug	0 Krug	3 Pflug
-3404u	3 Lot	2 Kot	9 Boot	8 Tod
3525u	0 Kropf	3 Topf	8 Pfropf	1 Schopf
3608	4 Trauf	1 Lauf	6 Knauf	9 Kauf
-3719u	1 Gracht	2 Tracht	3 Fracht	0 Pracht
+3825	6 Kropf	5 Schopf	2 Pfropf	9 Topf
-3935u	7 Gang	3 Schwank	0 Dank	8 Bank
-4032u	2 Kult	9 Huld	8 Pult	1 Schuld
-4133u	8 Bach	1 Fach	2 Dach	7 Krach
-4243	6 Bier	8 Gier	9 Tier	1 Zier

4

28

30

7

31

32

33

35

42

21  
22  
26

## Anhang 7

## Liste 2

0116u	1	Keil	3	Beil	4	Pfeil	6	Teil
0207	8	Kran	1	Bahn	6	Tran	3	Wahn
0330u	4	Preis	7	Mais	2	Kreis	9	Reis
0422	6	Pflug	4	Trug	1	Krug	7	Lug
0525	6	Kropf	5	Schopf	2	Pfropf	9	Topf
0607u	7	Bahn	2	Kran	4	Tran	5	Wahn
0704	0	Tod	5	Lot	3	Boot	2	Kot
0835u	7	Gang	3	Schwank	0	Dank	8	Bank
0932	5	Huld	0	Pult	2	Kult	1	Schuld
1026	7	Zoo	5	Floh	8	Klo	0	Po
1111u	6	Trug	5	Flug	0	Krug	3	Pflug
1244	6	Grau	2	Blau	5	Frau	7	Stau
1336u	6	Drei	8	Blei	7	Hai	9	Mai
1428	9	Rost	6	Post	8	Kost	7	Most
1519u	1	Gracht	2	Tracht	3	Fracht	0	Pracht
1616	9	Keil	8	Pfeil	4	Teil	3	Beil
1725u	0	Kropf	3	Topf	8	Pfropf	1	Schopf
1835	9	Gang	8	Dank	2	Bank	3	Schwank
1943u	8	Bier	6	Gier	7	Tier	3	Zier
2021u	7	Spott	5	Gott	2	Pott	6	Trott
2109u	6	Trick	3	Blick	5	Knick	0	Klick
2233u	8	Bach	1	Fach	2	Dach	7	Krach
2304u	3	Lot	2	Kot	9	Boot	8	Tod
2422u	5	Krug	6	Trug	2	Pflug	1	Lug
2530	3	Mais	2	Preis	6	Kreis	5	Reis
2619	1	Gracht	6	Tracht	8	Pracht	9	Fracht
2708u	0	Knauf	1	Kauf	4	Trauf	5	Lauf
2833	8	Dach	5	Fach	6	Bach	3	Krach
2911	1	Flug	2	Krug	0	Trug	7	Pflug
3027	1	Sol	5	Wohl	6	Kohl	4	Pol
3136	0	Blei	9	Hai	2	Drei	3	Mai
3205	5	Zopf	4	Topf	6	Kopf	7	Tropf
3344u	0	Grau	4	Blau	9	Frau	7	Stau
3405u	5	Tropf	1	Zopf	4	Kopf	8	Topf
3526u	8	Po	6	Klo	3	Zoo	5	Floh
3643	6	Bier	8	Gier	9	Tier	1	Zier
3708	4	Trauf	1	Lauf	6	Knauf	9	Kauf
3821	3	Spott	4	Trott	6	Pott	5	Gott
3932u	2	Kult	9	Huld	8	Pult	1	Schuld
4027u	8	Pol	7	Wohl	9	Sol	4	Kohl
4109	3	Knick	7	Blick	8	Klick	0	Trick
4228u	3	Rost	7	Most	2	Kost	4	Post

## Anhang 8

## Liste 3

0108	4	Trauf	1	Lauf	6	Knauf	9	Kauf
0225	6	Kropf	5	Schopf	2	Pfropf	9	Topf
0333	8	Dach	5	Fach	6	Bach	3	Krach
0421	3	Spott	4	Trott	6	Pott	5	Gott
0507	8	Kran	1	Bahn	6	Tran	3	Wahn
0636	0	Blei	9	Hai	2	Drei	3	Mai
0722u	5	Krug	6	Trug	2	Pflug	1	Lug
0804	0	Tod	5	Lot	3	Boot	2	Kot
0930	3	Mais	2	Preis	6	Kreis	5	Reis
1022	6	Pflug	4	Trug	1	Krug	7	Lug
1144	6	Grau	2	Blau	5	Frau	7	Stau
1226u	8	Po	6	Klo	3	Zoo	5	Floh
1319	1	Gracht	6	Tracht	8	Pracht	9	Fracht
1443u	8	Bier	6	Gier	7	Tier	3	Zier
1535	9	Gang	8	Dank	2	Bank	3	Schwank
1626	7	Zoo	5	Floh	8	Klo	0	Po
1716u	1	Keil	3	Beil	4	Pfeil	6	Teil
1833u	8	Bach	1	Fach	2	Dach	7	Krach
1927u	8	Pol	7	Wohl	9	Sol	4	Kohl
2011	1	Flug	2	Krug	0	Trug	7	Pflug
2116	9	Keil	8	Pfeil	4	Teil	3	Beil
2209u	6	Trick	3	Blick	5	Knick	0	Klick
2332	5	Huld	0	Pult	2	Kult	1	Schuld
2428u	3	Rost	7	Most	2	Kost	4	Post
2543	6	Bier	8	Gier	9	Tier	1	Zier
2635u	7	Gang	3	Schwank	0	Dank	8	Bank
2704u	3	Lot	2	Kot	9	Boot	8	Tod
2811u	6	Trug	5	Flug	0	Krug	3	Pflug
2905	5	Zopf	4	Topf	6	Kopf	7	Tropf
3044u	0	Grau	4	Blau	9	Frau	7	Stau
3136u	6	Drei	8	Blei	7	Hai	9	Mai
3205u	5	Tropf	1	Zopf	4	Kopf	8	Topf
3307u	7	Bahn	2	Kran	4	Tran	5	Wahn
3421u	7	Spott	5	Gott	2	Pott	6	Trott
3532u	2	Kult	9	Huld	8	Pult	1	Schuld
3609	3	Knick	7	Blick	8	Klick	0	Trick
3727	1	Sol	5	Wohl	6	Kohl	4	Pol
3819u	1	Gracht	2	Tracht	3	Fracht	0	Pracht
3925u	0	Kropf	3	Topf	8	Pfropf	1	Schopf
4008u	0	Knauf	1	Kauf	4	Trauf	5	Lauf
4130u	4	Preis	7	Mais	2	Kreis	9	Reis
4228	9	Rost	6	Post	8	Kost	7	Most

42 28  
24 28u

## Anhang 9

## Liste 4

0107	8	Kran	1	Bahn	6	Tran	3	Wahn
0211u	6	Trug	5	Flug	0	Krug	3	Pflug
0326	7	Zoo	5	Floh	8	Klo	0	Po
0433	8	Dach	5	Fach	6	Bach	3	Krach
0525u	0	Kropf	3	Topf	8	Pfropf	1	Schopf
0616	9	Keil	8	Pfeil	4	Teil	3	Beil
0705	5	Zopf	4	Topf	6	Kopf	7	Tropf
0809u	6	Trick	3	Blick	5	Knick	0	Klick
0943	6	Bier	8	Gier	9	Tier	1	Zier
1005u	5	Tropf	1	Zopf	4	Kopf	8	Topf
1119	1	Gracht	6	Tracht	8	Pracht	9	Fracht
1232	5	Huld	0	Pult	2	Kult	1	Schuld
1321u	7	Spott	5	Gott	2	Pott	6	Trott
1409	3	Knick	7	Blick	8	Klick	0	Trick
1504u	3	Lot	2	Kot	9	Boot	8	Tod
1633u	8	Bach	1	Fach	2	Dach	7	Krach
1726u	8	Po	6	Klo	3	Zoo	5	Floh
1816u	1	Keil	3	Beil	4	Pfeil	6	Teil
1911	1	Flug	2	Krug	0	Trug	7	Pflug
2004	0	Tod	5	Lot	3	Boot	2	Kot
2136	0	Blei	9	Hai	2	Drei	3	Mai
2222	6	Pflug	4	Trug	1	Krug	7	Lug
2327	1	Sol	5	Wohl	6	Kohl	4	Pol
2435u	7	Gang	3	Schwank	0	Dank	8	Bank
2544	6	Grau	2	Blau	5	Frau	7	Stau
2625	6	Kropf	5	Schopf	2	Pfropf	9	Topf
2707u	7	Bahn	2	Kran	4	Tran	5	Wahn
2821	3	Spott	4	Trott	6	Pott	5	Gott
2932u	2	Kult	9	Huld	8	Pult	1	Schuld
3030	3	Mais	2	Preis	6	Kreis	5	Reis
3128	9	Rost	6	Post	8	Kost	7	Most
3219u	1	Gracht	2	Tracht	3	Fracht	0	Pracht
3308	4	Trauf	1	Lauf	6	Knauf	9	Kauf
3428u	3	Rost	7	Most	2	Kost	4	Post
3522u	5	Krug	6	Trug	2	Pflug	1	Lug
3643u	8	Bier	6	Gier	7	Tier	3	Zier
3735	9	Gang	8	Dank	2	Bank	3	Schwank
3827u	8	Pol	7	Wohl	9	Sol	4	Kohl
3930u	4	Preis	7	Mais	2	Kreis	9	Reis
4036u	6	Drei	8	Blei	7	Hai	9	Mai
4108u	0	Knauf	1	Kauf	4	Trauf	5	Lauf
4244u	0	Grau	4	Blau	9	Frau	7	Stau

Anmerkung:

Die Listen wurden hier mit engerem Zeilenabstand wiedergegeben, als im Original.



*Anhang 11*

Tabelle aller Lambda- und z-Werte der gesamten Stichprobe  
 Die Vp-Nummern 1-13 kennzeichnen die Teilnehmer der Berliner Patientengruppe, 14-23 die der Bonner Patientengruppe und 24-35 diejenigen der Kontrollgruppe; mitaufgelistet wurden die Merkmale Geschlecht und Herdseite

VP	SEX	HERDSEITE	LAMBDA	Z
1	w	links	-1.79	-1.05
2	w	rechts	3.00	1.76
3	w	rechts	.69	.40
4	m	links	2.48	1.45
5	m	rechts	3.89	2.28
6	m	rechts	1.44	.84
7	w	links	1.95	1.14
8	w	links	1.25	.73
9	m	links	1.61	.94
10	w	links	2.89	1.69
11	w	rechts	2.30	1.35
12	w	rechts	3.60	2.11
13	w	links	3.76	2.20
-----				
14	m	links	-3.69	-2.16
15	w	links	.41	.24
16	w	rechts	2.30	1.35
17	m	links	3.52	2.06
18	m	rechts	2.40	1.41
19	m	rechts	4.14	2.42
20	m	re+li	1.67	.98
21	m	rechts	3.81	2.23
22	w	links	-1.04	-.61
23	w	rechts	3.26	1.91
-----				
24	w	-	1.79	1.05
25	w	-	.41	.24
26	m	-	1.95	1.14
27	w	-	3.04	1.78
28	w	-	2.01	1.18
29	w	-	3.11	1.82
30	w	-	1.39	.81
31	w	-	3.09	1.81
32	m	-	3.50	2.05
33	m	-	.15	.09
34	m	-	.85	.50
35	m	-	3.04	1.78

Number of cases read = 35      Number of cases listed = 35