

Humboldt-Universität zu Berlin
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II
Institut für Psychologie
Lehrstuhl für Klinische Psychologie

DIPLOMARBEIT

Referenzuntersuchungen an zwei dichotischen Hörtests (FW10b und FW12k): Zusammenhang zwischen Händigkeit, Haarwirbel und Sprachlateralisierung

vorgelegt von

Katharina Gißke

Sigridstraße 5a

10407 Berlin

am 04.05.2007

Gutachter: 1. Dr. Heinz Hättig (Epilepsie-Zentrum Berlin-Brandenburg)
2. Prof. Dr. Norbert Kathmann (Lehrstuhl für Klinische Psychologie)

1	EINLEITUNG.....	1
2	THEORETISCHER HINTERGRUND	3
2.1	Dichotisches Hören	3
2.1.1	Erklärungsmodelle des dichotischen Hörens	3
2.1.2	Das Strukturmodell von KIMURA	4
2.1.3	Die Aufmerksamkeitstheorie	4
2.1.4	Entwicklung des Fused Rhymed Words Test	4
2.1.5	Stimulusmaterial	5
2.1.6	Beschreibung des FW10b und des FW12k.....	6
2.1.7	Beurteilung der Testergebnisse	7
2.1.8	Validität und Reliabilität des FRWT.....	8
2.2	Sprachlateralisierung: genetische, evolutionäre und kulturelle Faktoren.....	8
2.2.1	Evolutionäre Entwicklung	9
2.2.2	Individualentwicklung der Händigkeit	9
2.2.3	Gelerntes oder erworbenes Verhalten	10
2.2.4	Genetische Determination.....	10
2.2.5	Das „Single Gene Random-Recessive Model“ (KLAR, 1996, 2003).....	11
2.3	Geschlecht und hormonelle Situation	12
2.4	Der Einfluss des Alters auf die Lateralität.....	13
2.5	Bildungsniveau und Sprachlateralisierung.....	14
2.6	Klinische Anwendung des FRWT.....	16
2.6.1	Epilepsien	16
2.6.2	Bedeutung der Diagnostik der Sprachlateralisierung.....	17
3	FRAGESTELLUNG UND HYPOTHESEN	18
3.1	Fragestellung	18
3.2	Hypothesen	18
3.2.1	Geschlechtseffekte	18
3.2.2	Alter und Sprachlateralisierung	19
3.2.3	Bildungsniveau	19
3.2.4	Haarwirbel, Händigkeit und dichotisches Hören	19
4	METHODEN.....	21
4.1	Material	21
4.1.1	Dichotischer Hörtest FW10b	21
4.1.2	Dichotischer Hörtest FW12k.....	22

4.2	Versuchsdurchführung	22
4.3	Stichprobe	23
4.3.1	Soziodemographische Merkmale der Stichprobe	23
4.3.2	Lebensalter und Geschlecht.....	23
4.3.3	Bildungsniveau	24
4.3.4	Muttersprache.....	25
4.3.5	Reihenfolge der Testdurchführung.....	25
4.3.6	Händigkeit.....	26
4.3.7	Hormonelle Situation	27
4.4	Versuchspläne	29
4.4.1	Geschlechtseffekte	29
4.4.2	Alter und Händigkeit	30
4.4.3	Bildungsniveau und Händigkeit	30
4.4.4	Haarwirbel, Händigkeit und dichotisches Hören	31
5	ERGEBNISSE	32
5.1	Wahrnehmungsvoraussetzungen für den dichotischen Hörtest	32
5.1.1	Unilateraler Teil als Test für die Diskriminationsfähigkeit.....	33
5.1.2	Orientierungssensitivität, Gesamtzahlzahl der Ohrpunkte	36
5.2	Reliabilität der Tests	37
5.2.1	Paralleltest-Reliabilität	37
5.2.2	Obergrenze der Validität	38
5.2.3	Interne Konsistenz.....	38
5.3	Händigkeit und Sprachlateralisierung	39
5.4	Kategorisierung der Sprachlateralisierung	40
5.4.1	FW10b	41
5.4.2	FW12k	42
5.5	Hypothese 1: Geschlechtseffekte	43
5.5.1	Lambda-Wert und Anzahl der Ohrpunkte	44
5.5.2	Geschlecht und Fehlerhäufigkeit im unilateralen Teil	47
5.6	Hypothese 2: Alter und Sprachlateralisierung	48
5.7	Hypothese 3: Bildungsniveau und Händigkeit	50
5.8	Hypothese 4: Haarwirbel, Händigkeit und dichotisches Hören	52
5.9	Einfluss der hormonellen Situation der Probandinnen	54
5.10	Effekte der Darbietungsreihenfolge	55

6	DISKUSSION	59
6.1	Diskriminationsfähigkeit und Orientierungssensitivität	59
6.2	Händigkeit und Sprachlateralisierung	60
6.3	Geschlechtseffekte, Einfluss des Hormonzyklus	62
6.4	Alter und Sprachlateralisierung	63
6.5	Bildungsniveau und Händigkeit	64
6.6	Zusammenfassende Bewertung	64
7	ZUSAMMENFASSUNG	66
8	LITERATURVERZEICHNIS	68
9	ANHANG	77

Abbildungen

Abbildung 1: Alter in Abhängigkeit vom Geschlecht.....	24
Abbildung 2: Häufigkeiten der Bildungsabschlüsse, kategorisiert nach Geschlecht	25
Abbildung 3: Lateralitätsquotient nach OLDFIELD (1971) in Abhängigkeit vom Geschlecht....	27
Abbildung 4: Verteilung der Zyklusphasen bei den gebärfähigen Probandinnen.....	29
Abbildung 5: Scatterplot über Fehlersumme und Lambda-Werte im FW12k	34
Abbildung 6: Einfluss der Händigkeit auf die Lambda-Werte	40
Abbildung 7: Scatterplot der Lambda-Kategorien im FW10b	42
Abbildung 8: Scatterplot der Lambda-Kategorien im FW12k	43
Abbildung 9: Lambdawerte über beide Tests, kategorisiert nach Geschlecht	45
Abbildung 10: Interaktion zwischen Geschlecht und Händigkeit im FW10b	46
Abbildung 11: Interaktion zwischen Geschlecht und Händigkeit im FW12k.....	46
Abbildung 12: Summe der Fehler im unilateralen Teil, kategorisiert nach Geschlecht	48
Abbildung 13: Verteilung der Altersgruppen nach Ausschluss.....	49
Abbildung 14: Effekt der Altersgruppe auf den Lambda-Wert.....	50
Abbildung 15: Einfluss des Bildungsniveaus auf die Lateralisierung	51
Abbildung 16: Drehrichtung des Haarwirbels und Lateralisierung bei Rechtshändern	52
Abbildung 17: Einfluss der Drehrichtung des Haarwirbels bei Rechts- und Linkshändern	53
Abbildung 18: Zyklusphasen der in die Berechnung eingehenden Probandinnen.....	54
Abbildung 19: ANOVA des Einflusses der Zyklusphase auf die Lambda-Werte.....	55
Abbildung 20: Lambda-Werte, kategorisiert nach der Darbietungsreihenfolge.....	56
Abbildung 21: Lambda-Werte in Abhängigkeit von der Darbietungsreihenfolge.....	57
Abbildung 22: Summe der Ohrpunkte in Abhängigkeit von der Darbietungsreihenfolge	58

Tabellen

Tabelle 1: UV und AV zur Überprüfung der Geschlechtseffekte	18
Tabelle 2: UV und AV zur Überprüfung der Alterseffekte.....	19
Tabelle 3: UV und AV zur Überprüfung der Effekte des Bildungsniveaus	19
Tabelle 4: UV und AV zur Überprüfung des Zusammenhangs Händigkeit/ Haarwirbel	20
Tabelle 5: Lebensalter von Frauen, Männern und der gesamten Stichprobe	24
Tabelle 6: Randomisierung der Darbietungsreihenfolge	26
Tabelle 7: Einteilung der Phasen innerhalb des Standardzyklus nach ASSO (1983)	28
Tabelle 8: Einteilung der Phasen bei verschiedenen Zykluslängen	28
Tabelle 9: Versuchsplan Geschlechtseffekte	29
Tabelle 10: Versuchsplan Alter und Händigkeit	30
Tabelle 11: Versuchsplan Bildungsniveau und Händigkeit	30
Tabelle 12: Versuchsplan Haarwirbel, Händigkeit und dichotisches Hören	31
Tabelle 13: t-Test, Lambda-Werte und Fehlerzahl im unilateralen Teil.....	34
Tabelle 14: Paralleltest-Reliabilität vor und nach der Selektion anhand der Wortfehler	35
Tabelle 15: Summe der Ohrpunkte (links + rechts) in beiden Tests	36
Tabelle 16: Summe der Ohrpunkte in beiden Tests nach beiden Ausschlusskriterien	37
Tabelle 17: Korrelationen der Ohrpunkte und Lambda-Werte zwischen beiden Tests	38
Tabelle 18: Korrelationen zwischen den Testhälften des FW10b	39
Tabelle 19: Korrelationen zwischen den Testhälften des FW12k	39
Tabelle 20: mittlere Lambda-Werte bei dextralen und non-dextralen Probanden.....	39
Tabelle 21: Übereinstimmung der Kategorisierung beider Tests	43
Tabelle 22: durchschnittliche Lambda-Werte und Anzahl der Ohrpunkte	44
Tabelle 23: mittlere Lambda-Werte in jeder Altersgruppe.....	49
Tabelle 24: in die Berechnung einbezogene Bildungsgruppen	51
Tabelle 25: Lambda-Werte und Ohrpunktsummen, abhängig von der Testreihenfolge.....	56

Anhang

Anhang 9-1: Untersuchungsprotokoll	77
Anhang 9-2: EHI von OLDFIELD (1971), modifiziert	78
Anhang 9-3: Kodierung	79
Anhang 9-4: Instruktion FW10b.....	80
Anhang 9-5: Instruktion FW12k.....	81
Anhang 9-6: Informationsblatt internistische Hausarztpraxis	82
Anhang 9-7: Informationsblatt Kinderarztpraxis Kinder	83
Anhang 9-8: Informationsblatt Kinderarztpraxis Eltern.....	84
Anhang 9-9: t-Test für Lambda-Werte und Fehlerzahl im unilateralen Teil.....	85
Anhang 9-10: Varianzanalyse „Händigkeit“	85
Anhang 9-11: Varianzanalyse „Geschlechtseffekte“ FW10b.....	85
Anhang 9-12: Varianzanalyse „Geschlechtseffekte“ FW12k.....	85
Anhang 9-13: Varianzanalyse zur Fehlerzahl im unilateralen Teil	86
Anhang 9-14: Varianzanalyse „Altersgruppeneffekte“	86
Anhang 9-15: Varianzanalyse „Einfluss des Bildungsniveaus“	86
Anhang 9-16: Varianzanalyse „Drehrichtung des Haarwirbels“ bei Rechtshändern	87
Anhang 9-17: Varianzanalyse „Drehrichtung des Haarwirbels“ und „Händigkeit“	87
Anhang 9-18: Varianzanalyse „Zyklusphase“	87
Anhang 9-19: Varianzanalyse „Reihenfolge“, Lambdawerte	88
Anhang 9-20: Varianzanalyse „Reihenfolge“, Anzahl der Ohrpunkte.....	88

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe verfasst habe. Die benutzten Hilfsmittel und die verwendete Literatur wurden vollständig angegeben.

Berlin, den 4. Mai 2007

Katharina Gißke

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mich bei der Verfassung meiner Diplomarbeit unterstützt haben.

Ich danke Herrn Dr. Heinz Hättig, der mir die Bearbeitung dieses Themas ermöglichte und mir bei allen Fragen und Problemen stets mit Rat und Tat zur Seite stand. Außerdem danke ich Herrn Professor Dr. Norbert Kathmann, der die Zweitbegutachtung meiner Diplomarbeit übernommen hat.

Den Studentinnen, die an meinem Studienprojekt teilnahmen, danke ich dafür, dass sie mich bei einem Teil der Datenerhebung so tatkräftig unterstützt haben.

Ich danke allen Probanden in den Wartezimmern, Bibliotheken, Cafés, Wohnzimmern, Aufenthaltsräumen und Universitätsfluren, die sich für meine Arbeit zur Verfügung stellten und mir eine halbe Stunde ihrer Zeit opferten. Ohne sie wäre es nie möglich gewesen, eine derartig hohe Stichprobenzahl zu erreichen.

Außerdem möchte ich meiner Familie und meinen Freunden für ihre praktische und mentale Unterstützung in der Zeit der Entstehung meiner Diplomarbeit danken. Egal, ob Ihr mit mir zusammen gesessen und die Köpfe heiß diskutiert, ob Ihr mich abgelenkt und vom Schreibtisch weggezerrt habt, wenn meine Gedanken festgefahren waren oder ob Ihr von weitem über Telefonleitungen meine Motivation gepusht, mir neue Impulse gegeben und so manchen Knoten zum Platzen gebracht habt – das alles hat entscheidend dazu beigetragen, dass diese Arbeit jetzt so vorliegt.

Dafür – DANKE.

Berlin, im Mai 2007

1 Einleitung

Die Bestimmung der Lateralisierung der Sprache ist sowohl in der neuropsychologischen Diagnostik als auch in der wissenschaftlichen Forschung für die Interpretation materialspezifischer Gedächtnisleistungen von entscheidender Bedeutung. Noch vor wenigen Jahren erfolgte die Diagnostik der Sprachlateralisierung mittels des Wada-Tests (WADA & RASMUSSEN, 1960). Der Patient erhält im Rahmen einer Angiographie eine Injektion des kurzzeitig wirksamen Barbiturats Amobarbital in eine der beiden Arteriae carotis internae, um die ipsilaterale Hemisphäre zu betäuben. Bei Sedierung der sprachdominanten Hemisphäre sind die dann folgenden Sprachaufgaben, die z.B. Lesen, Nachsprechen und Benennen enthalten, für den Patienten nicht oder nur unzureichend lösbar. Da es sich um ein invasives Verfahren handelt, ist dieser Eingriff mit Risiken verbunden und stellt für den Patienten stets eine Belastung dar. Dies begründet die Suche nach einem neuen nicht-invasiven Verfahren. Auf dem Paradigma des dichotischen Hörens aufbauend – eine Person bekommt auf beiden Ohren jeweils einen anderen auditiven Reiz dargeboten – begann die Entwicklung dichotischer Hörtests in den 1950er Jahren. Zu Beginn noch für Experimente zur Aufmerksamkeitslenkung genutzt (BROADBENT, 1954), wurde dieses Verfahren bald in der präoperativen Diagnostik von Epilepsie-Patienten (KIMURA, 1961a) und später auch bei gesunden Probanden (KIMURA, 1961b) eingesetzt. Der Wada-Test stellte hierbei häufig ein Außenkriterium zur Validierung dar. Das genutzte Stimulusmaterial reichte von Zahlenfolgen (BROADBENT, 1954; KIMURA, 1961a, 1961b) über sinnlose Silben (STUDDERT-KENNEDY & SHANKWEILER, 1970) bis hin zu einsilbigen sinnhaften Wörtern (WEXLER & HALWES, 1983). Dieses Prinzip wurde bis heute beibehalten, deutsche Versionen der englischsprachigen Grundfassungen folgten. Aktuell werden am Epilepsie-Zentrum Berlin-Brandenburg zur Diagnostik der Sprachlateralisierung zwei dichotische Hörtests angewandt: der FW10b und der FW12k (HÄTTIG, 2004). Die Diagnostik der Sprachlateralisierung erfolgt hier im Rahmen der prächirurgischen Diagnostik bei Epilepsie-Patienten. Während der FW10b ausschließlich in Ton und Wort dargeboten wird, enthält der FW12k unterstützend Illustrationen, so dass er auch bei Kindern und Analphabeten genutzt werden kann.

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, die beiden dichotischen Hörtests FW10b und FW12k an einer Stichprobe hirngesunder Probanden unter Realbedingungen, d. h.

ohne Überprüfung der Hörfähigkeit und bei gleich bleibenden Geräteeinstellungen über alle Probanden, einzusetzen, um Zusammenhänge der Sprachlateralisierung mit dem Geschlecht, der Händigkeit, dem Alter, dem Bildungsniveau und der Drehrichtung des Haarwirbels zu untersuchen. Außerdem soll der hormonelle Einfluss im Menstruationszyklus der Frau auf die Sprachlateralisierung geprüft werden. Desweiteren erfolgt eine Diskussion der Reliabilität der beiden dichotischen Hörtests.

Die Arbeit ist wie folgt gegliedert: Nach der Einleitung (Kapitel 1) wird im zweiten Kapitel (2) ein Überblick über die historische Entwicklung dichotischer Hörtests und den aktuellen Stand der Forschung gegeben. Die Erläuterung der Fragestellung und Hypothesen erfolgt im dritten Kapitel (3). Dem schließen sich die Beschreibung der Versuchsdurchführung und die Charakterisierung der Stichprobe an (Kapitel 4). Es folgt die Darstellung der Testauswertung und der Ergebnisse (Kapitel 5), welche im sechsten Kapitel (6) diskutiert werden. Im siebten Kapitel (7) erfolgt eine Zusammenfassung der Arbeit, es schließen sich Literaturverzeichnis (Kapitel 8) und Anhang (Kapitel 9) an.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Dichotisches Hören

Das Paradigma des dichotischen Hörens setzt voraus, dass einer Person gleichzeitig auf beiden Ohren jeweils ein anderer auditiver Reiz dargeboten wird. Bei der Methode synchron dargebotener Reimwörter entsteht dadurch beim Probanden der Eindruck eines einzigen verschmolzenen („fused“) Wortes. Dichotische Hörtests können als nicht-invasive diagnostische Instrumente zur Feststellung der Sprachlateralisierung genutzt werden und stellen somit eine wichtige Ergänzung zum Wada-Test (WADA & RASMUSSEN, 1960) dar. In der Verbindung mit der sprachlichen funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) könnten dichotische Hörtests vielleicht bald auch eine Alternative zum Wada-Test darstellen. Aber auch durch fMRT fehlt die Möglichkeit, die Kompensationsfähigkeit der Probanden zu beurteilen – wozu der Wada-Test als einzige Methode in der Lage ist. Unter Kompensationsfähigkeit ist hier zu verstehen, inwieweit bei bilateralen Organisationsformen die Gesamtfunktion erhalten bleibt, wenn die funktionellen Areale einer der beiden Seiten wegfallen würden. Dies kann letztlich nur mittels eines Ausschaltungsparadigmas wie den Wada-Test oder durch Kortexstimulation über implantierte Elektroden oder intraoperativ verlässlich prognostiziert werden. Es ist aber möglich, unübliche Lateralisierungen mittels des FW12k zu selektieren und dann mit einer fMRT-Untersuchung zu lokalisieren. Dabei wird bei bilateralen Lokalisierungen angenommen, dass der Proband kompensieren kann, obwohl das ohne entsprechendes Wada-Test-Ergebnis nicht bewiesen ist. Fehlt im Ergebnis der fMRT-Untersuchung die Bilateralität, muss die Annahme der Kompensationsfähigkeit von vornherein fallengelassen werden. Mit dem dichotischen Hören kann demnach versucht werden, teure und invasive Verfahren einzusparen.

2.1.1 Erklärungsmodelle des dichotischen Hörens

Man unterscheidet zwei Erklärungsmodelle des dichotischen Hörens: das klassische strukturelle Modell von KIMURA (1967) und das Aufmerksamkeitsmodell von KINSBOURNE (1970).

2.1.2 Das Strukturmodell von KIMURA

Das Strukturmodell von KIMURA (1967) baut auf der Tierforschung auf. ROSENZWEIG (1951) fand heraus, dass die kontralaterale Hörbahn im Gehirn faserreicher ist als die ipsilaterale. Kimura (1967) nahm an, dass während einer dichotischen Hörsituation die ipsilateralen Hörbahnen unterdrückt werden und somit an Bedeutung verlieren. Über die kontralateralen Bahnen ergäbe sich ein Vorteil für das der sprachdominanten Hemisphäre gegenüberliegende Ohr. Auch die Befunde zum dichotischen Hören bei Split Brain-Patienten sprechen dafür. Die Patienten nahmen anscheinend beim dichotischen Hören die Items auf dem linken Ohr überhaupt nicht wahr, obwohl sie unilateral normale Hörfähigkeiten zeigten (SPARKS & GESCHWIND, 1968; MILNER, 1968; SPRINGER & GAZZANIGA, 1975). Allerdings kann bis heute keine dieser Annahmen bewiesen werden.

2.1.3 Die Aufmerksamkeitstheorie

Die Aufmerksamkeitstheorie von KINSBOURNE (1970) zielt auf dynamische kognitive Prozesse ab. Der Vorteil für ein Ohr entsteht demnach durch eine Erhöhung des Arousal in der sprachverarbeitenden Hemisphäre. Die Erwartung eines sprachlichen Stimulus aktiviert die linke Hemisphäre vor. Die Aufmerksamkeit wird dann auf das zur sprachverarbeitenden Hemisphäre kontralaterale Ohr gerichtet. Die Erwartung eines nonverbalen Stimulus würde dementsprechend zu einer Aktivierung der rechten Hemisphäre führen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann weder zwischen beiden Theorien entschieden werden, noch können diese Theorien alle auftretenden Befunde erklären (JÄNCKE ET AL., 2001).

2.1.4 Entwicklung des Fused Rhymed Words Test

Das dichotische Hören wurde ursprünglich im Zusammenhang mit Experimenten zur Aufmerksamkeitslenkung bei Fluglotsen von BROADBENT (1954) entwickelt. BROADBENT (1954) versuchte, mit der dichotischen Darbietung von Ziffernfolgen berufliche Anforderungen von Fluglotsen, deren Aufgabe die gleichzeitige Verarbeitung mehrerer Informationen über Objekte im Luftraum darstellt, zu simulieren. KIMURA (1961a) setzte dieses Untersuchungsprinzip erstmals in der

prächirurgischen Diagnostik von Epilepsie-Patienten ein, die vor dem chirurgischen Eingriff bereits einen Wada-Test absolviert hatten. Später wurde diese Methode bei Gesunden eingesetzt (KIMURA, 1961b), die Mehrheit der Probanden zeigte eine Überlegenheit des rechten Ohres. Die Testergebnisse wurden mit der mittels des Wada-Tests festgestellten Sprachlateralisierung verglichen und es zeigte sich, dass Personen mit einer linkshemisphärischen Sprachrepräsentation mehr korrekte Ziffern des rechten Ohres wiedergaben und umgekehrt. Das von BROADBENT (1954) und KIMURA (1961a, 1961b) eingesetzte Konzept der Zahlen als Stimulusmaterial wurde von WEXLER & HALWES (1983) auf sich reimende einsilbige Wörter übertragen, sie entwickelten den ersten Fused Rhymed Words Test (FRWT). Dieser baute auf dem Konstruktionsprinzip eines dichotischen Hörtests von JOHNSON ET AL. (1977) auf, der fünf Paare sich reimender Wörter enthielt. Ein weiteres Konstruktionsprinzip wurde einer Arbeit von HALWES (1969) entnommen, der feststellte, dass die gleichzeitige Darbietung zweier sich reimender und nur im Anfangskonsonanten verschiedener Wörter zu der Wahrnehmung eines einzigen verschmolzenen Höreindrucks führte. 85% der Rechtshänder zeigten einen signifikanten Rechtsohrvorteil. Das grundlegende Testkonzept von WEXLER & HALWES (1983) wurde bei der Entwicklung der deutschsprachigen FRWT-Versionen übernommen. Im Gegensatz zum amerikanischen FRWT wurden im FW10b aber nur Wörter verpaart, die entweder beide mit einem stimmhaften oder beide mit einem stimmlosen Konsonanten begannen (HÄTTIG & BEIER, 2000). Da dieses Konstruktionsprinzip aber keinen durchschlagenden Erfolg hinsichtlich der Vermeidung von Stimulusdominanz brachte, wurde es für den FW12k wieder verworfen, um die Auswahl der zur Verfügung stehenden Wörter zu erhöhen.

2.1.5 Stimulusmaterial

Im Laufe der historischen Entwicklung des Paradigmas wurde mit unterschiedlichem Reizmaterial gearbeitet. In den Arbeiten von BROADBENT (1954) und KIMURA (1961a, 1961b) bestand das Reizmaterial aus zwei verschiedenen Ziffernfolgen, die dem Probanden gleichzeitig dargeboten wurden und von ihm wiedergegeben werden sollten. Ein entscheidendes Problem stellte hierbei die eingeschränkte Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses dar. Die Items des nicht-dominanten Ohres, die vom Probanden meist als letztes wiedergegeben wurden, konnten häufig viel schlechter erinnert werden, als die Items des dominanten Ohres, die der Theorie des

dichotischen Hörens zufolge als erstes wiedergegeben wurden. Um die Nachteile dieser Methode zu umgehen, wurde von STUDDERT-KENNEDY & SHANKWEILER (1970) die „single-pair“-Methode zur Darbietung des Reizmaterials verwendet. Es handelte sich hierbei um sinnfreie Silben mit drei Lauten (Konsonant – Vokal – Konsonant, CVC), die sich jeweils in einem der drei Laute unterschieden und synchron dargeboten wurden. Das Prinzip der synchron dargebotenen Silben wurde bei der Entwicklung weiterer dichotischer Hörtests beibehalten und später zur Verwendung einsilbiger synchron dargebotener sinnhafter Wörter, den „Fused Rhymed Words“, weitergeführt (WEXLER & HALWES, 1983).

2.1.6 Beschreibung des FW10b und des FW12k

Aus der Vorläufer-Version FW21A (BEIER, 1994) [0] wurden die zehn am besten lateralisierten Items ausgewählt, daraus wurde ein neuer Test entwickelt, der FW10a (MÜLLER, 1996). Durch eine erneute Itemselektion auf der Grundlage von Untersuchungen von DEBENER (1995) an gesunden Probanden entstand der FW10b. Der Test besteht aus zehn Wortpaaren aus sowohl abstrakten als auch gegenständlichen Begriffen (z.B. Gier – Bier) und insgesamt 160 Items. Die Wörter werden über Kopfhörer dargeboten, danach erscheinen vier sich reimende Wörter zur Auswahl am PC-Bildschirm und der Proband hat zu entscheiden, welches der vier angegebenen Wörter er wahrgenommen hat. Die Auswahl des Wortes erfolgt über das Anklicken mit der PC-Maus. Nach der Entscheidung kann der Proband durch Klicken auf das Feld „nächstes Wort“ die Darbietung des nächsten Wortes auslösen.

Im Gegensatz zum FW10b beinhaltet der FW12k zwölf Wortpaare und insgesamt 144 Items. Er wurde mit dem Ziel entwickelt, ihn zur Untersuchung bei Kindern und Analphabeten zu verwenden, die vorkommenden Wörter weisen einen hohen Bekanntheitsgrad auf und werden zusätzlich durch Bildmaterial verdeutlicht. Nach jeder Darbietung eines Wortpaares erscheinen am PC-Bildschirm zwei Wörter zur Auswahl sowie die dazugehörigen Bilder. Auch hier soll der Proband durch Anklicken des entsprechenden Bildes entscheiden, welches Wort er wahrgenommen hat.

Bei beiden Tests werden die Wortpaare in beiden möglichen Anordnungen dargeboten, jedes Wort erscheint sowohl auf dem rechten als auch auf dem linken

Ohr. Entscheidend für das Testergebnis ist die Ohrdominanz. Wenn unter beiden möglichen Stimulusanordnungen gleich bleibend das Wort von einem bestimmten Ohr genannt wird, unabhängig davon, welches der beiden Wörter auf diesem Ohr präsentiert wurde, erhält der Proband hierfür einen Ohrpunkt, dieser kann entweder ein Rechtsohrpunkt (ROP) oder ein Linksohrpunkt (LOP) sein. Nimmt der Proband dagegen immer ein bestimmtes Wort des Wortpaares wahr, unabhängig davon, auf welchem Ohr es präsentiert wurde, spricht man von Stimulusdominanz.

Auf der Homepage www.ohr-punkt.de werden die aktuellen Versionen ausführlich beschrieben (HÄTTIG, 2006).

2.1.7 Beurteilung der Testergebnisse

Um das Ergebnis des dichotischen Hörtests interpretieren zu können, müssen insgesamt mindestens zwölf Ohrpunkte beobachtet worden sein (HÄTTIG, 2004). Zur Bewertung des Testergebnisses wird bei den deutschsprachigen Versionen außerdem ein Lambda-Wert ermittelt. Dieser errechnet sich aus dem natürlichen Logarithmus des Verhältnisses von Rechtsohrpunkten zu Linksohrpunkten: $\lambda = \ln(\text{ROP}/\text{LOP})$. Der Lateralisationsindex Lambda hat eine annähernd normalverteilte Schätzfunktion, daher lässt sich für den z-Wert von Lambda ein Konfidenzintervall bestimmen, in dem der wahre Lambda-Wert mit einer definierten Wahrscheinlichkeit liegt (BRYDEN & SPOTT, 1981). Außerdem muss das Verhältnis der Ohrdominanzpunkte mindestens 2:1 betragen, um eine Aussage über die Lateralisierung treffen zu können (HÄTTIG, 2004). Das Ohrpunkte-Verhältnis für eine Linkslateralisierung z.B. sollte mindestens $\text{ROP}:\text{LOP}=2:1$ betragen, was einem Lambda-Wert von mindestens +0,69 entspricht. Liegen genügend Ohrpunkte vor, aber ist Lambda kleiner als +0,69, liegt eine Form der Bilateralität, also eine Beteiligung der rechten Hemisphäre an der Sprachverarbeitung vor. Die Unterscheidung von nur zwei Kategorien der Sprachlateralisierung als Ergebnis des dichotischen Hörtests hat seinen Ursprung einerseits im Einsatz des Tests als Screening für unübliche Lateralisierungen (links vs. unüblich), um Probanden mit „abweichenden“ Lateralisationsformen einer fMRT-Untersuchung zuführen zu können (HÄTTIG, 2006). Daraus ergibt sich aber auch eine Analogie zur Händigkeit (dextral vs. non-dextral). Es ist denkbar, dass man wie bei der Händigkeit auch bei der Lateralisierung von Sprachfunktionen nur zwei Typen unterscheiden wird: einen kohärent unilateral linkslateralisierten und alle anders

(überwiegend kohärent) lateralisierten Typen – darunter auch die unilaterale Rechtslateralisierung in seltenen Fällen (HÄTTIG, 2006).

2.1.8 Validität und Reliabilität des FRWT

WEXLER & HALWES (1983) erprobten den amerikanischen FRWT an einer Gruppe von 194 Rechtshändern und 175 Linkshändern. 85% der Rechtshänder zeigten einen Rechtsohrvorteil, 12% einen Linksohrvorteil und 3% erreichten die gleiche Anzahl an Ohrpunkten rechts und links. Diese Zahlenverhältnisse stimmen mit Studienbefunden zur Lateralisierung hirngeschädigter Patienten überein (RASMUSSEN & MILNER, 1977). ZATORRE (1989) beobachtete eine Übereinstimmung von 94% zwischen den Lateralisierungs-Kategorien im Wada-Test als Außenkriterium und dem Ergebnis des dichotischen Hörtests bei epilepsiechirurgischen Patienten, bei denen keine dynamischen strukturellen Läsionen wie z.B. Tumore vorlagen (Patienten mit stabilen strukturellen Läsionen, wie z. B. veranlagte Störungen oder Hippokampusläsionen, wurden mit eingeschlossen).

HÄTTIG (2004) beobachtete eine Übereinstimmung zwischen der Klassifikation im Wada-Test und der Klassifikation im dichotischen Test von 91%. Die Validität ist folglich gegeben.

Eine hohe Reliabilität stellt eine notwendige aber nicht hinreichende Voraussetzung für die Validität eines Tests dar. WEXLER & HALWES (1983) untersuchten die Retest-Reliabilität des FRWT und erreichten einen Wert von $r=.85$. Dieser Wert ist akzeptabel. HÄTTIG (2004) untersuchte die Paralleltest-Reliabilität zwischen dem FW10b und dem FW12k an 33 Probanden. Hier ergab sich eine Übereinstimmung der Lambda-Werte von $r=.73$, ein Wert, der ebenfalls eine akzeptable Reliabilität kennzeichnet.

2.2 Sprachlateralisierung: genetische, evolutionäre und kulturelle Faktoren

Die überwiegende Mehrheit der Menschen zeigt eine linkshemisphärielle Dominanz für Sprache sowie eine Dominanz der rechten Hand (Rechtshändigkeit, Dextralität). Sprachliches Material führt bei linkslateralisierten Personen zu robusten Rechtsohrvorteilen, während nicht-verbale Stimuli (z.B. Melodien, Umweltgeräusche)

eine Überlegenheit des linken Ohres hervorrufen (JÄNCKE, 1992). Heute sind etwa 5-10% der Menschen Linkshänder (BOURASSA, 1996; OESER, 1973). 90% der gesunden Rechtshänder weisen eine linksseitige Sprachdominanz auf, bei nondextralen Personen sind es 51%. Eine rechtshemisphärische Sprachdominanz zeigt sich bei 9% der hirngesunden Nondexter, 40% zeigen eine bilaterale Sprachrepräsentation (PUJOL, 1999).

2.2.1 Evolutionäre Entwicklung

Die heutige menschliche Lateralität hat sich in einem lang dauernden evolutionären Prozess herausgebildet (REIß, 1998). Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass Händigkeit bzw. Lateralität schon vor vielen tausend Jahren entstanden sind (CORBALLIS, 1991; REICHEL, 1990). Offenbar ist das für die meisten Menschen typische Lateralisationsmuster, also die linkshemisphärielle Dominanz für Sprache und zerebrale Dominanz für die Handsteuerung und die Rechtshändigkeit, mit einem evolutionären Vorteil verbunden (MAYNARD-SMITH, 1976; SPENNEMANN, 1983, 1984, 1985). Die Nachteile bei der Linkshändigkeit liegen vor allem im Werkzeuggebrauch, da die Werkzeuge vorwiegend für den Rechtshänder produziert werden. Die Evolution der Lateralität ist demnach als eine Interaktion von Werkzeuggebrauch, Zeichensprache, Leben in der ungeschützten Umwelt, Enzephalisation und anderen Faktoren zu interpretieren (REIß, 1998).

Die Erklärungsmodelle für Rechts- oder Linkshand-Präferenz bei Menschen variieren von gelerntem Verhalten über alleinige genetische Determination bis hin zu einer Kombination beider Mechanismen.

2.2.2 Individualentwicklung der Händigkeit

Die Inzidenz der Bevorzugung der rechten Hand ist im jüngeren Alter niedriger als bei älteren Kindern. Sie reicht von 79,9% in der Kindheit bis zu 92,7% im Grundschulalter (HILDRETH, 1949). Die Handpräferenz im jüngeren Alter ist bei Dextern stabiler als bei Non-Dextern. Wenn sich die Handpräferenz im Laufe der Kindheit noch einmal umorientiert, dann meist im Zeitraum zwischen dem Kindergartenalter und der zweiten Klasse der Grundschule (FENNELL, 1983).

2.2.3 Gelerntes oder erworbenes Verhalten

Die Bevorzugung einer Hand gegenüber der anderen in der Verrichtung alltäglicher Handlungen kann auf kulturellen Gegebenheiten basieren (KLAR, 2003). Das Schreiben zum Beispiel ist ein gelerntes Verhalten, die Präferenz einer bestimmten Hand beim Schreiben kann somit, vollständig oder teilweise, kulturellen Einflüssen unterliegen. Viele Untersuchungen bestätigen diese Tatsache (COLLINS, 1977; CORBALLIS & MORGAN, 1978; COREN, 1992). Andere Umweltfaktoren wie perinatal entstandene Hirnschädigungen (BAKAN ET AL. 1973; PERELLE & EHRMAN, 1983) oder Störungen des fetalen Testosteronspiegels während der Schwangerschaft (GESCHWIND & GALABURDA, 1987) werden als weitere mögliche ursächliche Mechanismen vermutet. Studien, die das kulturelle Modell der Händigkeit favorisieren, führen drei Hauptargumente gegen das rein genetische Modell an: Zum einen ist es möglich, die Handpräferenz mancher Individuen durch die soziale Umwelt zu verändern, indem zum Beispiel immer, wenn ein Kind mit der linken Hand schreiben möchte, es von Bezugspersonen ermahnt wird, die rechte Hand zu benutzen. Zweitens sind bis zu 50% der Eltern non-dextral geborener Kinder Rechtshänder (RIFE, 1940), was gegen einen genetischen Einfluss spricht. Das dritte und wahrscheinlich wichtigste Argument für das kulturelle Modell ist, dass es bei 18% der eineiigen Zwillinge vorkommt, dass ein Zwilling dextral und der andere Zwilling non-dextral geboren wird, obwohl sie völlig identisches Erbgut aufweisen (RIFE, 1940; BOKLAGE, 1981).

Es besteht kein Zweifel daran, dass die Entwicklung der Händigkeit sozialen Einflüssen unterliegt. Trotzdem wird angenommen, dass Menschen mit einer Handpräferenz geboren werden, die bereits pränatal determiniert ist (KLAR, 2003).

2.2.4 Genetische Determination

Die Wirkung genetischer Einflüsse auf die Händigkeit wurde in vielen Familien-, Zwillingen- und Adoptionsstudien untersucht (LEVY & NAGYLAKI, 1972; ANNETT, 1985a; MCMANUS, 1985; KLAR, 1996; CORBALLIS, 1997).

Sowohl Dexter als auch Non-Dexter entwickeln sich mit einer funktionalen Asymmetrie des Gehirns sowie einer viszeralen Asymmetrie. So ist bei fast allen

Menschen das Herz auf der linken Seite des Brustkorbes platziert, es gibt aber auch Ausnahmen, ca. 1% der Bevölkerung. Außerdem existieren individuelle Unterschiede in der Drehrichtung des Haarwirbels, er zeigt bei den meisten Menschen eine Drehrichtung im oder gegen den Uhrzeigersinn (WUNDERLICK & HEEREMA, 1975). Menschen mit einem Haarwirbel mit dem Muster „Drehrichtung im Uhrzeigersinn“ zeigen eine stärkere Linkslateralisierung als Probanden mit anders verlaufenden Haarwirbeln. Während in einer Studie von WEBER (2005) alle Probanden mit dem Muster „im Uhrzeigersinn“ eine starke linkshemisphärische Dominanz aufwiesen, zeigten Probanden mit dem Muster „andere Richtungen“ eine Sprachlateralisierung, die von starker linshemisphärischer bis zu starker rechtshemisphärischer Dominanz reichte.

2.2.5 Das „Single Gene Random-Recessive Model“ (KLAR, 1996, 2003)

Das „Single Gene Random-Recessive Model“ von KLAR (1996, 2003) versucht, dieses Phänomen zu erklären. Das Modell postuliert, dass es ein einziges Gen gibt, das Händigkeit, Drehrichtung des Haarwirbels und die zerebrale (funktionelle) Asymmetrie des Gehirns kontrolliert. Dieses Gen wird als RGHT (R) Gen bezeichnet und besteht aus zwei Allelen: Das Allel „R“ bewirkt, dass das Individuum phänotypisch eine Präferenz der rechten Hand aufweist (Rechtshänder, Dexter). Das dazu gehörige rezessive Allel ist das „r“, es besteht also demnach für das Individuum eine statistische Wahrscheinlichkeit von 75:25, den Phänotyp „Dexter“ (Genotyp „RR“ oder „Rr“) oder den Phänotyp „Non-Dexter“ (Genotyp „rr“) aufzuweisen (KLAR, 1996). Es wird angenommen, dass das Allel „R“ bewirkt, dass sich die linke Hemisphäre in die sprachdominante entwickelt, es bewirkt die Rechtshändigkeit sowie das Wachstum des Haarwirbels im Uhrzeigersinn. Das Modell sagt eine starke Assoziation zwischen den Merkmalen Händigkeit, sprachdominante Hemisphäre und Haarwirbel bei phänotypisch dextralen Individuen vorher, der Genotyp wäre in diesem Fall „RR“ oder „Rr“. Bei phänotypischen Non-Dextern bewirkt der Genotyp ein zufälliges Muster des Zusammenwirkens dieser Kennzeichen. KLAR (2003) hat diesen Zusammenhang in Studien untersucht. Es zeigte sich, dass bei Rechtshändern der Haarwirbel in Richtung des Uhrzeigersinns dominierte, während Non-Dexter stets zufällige Muster zeigten.

Die meisten Rechtshänder weisen einen Haarwirbel mit dem Muster „Drehrichtung im Uhrzeigersinn“ auf (KLAR, 2003). Individuen mit einem „RR“- oder „Rr“-Genotyp entwickeln sich phänotypisch als Rechtshänder, zeigen einen Haarwirbel mit Drehrichtung im Uhrzeigersinn und eine sprachdominante linke Hemisphäre. Bei Individuen mit dem Genotyp „rr“ entwickelt sich der Zusammenhang zwischen Händigkeit, Hemisphärendominanz und Drehrichtung des Haarwirbels ausschließlich in einem zufälligen Muster.

Von der oben beschriebenen neuronalen bilateralen Asymmetrie unabhängig entwickelt sich die viszerale bilaterale Asymmetrie. Neuronale und viszerale bilaterale Asymmetrie werden von zwei verschiedenen genetischen Pfaden kodiert. Ein Pfad kontrolliert die neuronale Lateralisierung, bestehend aus Händigkeit, Asymmetrie des Gehirns und Drehrichtung des Haarwirbels, der andere davon unabhängige genetische Pfad spezifiziert die viszerale Lateralisierung. Das könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich die viszerale Lateralisierung aus dem Endoderm und Mesoderm des embryonalen Keimblattes entwickeln, das Nervensystem und die Kopfhaut und demnach später der Haarwirbel in der zehnten bis 16. Schwangerschaftswoche aus dem Ektoderm des Keimblattes (KLAR, 2003; WEBER, 2005).

2.3 Geschlecht und hormonelle Situation

[0] Bisher liegen keine eindeutigen Geschlechtseffekte im Ausmaß der Lateralisierung vor (HISCOCK & MACKAY, 1985). Bei BRYDEN (1988) wiesen mehr rechtshändige Männer als Frauen einen Rechtsohrvorteil auf. Untersuchungen von SPRINGER & DEUTSCH (1993) analysierten verschiedene Studien hinsichtlich des Geschlechtsunterschiedes in der Lateralisierung beim dichotischen Hören und ergaben, dass die Hälfte aller Untersuchungen dazu keine Geschlechtsunterschiede zeigten. In der anderen Hälfte der Studien ließ sich eine stärkere Lateralisierung bei Männern gegenüber Frauen erkennen. Entscheidend im Unterschied zwischen der Lateralisierung männlicher und weiblicher Probanden könnte der Einfluss der aktuellen hormonellen Situation sein. Hierzu liegen widersprüchliche Befunde vor. In einer Untersuchung an 39 Frauen war der Rechtsohrvorteil für sprachliche Stimuli in der prämenstruellen Phase signifikant größer als in der postmenstruellen Phase des Zyklus (ALTEMUS, WEXLER & BOULIS, 1989). Außerdem besteht die Möglichkeit, dass

einige kognitive Funktionen sensitiv für Schwankungen in der Konzentration der Geschlechtshormone sind und eine hormonelle Basis für Geschlechtsdifferenzen in visuell-spatialen Funktionen darstellen könnten (CHIARELLO, MCMAHON & SCHAEFER, 1989). In einer Studie von HAMPSON (1990) wurden räumliche und motorische Fähigkeiten während des Eisprungs untersucht. Es zeigte sich, dass die räumlichen Fähigkeiten bei den Probandinnen in der Phase des Eisprungs verglichen mit der Durchführung der Tests während der Menstruation schlechter ausgeprägt waren. Außerdem wird angenommen, dass die linke Hemisphäre in der prämenstruellen Phase mehr aktiviert ist als in der menstruellen Phase (BIBAWI, CHERRY & HELDIGE, 1995). Erklärt werden diese Phänomene unter anderem durch den während des Zyklus schwankenden Östrogen- und Progesteron-Spiegel. Laut HAMPSON (1990b) wird der Kortex durch Abfluten des Östrogens aktiviert und dadurch bestehende Asymmetrien und die allgemeine Leistungsfähigkeit der Hemisphären verstärkt. HAUSMANN ET AL. (2002) dagegen betonen eher den Einfluss des Progesterons. Dieses nähme durch die Inhibition von Interneuronen Einfluss auf die Lateralität der Funktionen, was wiederum die Balkenfunktionen beeinflussen würde. Andere Studien konnten keinen wesentlichen Einfluss der Hormonlage auf das dichotische Hören finden (DEBENER, 1995; FRIEDRICH, 1998; MÜLLER, 1996).

2.4 Der Einfluss des Alters auf die Lateralität

Nach GESELL ET AL. (1950) wird das Alter, in dem sich eine klare laterale Präferenz für die Händigkeit und die distale Hand-Finger-Motorik entwickelt, häufig mit acht Jahren festgesetzt. In diesem Alter erfolgt die Ausreifung der gekreuzten Pyramidenbahnen. HISCOCK & KINSBOURNE (1980) dagegen stellten einen Rechtsohrvorteil für verbales Material im dichotischen Hören bereits in einem Alter von drei Jahren fest. Es existiert die Hypothese, dass in der Individualentwicklung des Menschen die rechte Hemisphäre ihre Funktionen eher entwickelt als die linke. Die Entwicklung der Asymmetrie während der Kindheit wird durch Änderungen im zerebralen Blutfluss, gemessen durch fMRT, bestätigt. Im Alter zwischen ein und drei Jahren zeigt der Blutfluss eine Dominanz der rechten Hemisphäre. Die Asymmetrie verlagert sich nach dem dritten Lebensjahr auf die linke Seite. Die Ergebnisse einer Studie von CHIRON, JAMBAQUE, NABBOU, LOUNES, SYROTA & DULAC (1997) konnten das belegen. Eine Längsschnittstudie (HARPER & KRAFT, 1994) bei 2½- bis 9-jährigen Kindern zeigte keine signifikante Änderung des Rechtsohrvorteils im dichotischen

Hören über ein 4- oder 9-Monate-Intervall, aber einen signifikanten Zuwachs des Rechtsohrvorteils über ein 14- und 41-Monate-Intervall. Auch in dieser Studie konnten keine signifikanten Geschlechtseffekte gefunden werden. In einem Vergleich von 6- bis 9-jährigen Kindern mit 16- bis 18-Jährigen zeigte sich eine signifikante Erhöhung des Rechtsohrvorteils mit dem Alter (GOTHE, 1996). Auf der Grundlage dieser Befunde könnte vermutet werden, dass die Stärke der Lateralisierung, verdeutlicht durch den Rechtsohrvorteil, mit steigendem Alter zunimmt. In dieser Arbeit soll u. a. auch dieser Fragestellung nachgegangen werden.

2.5 Bildungsniveau und Sprachlateralisierung

Die zu diesem Thema vorliegenden Studien beschäftigten sich hauptsächlich mit der Untersuchung von Analphabeten verglichen mit Probanden, die eine Schulbildung absolviert haben. Analphabeten zeigten in einer Studie im dichotischen Hören einen statistisch signifikant höheren Rechtsohrvorteil für sprachliche Stimuli als die Kontrollgruppe der gebildeten Probanden (TZAVARAS, 1981). Als größter Unterschied zwischen Analphabeten und Kontrollgruppe galt hier die Fähigkeit im Schreiben und Lesen. In einer Untersuchung von CASTRO (1987) erreichten beide Gruppen einen Rechtsohrvorteil, welcher in der Gruppe der Analphabeten zwar leicht erhöht, aber nicht signifikant war. CASTRO (1987) führte die Unterschiede im Grad der Asymmetrie eher auf die between-subject-Variabilität zurück als auf die Bildungsgruppierung.

Weitere Studien mit Analphabeten zeigten, dass diese nach Schädigungen der linken Hemisphäre seltener Aphasien ausbildeten als Patienten mit Schulbildung (CAMERON ET AL., 1971). Die Häufigkeit von Aphasien bei linkshemisphärisch geschädigten Patienten betrug 78% bei Patienten mit Schulbildung und nur 36% bei Analphabeten. Wenn allerdings eine Aphasie nach Schädigung auftrat, waren keine qualitativen oder quantitativen Unterschiede zwischen Analphabeten und gebildeten Patienten zu finden (DAMASIO ET AL., 1976). Man könnte somit vermuten, dass Beschulung den Grad der linkshemisphärischen Dominanz beeinflusst (CASTRO, 1987). In diesem Fall wäre aber bei Analphabeten im dichotischen Hörtest eher ein Linksohrvorteil zu erwarten, wie es einer weiteren Studie von DAMASIO ET AL. (1979) auch der Fall war. Dies widerspricht den Befunden von TZAVARAS (1981). LECOURE (1980) wiederum bemerkte, dass Fälle, in denen nach linkshemisphärischer Schädigung keine Aphasie auftrat, im 19. Jahrhundert – als Schulbildung noch nicht so weit verbreitet

war wie heute – häufiger berichtet wurden. Das wiederum müsste heißen, dass durch Bildung die linkshemisphärische Dominanz verstärkt wird, auch hier wäre dann bei Analphabeten eher ein geringerer Rechtsohrvorteil bzw. ein höherer Linksohrvorteil zu erwarten, wie in der Untersuchung von DAMASIO ET AL. (1979) zu finden war.

In einer Längsschnittstudie von FENNELL (1983) wurden Jungen über sechs Jahre vom Kindergartenalter bis zur fünften Klasse der Grundschule begleitet. Hier war die Ohrasymmetrie nicht prädiktiv für die Schulbildung. Es fand sich keine Bestätigung, dass die Entwicklung der Ohrasymmetrie in Verbindung mit späterer Schulbildung oder Lernfähigkeiten stand. Es ist eine Diskrepanz zwischen den verschiedenen Befunden auffällig. ARDILA (1989) äußerte die Vermutung, dass diese Diskrepanz nicht einfach auf die Fähigkeit zum Lesen und Schreiben zurückgeführt werden kann, sondern dass hier vor allem Unterschiede in den Lebensbedingungen eine Rolle spielen.

Es könnte auch die Möglichkeit erwogen werden, dass die Intelligenz der Probanden eine wesentliche Rolle spielt, indem die Möglichkeit für eine höhere Intelligenz eher gegeben ist, wenn Lateralisierung (hemisphärische Spezialisierung) vorliegt. Personen mit einem höheren IQ schaffen es besser, sich geistig-kulturelle Nahrung zu verschaffen und suchen demnach die Umwelt (Schule, Universität, Beruf) auf, die sie für ihre Intelligenz benötigen. Die Korrelation zwischen Bildung und Intelligenz müsste demnach eine statistische und keine kausale Beziehung sein.

In der vorliegenden Untersuchung wird ein Unterschied in der Sprachlateralisierung zwischen den verschiedenen Bildungsniveaus erwartet, vor allem was die Ausprägung von Rechts- und Linksohrvorteilen betrifft, es kann aber auf Grund der vorliegenden widersprüchlichen Befunde keine gerichtete Hypothese formuliert werden.

2.6 Klinische Anwendung des FRWT

2.6.1 Epilepsien

Mit einer Prävalenz von 1% der Gesamtbevölkerung stellen Epilepsien die häufigste chronische neurologische Erkrankung dar. Eine Epilepsie liegt nur dann vor, wenn es zum wiederholten Auftreten unprovoked epileptischer Anfälle gekommen ist. Hiervon abzugrenzen sind Gelegenheitsanfälle wie z.B. epileptische Anfälle im Rahmen einer akuten neurologischen Erkrankung, Fieberkrämpfe oder Anfälle, die ausschließlich bei akuten metabolischen oder toxischen Ereignissen auftreten mit Faktoren wie Alkohol, Drogen, Hyper- oder Hypoglykämie oder ähnlichem.

In die Diagnostik der Epilepsiesyndrome gehen Anamnese, Anfallstyp, Befunde bildgebender Verfahren, EEG-Befunde und neuropsychologische Untersuchungsbefunde mit ein. Aus diesen Befunden wird das bei dem Patienten vorliegende Epilepsiesyndrom charakterisiert. Gemäß der Internationalen Liga gegen Epilepsie (INTERNATIONAL LEAGUE AGAINST EPILEPSY, 1989) werden Epilepsien und epileptische Syndrome wie folgt klassifiziert: Man unterscheidet lokalisationsbezogene fokale Epilepsien und Syndrome von generalisierten Epilepsien und Syndromen.

Bei den fokalen Epilepsien lassen Anfallssymptomatik und/ oder Untersuchungsbefunde einen lokalisierten Beginn der Anfälle erkennen. Man unterscheidet hier idiopathische (genetisch determiniert mit altersgebundenem Beginn, keine strukturellen Auffälligkeiten), symptomatische (mit strukturellen Auffälligkeiten) und kryptogene Epilepsien (symptomatisch, mit unbekannter Ätiologie). Je nach anatomischer Lokalisation unterscheidet man bei den fokalen Epilepsien Temporallappenepilepsien, Frontallappenepilepsien, Parietallappenepilepsien und Okzipitallappenepilepsien.

Generalisierte Epilepsien und Syndrome sind epileptische Störungen mit generalisierten Anfällen, d. h. es handelt sich um Anfälle, in denen die ersten klinischen und elektroencephalographischen Veränderungen eine initiale Einbeziehung beider Hemisphären anzeigen.

Im Auftreten sind fokale Epilepsien häufiger als generalisierte Epilepsien zu finden (SCHMIDT, 1993). Ca. 55% der Patienten mit einer Epilepsie leiden an komplex fokalen Anfällen. Bei ca. 45% der Patienten mit einer fokalen Epilepsie sind die Anfälle als pharmakoresistent zu bezeichnen (CASCINO, 1995). In diesen Fällen ist ein epilepsiechirurgischer Eingriff zu erwägen.

2.6.2 Bedeutung der Diagnostik der Sprachlateralisierung

Als erste Wahl bei der Behandlung von Epilepsien gilt die antiepileptische Medikation. Führen zwei Medikamente der ersten Wahl bei dem Patienten zu keiner befriedigenden Anfallskontrolle, spricht man von einer pharmakoresistenten Epilepsie. An dieser Stelle wird erwogen, ob die Möglichkeit einer chirurgischen Behandlung gegeben wäre. Vor allem bei Epilepsien des mesialen Temporallappens oder Epilepsien, die auf Grund von gutartigen Tumoren oder fokalen kortikalen Dysplasien auftreten, kann eine chirurgische Behandlung gute Ergebnisse erzielen (BAUMGARTNER ET AL., 2002). Da nur operiert werden kann, wenn nach der Operation keine funktionellen Defizite zu erwarten sind, ist es unverzichtbar, eine genaue Lokalisation des eloquenten Kortex vorzunehmen. Bis vor einigen Jahren erfolgte die Diagnostik der Sprachlateralisierung am Epilepsie-Zentrum Berlin-Brandenburg mittels des Wada-Tests (WADA & RASMUSSEN, 1960). Mit den dichotischen Hörtests FW10b und FW12k steht nun ein nicht-invasives und für den Patienten weitaus weniger belastendes Instrument zur Verfügung. Der dichotische Hörtest dient hierbei als Screening-Verfahren. Unübliche Lateralisierungen werden erkannt und können daraufhin mittels der funktionellen Magnetresonanztomographie lokalisiert werden.

3 Fragestellung und Hypothesen

3.1 Fragestellung

Ziel der vorliegenden Arbeit soll es sein, die dichotischen Hörtests FW10b und FW12k an gesunden Probanden als Referenzstichprobe unter realen Bedingungen, d. h. ohne Überprüfung der Hörfähigkeit und bei gleich bleibenden Geräteeinstellungen über alle Probanden, durchzuführen, um den Zusammenhang zwischen Geschlecht, Händigkeit, Alter, Bildungsniveau, Haarwirbel und Sprachlateralisierung zu ermitteln. Es sollen hier Referenzwerte aufgestellt werden, die bei der weiteren Durchführung der Hörtests dazu dienen, die Ergebnisse eines Patienten im FRWT im Bezug auf die Verteilung der Gesamtpopulation einzuordnen und zu bewerten.

3.2 Hypothesen

Um die oben genannten Fragestellungen zu bearbeiten, wurden folgende Hypothesen aufgestellt.

3.2.1 Geschlechtseffekte

H_0 : Es bestehen keine Geschlechtsunterschiede im Grad der Sprachlateralisierung.

H_1 : Es bestehen Geschlechtsunterschiede im Grad der Sprachlateralisierung.

Die Geschlechtseffekte wurden für beide Tests getrennt geprüft. Es wurden zwei mehrfaktorielle Varianzanalysen mit den Faktoren „Geschlecht“ und „Händigkeit“ gerechnet, die abhängigen Variablen waren der Lambda-Wert des FW10b und der Lambda-Wert des FW12k (Tabelle 1).

Tabelle 1: UV und AV zur Überprüfung der Geschlechtseffekte

Unabhängige Variablen (UV)	Geschlecht Händigkeit	männlich – weiblich Dex – nDex
Abhängige Variablen (AV)	Lambda-Werte	FW10b – FW12k

3.2.2 Alter und Sprachlateralisierung

H_0 : Das Alter hat keinen Einfluss auf die Sprachlateralisierung.

H_1 : Die Stärke der Lateralisierung nimmt mit steigendem Alter zu, es ist eine Erhöhung des Rechtsohrvorteils mit dem Alter zu erwarten.

Die Berechnung erfolgte mittels einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit dem Faktor „Altersgruppe“, als unabhängige Variablen wurden der Lambda-Wert des FW10b und der Lambda-Wert des FW12k als Messwiederholung definiert (Tabelle 2).

Tabelle 2: UV und AV zur Überprüfung der Alterseffekte

UV	Altersgruppe	bis 17 Jahre 18 bis 29 Jahre 30 bis 39 Jahre 40 bis 49 Jahre ab 50 Jahre
AV	Lambda-Werte	FW10b – FW12k

3.2.3 Bildungsniveau

H_0 : Das Bildungsniveau hat keinen Einfluss auf die Sprachlateralisierung.

H_1 : Das Bildungsniveau beeinflusst den Grad der linkshemisphärischen Dominanz.

Zur Prüfung dieser Hypothesen erfolgte die Realisierung einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit dem Faktor „Bildungsniveau“, als abhängige Variablen dienten die Lambda-Werte des FW10b und des FW12k als Messwiederholung (Tabelle 3).

Tabelle 3: UV und AV zur Überprüfung der Effekte des Bildungsniveaus

UV	Bildungsniveau	kein Abschluss Hauptschulabschluss Mittlere Reife Abitur Hochschulabschluss
AV	Lambda-Werte	FW10b – FW12k

3.2.4 Haarwirbel, Händigkeit und dichotisches Hören

H_0 : Es besteht bei Rechtshändern kein Zusammenhang zwischen der Drehrichtung des Haarwirbels und der sprachdominanten Hemisphäre.

H₁: Bei Rechtshändern besteht ein Zusammenhang zwischen der Drehrichtung des Haarwirbels im Uhrzeigersinn und der Sprachdominanz der linken Hemisphäre.

Zur Überprüfung dieser Hypothesen wurde mit den rechtshändigen Probanden eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren „Drehrichtung des Haarwirbels“ und „Händigkeit“ gerechnet, die abhängigen Variablen waren erneut die Lambda-Werte des FW10b und des FW12k, die als Messwiederholung in die Analyse eingingen (Tabelle 4).

Tabelle 4: UV und AV zur Überprüfung des Zusammenhangs Händigkeit/ Haarwirbel

UV	Händigkeit Drehrichtung des Haarwirbels	Dex – nDex Uhrzeigersinn – andere Richtungen
AV	Lambda-Werte	FW10b – FW12k

4 Methoden

4.1 Material

Bei jedem der erwachsenen Probanden wurden die dichotischen Hörtests FW10b und FW12k in randomisierter Reihenfolge durchgeführt. Erhoben wurden Geschlecht, Händigkeit (Dextralität vs. Non-Dextralität), Alter, Bildungsniveau und Drehrichtung des Haarwimbels als unabhängige Variablen sowie die Lateralität anhand der im dichotischen Hörtest erlangten Ohrpunkte (Linksohrpunkte, LOP, bzw. Rechtsohrpunkte, ROP) und anhand des Lambda-Wertes für jeden Test als abhängige Variable. Ferner wurden Muttersprache, Beruf/ Tätigkeit, bekannte Hirnläsionen, neurologische Erkrankungen, frühere Hirnerkrankungen, bekannte Hörstörungen sowie bei weiblichen Probanden aktueller Zyklustag und Länge des Zyklus mittels eines Fragebogens erfasst. Bei den Kindern wurde mit dem gleichen Vorgehen ausschließlich der FW12k durchgeführt, um ein Nachlassen der Aufmerksamkeit, was bei der Durchführung zweier Tests mit einer Gesamtlänge von insgesamt 30 Minuten sehr wahrscheinlich wäre, möglichst gering zu halten.

4.1.1 Dichotischer Hörtest FW10b

Der Test besteht aus zwei Teilen. Er beinhaltet insgesamt zwanzig Wörter in zehn Wortpaaren. Im ersten Teil wird jedes Wort auf jedem Ohr unilateral dargeboten, um die Differenzierungs-, Hör- und Benennungsfähigkeit des Probanden zu prüfen. Jedes der zwanzig Wörter wird zweimal, einmal auf jedem Ohr, dargeboten, dies führt zu einer Gesamtanzahl von 40 Items im ersten Teil des Tests. Im zweiten Teil, dem dichotischen Teil, werden die Wörter bilateral in den zehn Wortpaaren dargeboten. Es erfolgen acht Durchgänge, in jedem dieser Durchgänge wird jedes Wortpaar in beiden möglichen Orientierungen dargeboten. Daraus ergibt sich eine Gesamtanzahl von 160 Items (10 Wortpaare x 2 Orientierungen x 8 Durchgänge = 160 Items). Nach jeder akustischen Darbietung erscheinen auf dem Bildschirm vier Wörter, aus denen der Proband das gehörte auswählen soll. Zwei dieser vier Wörter stellen das tatsächlich präsentierte Wortpaar dar, die anderen beiden dienen als Distraktoren. Die Auswahl eines Distraktors durch den Probanden wird als Fehler gewertet.

4.1.2 Dichotischer Hörtest FW12k

Auch dieser Test besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil werden alle 24 Wörter in einer pseudo-randomisierten Zuordnung jeweils ein Mal unilateral dargeboten, um die Erkennfähigkeit des Probanden zu prüfen. Dies führt zu einer Testlänge von 24 Items im unilateralen Teil. Der eigentliche dichotische Test wird wieder im zweiten Teil realisiert. Hier wird jedes Paar in den zwei möglichen Orientierungen und sechs Durchgängen dargeboten, dies führt zu einer Gesamtzahl von 144 Items (12 Wortpaare x 2 Orientierungen x 6 Durchgänge = 144 Items). Unmittelbar nach der Präsentation des Wortpaares sieht der Proband am Bildschirm die zugehörigen Begriffe und Bilder. Er soll aus zwei in Schrift und Bild dargestellten Wörtern das wahrgenommene durch Mausklick auswählen.

4.2 Versuchsdurchführung

Der Hörtest wurde im Verwandten- und Freundeskreis immer in einem ruhigen Raum durchgeführt. Außerdem erfolgte die Durchführung in einer internistischen Hausarztpraxis sowie einer Kinderarztpraxis. Hier wurde der Großteil der Probanden rekrutiert. Die Durchführung fand stets in einem Raum abseits der laufenden Sprechstunde statt. Der Arzt sprach jeden Patienten/ jede Patientin bei seinem/ ihrem Sprechstundenbesuch an, der/ die gesundheitlich in der Lage war, den Hörtest durchzuführen, keine akuten Beschwerden und keine neurologischen Erkrankungen oder Hirnschädigungen aufwies. Der Patient/ die Patientin bekam ein Informationsblatt (siehe Anhang) ausgehändigt und wurde gefragt, ob er/ sie bereit wäre, an der Studie teilzunehmen. Bei Kindern wurden außerdem die Eltern um ihr Einverständnis gebeten. Bei Zustimmung wurden die Probanden in einen separaten Bereich der Praxis geführt. Zuerst füllte jeder Proband das Untersuchungsprotokoll aus, Geburtsdatum, Schulabschluss, Haarwirbel und Händigkeit wurden erhoben und kodiert in die Maske des Computerprogramms eingegeben (Kodierungserläuterungen siehe Anhang). Die Datenerhebung erfolgte ohne Namensangaben. Die Reihenfolge der Hörtests FW10b und FW12k wurde randomisiert. Hatte der Proband an einem ungeraden Tag Geburtstag, begann die Durchführung mit dem FW10b (Abfolge A), war der Geburtstag ein gerader Tag, begann die Durchführung mit dem FW12k (Abfolge B). Bei Kindern bis einschließlich 17 Jahre wurde nur der FW12k durchgeführt. Der Proband wurde instruiert (Instruktionen siehe Anhang) und

der Hörtest gestartet. Bei Probanden, die mit dem Computer, speziell mit dem Bedienen der PC-Maus, nicht umgehen konnten, vor allem bei Kindern und Rentnern, erfolgte das Anklicken der entsprechenden Antwortfelder durch den Versuchsleiter. Nach der Durchführung beider Hörtests wurde dem Probanden das Ergebnis der Hörtests, seine Sprachlateralisierung, mitgeteilt. Das Ergebnis konnte entweder eine linksseitige Sprachlateralisierung oder eine rechtshemisphärische Beteiligung an der Sprachverarbeitung beinhalten, dies wurde dem Probanden vermittelt und erklärt.

4.3 Stichprobe

In der vorliegenden Arbeit wurde eine anfallende Stichprobe herangezogen. Hierunter versteht man eine Anzahl von Probanden, die sich zu einer bestimmten Zeit in einer bestimmten Institution, z.B. in einer Arztpraxis, einfinden (KRAUSE & METZLER, 1988).

Die Probanden wurden im Bekannten- und Freundeskreis sowie hauptsächlich in der Sprechstunde einer internistischen Hausarztpraxis und einer Kinderarztpraxis in den Monaten November und Dezember 2006 sowie Januar und Februar 2007 rekrutiert.

4.3.1 Soziodemographische Merkmale der Stichprobe

4.3.2 Lebensalter und Geschlecht

Es nahmen insgesamt 69 Männer und 81 Frauen an der Untersuchung teil. Das mittlere Alter der Probanden betrug 39,8 Jahre mit einer Standardabweichung von 19,7 Jahren. Das Durchschnittsalter der Männer lag zum Untersuchungszeitpunkt mit 42,8 Jahren um 5,5 Jahre höher als das der Frauen, deren durchschnittliches Alter zum Testzeitpunkt 37,3 Jahre betrug (Abbildung 1).

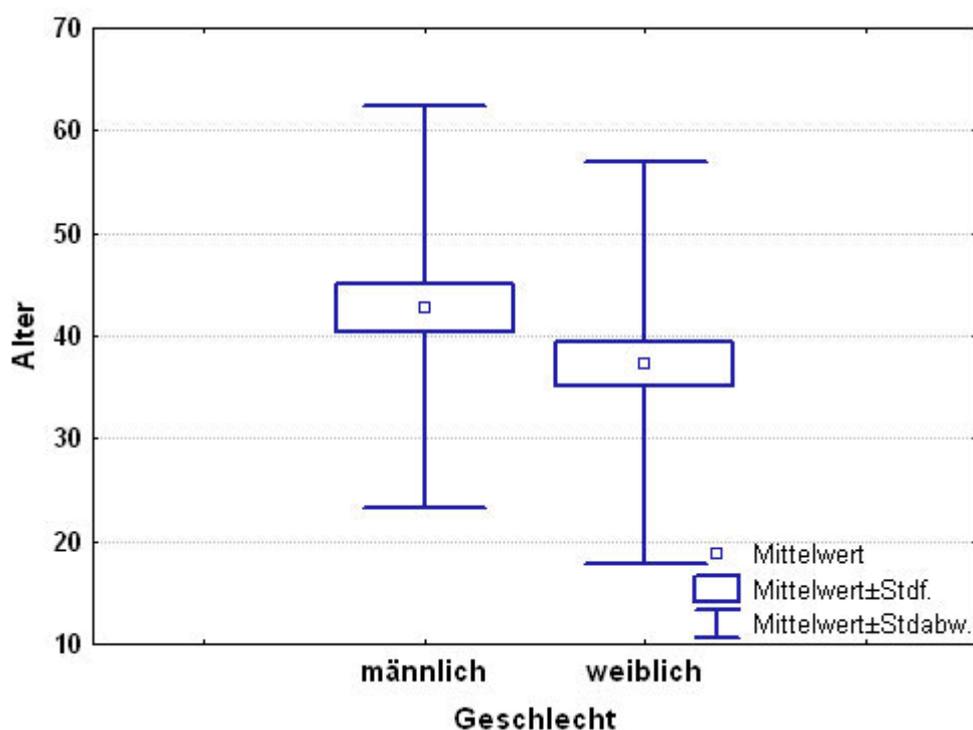


Abbildung 1: Alter in Abhängigkeit vom Geschlecht

Die Homogenität von Frauen und Männern in der Stichprobe hinsichtlich ihres Alters ist als gleich einzuschätzen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Lebensalter von Frauen, Männern und der gesamten Stichprobe

Geschlecht	N	MW	SD	Min.	Max.
Frauen	81	37,3	19,6	8	77
Männer	69	42,8	19,6	5	81
Gesamt	150	39,8	19,7	5	81

4.3.3 Bildungsniveau

Die untersuchten Probanden wiesen mit Ausnahme der untersuchten Kinder, welche 8,7% der Gesamtstichprobe ausmachten, alle einen Schulabschluss auf. Die meisten Probanden (39,3%) absolvierten die Mittlere Reife, gefolgt vom Hochschulabschluss (38%). 13,3% der Probanden beendeten die Schule mit dem Hauptschulabschluss und 10,7% bestanden das Abitur. Die Verteilung der Schulabschlüsse bei Männern und Frauen war mit einer Ausnahme vergleichbar: Die männlichen Probanden wiesen einen deutlich höheren Anteil an Hauptschulabschlüssen auf als die weiblichen Probanden (Abbildung 2).

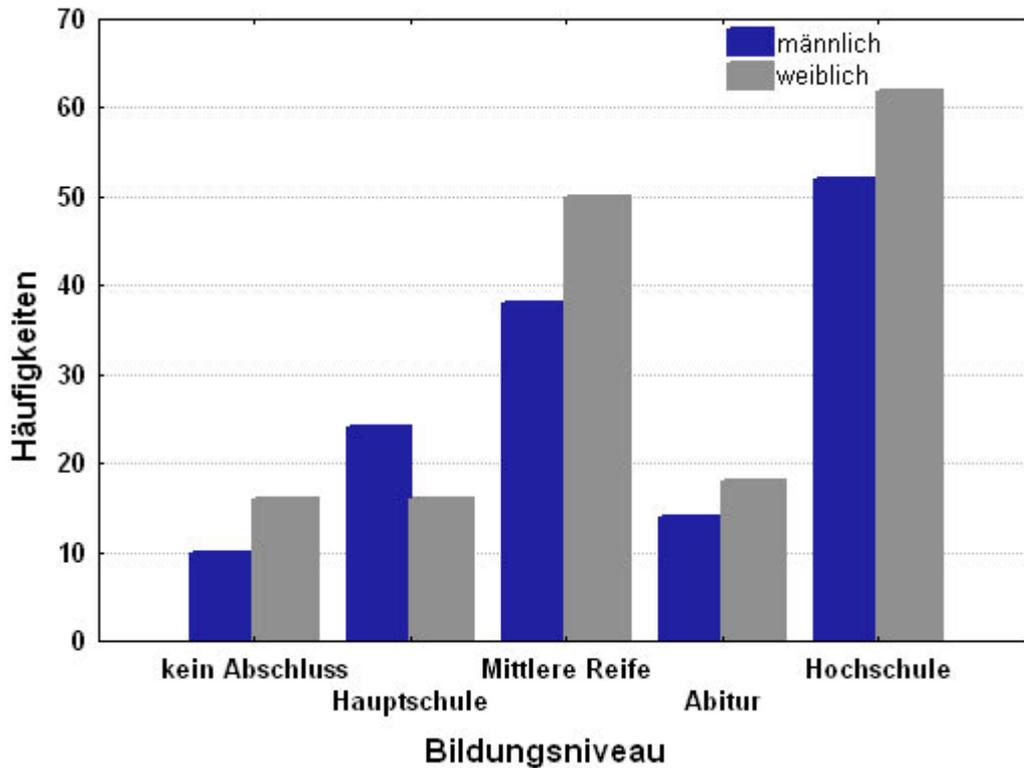


Abbildung 2: Häufigkeiten der Bildungsabschlüsse, kategorisiert nach Geschlecht

4.3.4 Muttersprache

Der größte Teil der Probanden (N=148) gab Deutsch als Muttersprache an. Ein Proband war türkischer Abstammung und lebte seit 19 Jahren in Deutschland, eine Probandin gab als Muttersprache Französisch an, auch sie beherrschte nach zwei Jahren, die sie nun in Deutschland studiert, die deutsche Sprache fließend.

4.3.5 Reihenfolge der Testdurchführung

Alle erwachsenen Probanden, charakterisiert durch ein Alter über 17 Jahren, führten sowohl den FW10b als auch den FW12k durch. Die Reihenfolge der Darbietung wurde anhand des Geburtstages randomisiert. Hatte der Proband an einem ungeraden Tag Geburtstag, bekam er zuerst den FW10b und dann den FW12k dargeboten, war der Geburtstag gerade, erfolgte die Präsentation in umgekehrter Reihenfolge (Tabelle 6).

Tabelle 6: Randomisierung der Darbietungsreihenfolge

	Reihenfolge der Tests		N
A	FW10b	FW12k	68
B	FW12k	FW10b	69

Alle Kinder bis einschließlich 17 Jahre führten ausschließlich den FW12k durch.

4.3.6 Händigkeit

In der vorliegenden Arbeit wurden 128 Rechtshänder und 22 Linkshänder untersucht. Die Bestimmung der Händigkeit erfolgte mittels einer modifizierten Version des Edinburgh Handedness Inventory (EHI) von OLDFIELD (1971; Erläuterung siehe Anhang). Der Proband wird nach seiner Handbevorzugung bei zehn verschiedenen alltäglichen Tätigkeiten befragt, es werden unilaterale und bilaterale Handbevorzugungen kodiert. Pro Item werden immer insgesamt zwei Punkte vergeben, die entweder, bei unilateraler Handbevorzugung, als Linkshandpunkte oder als Rechtshandpunkte zählen. Bei bilateraler Handbevorzugung erhält der Proband für jede Seite einen Handpunkt. Da es sich um zehn Items handelt, ist die Summe aus Rechts- und Linkshandpunkten konstant 20. Ab fünf Linkshandpunkten liegt eine Non-Dextralität vor, der EHI Lateralitätsquotient liegt für diese Grenze unterhalb der 20. Perzentile für Rechtshänder. Aus den Handpunkten wurde der Lateralitätsquotient für jeden Probanden errechnet. Bei einem Lateralitätsquotienten von 50 und kleiner liegt Non-Dextralität vor. Der Anteil der Linkshänder bei den männlichen Probanden war mit 20,29% deutlich höher als der Anteil der Linkshänder bei den Frauen mit 9,88% (Abbildung 3).

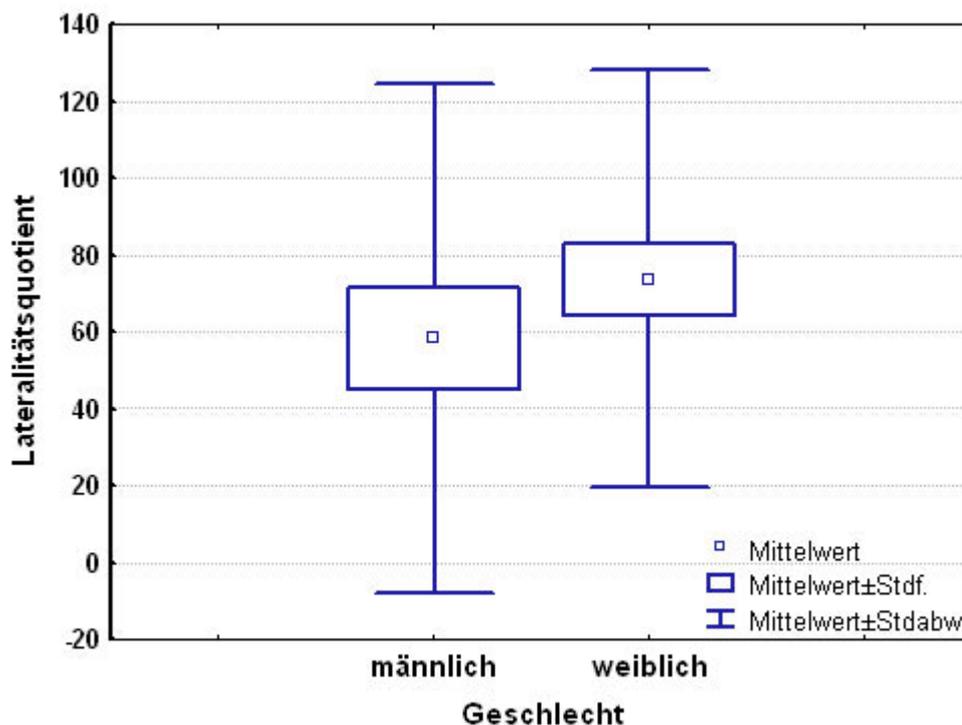


Abbildung 3: Lateralitätsquotient nach OLDFIELD (1971) in Abhängigkeit vom Geschlecht

4.3.7 Hormonelle Situation

Alle Probandinnen wurden zum Untersuchungszeitpunkt nach dem ersten Tag der letzten Regelblutung sowie der mittleren Länge ihres Menstruationszyklus in Tagen befragt. Aus dem ersten Tag der letzten Menstruation wurde der aktuelle Zyklustag ermittelt. 49 (60,5%) der 81 untersuchten Probandinnen waren im gebärfähigen Alter.

Die mittlere Zykluslänge bei den gebärfähigen Frauen betrug 28,2 Tage mit einer Standardabweichung von 1,7 Tagen.

Je nach aktuellem Zyklustag der Frau wurden in dieser Arbeit sechs Zyklusphasen unterschieden. Die Phasen innerhalb des Standardzyklus nach Asso (1983) sind in der folgenden Tabelle dargestellt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Einteilung der Phasen innerhalb des Standardzyklus nach ASSO (1983)

Zyklusphase	28-Tage-Zyklus
menstruell	1.-5. Tag
follikular	6.-12. Tag
ovulativ	13.-15. Tag
früh luteal	16.-19. Tag
fortgeschritten luteal	20.-25. Tag
prämenstruell	26.-28. Tag

Nach HAMPSON (1990a, 1990b) wird die menstruelle Phase als dritter bis fünfter Zyklustag definiert. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass sowohl Östrogen- als auch Progesteron-Konzentration niedrig sind, körperliche Beschwerden, welche während der Menstruationsblutung auftreten, klingen ab. Abweichungen von einer Zyklusdauer von 28 Tagen sind nach ASSO (1983) allein auf zeitliche Verschiebungen vor dem Eisprung zurückzuführen, die zweite Hälfte des Zyklus dagegen beträgt relativ konstant 14 Tage. Nach der menstruellen Phase steigen Östrogen- und Progesteron-Spiegel an und bleiben bei einem 28-Tage-Zyklus vom 20. bis 23. Zyklustag auf einem konstant hohen Level. Diese Phase wird als Luteal-Phase bezeichnet.

Auch bei Zykluslängen, die von der standardmäßigen Dauer von 28 Tagen abweichen, lassen sich die Phasen berechnen, indem man vom erwarteten Einsetzen der nächsten Menstruation zurückrechnet. MÜLLER (1996) schlug eine Einteilung vor, die auch in der vorliegenden Arbeit genutzt wurde (Tabelle 8).

Tabelle 8: Einteilung der Phasen bei verschiedenen Zykluslängen

Zykluslänge	menstruelle Phase	luteale Phase
25 Tage	3.-5. Tag	17.-20. Tag
26 Tage	3.-5. Tag	18.-21. Tag
27 Tage	3.-5. Tag	19.-22. Tag
28 Tage	3.-5. Tag	20.-23. Tag
29 Tage	3.-5. Tag	21.-24. Tag
30 Tage	3.-5. Tag	22.-25. Tag
31 Tage	3.-5. Tag	23.-26. Tag

Zum Untersuchungszeitpunkt befand sich die Mehrzahl der gebärfähigen Frauen in der folliculären sowie in der früh lutealen Phase (jeweils 22,4%). Die folgende Abbildung verdeutlicht die Verteilung der Zyklusphasen bei den gebärfähigen Probandinnen (Abbildung 4).

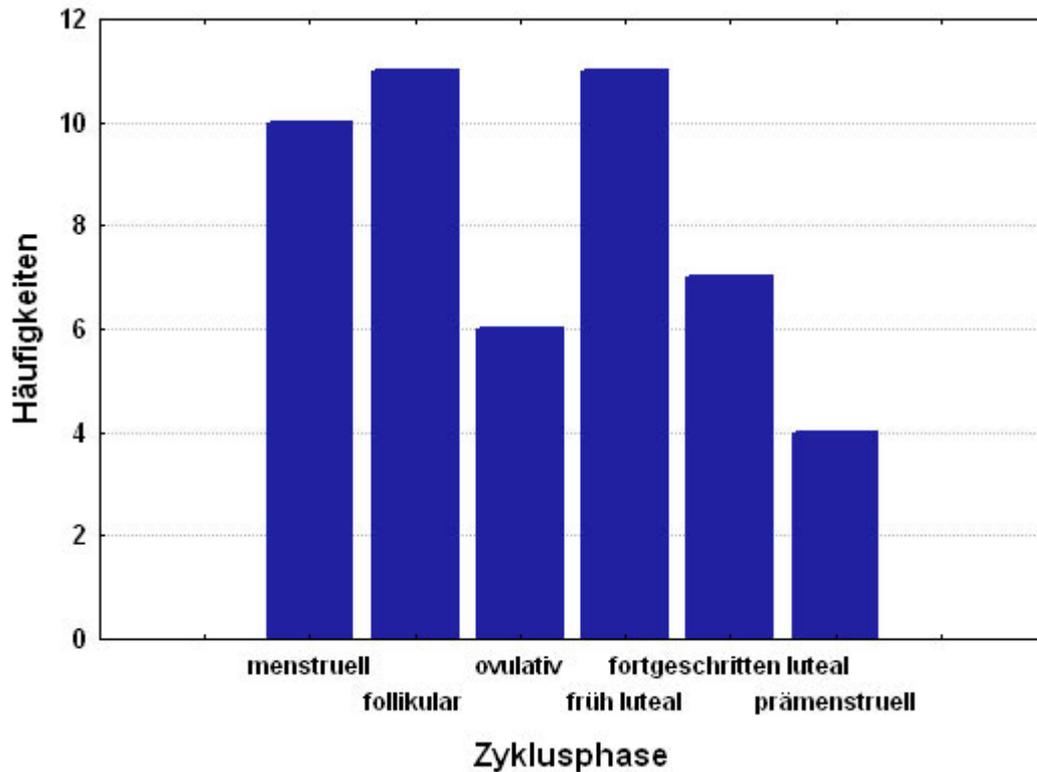


Abbildung 4: Verteilung der Zyklusphasen bei den gebärfähigen Probandinnen

4.4 Versuchspläne

4.4.1 Geschlechtseffekte

Zur Untersuchung des Einflusses des Geschlechts auf die Sprachlateralisierung wurde ein zweifaktorieller Versuchsplan mit den Faktoren „Geschlecht“ und „Händigkeit“ zugrunde gelegt. Es ergab sich folgende Zellbesetzung (Tabelle 9):

Tabelle 9: Versuchsplan Geschlechtseffekte

	Geschlecht	Lateralisierung	
		Lambda FW12k	Lambda FW10b
Dex	weiblich	73	66
	männlich	55	52
nDex	weiblich	8	7
	männlich	14	12

Rechtshänder wurden auch als Dexter (Dex), abgeleitet von dem Substantiv Dextralität, und Linkshänder als Non-Dexter (nDex) bezeichnet.

4.4.2 Alter und Händigkeit

Zur Bestimmung der Ausprägung der Sprachlateralisierung im Verlauf des Alters wurde ein zweifaktorieller Versuchsplan mit den Faktoren „Alter“ und „Händigkeit“ herangezogen. Der Faktor „Alter“ wurde fünffach gestuft (Tabelle 10).

Tabelle 10: Versuchsplan Alter und Händigkeit

		Lateralisierung	
	Altersgruppe	Lambda FW12k	Lambda FW10b
Dex	bis 17 Jahre	10	0
	18 bis 29 Jahre	45	45
	30 bis 39 Jahre	16	16
	40 bis 49 Jahre	12	12
	50 Jahre und mehr	45	45
nDex	bis 17 Jahre	3	0
	18 bis 29 Jahre	7	7
	30 bis 39 Jahre	4	4
	40 bis 49 Jahre	4	4
	50 Jahre und mehr	4	4

4.4.3 Bildungsniveau und Händigkeit

Zur Erfassung des Einflusses des Bildungsniveaus auf die Lateralisierung der Sprachfunktionen wurde ein zweifaktorieller Versuchsplan mit den Faktoren „Händigkeit“ und „Bildungsniveau“ zugrunde gelegt (Tabelle 11). Der Faktor „Bildungsniveau“ wurde fünffach gestuft.

Tabelle 11: Versuchsplan Bildungsniveau und Händigkeit

		Lateralisierung	
	Bildungsniveau	Lambda FW12k	Lambda FW10b
Dex	kein Abschluss	10	0
	Hauptschule	14	14
	Mittlere Reife	55	55
	Abitur	23	23
	Hochschule	26	26
nDex	kein Abschluss	3	0
	Hauptschule	1	1
	Mittlere Reife	11	11
	Abitur	4	4
	Hochschule	3	3

4.4.4 Haarwirbel, Händigkeit und dichotisches Hören

Um den Zusammenhang zwischen der Drehrichtung des Haarwirbels und der Lateralität zu untersuchen, wurde ein zweifaktorieller Versuchsplan mit den Faktoren

„Händigkeit“ und „Drehrichtung des Haarwirbels“ aufgestellt. Der Faktor „Drehrichtung des Haarwirbels“ bestand aus zwei Stufen, „Uhrzeigersinn“ und „andere Richtungen“. Die Zellbesetzung ist in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Versuchsplan Haarwirbel, Händigkeit und dichotisches Hören

	Drehrichtung des Haarwirbels	Lateralisierung	
		Lambda FW12k	Lambda FW10b
Dex	Uhrzeigersinn	90	85
	andere Richtungen	38	33
nDex	Uhrzeigersinn	16	14
	andere Richtungen	6	5

5 Ergebnisse

Die Datenauswertung erfolgte mittels des Statistikprogrammes STATISTICA 6.1. Bei jedem Probanden wurde mit der Software des dichotischen Hörtests eine Statistikdatei im txt-Format erzeugt. Diese Dateien aller Probanden wurden in eine Txt-Datei untereinander eingefügt und danach in ein Datenblatt des Statistikprogrammes STATISTICA 6.1 importiert. Alle Rechnungen basierten auf diesem Datenblatt.

5.1 Wahrnehmungsvoraussetzungen für den dichotischen Hörtest

In der vorliegenden Untersuchung sollten die dichotischen Tests unter realistischen Anwendungsbedingungen, also ohne individuelle Anpassung der Lautstärke, durchgeführt werden, damit Hörprobleme und Diskriminationsschwierigkeiten sichtbar werden konnten. Aus diesen Beobachtungen sollten sich Hinweise für Modifikationen der Tests ergeben, da längst nicht alle Probanden gute Voraussetzungen mitbringen, um bei ihnen mit der „fused words“-Methode die Sprachlateralisierung verlässlich bestimmen zu können. Im Wesentlichen sind es zwei Wahrnehmungsleistungen, über die ein Proband verfügen muss. Zum einen muss er die Reimwörter lautlich diskriminieren können. Schwächen in der Diskriminationsfähigkeit, die im unilateralen Testteil als Wortfehler sichtbar werden, würden sich in zufällig verteilten – und damit symmetrischeren – Linksohrpunkten und Rechtsohrpunkten bemerkbar machen. Probanden mit Schwächen in der Diskriminationsfähigkeit weisen Lambda-Werte auf, die gegen Null tendieren.

Die zweite Wahrnehmungsvoraussetzung ist die Orientierungssensitivität gegenüber den dichotischen Items. Ohrpunkte können bei der fused words Methode nur entstehen, wenn der Proband in der Lage ist, auf die unterschiedliche Orientierung der Items unterschiedlich zu reagieren.

Um den Einfluss dieser Wahrnehmungsvoraussetzungen auf die Reliabilität zu verdeutlichen, wurden die Reliabilitätsberechnungen in Abhängigkeit von diesen Wahrnehmungsvoraussetzungen durchgeführt.

5.1.1 Unilateraler Teil als Test für die Diskriminationsfähigkeit

Sowohl der FW10b als auch der FW12k enthalten zu Beginn einen unilateralen Teil, um die Erkennens- und Diskriminationsfähigkeit der Probanden zu prüfen. Hier werden Wortfehler und Seitenfehler unterschieden. Nach HÄTTIG (2004) wurde als obere Grenze eine Gesamtfehleranzahl von vier Fehlern festgesetzt. Übersteigt der Proband im unilateralen Teil diese Grenze, wird im Testprogramm automatisch eine Warnung eingeblendet und der Proband wird wiederholt auf die Wichtigkeit korrekter Antworten hingewiesen.

Macht ein Proband bei richtiger Seitenzuordnung viele Wortfehler, ist das ein Hinweis für eine Lautunterscheidungsschwäche. Dies müsste im bilateralen Teil in der Tendenz zu symmetrischeren Ergebnissen und somit geringeren Lambda-Werten führen, da der Proband das Wort auf dem präferierten Ohr nicht mehr identifizieren kann. Als Konsequenz ergeben sich bei Probanden mit hoher Wortfehlerzahl im unilateralen Testteil symmetrische Ohrpunktverhältnisse im bilateralen Testteil, da dem Probanden die Voraussetzungen fehlen, eine Asymmetrie bzw. hohe Lambda-Werte zu generieren. Das lässt sich durch die Beobachtung bestätigen, dass mit steigender Fehlerzahl der Betrag des Lambda-Wertes kleiner wird. Die Personen mit zu vielen Wortfehlern können nicht mehr diskriminieren. Die folgende Abbildung zeigt dies beispielhaft am FW12k: je höher die Fehlerzahl wird, desto mehr gehen die Lambda-Werte gegen Null (Abbildung 5).

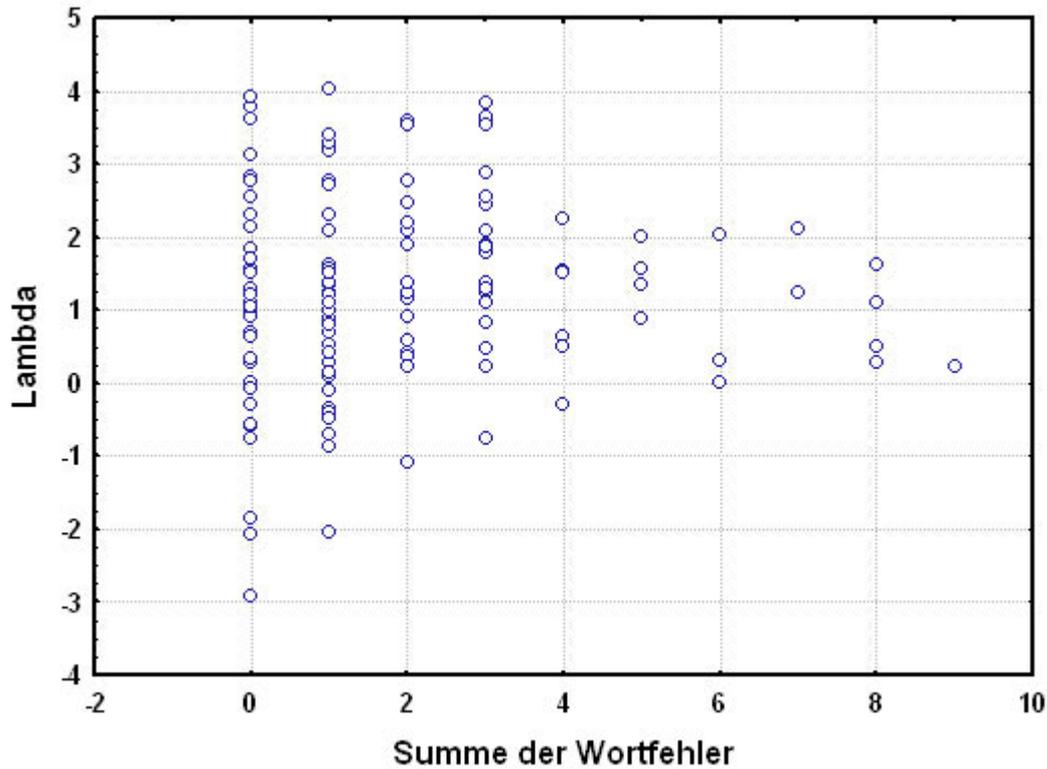


Abbildung 5: Scatterplot über Fehlersumme und Lambda-Werte im FW12k

Es erfolgte die Berechnung eines t-Tests für die Lambda-Werte beider Tests mit zwei Gruppen (Tabelle 13). Die Gruppen wurden über die Fehlerzahl im unilateralen Teil definiert. Es wurden Probanden mit weniger als 7 Fehlern im unilateralen Teil des Tests (Gruppe 1) von Probanden mit mehr als 6 Fehlern im unilateralen Teil (Gruppe 2) unterschieden. Es ist zu erkennen, dass sowohl im FW10b als auch im FW12k die Probanden der Gruppe 1 höhere Lambda-Werte aufwiesen, als die Probanden der Gruppe 2. Dieser Unterschied ist nicht signifikant.

Tabelle 13: t-Test, Lambda-Werte und Fehlerzahl im unilateralen Teil

	MW Gruppe 1 (<7 Fehler)	MW Gruppe 2 (>6 Fehler)	t-Wert	p
Lambda FW10b	1,09	0,67	1,4413	0,152
Lambda FW12k	1,31	0,93	0,7788	0,437

Nach eingehender Prüfung der summierten Fehler in beiden Tests über alle Probanden wurde in der vorliegenden Arbeit die Grenze von sechs Fehlern festgesetzt. Bei Ausschluss der Probanden mit einer Fehlerzahl größer als 6 im unilateralen Teil stieg die Paralleltest-Reliabilität an (Tabelle 14).

Tabelle 14: Paralleltest-Reliabilität vor und nach der Selektion anhand der Wortfehler

	Korrelation der Lambda-Werte
vor Selektion	$r = 0,67$
nach Selektion	$r = 0,72$

Dies begründet die Auswahl der Fehlergrenze von sechs Fehlern. Alle erwachsenen Probanden, die im unilateralen Teil beider durchgeführter Hörtests sechs und weniger Fehler aufwiesen, wurden in weitere Analysen einbezogen (Kriterium „Diskriminationsfähigkeit“). Lagen in einem der beiden Tests im unilateralen Teil sieben oder mehr Fehler vor, wurde der Proband für weitere Analysen ausgeschlossen.

Durch diese Einschränkung reduzierte sich die Anzahl der in die Analyse einbezogenen Erwachsenen auf 86 Probanden. Die ausgeschlossenen 52 erwachsenen Probanden waren vor allem durch fortgeschrittenes Alter charakterisiert, 50% waren über 64 Jahre alt, das mittlere Alter betrug 58 Jahre mit einer Standardabweichung von 16,85 Jahren. Das Geschlecht der Probanden mit erhöhter Fehlerzahl im unilateralen Teil war nahezu gleichverteilt, 28 Männer und 24 Frauen zählten dazu. Sechs der weiblichen Probanden dieser Gruppe befanden sich im gebärfähigen Alter. Die meisten der ausgeschlossenen Probanden (71%) hatten als Schulabschluss einen Hauptschulabschluss bzw. die Mittlere Reife absolviert. Dass vor allem ältere Probanden mehr als sechs Fehler im unilateralen Teil aufwiesen, kann mit mangelnder Diskriminations- bzw. Hörfähigkeit mit steigendem Alter erklärt werden. Zwar wurde jeder Proband zu Beginn der Testdurchführung zu vorliegenden Hörproblemen befragt und bei vorliegender Schwerhörigkeit nicht weiter untersucht, es kann aber davon ausgegangen werden, dass nicht jeder Proband von seinen Hörschwierigkeiten weiß bzw. diese zugibt. Das erklärt die hohe Anzahl an Probanden mit mehr als sechs Fehlern im unilateralen Teil trotz Ausschluss von Probanden mit bekannter Schwerhörigkeit.

Alle folgenden Analysen beziehen sich nur auf die derartig verminderte diskriminationsfähige Stichprobe.

5.1.2 Orientierungssensitivität, Gesamtzahlzahl der Ohrpunkte

Unter der Orientierungssensitivität soll die Fähigkeit des Probanden verstanden werden, unterschiedliche Orientierungen eines dichotischen Items zu erkennen und differenziert darauf zu reagieren. Nur, wenn der Proband in der Lage ist, auf die unterschiedliche Orientierung der Items unterschiedliche Reaktionen zu zeigen, kann es zu Ohrpunkten kommen. Der Proband muss z. B. auf das Item Kopf – Topf anders reagieren (z. B. mit "Kopf") als auf das invers dargebotene Item Topf – Kopf (z. B. mit "Topf"), damit ein Ohrpunkt entstehen kann, im Beispiel ein Linksohrpunkt. Die "fused words"-Methode interessiert sich für die Asymmetrie der Reaktionsänderung, also ob es zu einer linksseitigen oder zu einer rechtsseitigen Ohrtreue kommt. Ohne Ohrpunkte ergeben sich keine Hinweise auf die Asymmetrie der Sprachverarbeitung des Probanden. Probanden mit wenigen Ohrpunkten nehmen die Orientierungsänderungen der dichotischen Items nicht wahr oder reagieren nicht differenziert auf sie.

HÄTTIG (2004) gibt an, dass, um das Ergebnis der beiden Tests FW10b und FW12k überhaupt interpretieren zu können, eine Beobachtung von mindestens zwölf Ohrpunkten vorliegen sollte, das heißt, die Summe aus ROP und LOP muss insgesamt mindestens zwölf betragen. In der vorliegenden Arbeit wurde bei den diskriminationsfähigen Erwachsenen (Erwachsene mit höchstens 6 Fehlern im unilateralen Teil beider Tests) im FW12k eine mittlere Ohrpunktsumme von 22 erreicht, das Minimum lag bei 5, das Maximum bei 56 Ohrpunkten insgesamt, die Standardabweichung betrug 10,3 Ohrpunkte. Im FW10b lag die mittlere Summe der Ohrpunkte der diskriminationsfähigen Erwachsenen bei 17 Ohrpunkten, mit einem Minimum von 2, einem Maximum von 49 und einer Standardabweichung von 9,5 summierten Ohrpunkten (Tabelle 15).

Tabelle 15: Summe der Ohrpunkte (links + rechts) in beiden Tests

	Kriterium: Diskriminationsfähigkeit, N=86			
	MW	Minimum	Maximum	SD
FW10b	17	2	49	9,5
FW12k	22	5	56	10,3

Im FW10b wurden durchschnittlich 5 Ohrpunkte weniger erreicht als im FW12k. Daher wurde das Kriterium von einer erforderlichen Ohrpunktsumme von 12 diesem

Unterschied angepasst. Es ergab sich daraus folgendes Kriterium: Im FW12k galt unverändert eine Mindestanzahl von 12 Ohrpunkten, im FW10b dagegen war eine Mindestsumme von acht Ohrpunkten insgesamt ausreichend. Daher wurde ein zweites Auswahlkriterium aufgestellt. Neben allen Probanden, die eine Fehlerzahl im unilateralen Teil von mehr als sechs Fehlern aufwiesen, wurden nun auch diejenigen aus den weiteren Analysen ausgeschlossen, die im FW10b eine Ohrpunktsumme kleiner acht und im FW12k eine Ohrpunktsumme weniger 12 aufwiesen. 24 der 86 diskriminationsfähigen Erwachsenen konnten dieses Kriterium nicht erreichen. Es erfolgte dadurch eine weitere Reduktion der Fallzahl auf 62 Probanden. Nach Ausschluss dieser Probanden ergaben sich folgende mittlere Ohrpunktsummen (Tabelle 16).

Tabelle 16: Summe der Ohrpunkte in beiden Tests nach beiden Ausschlusskriterien

	Kriterium: Diskriminationsfähigkeit und Ohrpunktezahl, N=62			
	MW	Minimum	Maximum	SD
FW10b	20	8	49	8,86
FW12k	25	12	56	9,95

5.2 Reliabilität der Tests

Die Reliabilität eines Tests kennzeichnet den Grad der Genauigkeit, mit dem das geprüfte Merkmal gemessen wird. Allgemein lässt sie sich als Anteil der wahren Varianz an der beobachteten Varianz definieren (BORTZ & DÖRING, 2003). Es wurden die Reliabilitäten ohne Selektion der Probanden (a), mit Selektion der Probanden anhand des Kriteriums „Diskriminationsfähigkeit“ (b) sowie mit der Selektion der Probanden anhand des zusätzlichen Kriteriums „Ohrpunktezahl“ (c) verglichen.

5.2.1 Paralleltest-Reliabilität

Bei einer Reliabilitätsprüfung nach der Paralleltest-Methode liegen stets zwei Testformen vor, die sich entweder beide als reliabel oder beide als unreliabel erweisen (BORTZ & DÖRING, 2003). Um die Paralleltest-Reliabilität zu bestimmen, wurden der Lambda-Wert sowie die Links- und Rechtsohrpunkte der beiden parallelen Tests FW10b und FW12k miteinander korreliert. Die Korrelation der Linksohrpunkte beider Tests betrug nach Anwendung beider Selektionskriterien .79, die Korrelation der Rechtsohrpunkte .58 sowie die Korrelation der Lambda-Werte .81

(Tabelle 17). Alle Korrelationen waren für $p < 0.05$ signifikant. Beide Tests sind somit als reliabel einzuschätzen. Die Parallelttest-Reliabilität stieg durch Einsatz der Selektionskriterien insbesondere für den Lateralisationsindex Lambda deutlich an.

Tabelle 17: Korrelationen der Ohrpunkte und Lambda-Werte zwischen beiden Tests

Selektion der Stichprobe	N	r LOP	r ROP	r Lambda
a	137	0,62	0,54	0,67
b	86	0,71	0,59	0,72
c	62	0,79	0,58	0,81

5.2.2 Obergrenze der Validität

Die Validität eines Tests gibt an, wie gut der Test in der Lage ist, genau das zu messen, was er zu messen vorgibt. Die Kriteriumsvalidität bei einem perfekt reliablen Kriterium kann nicht größer sein, als die Wurzel aus der Reliabilität, es gilt allgemein: $Val < \sqrt{Rel}$ (BORTZ & DÖRING, 2003). Wenn man die Korrelation der Lambda-Werte zugrunde legt, ergibt sich für die vorliegenden Tests: $Val < \sqrt{0.81} = 0.9$. Sollte für einen der beiden Hörtests eine Validitätsprüfung mittels eines Außenkriteriums (z. B. fMRT) realisiert werden, wird die Kriteriumsvalidität einen Wert von 0.9 nicht übersteigen. Da Validitäten zwischen 0.4 und 0.6 als mittelmäßig gelten, wäre das ein sehr hoher Koeffizient.

5.2.3 Interne Konsistenz

Zu stabilen Schätzungen der Reliabilität führt die Berechnung der internen Konsistenz (BORTZ & DÖRING, 2003). Hierzu wurden bei jedem der beiden Hörtests die Summe der Linksohrpunkte, der Rechtsohrpunkte und der Lambda-Wert der ersten Testhälfte mit der Summe der Linksohrpunkte, der Rechtsohrpunkte und dem Lambda-Wert der zweiten Testhälfte korreliert. Für den FW10b ergab sich nach Anwendung beider Selektionskriterien eine Korrelation von .81 für die Summe der Linksohrpunkte, eine Korrelation von .83 für die Rechtsohrpunkte und eine Korrelation von .86 für den Lambda-Wert beider Testhälften (Tabelle 18).

Tabelle 18: Korrelationen zwischen den Testhälften des FW10b

Selektion der Stichprobe	N	r LOP	r ROP	r Lambda
a	137	0,78	0,86	0,78
b	86	0,79	0,84	0,79
c	62	0,81	0,83	0,86

Beim FW12k wurde nach Anwendung beider Kriterien für die Linksohrpunkte beider Testhälften eine Korrelation von .64, für die Rechtsohrpunkte eine Korrelation von .88 sowie für die Lambda-Werte eine Korrelation von .84 errechnet (Tabelle 19).

Tabelle 19: Korrelationen zwischen den Testhälften des FW12k

Selektion der Stichprobe	N	r LOP	r ROP	r Lambda
a	137	0,62	0,80	0,75
b	86	0,66	0,87	0,80
c	62	0,64	0,88	0,84

Die interne Konsistenz des FW10b ist demnach etwas höher als die des FW12k, bei beiden Hörtests kann die interne Konsistenz als gut bezeichnet werden.

Alle nachfolgenden Analysen beziehen sich auf die Stichprobe der 62 diskriminationsfähigen Erwachsenen, die außerdem das Kriterium der Mindestanzahl an Ohrpunkten erfüllten.

5.3 Händigkeit und Sprachlateralisierung

Nach Anwendung der Ausschlusskriterien (s. o.) wurden elf Linkshänder und 51 Rechtshänder in die Analysen einbezogen. Bei den Linkshändern lag der mittlere Lambda-Wert im FW10b bei 1,22 und im FW12k bei 0,93. Bei den Rechtshändern lag der durchschnittliche Lambda-Wert im FW10b bei 1,33 und im FW12k bei 1,39 (Tabelle 20).

Tabelle 20: mittlere Lambda-Werte bei dextralen und non-dextralen Probanden

	FW10b		FW12k	
	MW	SD	MW	SD
Dex	1,33	1,70	1,39	1,59
nDex	1,22	1,84	0,93	1,43

Inferenzstatistisch erfolge eine Varianzanalyse mit dem Faktor „Händigkeit“ und den Lambda-Werten beider Tests als abhängige Variable mit Messwiederholung. Der

Einfluss des Faktors „Händigkeit“ auf die Lateralisierung erwies sich als nicht signifikant ($F=1,05892$; $p=0,308$).

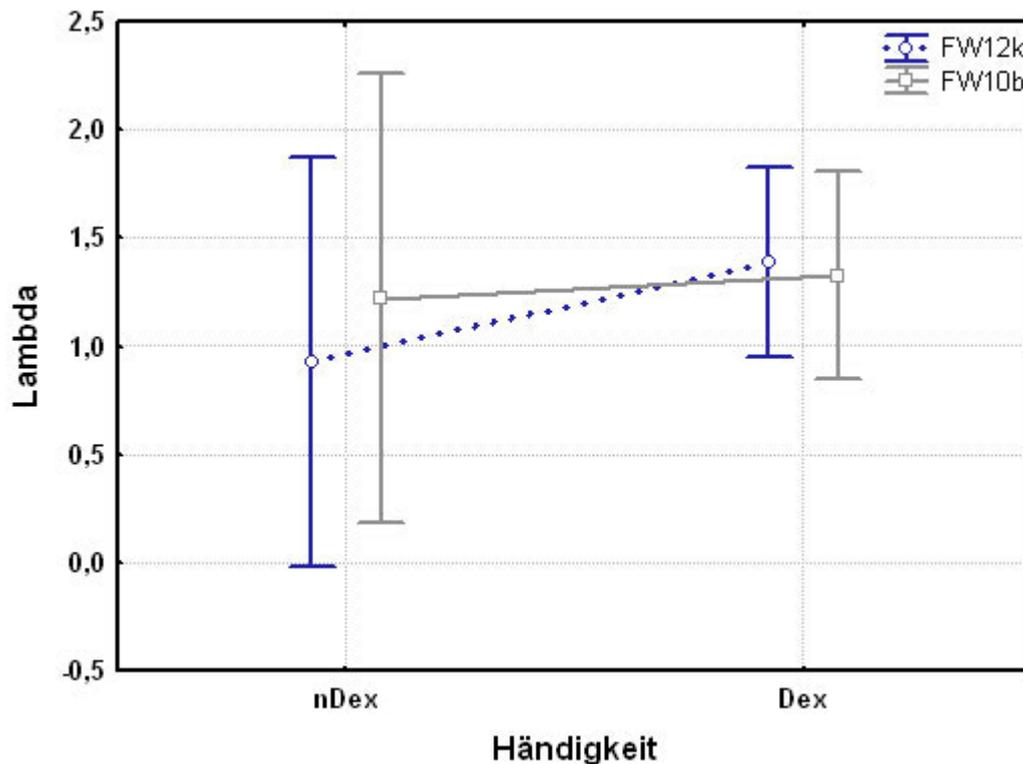


Abbildung 6: Einfluss der Händigkeit auf die Lambda-Werte

Erkennbar ist die Tendenz, dass die Linkshänder niedrigere Lambda-Werte aufwiesen als die Rechtshänder. Dieser Effekt ist im FW12k deutlicher ausgeprägt als im FW10b (Abbildung 6).

5.4 Kategorisierung der Sprachlateralisierung

Um auf der Individualebene Aussagen über die Bedeutung des Lateralisationsindex zu treffen, können die Lambda-Werte in z-Werte transformiert werden. Dazu werden die einzelnen Lambda-Werte durch den Standardfehler des Mittelwertes der Referenzstichprobe (S_e) geteilt (FERNANDES & SMITH, 2000). Die daraus resultierenden z-Werte sind standardverteilt und können auf ihre Signifikanz geprüft werden. Wird ein Konfidenzintervall von 95% festgelegt, ergeben sich daraus die Intervallgrenzen $z\text{-Lambda} \pm 1,96$. Individuelle z-Lambda-Werte der einzelnen Probanden weisen auf eine signifikante Lateralisierung hin, wenn sie diese Grenzen

überschreiten. Bei positivem Vorzeichen kann man von einer linksseitigen-, bei negativem Vorzeichen von einer rechtsseitigen Lateralisierung ausgehen. Die Einteilung der Sprachlateralisierung in die Kategorien „links“, „rechts“ und „bilateral“ resultiert historisch aus dem Wada-Test (WADA & RASMUSSEN, 1960). Aktuelle genetische Modelle gehen eher davon aus, dass man bei der Lateralisierung von Sprachfunktionen wie auch bei der Händigkeit zwei Typen unterscheiden kann: einen unilateral linkslateralisierten und einen anders, nicht-links lateralisierten Typen, wie bereits in Kapitel 2.1.7 beschrieben. Nach den genetischen Modellen wäre die Kategorie „rechts“ ein seltener Sonderfall innerhalb der nicht-links-Kategorie.

5.4.1 FW10b

Bei der vorliegenden Stichprobe ergab sich für den FW10b ein mittlerer Lambda-Wert von $\lambda = 1,309$ und ein Standardfehler von $S_e = 0,217039$. Es ergab sich durch das Dividieren des mittleren Lambda-Wertes durch den Standardfehler ($1,31/0,217039$) ein mittlerer z-Lambda-Wert von $z\lambda = 6,03$. Durch die Multiplikation des z-Wertes 1,96 mit dem Standardfehler $S_e = 0,217039$ ließen sich die Konfidenzintervall-Grenzen ermitteln: $\pm 1,96 \times 0,217039 = \pm 0,43$. Gemäß dieser Grenzen wurden im FW10b 46 Probanden als links lateralisiert, fünf Probanden als bilateral und elf Probanden als rechts lateralisiert kategorisiert (Abbildung 7). Nach neueren Modellen entspricht das einer Einordnung von 46 Probanden in die Kategorie „links“ und von 16 Probanden in die Kategorie „nicht-links“ lateralisiert.

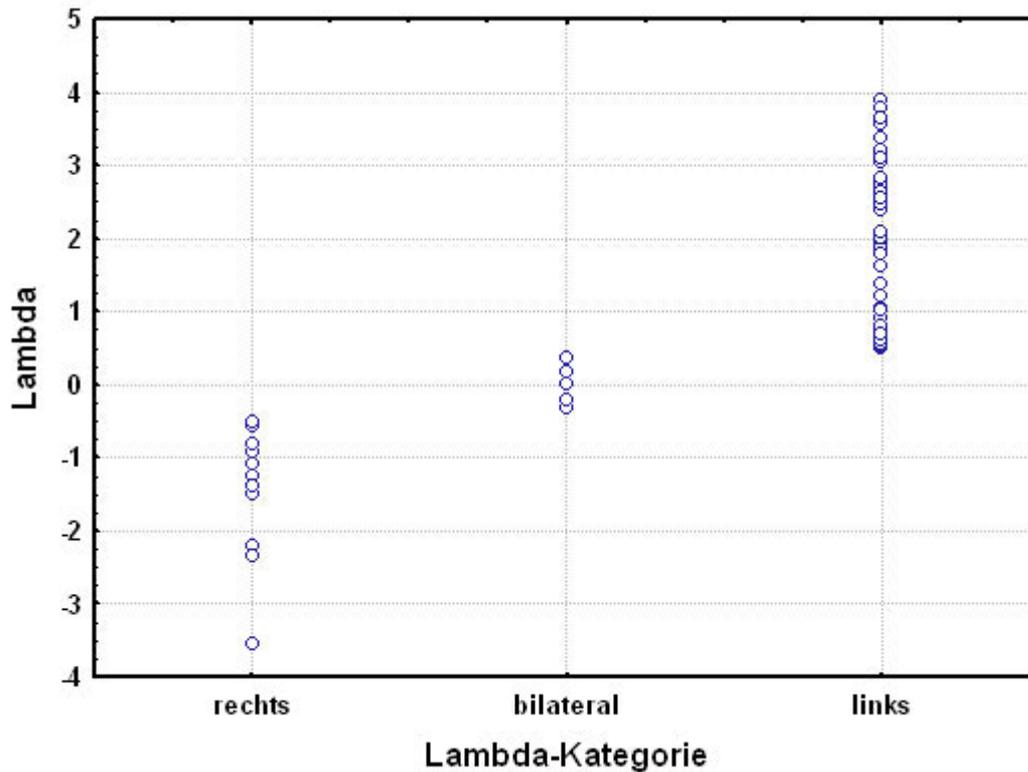


Abbildung 7: Scatterplot der Lambda-Kategorien im FW10b

5.4.2 FW12k

Im FW12k betrug der mittlere Lambda-Wert für die Referenzstichprobe $\lambda = 1,305$, der Standardfehler S_e lag bei $0,198865$. Durch oben beschriebene Berechnungen ergab sich ein mittlerer z-Lambda-Wert für den FW12k von $z_\lambda = 6,56$, die Konfidenzintervall-Grenzen lagen demnach bei $\pm 0,39$. Somit wurden 45 Probanden als links lateralisiert, neun als bilateral und acht als rechts lateralisiert eingestuft (Abbildung 8). Nach den neueren Modellen entspricht dies einer Kategorisierung von 45 Probanden als „links“ und von 17 Probanden als „nicht-links“ lateralisiert.

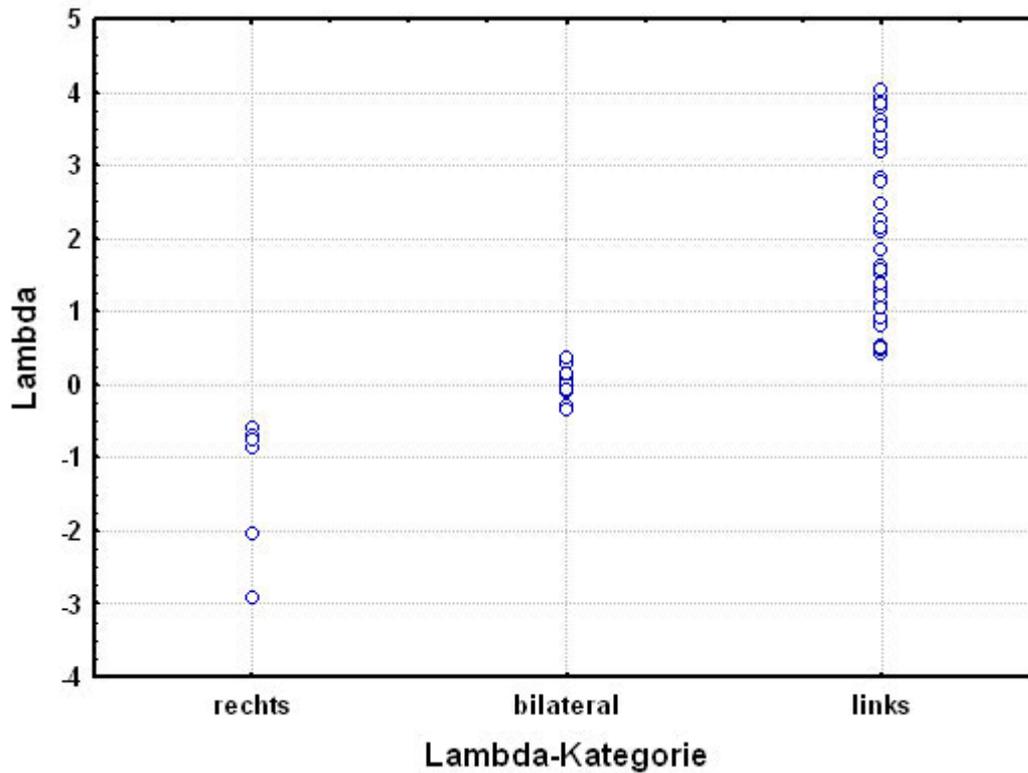


Abbildung 8: Scatterplot der Lambda-Kategorien im FW12k

In diesen Kategorien stimmten FW10b und FW12k nur bedingt überein. Am größten war die Übereinstimmung in den Kategorien „rechts“ und „links“, bei der Kategorisierung „bilateral“ gab es die meisten Unterschiede in der Einordnung durch die beiden Tests (Tabelle 21).

Tabelle 21: Übereinstimmung der Kategorisierung beider Tests

Kategorisierung durch FW10b	Kategorisierung durch FW12k				Σ
	1 rechts	2 bilateral	3 links		
1 rechts	6	3	2		11
2 bilateral	0	1	4		5
3 links	2	5	39		46
Σ	8	9	45		62

5.5 Hypothese 1: Geschlechtseffekte

Die Hypothese 1 lautete:

H_0 : Es bestehen keine Geschlechtsunterschiede im Grad der Sprachlateralisierung.

H_1 : Es bestehen Geschlechtsunterschiede im Grad der Sprachlateralisierung.

In die Berechnungen der Geschlechtseffekte gingen nach Ausschluss aller Probanden mit mehr als sechs Fehlern im unilateralen Teil sowie nach Ausschluss der Probanden, die im FW12k insgesamt weniger als zwölf Ohrpunkte und im FW10b insgesamt weniger als acht Ohrpunkte erreichten, insgesamt 62 Probanden ein. Davon waren 28 männlich und 34 weiblich.

5.5.1 Lambda-Wert und Anzahl der Ohrpunkte

Deskriptiv wurde bei den Frauen im FW10b ein mittlerer Lambda-Wert von 1,07 mit einer Standardabweichung von 1,81 sowie im FW12k ein mittlerer Lambda-Wert von 1,23 mit einer Standardabweichung von 1,59 erreicht. Sie erreichten im FW10b eine durchschnittliche Gesamtsumme der Ohrpunkte von 19,44 mit einer Standardabweichung von 8,61 und im FW12k einen Wert von durchschnittlich 25,62 Ohrpunkten mit einer Standardabweichung von 9,46.

Bei den Männern war im FW10b der mittlere Lambda-Wert von 1,59 (Standardabweichung: 1,57) höher als bei den Frauen. Ebenso verhielt es sich mit dem mittleren Lambda-Wert des FW12k, dieser lag bei den männlichen Probanden bei 1,40 mit einer Standardabweichung von 1,57. Die durchschnittliche Gesamtsumme der Ohrpunkte im FW10b lag bei den Männern bei 19,86 Ohrpunkten (Standardabweichung: 9,3) sowie im FW12k bei 25,07 Ohrpunkten mit einer Standardabweichung von 10,68. Bei der Gesamtsumme der Ohrpunkte war die Streuung bei den Männern größer als bei den Frauen (Tabelle 22).

Tabelle 22: durchschnittliche Lambda-Werte und Anzahl der Ohrpunkte

		Lambda		Summe Ohrpunkte		ROP		LOP	
		MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Frauen	FW10b	1,07	1,81	19,44	8,61	13,71	9,70	5,74	6,87
	FW12k	1,23	1,57	25,62	9,46	18,50	11,39	7,12	7,32
Männer	FW10b	1,59	1,57	19,86	9,30	16,25	10,61	3,61	4,50
	FW12k	1,40	1,57	25,07	10,68	19,46	12,96	5,61	5,21

Bei den Lambda-Werten fielen bei den Männern durchschnittlich höhere Werte auf, die Summe der Ohrpunkte dagegen war bei Männern und Frauen nahezu gleich. Auffällig war, dass sich bei den Männern die Lambda-Werte zwischen FW10b und FW12k kaum unterschieden, während die Frauen im FW12k deutlich höhere Lambda-Werte aufwiesen als im FW10b. Die Standardabweichung war bei den

Frauen größer als bei den Männern und im FW10b höher als im FW12k (Abbildung 9).

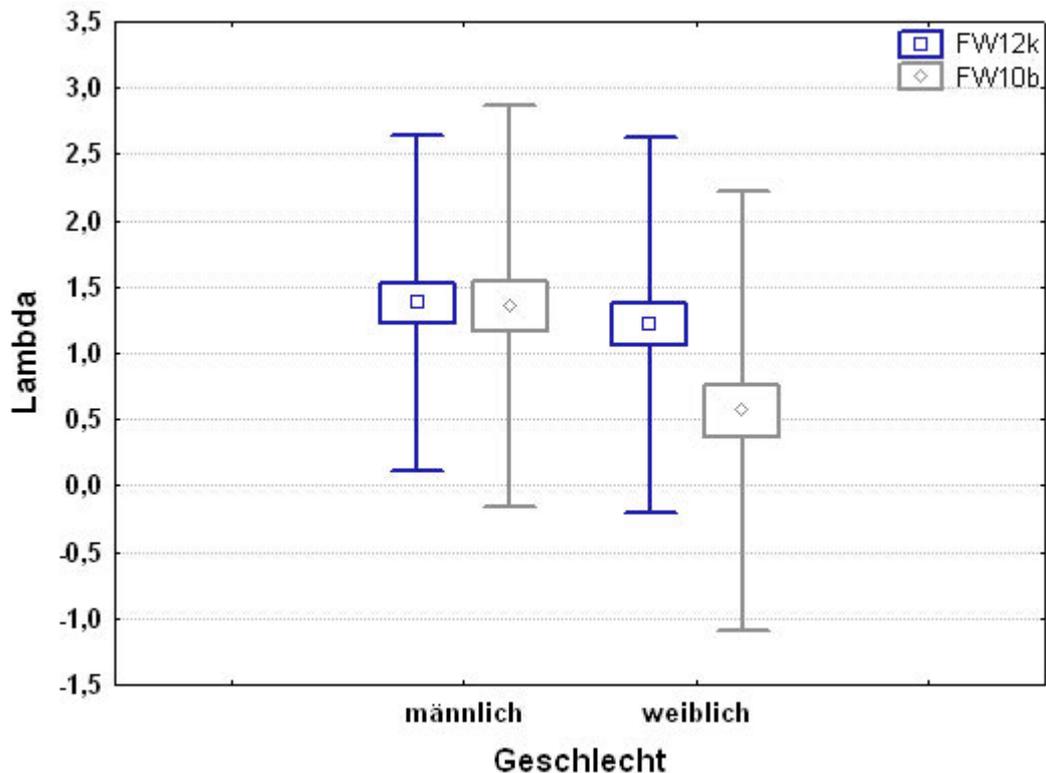


Abbildung 9: Lambdawerte über beide Tests, kategorisiert nach Geschlecht

Inferenzstatistisch wurden zwei mehrfaktorielle Varianzanalysen mit den Faktoren „Geschlecht“ und „Händigkeit“ durchgeführt. Die Bestimmung der Händigkeit wurde wie in Kapitel 4.3.6 beschrieben anhand des Edinburgh Handedness Inventory (EHI) von OLDFIELD (1971) realisiert, es wurden Dextralität und Non-Dextralität unterschieden. Die Varianzanalyse erfolgte für jeden Test getrennt, als abhängige Variablen dienten die Lambda-Werte. Im FW10b wiesen sowohl der Faktor „Geschlecht“ ($F=1,25996$; $p=.266$), als auch der Faktor „Händigkeit“ ($F=0,19918$; $p=.657$) keine Signifikanz auf. Der Interaktionseffekt von „Geschlecht“ und „Händigkeit“ erreichte ebenfalls keine Signifikanz ($F=0,08988$; $p=.765$). Im FW12k wurde ebenfalls weder beim Faktor „Geschlecht“ ($F=0,42013$; $p=.519$) noch beim Faktor „Händigkeit“ ($F=0,99435$; $p=.323$) noch bei deren Interaktion ($F=0,11565$; $p=.735$) Signifikanz erreicht.

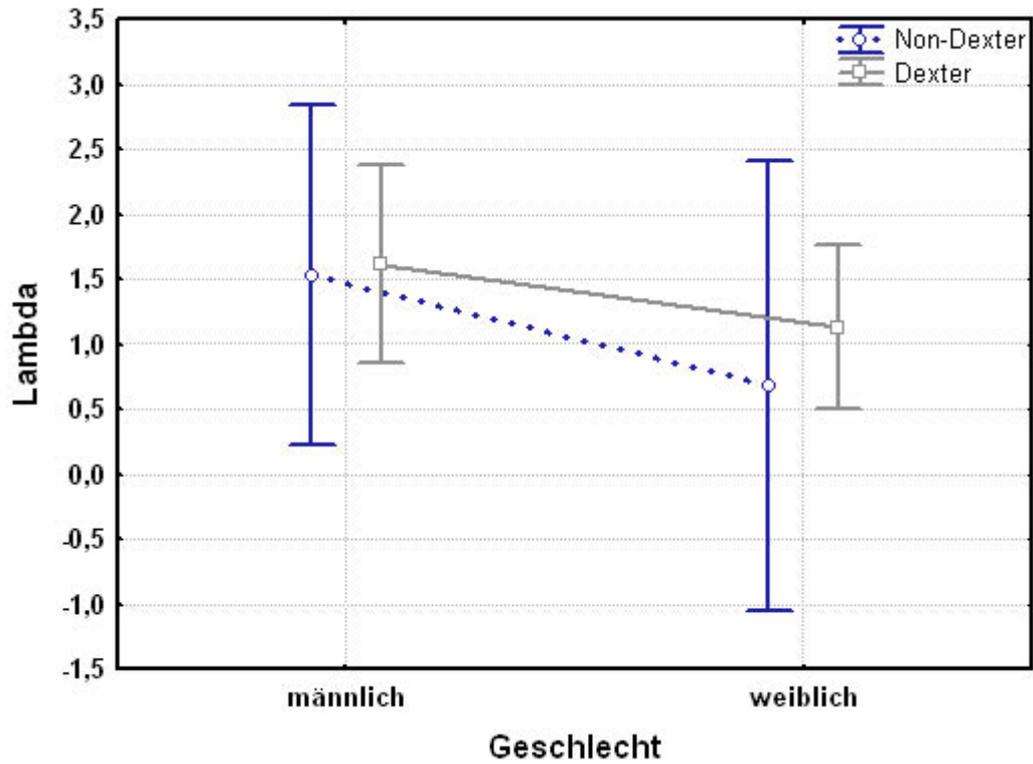


Abbildung 10: Interaktion zwischen Geschlecht und Händigkeit im FW10b

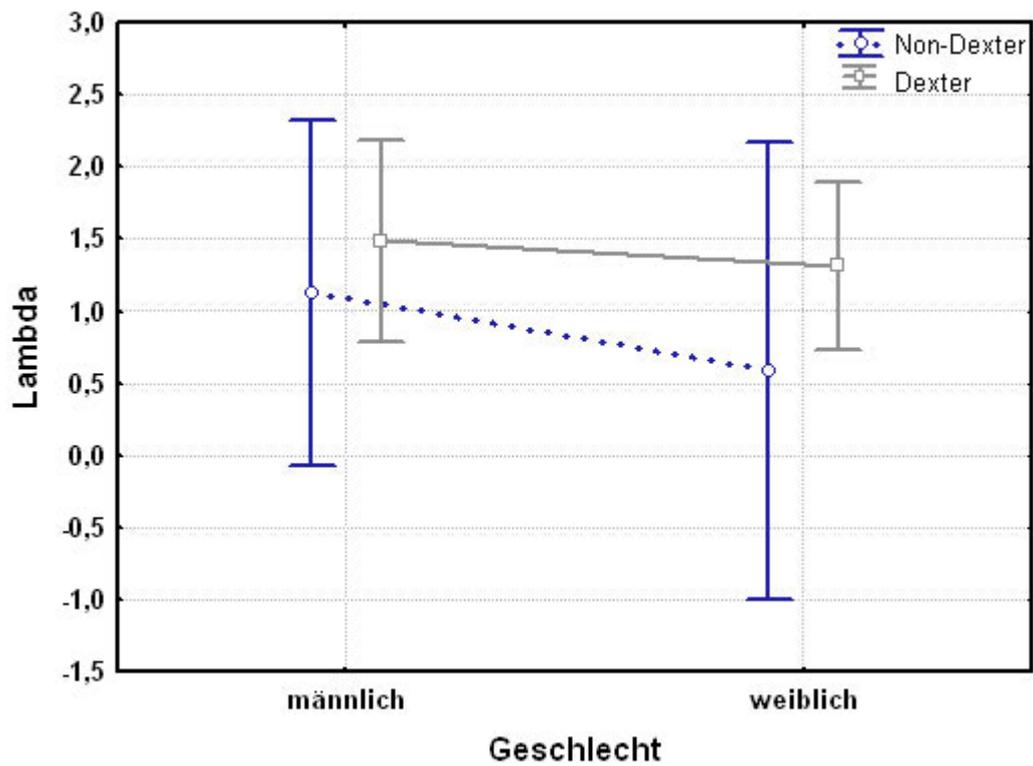


Abbildung 11: Interaktion zwischen Geschlecht und Händigkeit im FW12k

In den Abbildungen 10 und 11 zeigt sich, dass die Interaktion zwischen Geschlecht und Händigkeit im FW12k deutlicher hervortrat als im FW10b. Auch hier wird deutlich, dass die Männer in beiden Tests einen höheren Lambda-Wert erreichten als die Frauen. Unabhängig vom Geschlecht wiesen die Rechtshänder bei beiden Tests einen höheren Lambda-Wert auf. Die Interaktion ist tendenziell sichtbar, aber nicht signifikant.

5.5.2 Geschlecht und Fehlerhäufigkeit im unilateralen Teil

In der Interaktion zwischen der Fehlersumme im unilateralen Teil und dem Geschlecht über beide Tests zeigte sich im FW10b bei beiden Geschlechtern eine höhere Fehlersumme als im FW12k. Betrachtet man die Tests separat, traten im FW12k bei den weiblichen Probanden mehr Fehler auf als bei den männlichen, während im FW10b die männlichen Probanden eine größere Fehleranzahl aufwiesen als die weiblichen. Bei einer Varianzanalyse mit dem Faktor „Geschlecht“ und der Summe der Fehler im unilateralen Teil beider Tests als abhängige Variablen erwies sich die Interaktion als nicht signifikant ($F=1,3896$; $p=.243$). Eine Tendenz war aber dahingehend sichtbar, dass im FW10b Männer mehr Fehler machten als Frauen, während im FW12k Frauen die höhere Fehlerzahl aufwiesen (Abbildung 12).

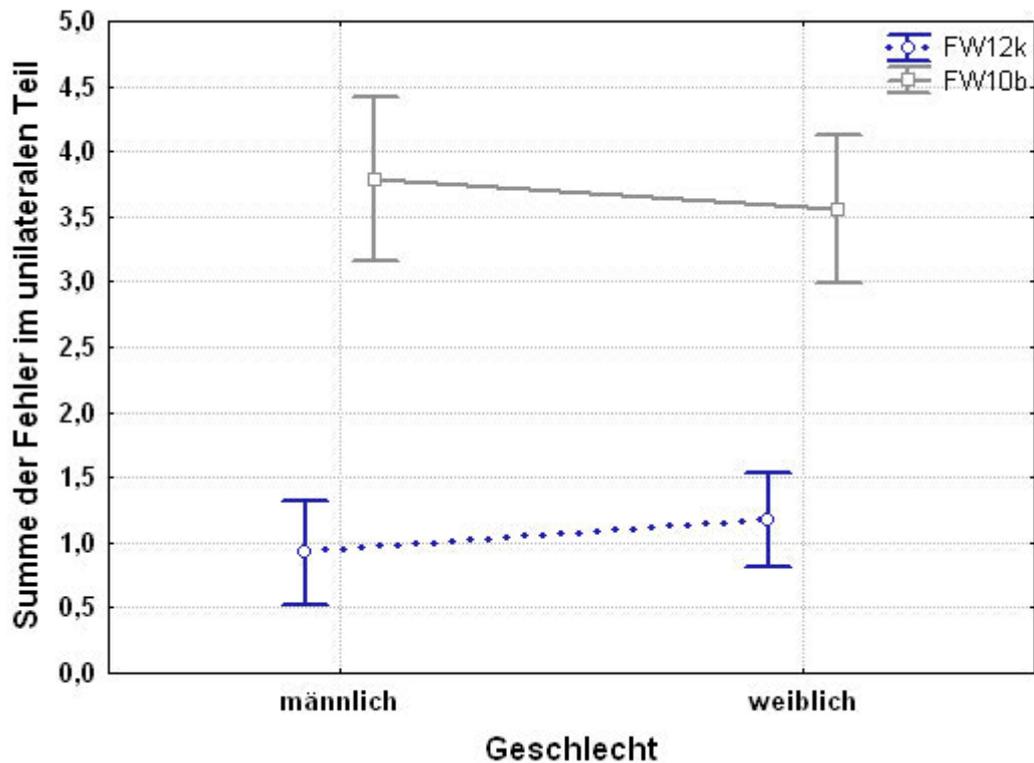


Abbildung 12: Summe der Fehler im unilateralen Teil, kategorisiert nach Geschlecht

Da weder der Faktor „Geschlecht“ allein noch seine Interaktionen eine Signifikanz aufwiesen, muss die eingangs formulierte Nullhypothese beibehalten werden. Trotzdem sind wie oben beschrieben deutliche Tendenzen zu einer stärkeren Lateralisierung der Männer gegenüber den Frauen zu erkennen.

5.6 Hypothese 2: Alter und Sprachlateralisierung

Die Hypothese 2 lautete:

H_0 : Das Alter hat keinen Einfluss auf die Sprachlateralisierung.

H_1 : Die Stärke der Lateralisierung nimmt mit steigendem Alter zu, es ist eine Erhöhung des Rechtsohrvorteils mit dem Alter zu erwarten.

Nach Ausschluss der Probanden, die das Kriterium der Fehlerzahl im unilateralen Teil und der Mindestanzahl an Ohrpunkten nicht erreichten, und bei alleiniger Untersuchung der Erwachsenen, da die Kinder auf Grund der geringen Anzahl in den Berechnungen vorerst nicht berücksichtigt wurden, gingen 62 Probanden mit einem mittleren Alter von 31,23 Jahren (Standardabweichung: 10,61 Jahre) in die

Berechnungen ein. Die für die Rechnungen relevante Verteilung der Altersgruppen ist in Abbildung 13 dargestellt.

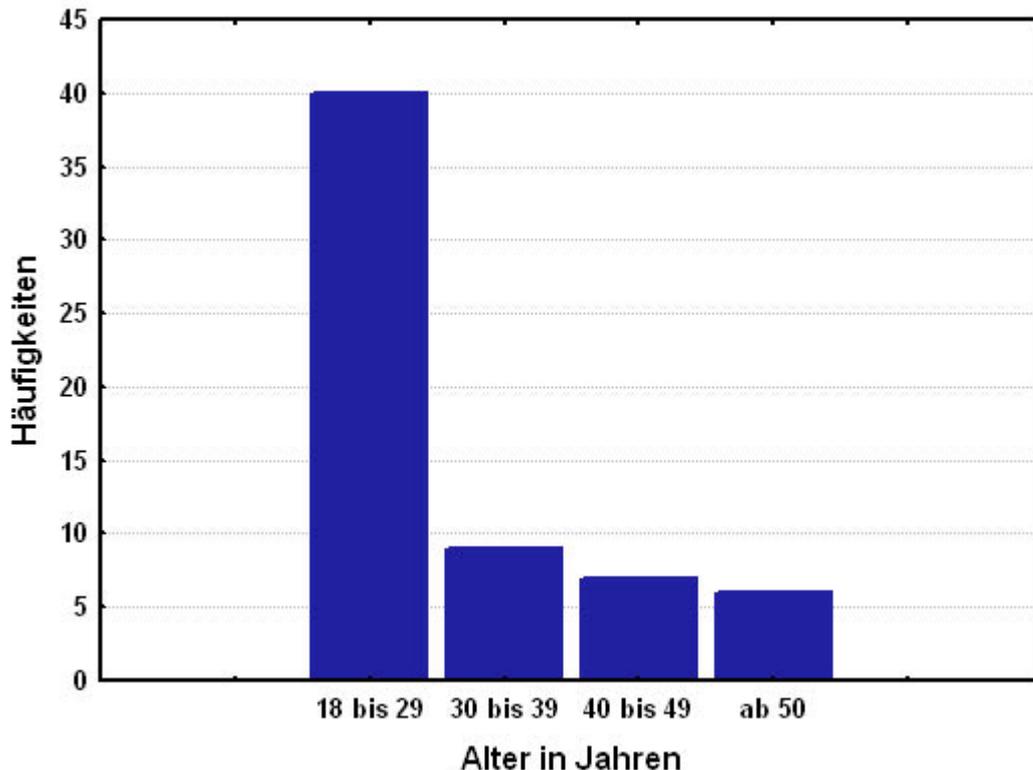


Abbildung 13: Verteilung der Altersgruppen nach Ausschluss

Deskriptiv wurde der mittlere Lambda-Wert über beide Tests für jede Altersgruppe dargestellt (Tabelle 23).

Tabelle 23: mittlere Lambda-Werte in jeder Altersgruppe

Alter in Jahren	FW10b		FW12k	
	MW	SD	MW	SD
bis 17	-	-	1,39	1,06
18 bis 29	1,32	1,64	1,31	1,59
30 bis 39	1,38	2,11	1,27	1,73
40 bis 49	0,65	1,63	1,26	1,52
ab 50	1,89	1,83	1,41	1,65

Die Kinder bis einschließlich 17 Jahre führten ausschließlich den FW12k durch.

Um den Einfluss des Alters der Probanden auf die Lateralisierung zu untersuchen, wurde eine einfaktorische Varianzanalyse mit den beiden Lambda-Werten als Messwiederholung und dem Faktor „Altersgruppe“ gerechnet. Als abhängige

Variable diente der Lambda-Wert im FW10b und im FW12k, gerechnet als Messwiederholung.

Der Effekt des Faktors „Altersgruppe“ auf die Lambda-Werte war nicht signifikant ($F=1,34164$; $p=.270$). Es ist zu erkennen, dass in jüngerem Alter die Lambda-Werte im FW10b höher waren als im FW12k, ab dem 40. bis zum 49. Lebensjahr zeigte sich ein umgekehrter Effekt: Im FW12k waren die Lambda-Werte tendenziell höher als im FW10b, ab dem 50. Lebensjahr waren die Lambda-Werte des FW10b wieder höher (Abbildung 14).

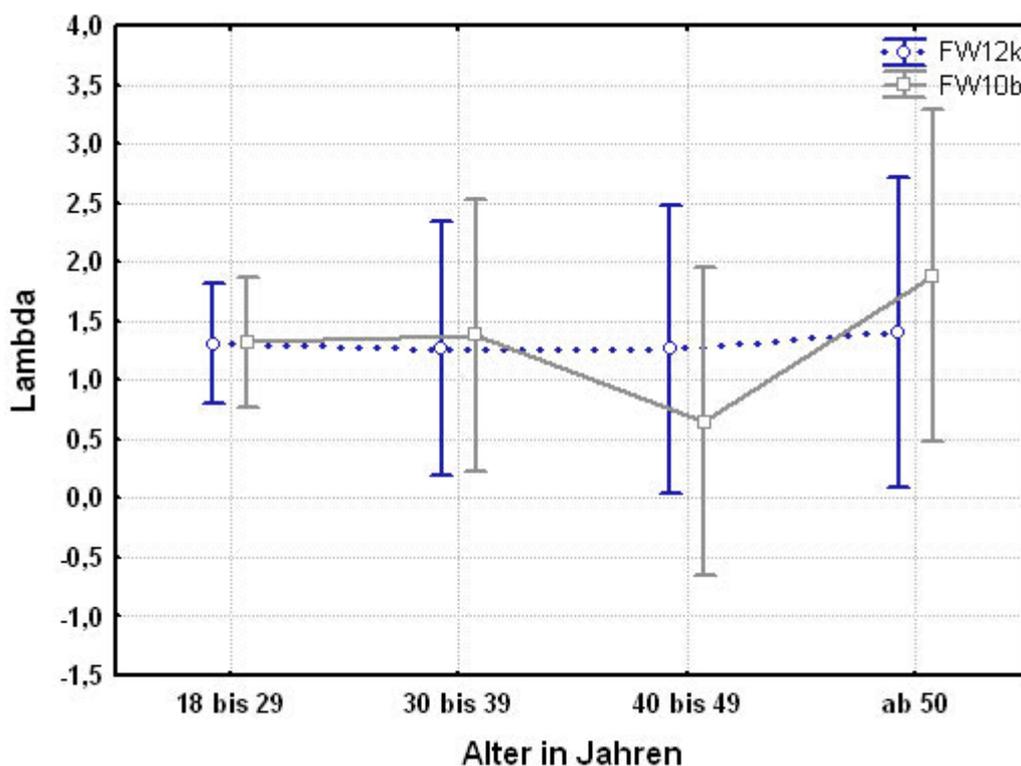


Abbildung 14: Effekt der Altersgruppe auf den Lambda-Wert

Da der Faktor „Altersgruppe“ keine Signifikanz aufwies, muss auch hier die Nullhypothese beibehalten werden.

5.7 Hypothese 3: Bildungsniveau und Händigkeit

Die Hypothese 3 lautete wie folgt:

H_0 : Das Bildungsniveau hat keinen Einfluss auf die Sprachlateralisierung.

H_1 : Das Bildungsniveau beeinflusst den Grad der linkshemisphärischen Dominanz.

In die Berechnungen gingen Probanden mit folgenden Abschlüssen ein (Tabelle 24):

Tabelle 24: in die Berechnung einbezogene Bildungsgruppen

Bildungsniveau	N
Hauptschule	2
Mittlere Reife	19
Abitur	5
Hochschule	36

Die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung der abhängigen Variablen Lambda FW10b und Lambda FW12k untersuchte die Wirkung des Faktors „Bildungsniveau“. Der Einfluss des Bildungsniveaus auf die Lateralisierung war nicht signifikant ($F=0,48201$; $p=.696$), der Zusammenhang wird in Abbildung 15 verdeutlicht.

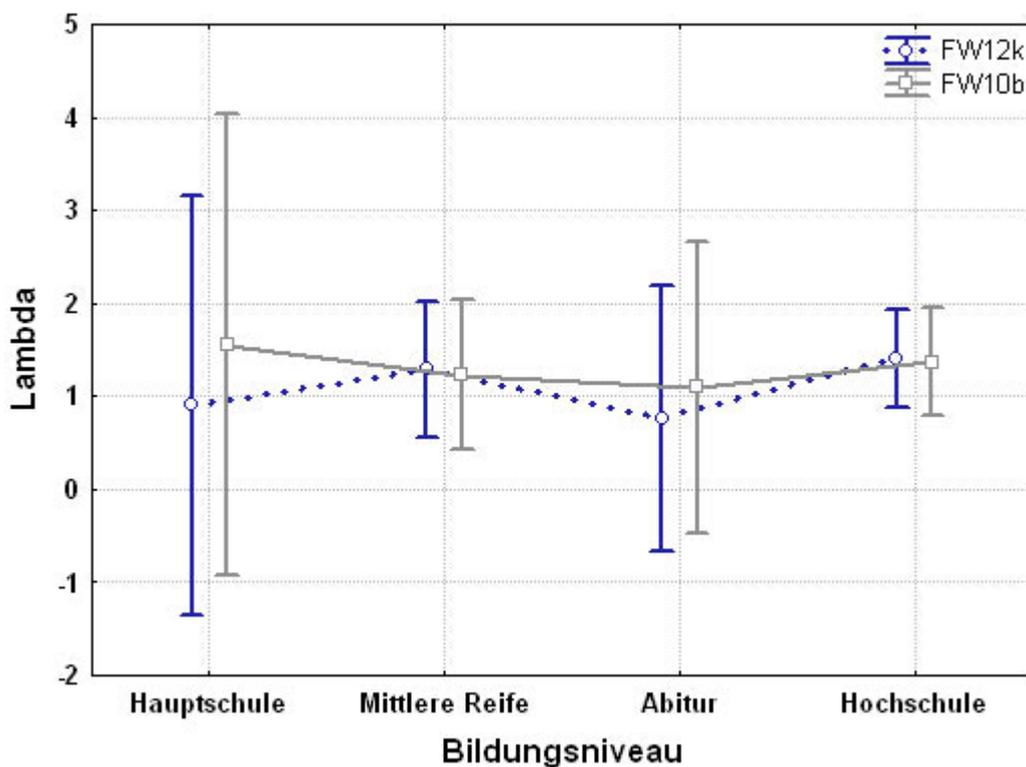


Abbildung 15: Einfluss des Bildungsniveaus auf die Lateralisierung

Unabhängig vom Bildungsniveau zeigten sich im FW10b höhere Lambda-Werte als im FW12k. Da der Faktor „Bildungsniveau“ keine Signifikanz erreichte, muss die Nullhypothese beibehalten werden.

5.8 Hypothese 4: Haarwirbel, Händigkeit und dichotisches Hören

Zur Überprüfung des Zusammenhangs zwischen der Drehrichtung des Haarwirbels bei Rechtshändern und den Lambda-Werten des FW10b und des FW12k stand nach Ausschluss der nicht-diskriminationsfähigen Erwachsenen mit hoher Fehlerzahl im unilateralen Teil und Unterschreitung der Mindestzahl an Ohrpunkten eine Fallzahl von insgesamt 51 Rechtshändern zur Verfügung. 36 dieser Probanden (70,59%) wiesen einen Haarwirbel mit Drehrichtung im Uhrzeigersinn auf, bei 15 Personen (29,41%) war kein Uhrzeigersinn erkennbar. Inferenzstatistisch ergab die einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Faktor „Drehrichtung des Haarwirbels“ und den Lambda-Werten des FW10b und des FW12k als abhängige Variablen, definiert als Messwiederholung, keinen signifikanten Effekt der Drehrichtung des Haarwirbels ($F=1,18568$; $p=.282$).

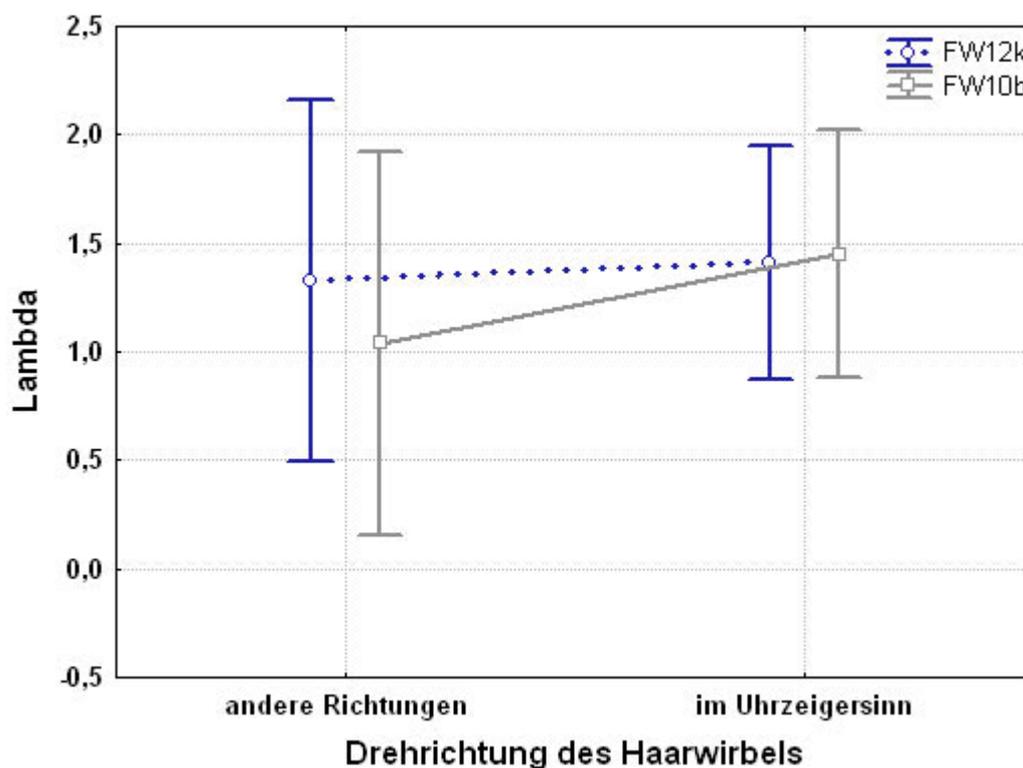


Abbildung 16: Drehrichtung des Haarwirbels und Lateralisierung bei Rechtshändern

Lediglich bei den Lambda-Werten des FW10b war eine leichte Tendenz dahingehend zu erkennen, dass bei einem Haarwirbel mit Drehrichtung im Uhrzeigersinn höhere Lambda-Werte vorlagen als bei einem Haarwirbel mit anderen Drehrichtungen (Abbildung 16).

Unter Einschluss der Linkshänder, die die Kriterien „Diskriminationsfähigkeit“ und „Ohrpunktezahl“ erfüllten (N=11), in die Analyse ergab die zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren „Drehrichtung des Haarwirbels“ und „Händigkeit“ ebenfalls keinen signifikanten Effekt ($F=1,36951$; $p=.247$). Auch hier fiel wieder der Unterschied zwischen FW10b und FW12k auf. Im FW12k hatten unabhängig von der Drehrichtung des Haarwirbels non-dextrale Probanden niedrigere Lambda-Werte als dextrale. Betrachtet man dagegen den FW10b, muss festgestellt werden, dass bei Probanden mit einem Haarwirbel mit Drehrichtung im Uhrzeigersinn die dextralen Probanden höhere Lambda-Werte aufwiesen als die Non-Dexter, während bei Probanden mit Haarwirbel in anderen Richtungen die Linkshänder höhere Lambda-Werte aufwiesen als die Rechtshänder (Abbildung 17).

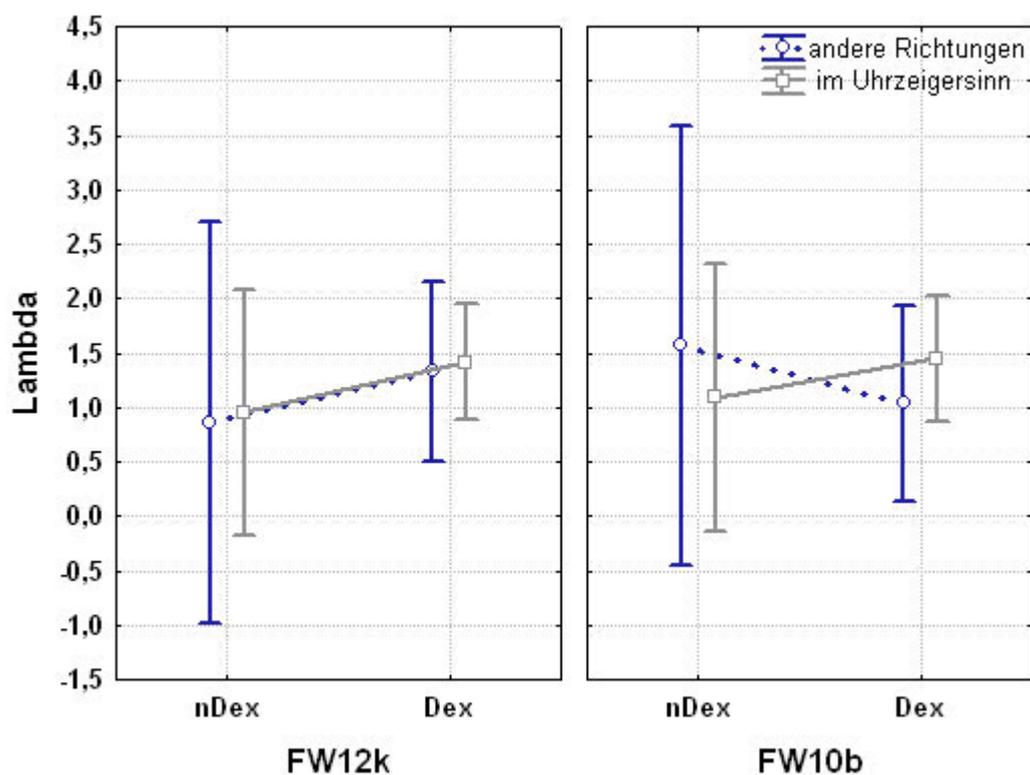


Abbildung 17: Einfluss der Drehrichtung des Haarwirbels bei Rechts- und Linkshändern

Da weder der Faktor „Drehrichtung des Haarwirbels“ allein noch seine Interaktion eine Signifikanz erreichte, muss die Nullhypothese beibehalten werden.

5.9 Einfluss der hormonellen Situation der Probandinnen

Nach beiden Ausschlusskriterien gingen 32 gebärfähige Probandinnen in die Berechnungen ein. Die meisten dieser Probanden befanden sich zum Untersuchungszeitpunkt in der follicularen Phase (N=8), die wenigsten Probandinnen in der ovulativen (N=4), fortgeschritten lutealen (N=4) und prämenstruellen Phase (N=4; Abbildung 18).

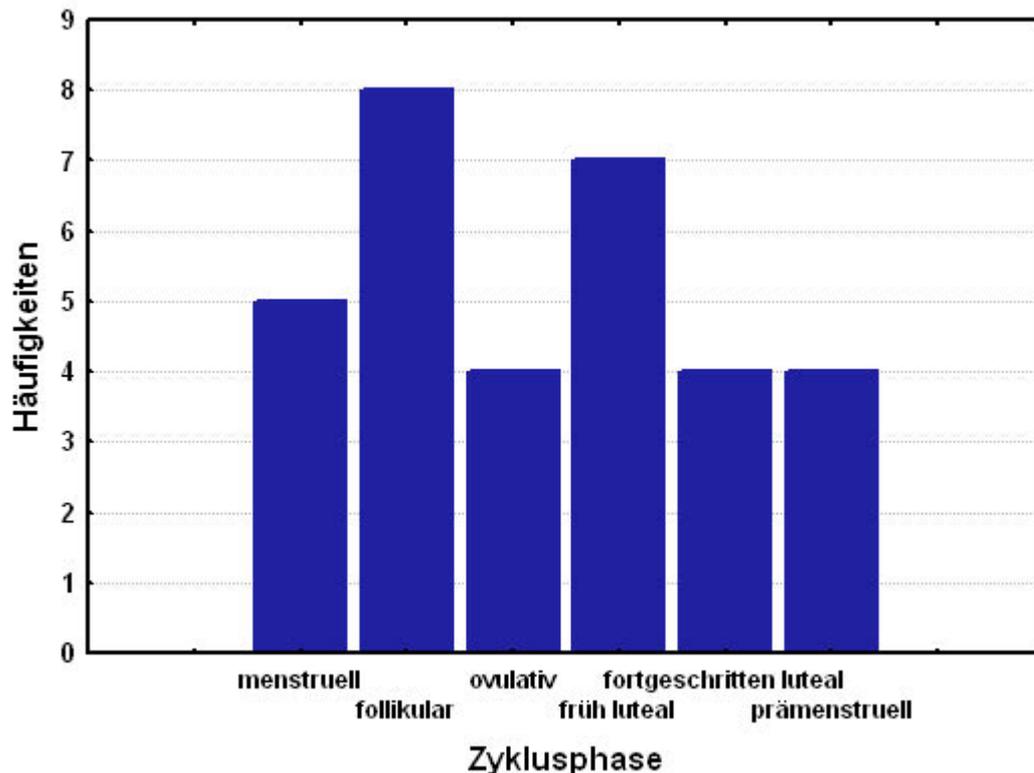


Abbildung 18: Zyklusphasen der in die Berechnung eingehenden Probandinnen

Inferenzstatistisch wurde eine Varianzanalyse mit dem Faktor „Zyklusphase“ und der abhängigen Variable Lambda beider Tests als Messwiederholung gerechnet. Der Einfluss der Zykluslage auf die Lateralisierung erwies sich als nicht signifikant ($F=1,49938$; $p=.224$). Die Lambda-Werte beider Tests zeigten über die Zyklusphasen hinweg einen vergleichbaren Verlauf. Es war eine deutliche Tendenz dahingehend zu erkennen, dass die Lateralisierung in der ovulativen und prämenstruellen Phase am stärksten sowie in der fortgeschritten lutealen Phase am niedrigsten ausgeprägt war (Abbildung 19).

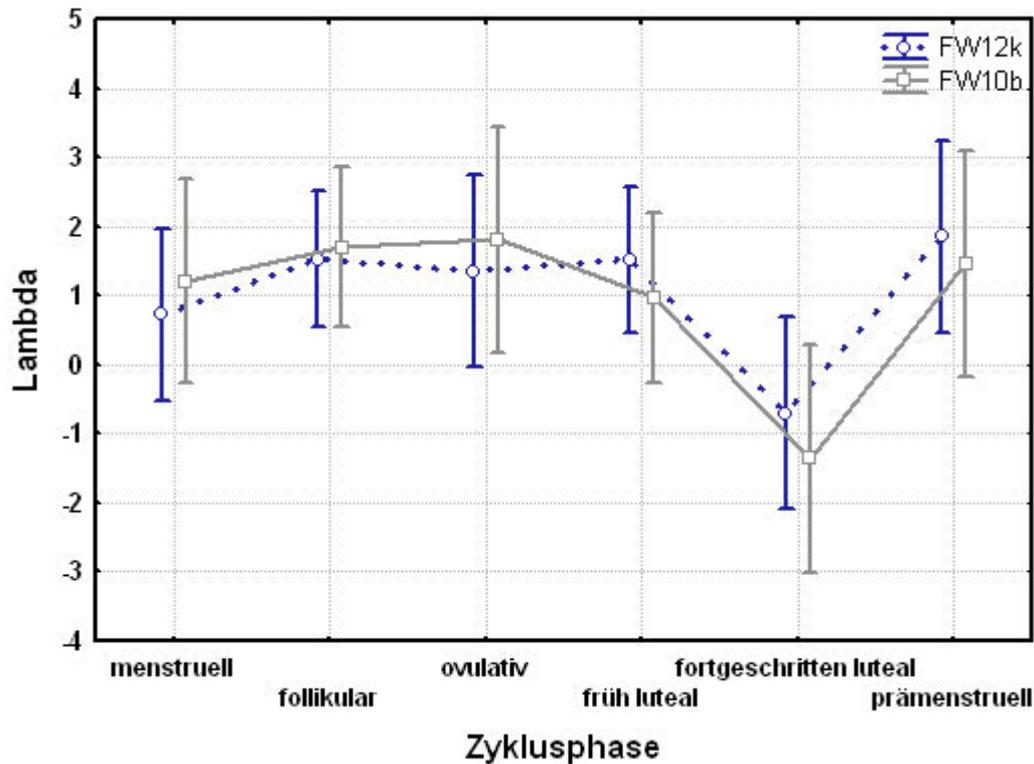


Abbildung 19: ANOVA des Einflusses der Zyklusphase auf die Lambda-Werte

5.10 Effekte der Darbietungsreihenfolge

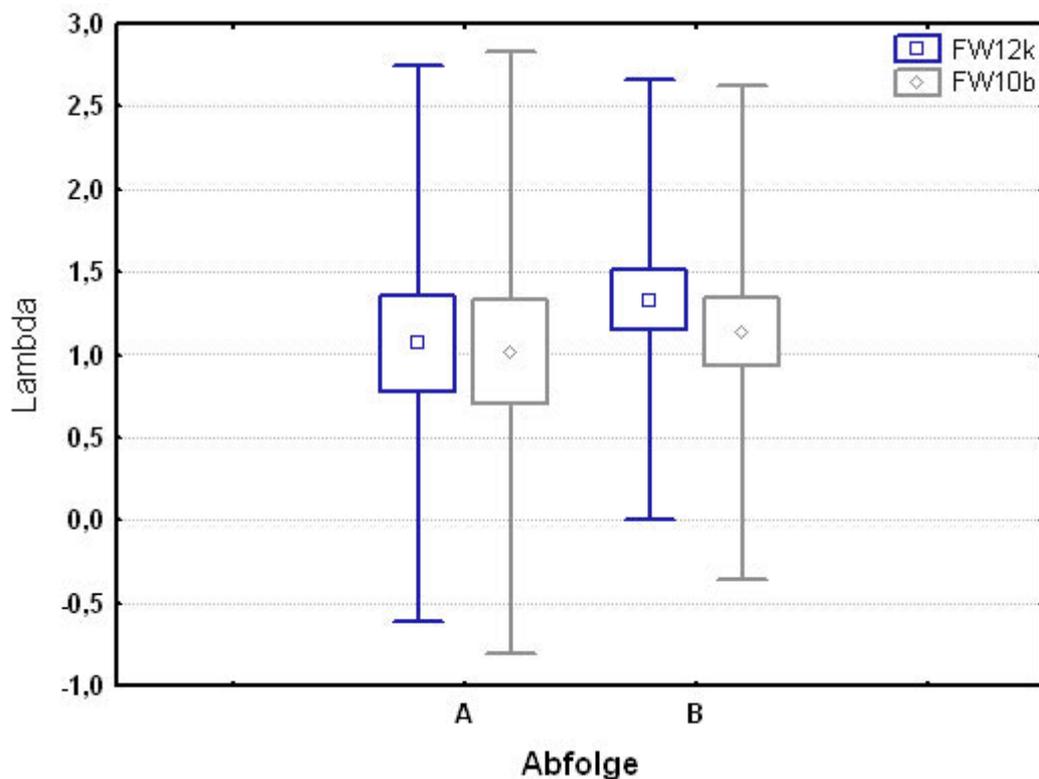
Für die Berechnung des Einflusses der Darbietungsreihenfolge wurden alle Probanden einbezogen, die das Kriterium von sechs oder weniger Wortfehlern im unilateralen Teil erfüllten.

Wie in Kapitel 4.3.5 beschrieben, wurden die Tests in zwei verschiedenen Reihenfolgen dargeboten, randomisiert anhand des Geburtstages. Die 33 Probanden, die die Reihenfolge A (erst FW10b, dann FW12k) dargeboten bekamen, wiesen im FW12k einen mittleren Lambda-Wert von 1,07 und eine mittlere Ohrpunktsumme von 24 auf. Im FW10b wurden ein mittlerer Lambda-Wert von 1,02 und eine mittlere Ohrpunktsumme von 16 erreicht. 53 Probanden bearbeiteten die Tests in Reihenfolge B (erst FW12k, dann FW10b). Hier wurde im FW12k ein mittlerer Lambda-Wert von 1,33 und eine mittlere Ohrpunktsumme von 21 erreicht, im FW10b ein mittlerer Lambda-Wert von 1,13 sowie ein durchschnittliche Ohrpunktsumme von 17 (Tabelle 25).

Tabelle 25: Lambda-Werte und Ohrpunktsummen, abhängig von der Testreihenfolge

		Lambda MW		Ohrpunktsumme MW	
		FW10b	FW12k	FW10b	FW12k
A	erst FW10b, dann FW12k	1,02	1,07	16	24
B	erst FW12k, dann FW10b	1,13	1,33	17	21

Es ist zu erkennen, dass die Lambda-Werte bei der Darbietung der Tests in Reihenfolge B bei beiden Tests insgesamt höher waren als bei der Darbietung in Reihenfolge A (Abbildung 20).

**Abbildung 20:** Lambda-Werte, kategorisiert nach der Darbietungsreihenfolge

Um den Effekt des Faktors „Reihenfolge“ zu testen, wurde eine Varianzanalyse mit diesem Faktor gerechnet. Der Zusammenhang zwischen der Darbietungsreihenfolge und den Lambda-Werten ergab keine Signifikanz ($F=0,32439$; $p=.571$). Es wurde aber die vermutete Tendenz bestätigt, dass bei Reihenfolge B die mittleren Lambda-Werte in beiden Tests größer waren als bei Reihenfolge A (Abbildung 21).

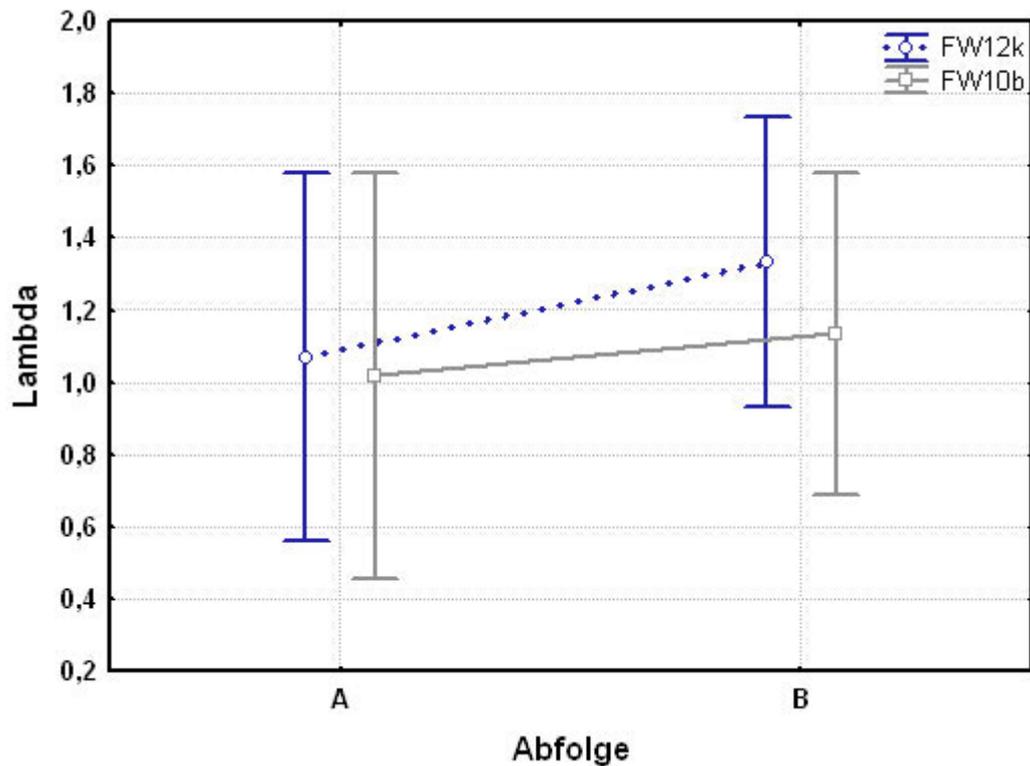


Abbildung 21: Lambda-Werte in Abhängigkeit von der Darbietungsreihenfolge

Ein weiterer wichtiger Aspekt stellt die Gesamtanzahl der Ohrpunkte in Abhängigkeit von der Darbietungsreihenfolge dar. Hier erfolgte nach Einsatz des Kriteriums „Diskriminationsfähigkeit“ eine Varianzanalyse mit dem Faktor „Reihenfolge“, als abhängige Variable diente die Summe der Ohrpunkte, dargestellt über beide Tests als Messwiederholung. Für die Summe der Ohrpunkte wurde Signifikanz erreicht ($F=27,8281$; $p=.000001$). Die Interaktion zwischen der Summe der Ohrpunkte und der Darbietungsreihenfolge wurde ebenfalls signifikant ($F=4,3578$; $p=.040$). Im FW12k wurde bei der Darbietung in Reihenfolge A eine höhere Anzahl an Ohrpunkten erreicht als bei der Darbietung in Reihenfolge B. Im FW10b war dies umgekehrt der Fall: wurden die Tests in Reihenfolge A dargeboten, war hier die Ohrpunktzahl niedriger als bei Darbietung in Reihenfolge B. Die Differenz zwischen den Ohrpunkt-Summen der beiden Tests war in Reihenfolge A deutlich größer als in Reihenfolge B (Abbildung 22).

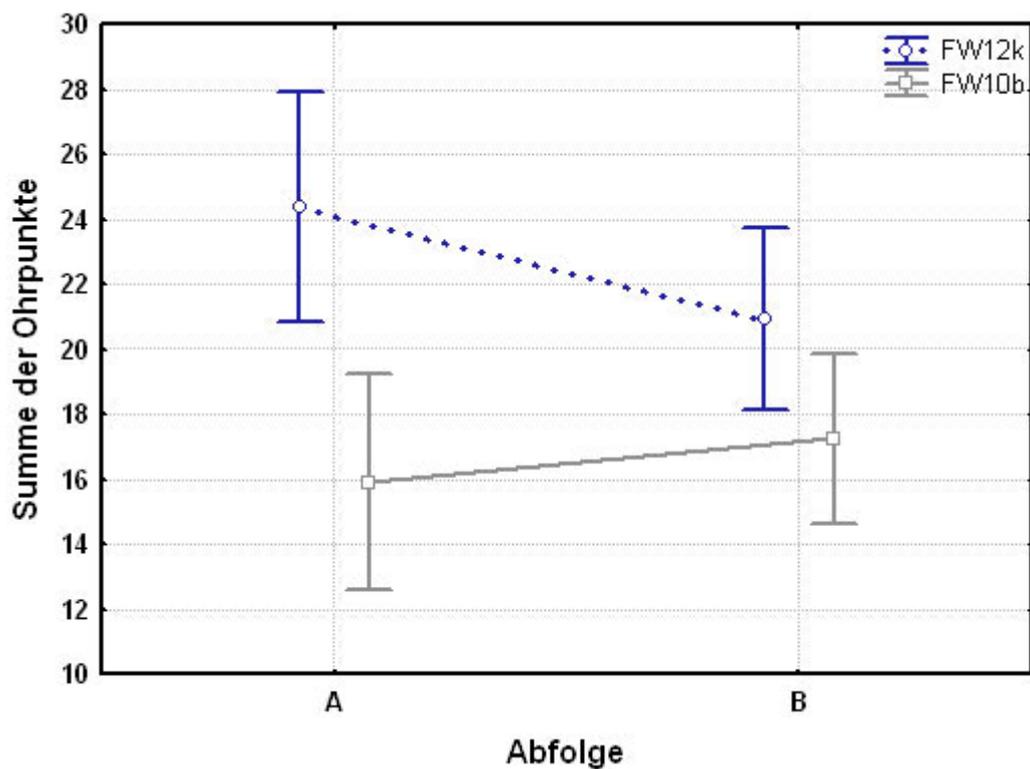


Abbildung 22: Summe der Ohrpunkte in Abhängigkeit von der Darbietungsreihenfolge

Die Durchführung eines der Tests an zweiter Position generierte mehr Ohrpunkte als die Durchführung des gleichen Tests an erster Position. Dies legt nahe, dass der jeweils vorausgehende andere Test insbesondere als Übung für die Orientierungssensitivität (mehr Ohrpunkte) im nachfolgenden Test wirksam ist.

6 Diskussion

6.1 Diskriminationsfähigkeit und Orientierungssensitivität

Beide Tests sind als reliabel einzuschätzen, die interne Konsistenz ist gut. Mit Einsatz des Kriteriums „Diskriminationsfähigkeit“ stiegen sowohl Paralleltest-Reliabilität als auch interne Konsistenz deutlich an. Daran ist zu erkennen, dass mehr als vier Wortfehler im unilateralen Teil ein ernstzunehmendes Problem darstellen, auf das man evtl. mit veränderten Lautstärkeinstellungen und mit Wiederholung des unilateralen Teils reagieren muss. Es ist zu erwarten, dass die Unfähigkeit zur Diskrimination auch im bilateralen Teil zum Tragen kommt und damit die Asymmetrie der Sprachverarbeitung von diskriminationsschwachen Probanden bei gleich bleibender Geräteeinstellung systematisch unterschätzt wird. Wenn die Wörter nicht diskriminiert werden können, wird ein Zufallsniveau erreicht, was eine zunehmende Symmetrie der Ohrpunktverhältnisse zur Folge hat, der Lambda-Wert geht gegen Null. Wurde ergänzend das Kriterium „Ohrpunktezahl“ eingesetzt, war ein erneuter Anstieg der Paralleltest-Reliabilität und der internen Konsistenz zu verzeichnen. Es ist demnach für die Bildung einer Asymmetrie der Sprachverarbeitung zusätzlich entscheidend, dass der Proband die unterschiedlichen Orientierungen eines dichotischen Items erkennt und differenziert darauf reagiert, nur dann kann es zu Ohrpunkten kommen.

Das Problem der Diskriminationsfähigkeit lässt sich zusätzlich an den Effekten der Darbietungsreihenfolge verdeutlichen. Wenn der FW12k zuerst durchgeführt wurde (Abfolge B), waren in beiden Tests höhere Lambda-Werte zu verzeichnen, als wenn der FW10b zuerst bearbeitet wurde (Abfolge A). Außerdem wurde der FW12k – vermutlich auch durch die bildliche Darstellung der Stimuli und der gegebenen Auswahl von nur zwei Wörtern – von den Probanden häufig subjektiv als leichter eingeschätzt. Viele berichteten, dass es ihnen im FW10b schwergefallen sei, aus den vier gegebenen Wörtern das richtige auszuwählen. Anscheinend wurde durch die vorherige Bearbeitung des „leichteren“ Tests FW12k die Diskriminationsfähigkeit geschult und es konnten somit auch im darauf folgenden FW10b höhere Lambda-Werte erzielt werden. Wurde der FW10b dagegen zuerst bearbeitet, war die Anforderung an die Diskriminationsfähigkeit des Probanden höher, da aus vier gegebenen Wörtern das richtige erkannt werden musste und es keine bildliche

Darstellung gab. Dies erklärt auch die höhere Anzahl an Wortfehlern im FW10b. Auch im Bezug auf die Orientierungssensitivität gab es Effekte der Darbietungsabfolge, diese waren signifikant. Sowohl in Abfolge A als auch in Abfolge B fiel auf, dass die Gesamtanzahl der Ohrpunkte, wenn ein Test – sowohl FW10b als auch FW12k – in der Abfolge als zweiter bearbeitet wurde, immer höher war, als wenn er in der Abfolge der erste Test war, den der Proband durchführte. Der erste Test diente also als eine Art Übungsdurchgang, der Proband lernte, die unterschiedlichen Orientierungen der dichotischen Items zu erkennen und reagierte zunehmend differenziert darauf.

In der vorliegenden Untersuchung wurden keine speziellen Analysen zur Orientierungssensitivität durchgeführt. In zukünftigen Versionen wäre diese Wahrnehmungsvoraussetzung ebenso zu prüfen wie die Wortdiskrimination. Dies könnte zum Beispiel mit einem vorgeschalteten Übungsteil geschehen: von kurz nacheinander dargebotenen Items "Topf – Kopf" und "Kopf – Topf" (verschieden) oder "Kopf – Topf und "Kopf – Topf" (gleich) soll angegeben werden, ob die beiden Darbietungen gleich oder verschieden waren.

Die durchgeführten Analysen führen zu dem Schluss, dass Wahrnehmungseinschränkungen, die zu einer erhöhten Fehlerzahl im unilateralen Teil und zu einer geringen Ohrpunktsumme führen, die Reliabilität der Lateralisationsbestimmung einschränken. Dies ist ein wichtiger Hinweis für eine zukünftige Modifikation des Testprogramms. Es könnte durch einen vorgeschalteten Übungsteil ergänzt werden. Auch die beobachteten Reihenfolgeeffekte sprechen dafür, dass durch Einübung von Diskrimination und Orientierungssensitivität die Reliabilität und somit die Bestimmung der Sprachlateralisierung verbessert werden könnte.

6.2 Händigkeit und Sprachlateralisierung

In der vorliegenden Untersuchung wiesen die Linkshänder tendenziell niedrigere Lambda-Werte auf als die Rechtshänder. Das bestätigt die Erwartungen, da ca. 40% der hirngesunden Nondexter eine bilaterale und weitere 9% eine rechtshemisphärische Sprachrepräsentation aufweisen (PUJOL, 1999), was niedrige bis negative Lambda-Werte mit sich bringt. Die Tatsache, dass dieser Effekt im

FW12k deutlicher ausgeprägt war als im FW10b, könnte mit der erhöhten Fehlerhäufigkeit und geringeren Ohrpunktzahl im FW10b erklärt werden, vor allem, wenn dieser Test in der Abfolge als erster bearbeitet wurde. Wie bereits diskutiert, führen mangelnde Diskriminationsfähigkeit und Orientierungssensitivität zu geringeren Lambda-Werten bei Dextern und Non-Dextern, während bei guter Diskrimination nur die Non-Dexter niedrigere bis negative Lambda-Werte aufweisen dürften. Ein weiteres Problem bei dieser Analyse stellte die geringe Anzahl an Linkshändern da. Eine weiterführende Untersuchung zum Zusammenhang zwischen Händigkeit und Sprachlateralisierung sollte anhand einer Stichprobe erfolgen, die eine gleiche Anzahl an Rechts- und Linkshändern enthält.

Sowohl im FW10b als auch im FW12k wurden anhand der berechneten Konfidenzintervall-Grenzen für den Lateralisationsindex die wenigsten Probanden als rechts lateralisiert, einige mehr als bilateral und die meisten als links lateralisiert kategorisiert. Die meisten Unterschiede in der Kategorisierung durch FW10b und FW12k traten in der Kategorie „bilateral“ auf. Im FW10b wurden Probanden als „bilateral“ eingestuft, welche im FW12k als links lateralisiert kategorisiert wurden. Auch dieses Phänomen könnte wieder auf mangelnde Orientierungssensitivität und Diskriminationsfähigkeit zurückgeführt werden, welche bei einigen Probanden wahrscheinlich trotz der eingesetzten Selektionskriterien „Diskriminationsfähigkeit“ und „Ohrpunktzahl“ weiter bestanden. Wenn ein Proband – vor allem im FW10b – nur eingeschränkt fähig ist, die unterschiedlichen Orientierungen der dichotischen Items zu erkennen, wählt er die Wörter tendenziell zufällig aus. Dies führt zu einer Symmetrie zwischen Rechts- und Linksohrpunkten, was zu einem Lambda-Wert nahe Null führt. Gemäß den Konfidenzintervall-Grenzen wird ein Lambda-Wert, der in Richtung Null geht, aber als „bilateral“ eingestuft. Im FW12k traten die Schwierigkeiten bei der Diskrimination und Orientierung seltener auf, deshalb erreichten hier die Probanden eine höhere Anzahl an Ohrpunkten und somit eine stärkere Asymmetrie und wurden als links lateralisiert kategorisiert. Auch in diesem Fall könnte die Sensibilisierung der Probanden auf das Reizmaterial mittels eines vorgeschalteten Übungsteils das Problem vermindern.

Im Bezug auf die Drehrichtung des Haarwirbels bestätigten die vorliegenden Ergebnisse im FW10b tendenziell die Annahme, dass es bei Rechtshändern einen

Zusammenhang zwischen Linkslateralisierung und Drehrichtung des Haarwirbels im Uhrzeigersinn gibt. Im FW12k dagegen gab es keinen Zusammenhang zwischen Lambda-Werten und Drehrichtung des Haarwirbels, unabhängig von der Drehrichtung wiesen Dexter höhere Lambda-Werte auf als Non-Dexter. Um einen Effekt zu erhalten, sollte die Untersuchung mit einer größeren Stichprobe diskriminationsfähiger und orientierungssensitiver Probanden mit einer Gleichverteilung von Dextern und Non-Dextern wiederholt werden.

6.3 Geschlechtseffekte, Einfluss des Hormonzyklus

Es waren deutliche Tendenzen zu einer stärkeren Lateralisierung der Männer gegenüber den Frauen zu erkennen, die Männer wiesen in beiden Tests höhere Lambda-Werte auf. Bei den männlichen Probanden waren die mittleren Lambda-Werte in FW10b und FW12k vergleichbar, bei den Frauen waren die Lambda-Werte im FW12k höher als im FW10b. Anscheinend weisen die weiblichen Probanden eine höhere Empfänglichkeit für die verschiedenen Darbietungsformen beider Tests auf, die bildliche Darstellung könnte die Orientierungssensitivität erhöht haben, während Männer für die verschiedenen Darbietungen eher unempfindlich sind. Bei beiden Geschlechtern war – wie oben bereits diskutiert – im FW10b insgesamt eine höhere Fehlersumme als im FW12k auffällig. Im Widerspruch zu den höheren Lambda-Werten der Frauen im FW12k im Vergleich mit dem FW10b stand die erhöhte Zahl der Wortfehler im FW12k. Bei Frauen wurden hier mehr Wortfehler beobachtet als bei Männern, während Männer im FW10b mehr Fehler aufwiesen. Da es sich aber um die Fehlerzahl im unilateralen Teil handelt, könnte davon ausgegangen werden, dass im bilateralen Teil des FW12k dann eine ausreichende Diskrimination stattgefunden hat und durch die erhöhte Orientierungssensitivität mit Hilfe des Bildmaterials deshalb von weiblichen Probanden hier ein höherer Lambda-Wert erreicht wurde als im FW10b. Durch eine Erhöhung der Anzahl der diskriminationsfähigen und orientierungssensitiven Probanden durch eine Vergrößerung der Stichprobe könnte sicher aus der sichtbaren Tendenz der stärkeren Lateralisierung der Männer gegenüber den Frauen ein signifikanter Effekt werden.

Bei der Analyse des Einflusses der Hormonlage waren die Lambda-Werte beider Tests in ihrem Verlauf über die sechs Zyklusphasen in etwa vergleichbar. In der

ersten Zyklushälfte war ein Anstieg der Lambda-Werte zu beobachten, es folgte ein Abfall bis zur fortgeschrittenen lutealen Phase, danach stiegen die Lambda-Werte bis zur prämenstruellen Phase wieder an. Es gibt hier Parallelen zur Konzentration des Hormons Östrogen im weiblichen Menstruationszyklus. In der ersten Zyklushälfte ist ein Anstieg des Östrogens zu beobachten, die Konzentration fällt zur ovulativen Phase hin ab. Es erfolgen dann ein erneuter Anstieg des Östrogenspiegels in der lutealen Phase und eine Verminderung der Konzentration des Östrogens in der prämenstruellen Phase (ASSO, 1983). Durch das Abfluten des Östrogens wird laut HAMPSON (1990b) der Kortex aktiviert und bestehende Asymmetrien werden verstärkt. Demnach müsste in den Phasen des abflutenden Östrogens ein höherer Lambda-Wert zu erkennen sein. Dies konnte in der vorliegenden Untersuchung sowohl in der ovulativen als auch in der prämenstruellen Phase tendenziell bestätigt werden, da in diesen beiden Phasen nahezu die höchsten Lambda-Werte erreicht wurden.

Zur fortgeschrittenen lutealen Phase hin erfolgte ein starker Abfall der Lambda-Werte. Dies könnte auf die Wirkung des Progesterons zurückzuführen sein. In der fortgeschrittenen lutealen Phase ist laut ASSO (1983) ein Gipfel der Progesteronkonzentration zu verzeichnen. Nach HAUSMANN ET AL. (2002) nimmt das Progesteron durch die Inhibition von Interneuronen Einfluss auf die Lateralität der Funktionen und beeinflusst dadurch wiederum die Balkenfunktionen.

Durch eine weiterführende Untersuchung mit einer größeren Anzahl an Frauen im gebärfähigen Alter und eine Kontrolle der unabhängigen Variable „Zyklusphase“ könnten diese Beobachtungen fundiert werden. Es sollte außerdem der Einfluss oraler Kontrazeptiva auf den Hormonspiegel bei weiterführenden Untersuchungen beachtet und kontrolliert werden.

6.4 Alter und Sprachlateralisierung

Der vermutete Anstieg des Rechtsohrvorteils und somit der Asymmetrie der Sprachlateralisierung mit steigendem Alter konnte nicht bestätigt werden. Als Begründung ist anzuführen, dass nach der Selektion anhand der Kriterien „Diskriminationsfähigkeit“ und „Ohrpunktezah!“ die vier Altersgruppen, die in die

Analyse eingingen, nur noch sehr ungleich besetzt waren. Die Analyse sollte mit einer größeren Stichprobe und gleicher Zellbesetzung wiederholt werden.

6.5 Bildungsniveau und Händigkeit

Auch hier war das vorliegende Muster nicht erwartungsgemäß. Der Annahme folgend zeigte sich im FW12k ein Anstieg der Lambda-Werte im Vergleich der Hauptschule mit der Mittleren Reife. Im FW10b ist hier ein Absinken der Lambda-Werte zu erkennen. Wie vermutet erfolgte – nun in beiden Tests – wieder ein Anstieg der Lambda-Werte im Übergang vom Abitur zum Hochschulabschluss. Bei diesen beiden Beispielen zeigte sich tendenziell, dass ein höherer Bildungsabschluss höhere Asymmetrien in der Sprachlateralisierung nach sich ziehen könnte. Es ist aber zu vermuten, dass dies nicht auf eine stärkere Lateralisierung des Probanden zurückgeführt werden kann, sondern eher darauf, dass mit höherem Bildungsniveau Testanforderungen und Instruktionen besser verstanden und umgesetzt werden können und demnach bessere Diskriminationsfähigkeit und Orientierungssensitivität erreicht werden. Dadurch erfolgt ein Anstieg der Asymmetrie zwischen Rechts- und Linksohrpunkten und somit der Lambda-Werte. Außerdem waren die verschiedenen Bildungsgruppen in der vorliegenden Untersuchung ungleich besetzt. Um hier aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, sollte die Untersuchung mit einer größeren Stichprobe mit dem Bildungsniveau als kontrollierte unabhängige Variable mit vergleichbarer Zellbesetzung realisiert werden.

6.6 Zusammenfassende Bewertung

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass Männer tendenziell stärker lateralisiert sind als Frauen und dass es bei Rechtshändern in der Tendenz einen Zusammenhang zwischen der Drehrichtung des Haarwirbels im Uhrzeigersinn und einer hemisphäriellen Linkslateralisierung gibt. Der Einfluss der Hormonkonzentration ist ebenfalls nicht zu unterschätzen und verdient eine weiterführende Untersuchung. Bei allen weiteren untersuchten Einflüssen war keine Tendenz zu erkennen. Die Paralleltest-Reliabilität und interne Konsistenz beider Tests sind als gut einzuschätzen. Die wichtigste Konsequenz aus der vorliegenden Untersuchung ist eine Modifikation des Tests in Form eines vorgeschalteten Übungsteils, in dem Diskriminationsfähigkeit und Orientierungssensitivität der Probanden trainiert werden.

Dies könnte zu einer stärkeren Asymmetrie der Sprachlateralisierung und somit aussagekräftigeren Lambda-Werten führen. Einschränkend ist zu bemerken, dass es sich um eine anfallende Stichprobe handelte. Die Untersuchung sollte mit einer größeren Stichprobe diskriminationsfähiger und orientierungssensitiver Probanden mit Kontrolle der unabhängigen Variablen Alter, Händigkeit, Bildung und Zyklusphase mit vergleichbarer Zellbesetzung fortgeführt werden.

7 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden die dichotischen Hörtests FW10b und FW12k an hirngesunden Probanden durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen Geschlecht, Händigkeit, Alter, Bildungsniveau und Drehrichtung des Haarwirbels mit der Lateralisierung der Sprachverarbeitung zu untersuchen. Außerdem wurde der Einfluss des Hormonzyklus der Frau auf die Sprachlateralisierung analysiert und die Reliabilität beider dichotischer Hörtests bestimmt. Die Tests bestehen aus Paaren einsilbiger sich reimender Wörter der deutschen Sprache, welche dem Probanden auditiv dargeboten wurden. Die Tests wurden mittels eines Computerprogramms präsentiert. Nach jeder dichotischen Darbietung sollte der Proband entscheiden, welches Wort er wahrgenommen hatte. Vor allem im Bereich der Epilepsiechirurgie stellt diese nicht-invasive Form der Bestimmung der Sprachlateralisierung ein wichtiges Instrument in der prächirurgischen Diagnostik dar. Aus der genannten Fragestellung wurden vier Hypothesen abgeleitet, welche sich auf die Geschlechtsunterschiede im Grad der Sprachlateralisierung (1), auf den Einfluss des Alters auf die Sprachlateralisierung (2), auf den Einfluss des Bildungsniveaus (3) und auf den Zusammenhang zwischen der Drehrichtung des Haarwirbels und der sprachdominanten Hemisphäre bei Rechtshändern (4) bezogen. Die Untersuchung erfolgte an einer anfallenden Stichprobe von insgesamt 150 Probanden, 69 davon waren männlich, 81 weiblich, 22 der Probanden waren Linkshänder. Beide dichotischen Hörtests wurden in randomisierter Reihenfolge bearbeitet. In die Datenauswertung, die mittels Varianzanalysen erfolgte, wurden alle erwachsenen diskriminationsfähigen und orientierungssensitiven Probanden einbezogen (N=62). Es konnten keine signifikanten Haupteffekte und Interaktionen ausgewiesen werden, es zeigten sich aber Tendenzen dahingehend, dass Männer in beiden Tests einen höheren Lateralisationsindex (Λ) erreichten als Frauen (Hypothese 1) sowie dass Rechtshänder einen höheren Lateralisationsindex aufwiesen als Linkshänder. Im FW10b lagen bei einem Haarwirbel mit Drehrichtung im Uhrzeigersinn tendenziell höhere Λ -Werte vor als bei einem Haarwirbel mit anderen Drehrichtungen (Hypothese 4). In der Betrachtung des Hormonzyklus bei den gebärfähigen Frauen war tendenziell zu erkennen, dass die Lateralisierung in der ovulativen und prämenstruellen Phase am stärksten sowie in der fortgeschrittenen lutealen Phase am niedrigsten ausgeprägt war. Die Orientierungssensitivität der Probanden war

signifikant abhängig von der Darbietungsreihenfolge der beiden Tests. Die Paralleltest-Reliabilität betrug $r=.81$, die interne Konsistenz $r=.86$ (FW10b) bzw. $r=.84$ (FW12k). Für die Kategorisierung des Lateralisationsindex ergab sich im FW10b ein Konfidenzintervall von $\pm 0,43$ sowie im FW12k ein Konfidenzintervall von $\pm 0,39$. Bei einer ausreichenden Orientierungssensitivität konnten alle Probanden mit einem Lateralisationsindex unterhalb dieses Bereiches als rechts lateralisiert (N=11; N=8), mit einem Index innerhalb des Bereiches als bilateral (N=5; N=9) und mit einem Lateralisationsindex oberhalb dieser Grenzen als links lateralisiert (N=46; N=45) ausgewiesen werden. Als Konsequenz aus der Untersuchung sollte durch die Modifikation des Testprogramms mittels eines vorausgehenden Übungsteils die Diskriminationsfähigkeit und Orientierungssensitivität trainiert werden, um eine stärkere Asymmetrie der Sprachlateralisierung zu erhalten. Eine Vergrößerung der Stichprobe diskriminationsfähiger und orientierungssensitiver Probanden könnte zu aussagekräftigeren Ergebnissen führen.

8 Literaturverzeichnis

- Altemus, M., Wexler, B. E., Boulis, N. (1989). Changes in perceptual asymmetry with the menstrual cycle. *Neuropsychologia*. 27(2), 233-240.
- Annett, M. (1985a). *Left, Right, Hand and Brain: The Right Shift Theory*. Erlbaum, London.
- Ardila, A., Ardila, O., Bryden, M. P., Ostrosky, F., Rosselli, M., Steenhuis, R. (1989). Effects of cultural background and education on handedness. *Neuropsychologia*. 27(6), 893-897.
- Asso, D. (1983). *The real menstrual cycle*. Chichester: Wiley.
- Bakan, P., Dibb, G., Reed, P. (1973). Handedness and birth stress. *Neuropsychologia*, 11, 363-366.
- Baumgartner, C., Czech, T., Feichtinger, M., Feucht, M., Gallmetzer, P., Laich, E., Ortler, M., Schnizer, M., Schröttner, O., Serles, W., Trinkka, E., Wurm, G. (2002). Prächirurgische Epilepsiediagnostik und operative Epilepsietherapie. *Mitteilungen der österreichischen Sektion der Internationalen Liga gegen Epilepsie*. 2, 2-11.
- Beier, M. (1994). Validierung eines neuentwickelten dichotischen Hörtests zur Messung der Sprachlateralisation an zwei Stichproben von Patienten mit fokaler Epilepsie. Diplomarbeit FU Berlin, Biopsychologie Prof. Dr. Walschburger, Kognitionspsychologie Prof. Dr. Bösel.
- Bibawi, D., Cherry, B., Hellige, J. B. (1995). Fluctuations of perceptual asymmetry across time in women and men: effects related to the menstrual cycle. *Neuropsychologia*. 33(1), 131-138.

-
- Boklage, C. E. (1981). On the distribution of non-right-handedness among twins and their families. *Acta Genet. Med. Gemellol.*, 30, 167-187.
- Bortz, J., Döring, N. (2003). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer-Verlag: Berlin.
- Bourassa, D. C., McManus, I. C., Bryden, M. P. (1996). Handedness and eye-dominance: a meta-analysis of their relationship. *Laterality*. 1, 5-34.
- Broadbent, D. E. (1954). The role of auditory localization in attention and memory. *Span. Journal of Experimental Psychology*. 47, 191-196.
- Bryden, M. P., Sprott, D. A. (1981). Statistical determination of degree of laterality. *Neuropsychologia*. 19(4), 571-581.
- Bryden, M. P. (1988). An overview of the dichotic listening procedure and its relation to cerebral organization. In: Bryden, M. P., Murray, J. E. Toward a model of dichotic listening performance. *Brain and Cognition*. 4, 241-257.
- Cameron, R., Currier, R., Happer, A. (1971). Aphasia and literacy. *Br. J. Dis Comm.* 6, 161-163.
- Cascino, G. D. (1995). Surgical Treatment of the Epilepsies. In: Hopkins, A., Shorvon, S., Cascino, G. *Epilepsy*. London: Chapman & Hall Medical, 221-242.
- Castro, S. L., Morais, J. (1987). Ear differences in illiterates. *Neuropsychologia*. 25(2), 409-417.
- Chiarello, C., McMahon, M. A., Schaefer, K. (1989). Visual Cerebral Lateralization over Phases of the Menstrual Cycle: A Preliminary Investigation. *Brain and Cognition*. 11, 18-36.

-
- Chiron, C., Jambaque, I., Nabbout, R., Lounes, R., Syrota, A., Dulac, O. (1997). The right brain hemisphere is dominant in human infants. *Brain*. 120, 1057-1065.
- Collins, R. L. (1977). Origins of the sense of asymmetry: Mendelian and non-Mendelian models of inheritance. *Ann. NY Acad. Sci*, 299, 283-305.
- Commission on Classification and Terminology of the International League against Epilepsy (1989). Proposal for revised classification of epilepsies and epileptic syndromes. *Epilepsia*, 30, 389-399.
- Corballis, M. C. (1991). The lop-sided ape: evolution of the generative mind. *Oxford University Press*, New York.
- Corballis, M. C. (1997). The genetics and evolution of handedness. *Psychol. Rev.*, 105, 714-777.
- Corballis, M. C. & Morgan, J. (1978). On the biological basis of human laterality: 1. Evidence for maturational left-right gradient. *Behav. Brain Sci*, 1, 261-269.
- Coren, S. (1992). *The Left-Hander Syndrome*. Macmillan, New York.
- Damasio, A., Castro-Caldas, A., Grosso, J., Ferro, J. (1976). Brain specialization for language does not depend on literacy. *Archs Neurol*. 33, 300-301.
- Damasio, H., Damasio, A. R., Castro-Caldas, A., Hamsher, K. (1979). Reversal of ear advantage for phonetically similar words in illiterates. *J. Clin. Neuropsychol*. 1, 331-338.
- Debener, S. (1995). Funktionelle Hemisphärenunterschiede in Abhängigkeit von menstruationszyklischen Hormonschwankungen. Diplomarbeit, TU Berlin, Physiologische Psychologie, Prof. Dr. Erdmann.

-
- Fennell, E. B., Satz, P., Morris, R. (1983). The Development of Handedness and Dichotic Ear Listening Asymmetries in Relation to School Achievement: A Longitudinal Study. *Journal of Experimental Child Psychology*. 35, 248-262.
- Fernandes, M. A., Smith, M. L. (2000). Comparing the fused dichotic words test and the intracarotid amobarbital procedure in children with epilepsy. *Neuropsychologia*. 38, 1216-1228.
- Friedrich, C. (1998). Funktionelle Hemisphärenunterschiede im Hormonzyklus. Diplomarbeit, TU Berlin, Physiologische Psychologie, Prof. Dr. Erdmann.
- Geschwind, N. & Galaburda, A. M. (1987). *Cerebral Lateralization*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Gesell, A., Ilg, F., Ames, L. B. (1950). *The child from five to ten*. 2nd ed. New York: Harper & Row.
- Gothe, J. (1996). Entwicklung und Erprobung eines dichotischen Hörtests für Kinder zur Bestimmung der Sprachlateralisation. Diplomarbeit FU Berlin, Kognitionspsychologie, Prof. Dr. Bösel.
- Hättig, H., Beier, M. (2000). Ein dichotischer Hörtest für Klinik und Forschung. *Zeitschrift für Neuropsychologie*. 11, 233-245.
- Hättig, H. (2004). Entwicklung und Erprobung eines dichotischen Hörtests zur Erfassung der Sprachdominanz bei epilepsiechirurgischen Kandidaten. Unveröffentlichte Dissertation.
- Hättig, H. (2006) "*FW dichotischer Hörtest*", Fa. Ohr.Punkt. Berlin: Selbstverlag.
- Hättig, H. (2006). *Hilfen & Anleitungen FW*. Fa. Ohr.Punkt. Berlin: Selbstverlag.

-
- Halwes, T. G. (1969). Effects of dichotic fusion on the perception of speech. Status Report on Speech Research, Haskins Laboratories.
- Hampson, E. (1990a). Estrogen-related variations in human spatial and articulatory-motor skills. *Psychoneuroendocrinology*. 15(2), 97-111.
- Hampson, E. (1990b). Variations in sex-related cognitive abilities across the menstrual cycle. *Brain and Cognition*. 14, 26-43.
- Harper, L. V., Kraft, R. H. (1994). Longitudinal change of ear advantage for receptive language function in 2 ½- to 9-year-old children. *Perceptual and Motor Skills*. 79, 1091-1102.
- Hausmann, M., Becker, C., Gather, U., Güntürkün, O. (2002). Functional cerebral asymmetries during the menstrual cycle: a cross-sectional and longitudinal analysis. *Neuropsychologia*. 40, 808-816.
- Hildreth, G. (1949). The development and training of hand dominance: Developmental tendencies in handedness. *Journal of Genetic Psychology*. 75, 221-254.
- Hiscock, M., Kinsbourne, M. (1980). Asymmetries of selective listening and attention switching in children. *Developmental Psychology*. 71-82.
- Hiscock, M., MacKay, M. (1985). The sex difference in dichotic listening: multiple negative findings. *Neuropsychologia*. 23(3), 441-444.
- Jäncke, L. (1992). Ein deutscher dichotischer Konsonant-Vokal-Recall- und Monitoring-Test. Reliabilität und Vergleich beider Prozeduren. *Zeitschrift für Neuropsychologie*. 2, 143-156.
- Jäncke, L., Buchanan, T. W., Lutz, K., Shah, N. J. (2001). Focused and nonfocused attention in verbal and emotional dichotic listening: An fMRI study. *Brain and Language*. 78, 349-363.

-
- Johnson, J. P., Sommers, R. K., Weidner, W. E. (1977). Dichotic ear preference in aphasia. *Journal of Speech and Hearing Research*. 20, 116-129.
- Kimura, D. (1961a). Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*. 15, 156-165.
- Kimura, D. (1961b). Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*. 15, 166-171.
- Kimura, D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*. 3, 163-168.
- Kinsbourne, M. (1970). The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. *Acta Psychologica*. 33, 193-201.
- Klar, A. J. S. (1996). A single locus, RGHT, specifies preference for hand utilization in humans. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, 61, 59-65.
- Klar, A. J. S. (2003). Human Handedness and Scalp Hair-Whorl Direction Develop From a Common Genetic Mechanism. *Genetics Society of America*.
- Krause, B., Metzler, P. (1988). *Angewandte Statistik. Lehr- und Arbeitsbuch für Psychologen, Mediziner, Biologen und Pädagogen*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Lecours, A. R. (1980). Social factors as determinants of human brain physiology. Does left brain specialization for verbal skills depend on literacy? Unpublished application to the H. F. Guggenheim Foundation.
- Levy, J. & Nagylaki, T. (1972). A model for the genetics of handedness. *Genetics*, 72, 117-128.
- Maynard-Smith, J. (1976). Evolution and the theory of games. *Am. Sci.* 64, 41-45.

-
- McManus, I. C. (1985). Handedness, language dominance and aphasia: a genetic model. *Psychol. Med. Monogr.*, 8 (Suppl.), 1-40.
- Milner, B., Taylor, L., Sperry, R. W. (1968). Lateralized suppression of dichotically presented digits after commissural section in man. *Science*. 161, 184-186.
- Müller, G. (1996). Funktionelle Hemisphärenasymmetrien im Verlauf des Menstruationszyklus. Diplomarbeit FU Berlin, Prof. Dr. Walschburger.
- Oeser, R. (1973). Händigkeitsstufen, Lebensalter und Geschlecht: Untersuchungen an 7- bis 17-jährigen Probanden. *Ärztl. Jugendkd.* 64, 437-447.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*. 9, 97-113.
- Perelle, I. B., Ehrman, L. (1983). The development of laterality. *Behav. Sci*, 28, 284-297.
- Pujol, J., Deus, J., Losilla, J. M., Capdevila, A. (1999). Cerebral lateralization of language in normal left-handed people studied by functional MRI. *Neurology*. 52, 1038-1043.
- Rasmussen, T., Milner, B. (1977). The role of early left-brain injury in determining lateralization of cerebral speech functions. In: Dimond, S. & Blizzard, D. (Eds.): *Evolution and lateralization of the brain*. New York Academy of Sciences, New York.
- Reiß, M. (1998). Phylogenetische Aspekte der Lateralität. *Anthrop. Anz.* 56(1), 81-90.
- Reichel, H., Runge, H., Bruchhaus, H. (1990). Die Seitendifferenz des Mineralgehaltes und der Breite am Radius und ihre Bedeutung für die Händigkeitsbestimmung an Skelettmaterial. *Z. Morphol. Anthropol.* 78, 217-227.

-
- Rife, D. C. (1940). Handedness, with special reference to twins. *Genetics*, 28, 178-186.
- Rosenzweig, M. R., Sutton, D. (1951). Representations of the two ears at the auditory cortex. *American Journal of Physiology*. 167, 147-158.
- Schmidt, D. (1993). *Die Epilepsien*. Thieme Verlag, 24-26.
- Sparks, R., Geschwind, N. (1968). Dichotic listening in man after section of neocortical commissures. *Cortex*. 4, 3-16.
- Spennemann, D. R. (1983). Rechts- und Linkshändigkeit – aus der Sicht eines Archäologen. *Schwerpunktmedizin*. 6, 55-56.
- Springer, S. P., Gazzaniga, M. S. (1975). Dichotic testing of partial and complete split-brain subjects. *Neuropsychologia*. 13, 341-346.
- Springer, S. P., Deutsch, G. (1993). *Linkes-rechtes Gehirn: Funktionelle Asymmetrien*. Heidelberg, Berlin, New York: Spektrum Akademischer Verlag.
- Studdert-Kennedy, M., Shankweiler, D. (1970). Hemispheric specialization for speech perception. *Journal of the Acoustical Society of America*. 48, 579-594.
- Tzavaras, A., Kaprinis, G., Gatzoyas, A. (1981). Literacy and hemispheric specialization for language: digit dichotic listening in illiterates. *Neuropsychologia*. 19(4), 565-570.
- Wada, J., Rasmussen, T. (1960). Intracarotid injection of sodium amytal for the lateralization of speech dominance: experimental and clinical observations. *Journal of Neurosurgery*. 17, 266-282.
- Weber, B. (2005). Association between scalp hair-whorl direction and hemispheric language dominance. *NeuroImage*. 30, 539-543.

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

Wunderlick, R. C. & Heerema, N. A. (1975). Hair crown patterns of human newborns. *Clin. Pediatr.*, 14, 1045-1049.

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

9 Anhang

Anhang 9-1: Untersuchungsprotokoll

Vp-Nr.:

Untersuchungsdatum:

Geschlecht: männlich weiblich

Muttersprache:

Beruf/ Tätigkeit:

bekannte Hirnläsionen:

neurologische Erkrankungen:

frühere Hirnerkrankungen:

bekannte Hörstörungen: nein

ja rechts links beidseitig

Welche? _____

Hörverlust in Prozent: _____ %

bei weiblichen Probanden:

Es besteht die Möglichkeit, dass die Ausprägung der Lateralisierung auch von hormonellen Schwankungen beeinflusst wird. Deshalb würden wir Sie bitten, an dieser Stelle noch folgende Angaben zu machen:

Ich habe einen Menstruationszyklus. ja nein

Mein Zyklus ist regelmäßig

eher unregelmäßig.

Wann war der erste Tag der letzten Regelblutung? _____ (TT.MM.JJJJ)

Normalerweise beträgt die Dauer meines Menstruationszyklus ca. ____ Tage.

Alle Daten werden selbstverständlich anonym und streng vertraulich behandelt.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Anhang 9-2: EHI von OLDFIELD (1971), modifiziert

Indifferenz= ein Kreuz auf jeder Seite

strikte Bevorzugung= zwei Kreuze auf einer Seite

immer zwei Kreuze in einer Zeile links ! rechts

1. Schreiben	x x ! x x
2. Zeichnen	x x ! x x
3. Werfen	x x ! x x
4. Schere halten	x x ! x x
5. Zahnbürste halten	x x ! x x
6. Messer (ohne Gabel)	x x ! x x
7. Löffel halten	x x ! x x
8. Kartenausteilen, Hand	x x ! x x
9. Streichholz beim anzünden	x x ! x x
10 Zigarrenschachtel (Deckel)	x x ! x x
	um. (sL ! sR)

links LQ < 0

%R	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
L.Q:	-28	-42	-54	-66	-76	-83	-87	-90	-92	-100

rechts LQ > 0

%R	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
L.Q	+48	+60	+68	+74	+80	+84	+88	+92	+95	+100

sR - sL

$LQ = \frac{sR - sL}{sR + sL} \times 100$, $LQ = \frac{sR - sL}{sR + sL} \times 100 =$

sR + sL

Anhang 9-3: Kodierung

Testkodierung des aktuellen Tests: A=FW12k
B=FW10b

Zyklustag und Zykluslänge: ZT_ZL,
z.B. 14_28

bei männlichen Probanden, Kindern oder bei
fehlender Angabe: KA_KA (=keine Angabe)

Patienten ID: Reihenfolge der Tests, randomisiert anhand
des Geburtstages:

ungerader Tag: erst FW10b, dann FW12k: kodiert „01“

gerader Tag: erst FW12k, dann FW10b: kodiert „02“

dann: Haarwirbel:

MU: im Uhrzeigersinn

KU: kein Uhrzeigersinn, andere Richtungen

dann: Initialen des Versuchsleiters

Bsp.: 01_MU_kg

Anhang 9-4: Instruktion FW10b

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

.....

Alle Wörter, die ich gerade vorgelesen habe, kommen im Test gleich häufig vor. Der Test besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil des Tests werden Ihnen die Wörter entweder auf dem linken oder auf dem rechten Ohr dargeboten. Nach jedem gehörten Wort erscheinen auf dem Monitor vier verschiedene Wörter. Sie sollen jeweils entscheiden, welches Wort Sie gerade über Kopfhörer gehört haben und auf welchem Ohr Sie es gehört haben. Bitte klicken Sie das entsprechende Feld an. Danach klicken Sie auf das Feld „nächstes Wort“, um die nächste Darbietung auszulösen. Daraufhin wird das nächste Wort dargeboten.

Durchführung 1. Teil

Jetzt beginnt der zweite Teil des Tests. Ihnen werden die Wörter nun auf beiden Ohren gleichzeitig dargeboten. Dies kann manchmal etwas unscharf klingen. Bitte entscheiden Sie nach jedem Wort, welches der auf dem Monitor gezeigten Wörter Sie gehört haben, und klicken Sie dieses an. Es sind wieder die gleichen Wörter wie im ersten Teil des Tests und alle Wörter kommen gleich häufig vor.

Durchführung 2. Teil

Anhang 9-5: Instruktion FW12k

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

.....

Alle Wörter, die ich gerade vorgelesen habe, kommen im Test gleich häufig vor. Der Test besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil des Tests werden Ihnen die Wörter entweder auf dem linken oder auf dem rechten Ohr dargeboten. Entscheiden Sie jedes Mal, welches Wort Sie gehört haben, und geben Sie das Ohr an, auf dem Sie es gehört haben. Bitte klicken Sie auf das entsprechende Feld. Danach klicken Sie auf das Feld „nächstes Wort“, um die nächste Darbietung auszulösen. Daraufhin wird das nächste Wort dargeboten.

Durchführung 1. Teil

Jetzt beginnt der zweite Teil des Tests. Ihnen werden die Wörter nun auf beiden Ohren gleichzeitig dargeboten. Dies kann manchmal etwas unscharf klingen. Bitte entscheiden Sie nach jedem Wort, welches der auf dem Monitor gezeigten Wörter Sie gehört haben, und klicken Sie die entsprechende Abbildung an. Es sind wieder die gleichen Wörter wie im ersten Teil des Tests und alle Wörter kommen gleich häufig vor.

Durchführung 2. Teil

Anhang 9-6: Informationsblatt internistische Hausarztpraxis

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient!

Ich bin Studentin der Psychologie an der Humboldt-Universität zu Berlin und schreibe zurzeit meine Diplomarbeit.

In dieser Arbeit führen wir einen Hörtest durch, mit dem man bestimmen kann, auf welcher Seite im Gehirn die Sprachverarbeitung stattfindet.

Bei den meisten Menschen ist die Sprachverarbeitung links lateralisiert. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass man auf beiden Seiten oder – was sehr selten ist – auf der rechten Seite die Sprache lokalisieren kann. Deshalb habe ich mir zum Ziel gesetzt, im Rahmen meiner Diplomarbeit möglichst viele Personen zu untersuchen.

Der Test dauert ca. eine halbe Stunde und ist in der Durchführung ganz einfach. Die Person bekommt Kopfhörer und hört darüber verschiedene Wörter. Sie soll dann in einem Computerprogramm auf meinem Notebook anklicken, welches Wort sie gehört hat.

Mit dem Testergebnis kann man lediglich die Seite der Sprachverarbeitung bestimmen, andere Informationen lassen sich daraus nicht entnehmen. Die Daten werden selbstverständlich anonym und streng vertraulich behandelt.

Vielleicht haben Sie Interesse, den Hörtest durchzuführen und herauszufinden, auf welcher Seite im Gehirn Ihre Sprachverarbeitung stattfindet?

Dann sprechen Sie mich an.

Das Ergebnis erfahren Sie sofort nach der Durchführung des Hörtests.

Bei Fragen stehe ich Ihnen jederzeit gern zur Verfügung.

Ich freue mich sehr auf Ihre Teilnahme!

Anhang 9-7: Informationsblatt Kinderarztpraxis Kinder

Liebe Kinder!

Ich studiere Psychologie an der Humboldt-Universität zu Berlin und schreibe zurzeit meine Diplomarbeit.

Im Rahmen dieser Arbeit würde ich mit Euch gern einen Test durchführen, mit dem man feststellen kann, auf welcher Seite im Gehirn Eure Sprachverarbeitung stattfindet.

Der Test dauert ca. eine halbe Stunde und ist ganz einfach. Ihr bekommt Kopfhörer und hört darüber verschiedene Wörter. Ihr sollt dann in einem Computerprogramm auf meinem Notebook anklicken, welches Wort Ihr gehört habt.

Mit dem Testergebnis kann man nur die Seite der Sprachverarbeitung bestimmen, andere Informationen lassen sich daraus nicht entnehmen. Die Daten werden selbstverständlich anonym und streng vertraulich behandelt.

Vielleicht habt Ihr Interesse, den Hörtest durchzuführen und herauszufinden, auf welcher Seite im Gehirn Eure Sprachverarbeitung stattfindet?

Dann sprecht mich an.

Das Ergebnis erfahrt Ihr sofort nach der Durchführung des Hörtests.

Bei Fragen stehe ich Euch jederzeit gern zur Verfügung.

Ich freue mich sehr auf Eure Teilnahme!

Anhang 9-8: Informationsblatt Kinderarztpraxis Eltern

Sehr geehrte Eltern!

Ich bin Studentin der Psychologie an der Humboldt-Universität zu Berlin und schreibe zurzeit meine Diplomarbeit.

In dieser Arbeit führen wir einen Hörtest durch, mit dem man bestimmen kann, auf welcher Seite im Gehirn die Sprachverarbeitung stattfindet.

Bei den meisten Menschen ist die Sprachverarbeitung links lateralisiert. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass man auf beiden Seiten oder – was sehr selten ist – auf der rechten Seite die Sprache lokalisieren kann. Dieser Fall ist sehr selten, aber er kommt gelegentlich vor. Deshalb habe ich mir zum Ziel gesetzt, im Rahmen meiner Diplomarbeit möglichst viele Personen und vor allem auch viele Kinder zu untersuchen.

Der Test dauert ca. eine halbe Stunde und ist ganz einfach. Ihre Tochter/ Ihr Sohn bekommt Kopfhörer und hört darüber verschiedene Wörter. Sie/ er soll dann in einem Computerprogramm auf meinem Notebook anklicken, welches Wort sie/ er gehört hat.

Mit dem Testergebnis kann man lediglich die Seite der Sprachverarbeitung bestimmen, andere Informationen lassen sich daraus nicht entnehmen. Die Daten werden selbstverständlich anonym und streng vertraulich behandelt.

Vielleicht haben Sie und Ihr Kind Interesse, den Hörtest durchzuführen und herauszufinden, auf welcher Seite im Gehirn die Sprachverarbeitung Ihrer Tochter/ Ihres Sohnes stattfindet?

Dann sprechen Sie mich an.

Das Ergebnis erfahren Sie sofort nach der Durchführung des Hörtests.

Ich freue mich sehr auf die Teilnahme Ihres Kindes!

Anhang 9-9: t-Test für Lambda-Werte und Fehlerzahl im unilateralen Teil

	t-Test, Mittelwerte				Varianzen			
	MW1	MW2	t-Wert	p	SD1	SD2	F	p
Fehlerzahl	<7	>6			<7	>6		
Lambda FW10b	1,08	0,67	1,44	0,15	1,61	1,65	1,04	0,84
Lambda FW12k	1,31	0,93	0,77	0,43	1,37	0,70	3,81	0,06

Anhang 9-10: Varianzanalyse „Händigkeit“

	SQ	FG	MQ	F	p
Händigkeit	1,4387	1	1,4387	0,29330	0,590
Fehler	294,3169	60	4,9053		
Lambda	0,2468	1	0,2468	0,47149	0,495
Lambda x Händigkeit	0,5544	1	0,5544	1,05892	0,308
Fehler	31,4122	60	0,5235		

Anhang 9-11: Varianzanalyse „Geschlechtseffekte“ FW10b

	SQ	FG	MQ	F	p
Geschlecht	3,7640	1	3,76403	1,25996	0,266
Händigkeit	0,5950	1	0,59504	0,19918	0,657
Geschlecht x Händigkeit	0,2685	1	0,26852	0,08988	0,765
Fehler	173,2700	58	2,98741		

Anhang 9-12: Varianzanalyse „Geschlechtseffekte“ FW12k

	SQ	FG	MQ	F	p
Geschlecht	1,0618	1	1,06179	0,42013	0,519
Händigkeit	2,5130	1	2,51303	0,99435	0,323
Geschlecht x Händigkeit	0,2923	1	0,29229	0,11565	0,735
Fehler	146,5833	58	2,52730		

Anhang 9-13: Varianzanalyse zur Fehlerzahl im unilateralen Teil

	SQ	FG	MQ	F	p
Geschlecht	0,0034	1	0,0034	0,0013	0,972
Fehler	159,1660	60	2,6528		
Summe der Fehler x Geschlecht	1,7307	1	1,7307	1,3896	0,243
Fehler	74,7290	60	1,2455		

Anhang 9-14: Varianzanalyse „Altersgruppeneffekte“

	SQ	FG	MQ	F	p
Altersgruppe	3,1216	3	1,0405	0,20624	0,892
Fehler	292,6340	58	5,0454		
Lambda	0,0000	1	0,0000	0,00005	0,994
Lambda x Altersgruppe	2,0744	3	0,6915	1,34164	0,270
Fehler	29,8922	58	0,5154		

Anhang 9-15: Varianzanalyse „Einfluss des Bildungsniveaus“

	SQ	FG	MQ	F	p
Bildungsniveau	2,0217	3	0,67389	0,13307	0,940
Fehler	293,7340	58	5,06438		
Lambda	0,4943	1	0,49430	0,91922	0,342
Lambda x Bildungsniveau	0,7776	3	0,25920	0,48201	0,696
Fehler	31,1889	58	0,53774		

Anhang 9-16: Varianzanalyse „Drehrichtung des Haarwirbels“ bei Rechtshändern

	SQ	FG	MQ	F	p
Haarwirbel	1,2665	1	1,2665	0,25189	0,618
Fehler	246,3713	49	5,0280		
Lambda	0,3332	1	0,3332	0,70034	0,407
Lambda x Drehrichtung des Haarwirbels	0,5642	1	0,5642	1,18568	0,282
Fehler	23,3153	49	0,4758		

Anhang 9-17: Varianzanalyse „Drehrichtung des Haarwirbels“ und „Händigkeit“

	SQ	FG	MQ	F	p
Haarwirbel	0,0098	1	0,00980	0,00194	0,965
Händigkeit	0,5108	1	0,51076	0,10114	0,752
Haarwirbel x Händigkeit	0,6911	1	0,69112	0,13686	0,713
Fehler	292,8887	58	5,04981		
Lambda	0,3148	1	0,31481	0,59867	0,442
Lambda x Drehrichtung des Haarwirbels	0,0518	1	0,05184	0,09858	0,755
Lambda x Händigkeit	1,0781	1	1,07806	2,05017	0,158
Lambda x Drehrichtung des Haarwirbels x Händigkeit	0,7201	1	0,72014	1,36951	0,247
Fehler	30,4987	58	0,52584		

Anhang 9-18: Varianzanalyse „Zyklusphase“

	SQ	FG	MQ	F	p
Zyklusphase	45,4374	5	9,08747	2,30613	0,073
Fehler	102,4547	26	3,94057		
Lambda	0,0906	1	0,09055	0,20929	0,651
Lambda x Zyklusphase	3,2437	5	0,64875	1,49938	0,224
Fehler	11,2496	26	0,43268		

Anhang 9-19: Varianzanalyse „Reihenfolge“, Lambdawerte

	SQ	FG	MQ	F	p
Abfolge	1,4699	1	1,4699	0,35395	0,553
Fehler	348,8365	84	4,1528		
Lambda	0,6302	1	0,6302	0,93641	0,336
Lambda x Abfolge	0,2183	1	0,2183	0,32439	0,571
Fehler	56,5316	84	0,6730		

Anhang 9-20: Varianzanalyse „Reihenfolge“, Anzahl der Ohrpunkte

	SQ	FG	MQ	F	p
Abfolge	45,78	1	45,78	0,3226	0,572
Fehler	11919,67	84	141,90		
Summe der Ohrpunkte	1492,46	1	1492,46	27,8281	0,000
Summe der Ohrpunkte x Abfolge	233,72	1	233,72	4,3578	0,040
Fehler	4505,03	84	53,63		