

# **FREIE UNIVERSITÄT BERLIN**

**Fachbereich 12**

**Erziehungswissenschaft, Psychologie und Sportwissenschaft**

**Institut für Allgemeine Psychologie, Biopsychologie und**

**Kognitionspsychologie**

**Entwicklung und Erprobung eines dichotischen Hörtests für Kinder  
zur Bestimmung der Sprachlateralisation - der FRWTCH**

## **Diplomarbeit**

**vorgelegt von:**

**Janna Gothe**

**Gleimstr. 25**

**10437 Berlin**

**Betreuer: Prof. Dr. R. Bösel**

**Juli 1996**

### Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, daß ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

  
Janina Gothe

Berlin, den 10.07.1996

## **Vorwort**

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die mich während der Fertigstellung der Diplomarbeit unterstützt haben.

Prof. Dr. Brandl von der Kinderneurologie Charlottenburg trat mit der Bitte, einen dichotischen Test für Kinder zu entwickeln, an mich heran. Als Grundlage sollte der von Beier (1994) entwickelte dichotische Test dienen.

Mein besonderer Dank gilt Dipl. Psych. Heinz Hättig der Abteilung Neurologie (UKRV Wedding) für seine intensive und kompetente Beratung und Betreuung und Eugen Diesch von der TU Berlin für die Bereitstellung der notwendigen Software und seine Hilfe bei der Arbeit mit dem Stimulusmaterial.

Ein wesentlicher Beitrag zur technischen Umsetzung leistete die Forschungsabteilung der Telekom in Berlin Adlershof. Ich möchte mich hiermit bei allen Mitarbeitern für ihre intensive Unterstützung bedanken.

Nicht zu vergessen sind meine Eltern, besonders mein Vater, der mich in technischen Fragen beriet und Retter in der Not war. Desweiteren bedanke ich mich bei Johannes Sültmann für seine Geduld und Hilfe.

Ich bedanke mich bei den Lehrern und Schülern der Schulen, an denen die Untersuchung durchgeführt wurde.

In der Schlußphase der Diplomarbeit halfen mir die Rückmeldungen von Ralph Tillmann und Prof. Dr. Rainer Bösel. Vielen Dank dafür!

Janna Gothe

## Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	3
<b>Theoretische Grundlagen</b> .....	5
<b>1. Lateralität und zentrales Nervensystem</b> .....	5
1.1. Entwicklungsneuropsychologie der Lateralität .....	6
1.1.1. Kognitive Entwicklungstheorie .....	7
1.2. Lateralität und Sprache .....	8
1.2.1. Sprachliche Funktionen der rechten Hemisphäre .....	9
<b>2. Methoden zur Untersuchung der Sprachlateralisation</b> .....	11
2.1. Die Wada-Prozedur .....	11
2.1.1. Probleme des Verfahrens .....	12
2.2. Dichotisches Hören .....	13
2.2.1. Beschreibung der Methode und Geschichte .....	13
2.2.2. Verschiedene Methoden des dichotischen Hörens .....	14
2.2.2.1. Die Listen-Methode .....	14
2.2.2.2. Die Monitoring-Methode .....	15
2.2.2.3. Konsonant-Vokal-Konsonant-Silbenpaare .....	15
2.2.2.4. Methode der Fused Rhymed Words .....	15
2.2.2.5. Techniken mit nonverbalem Material .....	15
2.2.3. Erklärungsmodelle für das dichotische Hören .....	17
2.2.3.1. Strukturtheorie .....	17
2.2.3.2. Aufmerksamkeitstheorie .....	19
2.2.3.3. Theorie von Bryden .....	20
2.2.4. Einflußfaktoren des Stimulusmaterials auf dichotisches Hören .....	21
2.2.4.1. Einfluß von Stimmhaftigkeit auf das dichotische Hören .....	21
2.2.4.2. Einfluß des Vertrautheitseffektes von Wörtern und Worterwerb auf das dichotische Hören .....	22
2.2.5. Einflußfaktoren der Person .....	22
2.2.5.1. Einfluß der Händigkeit auf das dichotische Hören .....	22
2.2.5.2. Geschlechtsunterschiede .....	23
2.2.5.3. Familiäre Händigkeit .....	23
2.2.6. Neuere dichotische Untersuchungen in deutscher Sprache .....	23
2.3. Fused Rhymed Words Test .....	24
2.3.1. Die Entstehung des Fused Rhymed Words Test .....	24
2.4. Die Berechnung des Ohrvorteils .....	27
2.5. Vergleich von Wada-Test und Fused Rhymed Words Test .....	30
<b>3. Dichotisches Hören bei Kindern</b> .....	31
3.1. Dichotische Untersuchungen bei Kindern .....	31
3.1.1. Nonverbales Material .....	31
3.2. Methodische Besonderheiten bei der dichotischen Untersuchung von Kindern .....	32

<b>Empirischer Teil</b> .....	34
<b>4. Fragestellung und Hypothesen</b> .....	34
4.1. Fragestellung.....	34
4.2. Hypothesen.....	35
4.3. Versuchspersonen.....	36
4.3.1. Voruntersuchung.....	37
4.3.2. Hauptuntersuchung.....	37
<b>5. Methode</b> .....	39
5.1. Bisherige Versionen des FRWT.....	39
5.1.1. Englische Version.....	39
5.1.2. Deutsche Version.....	40
5.1.3. Entwicklung der neuen Version.....	40
5.2. Voruntersuchung.....	41
5.2.1. Bearbeitung der Wörter.....	41
5.2.2. Testdurchführung und Geräte in der Voruntersuchung.....	44
5.2.3. Testauswertung der Voruntersuchung.....	45
5.2.4. Itemselektion.....	46
5.3. Hauptuntersuchung.....	48
5.3.1. Testdurchführung der Hauptuntersuchung.....	50
5.3.2. Testauswertung der Hauptuntersuchung.....	51
<b>6. Auswertung und Ergebnisse</b> .....	52
6.1. Voruntersuchung.....	52
6.2. Hauptuntersuchung.....	54
6.3. Bilddarbietung und Nachsprechendarbietung.....	57
6.4. Altersunterschiede.....	58
6.5. Geschlechtsunterschiede.....	59
6.6. Vergleich der Fehler in den beiden Bedingungen der Hauptuntersuchung.....	59
6.7. Stimulusdominanz.....	59
6.8. Vergleich des Antwortverhaltens mit der Binomialverteilung.....	60
<b>7. Diskussion</b> .....	64
7.1. Kritische Betrachtung des Lambda-Index.....	64
7.2. Vergleich der Bedingungen.....	65
7.3. Das Alter.....	65
7.4. Geschlecht.....	66
7.5. Stimulusdominanz.....	66
7.6. Audiometrie.....	67
<b>8. Zusammenfassung</b> .....	68
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	70
<b>Anhang</b> .....	76

## Einleitung

Die Bestimmung der Lateralisation der Sprache ist sowohl für wissenschaftliche Untersuchungen, als auch in der Diagnostik von großem Interesse. Bisher wurde eine invasive Methode, das WADA-Testverfahren, zur Bestimmung der sprachdominanten Seite verwendet.

Seit den fünfziger und sechziger Jahren entwickelte sich mit Hilfe der Methode des dichotischen Hörens eine neue Möglichkeit der Untersuchung von Sprachlateralität. Dichotisch bedeutet die simultane auditive Darbietung zweier oder mehrerer Stimuli (Zahlen, Wortpaare, CVC- Silben etc.). Aufgrund der Dominanz der kontralateralen Hörbahnen und attentionalen Faktoren ergeben sich bei der dichotischen Darbietung von Stimuli (z.B. Wortpaare, Silben) ein Vorteil für das der sprachdominanten Hirnhälfte gegenüberliegende Ohr. Diese Ohrvorteile werden im folgenden Right Ear Advantage (REA), bzw. Left Ear Advantage (LEA) genannt.

Auf der Grundlage der englischen Version eines dichotischen Tests von Wexler & Halwes (1983) entwickelte Beier (1994) eine deutsche Version (Fused Rhymed Words Tests für Erwachsene, FRWT). Dieser zeigt bei Vergleich der Ergebnisse mit denen der WADA-Prozedur eine Übereinstimmung von 91%. Das WADA-Verfahren ist im Moment immer noch das präzisere Meßinstrument; es hat aber auch Nachteile (invasive Methode, hoher Kostenaufwand). Auch an Kindern werden bei entsprechender Indikation präoperativ Untersuchungen zur Lokalisation der Sprache durchgeführt. Die Mitarbeitsbereitschaft von Kindern ist im allgemeinen etwas problematischer als bei Erwachsenen. Alternative Methoden zur Untersuchung von Kindern sind im Moment nur unzureichend vorhanden.

In dieser Untersuchung soll deshalb versucht werden, eine kindgerechte Version des Fused Rhymed Words Tests zu entwickeln und zu überprüfen. Wichtig für diese Testversion (FRWTCH) ist es, die besonderen methodischen Ansprüche für die Anwendung bei Kindern (einfache und bekannte Wortpaare, Einsatz von Bildern als Unterstützung) zu beachten.

Zunächst werden die theoretischen Grundlagen dargelegt. Von einführenden Worten zum Thema der Lateralität und Sprache ausgehend, werden die Methoden zur Untersuchung der Sprachlateralisation beschrieben: Die Wada-Prozedur, das dichotische Hören allgemein und der Fused Rhymed Words Test im speziellen. Im Anschluß daran wird auf den Einsatz von dichotischen Techniken bei Kindern eingegangen.

Das vierte Kapitel beschäftigt sich mit der Fragestellung dieser Arbeit, den aufgestellten Hypothesen und den Stichproben.

Das fünfte Kapitel beschreibt die Methode und geht genauer auf die Testentwicklung, Testdurchführung und Geräte, sowie die Beschreibung der Testauswertung ein.

Im sechsten Teil werden die Ergebnisse dargestellt und im siebenten Kapitel diskutiert. Das Letzte Kapitel faßt die Arbeit noch einmal zusammen. Abschließend folgt das Literaturverzeichnis und der Anhang.

# Theoretische Grundlagen

## 1. Lateralität und zentrales Nervensystem

Abweichungen von der funktionellen Symmetrie des zentralen Nervensystems sind seit längerer Zeit von größerem Interesse. Die Annahme, daß die beiden Hirnhälften verschiedene Funktionen besitzen, ist in der heutigen Forschung und in der Anwendung auf die Praxis von hoher Bedeutung. Die Asymmetrie des Gehirns ist interindividuell verschieden. Es existieren beachtliche anatomische und funktionale Unterschiede.

Jede der Hirnhälften weist eine Lateralität für bestimmte Funktionen auf, die trotz einer großen Generalität auch eine hohe interindividuelle Variabilität hat. Die Asymmetrie wurde zunächst als eine Art phylogenetische und ontogenetische Kulmination vom einfachen bisymmetrischen zum komplexen asymmetrischen Hirn betrachtet.

Kolb und Wishaw (1993) führten drei wichtige Aspekte für die Komplexität der Lateralität an:

1. Die Lateralisierung entsteht unter dem Einfluß von **sowohl** Umwelt-, wie auch genetischen Einflüssen. Frauen sind nach heutigen Erkenntnissen geringer lateralisiert als Männer.
2. Lateralität ist kein absolutes Maß, da trotz Dominanz einer Hemisphäre immer beide an kognitiven Prozessen beteiligt sind.
3. Lateralität ist bereits in Tieren vorhanden, ist also kein Charakteristikum des Menschen.

Die ursprüngliche Annahme, der Grad der Hemisphärenspezialisierung würde mit dem Grad der Verhaltenskomplexität ansteigen, stimmt nicht mit den Befunden der Tierversuche überein. Man könnte eher annehmen, daß Lateralität sich als allgemeines Organisationsmerkmal artspezifisch ausbildet (Hiscock & Kinsbourne, 1995).

Hiscock & Kinsbourne, 1995, S. 548: „Rather than characterizing the peak of an evolutionary progression, laterality has now been found in mammalian species across a wide range of behavioral specialization. Lateralized control centers do not share any qualitatively similar functional role. If they have anything in common, it is that their functions do not require bilateral representation; that is, they do not involve orienting or acting toward specific points

of ambient space. Animal laterality is more likely a product of convergent than of progressive evolution.“

Gazzaniga, Bogen & Sperry (1962, 1963, 1965) führten Forschungen am Menschen zum Verhalten nach Sektion des Corpus callosum und der anterioren Commissur durch. Zur gleichen Zeit zeigte Kimura (1961a, 1961b, 1967) daß im Bereich der auditiven Wahrnehmung die funktionelle Asymmetrie der Hirnhälften auch in einem intakten Gehirn gemessen werden konnte, indem sie den Zusammenhang von Sprachlateralisation und auditorischer Leistung in einer Methode - dem dichotischen Hören - nachwies. Diese Methode beinhaltete die Darbietung kurzer Listen von Zahlen. Hierbei wurden zwei verschiedene Listen simultan präsentiert (eine Liste auf das rechte Ohr, die andere auf das linke Ohr). Die Probanden zeigten hierbei konsistente Asymmetrien, in der Form, daß die Items eines (des rechten) Ohres leichter wiederzugeben waren. Die Methode des dichotischen Hörens zeigt große Übereinstimmung (1961a) zu der Lateralisation der Sprache.

### 1.1. Entwicklungsneuropsychologie der Lateralität

Lenneberg (1967) vermutete, daß die Lateralisation sprachlicher Funktionen im Verlauf der Kindheit bis zur Jugend stärker wird. Eine alternative Sichtweise wäre die Annahme, daß die Lateralisation bereits bei der Geburt vorhanden ist. Entus (1977) konnte z.B. in einer Untersuchung bereits eine Asymmetrie des Säuglingsgehirns nachweisen. Die Babies lernten, daß eine erhöhte Saugrate des Nuckels zur Darbietung eines bestimmten Stimulus führte. Es wurden Phoneme (z.B. ba) und der Ton A (444 Hz) mit unterschiedlichen Instrumenten nicht dichotisch dargeboten. Die Kinder erhöhten ihre Saugrate so, daß sie auf dem linken Ohr mehr Instrumentaltöne hörten und auf dem rechten Ohr eher Phoneme. Entus schloß daraus, das eine Asymmetrie bereits in den ersten drei Wochen nach der Geburt vorhanden ist.

Die angewandten Untersuchungsmethoden bei Säuglingen sind nicht denen der Erwachsenen vergleichbar. Zitat (Bryden, 1982, S. 200): „At the same time, one must recognize that the tasks employed to measure lateralization in neonates are quite different from those used in adults, even in older children. One simply cannot ask infants what words they have heard in a dichotic listening task. A child's abilities changes as he or she grows

changes in cognitive capacity may be reflected in performance differences on the tasks used to assess cerebral lateralisation.“

Hiscock und Kinsbourne (1995) schließen auf die Existenz von Vorläufern der Lateralisierungsvorgänge und vermuten diese auch eher in den tiefer gelegenen Strukturen, wie den Basalganglien und dem Thalamus, bei denen inzwischen auch eine ähnliche Lateralisation nachgewiesen werden konnte. (Hiscock & Kinsbourne, 1995, Dobbing & Sands, 1973). Das Konzept der Vorläufer ist nach Auffassung der Autoren zur Beschreibung von frühkindlichem Verhalten von großer Bedeutung (Kinsbourne & Hiscock, 1977). Man könnte demzufolge annehmen, daß die Lateralisation einer Verhaltensweise ihrem Auftreten vorausgeht.

In der folgenden Abbildung 1 sind einige Untersuchungen dargestellt, die versucht haben, das Entstehungsalter und die Art der Ohrdominanz für einzelne Systeme zu bestimmen.

System	Entstehungsalter	Dominanz	Literatur
Wortsilben	pränatal	rechtes Ohr	Molfese & Molfese 1980
Musik	22 - 140 Tage	linkes Ohr	Entus 1977
Phoneme	22 - 140 Tage	rechtes Ohr	Entus 1977
Wörter	4 Jahre	rechtes Ohr	Kimura 1963
Umweltlaute	5 - 8 Jahre	linkes Ohr	Knox & Kimura 1970

Abb. 1: Entstehungsalter und Art der Asymmetrie auditorischer Funktionen (Kolb & Wishaw, 1993, S. 427)

### 1.1.1. Kognitive Entwicklungstheorie (Kolb & Wishaw, 1993)

Allgemein existieren in Hinblick auf die Ontogenese der Lateralisierung drei verschiedene theoretische Positionen:

Die **Invarianzhypothese** nimmt an, daß die linke Seite von Beginn an auf sprachliche Funktionen spezialisiert ist. Bei einer Läsion muß die rechte Hemisphäre die sprachlichen Fähigkeiten nachträglich erwerben.

Die **Reifungshypothese** geht von einer anfänglich gleichstarken Beteiligung der beiden Hemisphären für sprachliches Material aus. Im Verlauf der Entwicklung übernimmt dann die linke Hirnhälfte die Kontrolle der sprachlichen Funktionen.

Die dritte Hypothese ist die **Parallelentwicklungshypothese**. Die beiden Hemisphären besitzen jeweils eine Sonderrolle und entwickeln sich parallel. Jede Hemisphäre bildet die für sie spezifischen Funktionen aus. Die kognitiven Funktionen sind in jeder Hemisphäre hierarchisch aufgebaut (siehe Abbildung), wobei die komplexesten Funktionen an der Spitze liegen und am meisten lateralisiert sind. Bis zur Pubertät werden die Funktionen jeder Hemisphäre ausgebildet und verfestigt. Nach dieser Theorie bauen die höheren Funktionen auf den grundlegenden auf und sind von Geburt an in einer Hirnhälfte lokalisiert. Auf die Frage, warum sich die Funktionen nicht bilateral entwickeln gibt es eine Antwort (im Rahmen dieser Theorie) von Moscovitch (1977), der die Möglichkeit der aktiven Inhibition einer Hemisphäre betont, die mit dem 5. Lebensjahr beginnen soll.

## 1.2. Lateralität und Sprache

Bouillard postulierte bereits 1825 eine Asymmetrie der Hirnhälften für komplexe Bewegungen des Schreibens und Sprechens. Dax unterstützte 1836 diesen Vorschlag und im Jahre 1861 brachte Broca den anatomischen Beweis für die Existenz eines spezifischen, linksseitigen Areals für die motorische Komponente der Sprache: das „Broca-Areal“. Wernicke konnte im Jahre 1871 ein weiteres Areal nachweisen, das für das Sprachverständnis verantwortlich ist (das Broca-Areal dagegen für die Sprachproduktion). (Kolb & Wishaw 1993).

Beide Areale besitzen eine zentrale Rolle in der Sprachwahrnehmung und -verarbeitung. Zusätzlich sind auch weitere Areale involviert (andere Assoziationsareale, Basalganglien, posteriorer Thalamus) deren Beteiligung an der Sprache allerdings bisher nur wenig erklärt werden konnte.

Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts wurde auch von Aphasien nach rechtseitiger Läsion berichtet. Diese Personen waren oftmals Linkshänder und/oder wiesen familiäre Linkshändigkeit auf. Die daraus folgende Annahme, daß Rechtshänder für Sprache eine linksseitige Dominanz und Linkshänder eine rechtsseitige Dominanz aufweisen, war

allerdings zu stark vereinfacht (Bryden, 1982). Herron (1980) vermutete, daß die Inzidenz von rechtshemisphärischer Sprache bei Linkshändern größer als bei Rechtshändern sei.

Die Sprache ist bei der Mehrheit der Rechtshänder (ca. 90%) in der linken Hirnhälfte lateralisiert. Bei Linkshändern fand man besonders bei „echten“, nicht umgelernten Linkshändern rechtshemispherische Dominanz, aber auch Dominanz der linken Hirnhälfte und Bilateralität.

Es existieren auch Geschlechtsunterschiede in der Lateralisierung der Sprache. Die Studien für verbales dichotisches Material zeigen einen Geschlechtseffekt, wenn Konsonant-Vokal-Silben verwandt wurden. Männer erhielten einen höheren Vorteil für das rechte Ohr als Frauen (van Lancker & Fromkin 1973, Lake & Bryden 1976). Bei der Verwendung von Wörtern konnte kein eindeutiger Geschlechtsunterschied nachgewiesen werden (Briggs & Nebes 1976, Carr 1969)(Bryden, 1982). Lateralität ist nicht von Geburt an vollständig vorhanden. Der Prozeß der Lateralisation vollzieht sich über Jahre hinweg bis in die Jugend und das frühe Erwachsenenalter. Er wird von genetischen und äußeren (Umwelt-) Determinanten bestimmt. In einem dichotischen Test (Konsonant-Vokal-Silben) erreichten die Mädchen bessere Ergebnisse aufgrund schnellerer Entwicklung der Sprachlateralisierung (Bissell & Clark, 1984).

### **1.2.1. Sprachliche Funktionen der rechten Hemisphäre**

Auch die rechte Hemisphäre ist an bestimmten Funktionen der Sprachverarbeitung beteiligt. Zu den der rechten Hirnhälfte zugeschriebenen Sprachfunktionen zählen z.B.:

- *die prosodische Sprache* (Modulierung, Klangfarbe, Melodie)
- *gestische Sprache*
- *semantische Sprache* (Worterkennung, Wortbedeutung, Konzepte und visuelle Bedeutung)

In der folgenden Abbildung 2 ist die Verteilung der sprachlichen Funktionen auf die beiden Hemisphären dargestellt.

<b>Funktion</b>	<b>linke Hemisphäre</b>	<b>rechte Hemisphäre</b>
<i>gestische Sprache</i>	+	+
<i>prosodische Sprache</i>		
Rhythmus	++	
Modulierung	+	+
Klangfarbe	+	++
Melodie		++
<i>semantische Sprache</i>		
Worterkennung	+	+
Wortbedeutung	++	+
Konzepte	+	+
visuelle Bedeutung	+	++
<i>syntaktische Sprache</i>		
Wortsequenzen	++	
Beziehungen	++	
Grammatik	++	

Abb. 2: Sprachaktivitäten der beiden Hemisphären (Kolb & Wishaw, 1993, S. 350)

## 2. Methoden zur Untersuchung der Sprachlateralisation

Lateralitätsuntersuchungen sind eine sinnvolle Ergänzung neurologischer Untersuchungen und aus der Forschung zur Hemisphärenasymmetrie entstanden. Inzwischen existiert eine Vielfalt von Tests zu den verschiedenen lateralisierten Funktionen. Für den Bereich der Sprache werden in der Neurologie derzeit invasive Methoden eingesetzt. Als Alternative bieten sich in jüngster Zeit Techniken des dichotischen Hörens an, speziell der Fused Rhymed Words Test (Wexler & Halwes, 1983, Beier, 1994). Auf diese Methoden soll im folgenden näher eingegangen werden.

### 2.1. Die Wada - Prozedur

Das Zielklientel des FRWT's bilden, neben der Untersuchung von gesunden Probanden, vor allem Kinder mit cerebralen Schädigungen und hierbei ganz besonders diejenigen, die vor einer neurochirurgischen Operation stehen. Die Wada - Prozedur ist eine invasive Methode zur Bestimmung der Lateralisierung der Sprache. Sie wird prächirurgisch mit Patienten durchgeführt, bei denen aufgrund einer genau plazierten Hirnoperation (Entfernung eines epileptischen Herdes, Entfernung von Hirntumoren etc.) die Lokalisation der Sprache erfolgen muß, um eine eventuelle Schädigung der Sprachareale so weit wie möglich auszuschließen. Sprache hängt von einem komplexen System verteilter neuronaler Netzwerke ab, ein exakter Ort kann demzufolge nie bestimmt werden. Wada und Rasmussen entwickelten diese Methode, bei der durch Natriumamytalinjektion über die Carotis interna eine kurzzeitige ipsilaterale Hemisphären-Anästhesie entstand.

In der Abteilung Neurologie des UKRV Wedding wird diese Methode wie folgt durchgeführt: Der Test findet im Anschluß an eine Angiographie und in Anwesenheit eines Radiologen, eines Anästhesisten, eines Neurologen und eines EEG-Assistenten, sowie des Neuropsychologen statt.

In Vorbereitung des Tests wird ein Katheter von der A. femoralis über die A. iliaca communis, Aorta und den Aortenbogen in die Carotiden (Aa. carotis communis sinister bzw. dexter, je nach zu untersuchender Hemisphäre) und weiter bis in die Aa. carotis interna sinister bzw. dexter vorgeschoben.

Der Patient liegt während der Untersuchung auf dem Rücken. Zu Beginn des Testes wird er gebeten, beide Arme zu heben und langsam aufwärts zu zählen. Der Patient wurde im Vorfeld der Untersuchung mit dem Testablauf bekannt gemacht. Die gesamte Situation wurde erklärt und einmal geübt. Bei der Zahl 12 wird ein Barbiturat (Amobarbital) injiziert. Dies führt innerhalb von ca. 3 Sekunden zur Anästhesie der betroffenen Hemisphäre (sichtbar in der Verlangsamung des EEG's) und zum Herunterfallen des kontralateralen Armes. Weiterhin setzt ein Spracharrest ein, wenn die Sprachareale betroffen sind. Das Barbiturat wird innerhalb von ca. 5 Minuten fast vollständig abgebaut. Während dieser Zeit wird eine neuropsychologische Testbatterie aus 13 Items (Token Test, verbales Gedächtnis, figurales Gedächtnis etc.) durchgeführt. Nach der Normalisierung des EEG's werden Bestandteile der Testbatterie abgefragt. Anschließend wird die andere Seite katheterisiert und der Test nach ca. ½ Stunde für die andere Hirnhälfte wiederholt.

Mit dieser Methode kann eine sehr zuverlässige Aussage über die Lateralisation erfolgen.

### **2.1.1. Probleme des Verfahrens**

- Es gibt bis heute leider kein standardisiertes Verfahren, auch kein kindgerechtes, für den Wada-Test. Kinder (unter ca. 14 Jahre) tolerieren die Prozedur erfahrungsgemäß nicht oder kooperieren nicht.
- Weiterhin ist der Test sprachspezifisch, d.h. es wird nur nach Funktionen gesucht, die sich meist in einer Hemisphäre (und hierbei zu 90% in der linken) befindet. Es gibt keine Items, die auf die traditionell vermuteten rechtshemisphärischen Funktionen testen.
- Die A. cerebri posterior versorgt bei manchen Menschen sprach-sensitive Areale. Da diese von dem Barbiturat nicht durchströmt wird, kann es hier zu Fehldiagnosen kommen.
- Auftreten artifizierlicher Probleme (kontralateraler Gesichtsfeldausfall; kurzer, schnell remittierender Spracharrest als Folge einer Irritation).
- Der Test kann praktisch nicht wiederholt werden
- Komplikationen (anaphylaktischer Schock, Sepsis etc.)

## 2.2. Dichotisches Hören

### 2.2.1. Beschreibung der Methode und Geschichte

Die Methode des dichotischen Hörens beruht auf der simultanen auditiven Präsentation von zwei oder mehreren Reizen. Als Stimulusmaterial werden z.B. Zahlen, Silben, Wörter und nonverbales Material verwendet. Die Versuchspersonen sollen je nach Art des Tests und des theoretischen Hintergrunds das gehörte Material in festgelegter Form reproduzieren. Mit dem dichotischen Hören können verschiedene kognitive und emotionale Funktionen auf ihre Beziehung zur Asymmetrie des Gehirns untersucht werden. Für Rechtshänder erwartet man einen Rechtsohrvorteil (**REA**  $\Rightarrow$  Right Ear Advantage) für Sprachverarbeitungsprozesse und einen Linksohrvorteil (**LEA**  $\Rightarrow$  Left Ear Advantage) für Musik und Geräusche (nonverbales Material).

Broadbent (1954) führte eine Untersuchung durch, die sich mit den Aufmerksamkeitsproblemen beschäftigte, mit denen Fluglotsen in einer Kontrollstation täglich konfrontiert sind. Als Stimuli verwendete er Zahlen. Die Versuchspersonen sollten die Darbietungen von beiden Ohren wiedergeben. Bei Darbietung mit geringen Interstimulusintervallen (ISI) tendierten die Versuchspersonen dazu, erst die Zahlen des rechten Ohres, dann die des anderen wiederzugeben. Bei langsamerer Darbietung waren die Versuchspersonen in der Lage, die Zahlen in der korrekten Präsentationsabfolge wiederzugeben. Der kanadische Psychologe Donald Hebb nahm für diese Ergebnisse eine Art „Haltemechanismus“ oder Kurzzeitgedächtnisvorgang an und regte zu weiteren Forschungen an. Zur selben Zeit entwickelte Broadbent (1958) ein Modell der frühen Informationsverarbeitung für die sich verändernde Rangfolge der Itemwiedergabe. Auf diesen Erkenntnissen aufbauend entwickelte sich in den folgenden Jahren die Forschung auf dem Gebiet des dichotischen Hörens.

1961 verband Doreen Kimura (1961a, 1961b) in zwei Veröffentlichungen das dichotische Hören mit neuropsychologischen Themen, in dem sie den Ohrvorteil auf die Sprachlateralisation bezog. Die Autorin zog hierbei den Wada-Test als Vergleichsmöglichkeit heran. Die erste Veröffentlichung (1961a) enthielt Ergebnisse des dichotischen Hörens bei neurologischen Patienten mit Temporallappenepilepsie vor einer Operation.

Patienten mit rechtshemispherischer Sprachpräsentation waren akurater bei der Wiedergabe auf dem linken Ohr, während Patienten mit linkshemispherischer Sprachdominanz die Items des rechten Ohres korrekter wiedergaben.

In der zweiten Studie (1961b) wandte Kimura diese Technik des dichotischen Hörens auf gesunde Probanden an und konnte für die Mehrheit ihrer Versuchspersonen eine REA nachweisen. Diese Ergebnisse ließen vermuten, daß die Methode des dichotischen Hörens eine nichtinvasive Methode zum Nachweis der Sprachlateralisation bei Probanden mit gesundem Gehirn darstellen könnte.

Kimura zeigte in der folgenden Zeit, daß ein REA auch bei Kindern vorhanden ist (Kimura, 1963), und daß mit dichotisch präsentierten Melodien ein LEA produziert werden kann (Kimura, 1964).

## **2.2.2. Verschiedene Methoden des dichotischen Hörens**

### **2.2.2.1. Die LISTEN-Methode:**

Eine Abfolge von Zahlen wurde auf den einen Kanal eines Stereotapes aufgenommen, danach wurde das Band zurückgespult und eine weitere Zahlenfolge auf den zweiten Kanal aufgenommen. Der REA-Effekt war im allgemeinen sehr stabil, unabhängig von der Art der verwendeten Untersuchungsmethode. Die Versuchspersonen hatten keine großen Schwierigkeiten bei der Wiedergabe von 2-3 Zahlen-Paaren. Es wurde deshalb zur Effektstabilisierung mit 4-5 Zahlenpaaren gearbeitet. Allgemein wurden die früh präsentierten Stimuli besser wiedergegeben als die späteren, der Rechtsohrvorteil blieb jedoch auch bei Kontrolle der korrekten Reihenfolge der wiedergegebenen Stimuli bestehen (Bryden, 1967).

### **2.2.2.2. Die MONITORING-Methode:**

Geffen et.al. (Geffen & Traub, 1979; Geffen & Caudrey, 1981) stellten lange Listen von gepaarten und dichotisch präsentierten Wörtern zusammen. In dieser Liste kam ein Zielwort zufällig verteilt auf der linken und auf der rechten Seite vor. Die Versuchsperson hatte die Aufgaben, einen Knopf zu drücken, wenn sie das Zielwort hörte. Gemessen wurde sowohl Reaktionszeit, wie auch die Korrektheit der Wiedergabe.

### **2.2.2.3. KONSONANT-VOKAL-KONSONANT - Silbenpaare:**

CVC-Silbenpaare ist ebenfalls eine oft angewandte Methode. Sie wurde z.B. von Studdert-Kennedy und Shankweiler (1970) benutzt. In jedem Paar unterschieden die Stimuli sich nur im Initialkonsonant, im Vokal oder im Endkonsonant. Es wurden jeweils nur ein Paar dichotisch dargeboten. Die Versuchsperson sollte die gehörte Silbe in Folge benennen. Sie fanden einen stärkeren Effekt für Konsonanten als für Vokale und konsistentere Effekte für initiale Konsonanten als für terminale Konsonanten. Die Autoren verwendeten als stimmhafte Konsonanten /b,d, g/ und als stimmlose /p,t und k/. Diese Konsonanten sind durch einen rapiden Onset gekennzeichnet. Diese psychoakustischen Merkmale der Stimuli werden später genauer erklärt.

### **2.2.2.4. Methode der „FUSED RHYMED WORDS“:**

Wexler und Halwes (1983) verwendeten ebenfalls verschiedene Stimulusqualitäten. Sie stellten sich reimende Wortpaare zusammen, so daß die beiden Einheiten beim Hören zu einer Einheit verschmolzen, d.h. es wurde nur noch ein Wort gehört. Der von den Versuchspersonen gehörte Stimulus wurde meist auf dem rechten Ohr dargeboten. Diese Methode führte zu einem konsistenten und robusten Rechtsohrvorteil. (Bryden, 1988)

### **2.2.2.5. Techniken mit nonverbalem Material:**

Als Stimulusmaterial für die Untersuchung der Lateralität für nichtsprachliches Material wurden z.B. von einem Instrument gespielte Musik, aber auch Umweltgeräusche verwendet. Es konnte hier ein Vorteil für das linke Ohr nachgewiesen werden (Kimura, 1964).

Die folgende Abbildung 3 gibt einen Überblick über Untersuchung zur Ohrdominanz, unterschieden nach der Überlegenheit des rechten oder linken Ohres, sowie Tests, die keine Überlegenheit nachweisen konnten.

Test	Literatur
<i>Tests, die eine Überlegenheit des rechten Ohres zeigen</i> Zahlen Wörter sinnfreie Silben Formantenübergänge rückwärts Gesprochenes Morsezeichen schwierige Rhythmen prosodische Entscheidungen Prosodie bei Formantenübergang Ordnen zeitlicher Informationen bewegungsbezogene Töne	Kimura 1961 Kimura 1967 Kimura 1967 Lauter 1982 Kimura & Folb 1968 Papcun et. al. 1973 Natale 1977 Zurif 1974 Halperin et.al. 1973 Divenyi & Efron 1979 Süssmann 1979
<i>Tests, die eine Überlegenheit des linken Ohres zeigen</i> Melodien Akkorde Umweltlaute emotionale Lautgebung und Summen von Melodien Prosodie, unabhängig vom sprachlichen Inhalt komplexe Tonhöhenwahrnehmung	Kimura 1964 Gelfand et. Al. 1980 Curry 1977 King & Kimura 1972 Zurif 1974 Sidtis 1982
<i>Tests, die keine Überlegenheit eines Ohres erkennen lassen</i> Vokale isolierte Laute Rhythmen unmelodisches Summen	Blumstein et.al. 1977 Darwin 1974 Gordon 1970 van Lancker & Fromkin 1973

Abb. 3: Überblick über Tests zur Überlegenheit eines Ohres bei dichotischen Reizen (Kolb & Wishaw, 1993, S. 175)

### 2.2.3. Erklärungsmodelle für das dichotische Hören

Es existieren zwei Haupterklärungsmodelle für das Auftreten eines Ohrvorteils (Bryden, 1988):

#### 2.2.3.1. Strukturtheorie:

Die erste stammt von Kimura (1967) und wird allgemein als „Strukturtheorie“ bezeichnet. Sie erklärt den Ohrvorteil in seiner Beziehung zur Anatomie und Physiologie des auditorischen Systems.

#### **Exkurs:**

#### **Anatomie und Physiologie der afferenten und efferenten Hörbahn (nach Hellbrück, 1993)**

##### **1. afferente Hörbahn**

Die in der Cochlea induzierten Erregungen werden über afferente neuronale Bahnen in spezifische Hirnareale geleitet. Dieser Weg wird auch innerer Gehörgang (Meatus acusticus internus) genannt. Die erste Verschaltung der Neuronen des Nervus acusticus (Teil des VIII. Hirnnervs) erfolgt im Spiralganglion, die zweite in den drei Hörkernen (Nuclei cochlearis). Nun teilt sich die Hörbahn in drei Teile auf: Die seitliche Schleifenbahn (Leminicus lateralis) führt über den Colliculus inferior (untere Hügel der Vierhügelplatte) und den mittleren Kniehöcker (Corpus geniculatum medialis) in die kontralaterale Hirnhälfte. Sie stellt den Hauptstrang der Hörnerven dar. Einige Fasern enden in der Formatio reticularis. Die beiden anderen Teile verlaufen von den vorderen Hörkernen (Nuclei cochlearis ventralis) zu den Oliven. Ein geringer Anteil der ipsilateralen Nervenfasern verläuft zur ipsilateralen Hirnrinde.

Die Heschl'sche Querwindung im Temporallappen ist der vorläufige Endpunkt für akustische Informationen. Die Verbindung zwischen kontralateraler und ipsilateraler Hörbahn besteht vor allem im Bereich der Vierhügelplatte und über das Corpus Callosum, das etwa 200 Millionen Nervenfasern der beiden Hemisphären miteinander verbindet.

## 2. efferente Hörbahn

Die efferente Hörbahn wird auch zentrifugale Bahn genannt. Ein wichtiger Bestandteil ist das olivocochleäre Bündel. Die ipsilateral verlaufenden Fasern bezeichnet man als das ungekreuzte olivocochleäre Bündel, die kontralateralen Fasern als das gekreuzte olivocochleäre Bündel. In der folgenden Abbildung 4 ist das akustische System nocheinmal schematisch abgebildet.

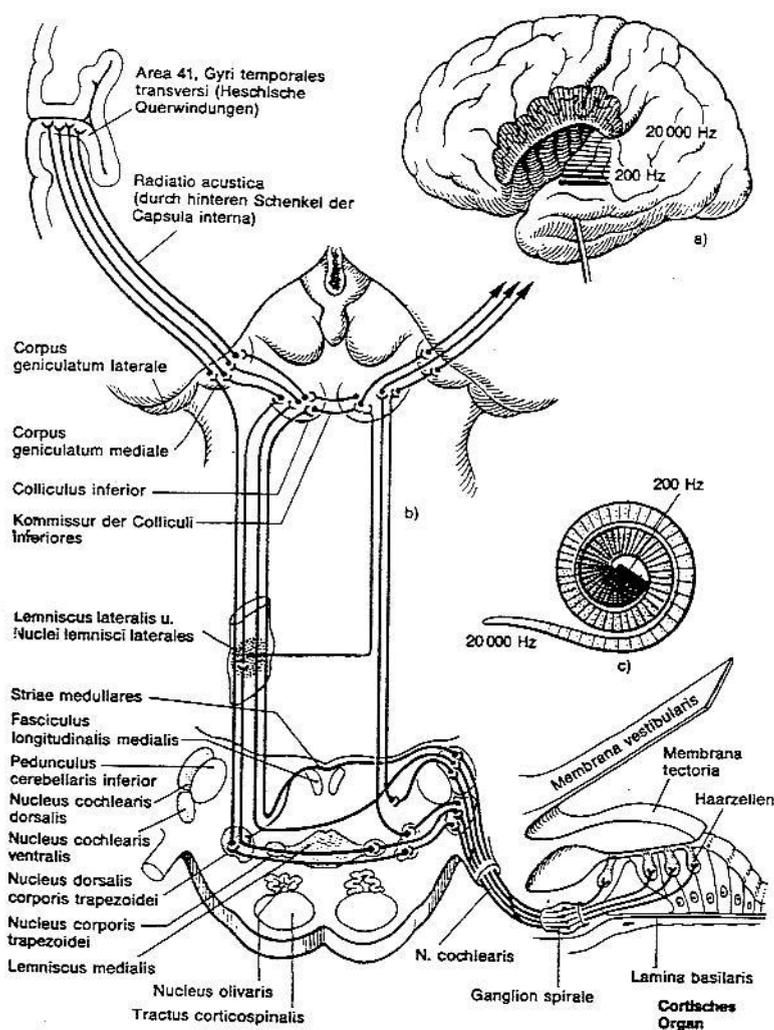


Abb. 4: akustisches System, nach Duus (1990)

Ipsilaterale Hörbahnen werden bei kompetitiver Reizung beider Ohren durch dichotische Stimuli gehemmt. Dies zeigen Befunde bei Split-Brain Patienten (Zaidel, 1983, Sparks & Geschwind, 1968, Sparks, Goodglass & Nickel, 1970). Voraussetzung ist eine konkurrierende Stimuluspräsentation. Die kontralateralen Hörbahnen sind morphologisch stärker ausgebildet als die ipsilateralen Bahnen, größer in ihrer Anzahl und schneller in ihrer Verarbeitungsgeschwindigkeit.

Nach Kimura kommt ein REA für verbales Material durch einen schnelleren (direkteren) Zugang zum linken auditorischen Kortex und demzufolge auch zu den Regionen des Kortex, die mit sprachlicher Verarbeitung und Sprachverständnis korrelieren, zustande.

### **2.2.3.2. Aufmerksamkeitstheorie**

Das zweite Modell wird als „Aufmerksamkeitstheorie“ bezeichnet (Kinsbourne 1970, 1973, 1975). Hier wird die Aufmerksamkeit als wesentlicher Faktor für das Zustandekommen eines Ohrvorteils angesehen. Die Erwartung der auditiven Wahrnehmung von sprachlichem Material führt zu einer Voraktivierung der auf Sprache lateralisierten Hemisphäre. Bei nichtverbalen Stimuli wird die kontralaterale Hemisphäre voraktiviert.

Weitere Forschungen ergaben, daß keine der beiden Ansichten alle Beobachtungen erklärt. Wenn nur die Aufmerksamkeitstheorie relevant wäre, dürfte es nicht möglich sein, beide Hemisphären gleichzeitig zu aktivieren. Dies wurde allerdings bereits in einer Untersuchung von Goodglass & Calderon (1977) und Ley & Bryden (1982) nachgewiesen. Auf der anderen Seite wiesen Spellacy & Blumstein (1970) nach, daß Aufmerksamkeitseffekte einen Einfluß ausüben können: Derselbe dichotische Stimulus produziert einen LEA, wenn der Proband einen nonverbalen Stimulus erwartet und einen REA, wenn ein verbaler Stimulus erwartet wird. Dies wirft allerdings die Frage auf, ob es wirklich der Stimulus selbst ist, der die Art des Ohrvorteils bestimmt oder nicht eher die Voraktivierung, die Erwartung bestimmten Stimulusmaterials.

### 2.2.3.3. Theorie von Bryden:

Eine weitere Theorie stammt von Bryden (1982), der als Erklärung eine perzeptuelle Asymmetrie annimmt. Die direkt zur linken Hemisphäre führende Nervenbahn des rechten Ohres soll mit einem größeren Signal-Rausch-Abstand begünstigt sein. Bryden schlug 1988 ein modifiziertes strukturelles Modell vor, das Aufmerksamkeitseffekte einbezieht.

Bryden stellte 1988 folgende Theorie vor (Bryden, 1988):

Allgemein gibt es also zwei Wege, über die eine Information vom rechten Ohr in die linke Hemisphäre gelangen kann: **direkt** über die kontralaterale aufsteigende Hörbahn oder **indirekt** über die ipsilaterale aufsteigende Hörbahn. Hierbei wird die Information erst in die rechte Hemisphäre und dann über das Corpus Callosum in die linke Hemisphäre weitergeleitet. Man nehme an, eine Transmission über das Corpus callosum führt zu einem qualitativen Verlust von Information in dem Verhältnis  $t$  und nehme man weiterhin an, daß die Information die linke Hemisphäre erreichen muß, um analysiert zu werden. Die in der linken Hemisphäre ankommende Information kann dann ausgedrückt werden als die Summe der über die kontralateralen Bahnen geleiteten Informationen  $C$  und der über die ipsilateralen Bahnen ankommenden Informationen  $I$ . Die Verhältnisse der Summe der in der sprachspezialisierten Seite ankommenden Information sind pdann:

$$RE = C + I(1-t) = C + I - It$$

$$LE = I + C(1-t) = C + I - Ct$$

RE wird LE überschreiten, wenn  $Ct > It$  oder wenn  $C > I$ . Dies ist der Fall, wenn  $I$  eine Teilproportion ( $p$ ) von  $C$  ist, d.h.  $I = pC$  mit  $p < 1$ .

Das bedeutet, die Größe des REA's hängt von  $p$  ab.  $P$  stellt hier einen Index der relativen Stärke der kontralateralen und ipsilateralen Bahnen dar. Es kommt also nach Auffassung von Bryden ausschließlich auf die Schwächung der ipsilateralen gegenüber der kontralateralen Transmission an. Zu beachten sind allerdings die intraindividuellen anatomischen Unterschiede und deren Einfluß auf Unterschiede in der Informationsverarbeitung und -weiterleitung.

Anzuführen wäre noch die Theorie von Efron et. al. (1983), der annahm, daß der REA durch einen „Temporallappen-Verstärkungsmechanismus“ (TLEM) zustande kommt. Diese Theorie

bezieht sich auf die nachgewiesene Größendifferenz des Planum temporale und deren Bedeutung für die Verarbeitung komplexer sprachlicher Aufgaben. Ein größeres Planum temporale ermöglicht demnach der linken Hemisphäre die bessere Verarbeitung von komplexeren auditorischen (sprachlichen) Signalen als in der rechten Hemisphäre. Umgekehrt kann die rechte Hemisphäre einfachere auditive Signale besser verarbeiten. Zusammenfassend könnte man sagen, daß sowohl Ohreffekte wie auch Hemisphäreneffekte existieren. Die Untersuchungen zu Größenunterschieden beziehen sich allerdings auf post-mortem Untersuchungen, so daß die exakte Untersuchung des Zusammenhangs problematisch, bzw. im Moment noch nicht möglich ist.

Individuelle Unterschiede können sowohl in verschiedenen subkortikalen Asymmetrien, wie auch in dem Grad der Lateralisation auftreten. Es gibt eine Untersuchung von Heikki Lyytinen et.al. (ohne Angaben) von der Jyvaeskylae Universität, in der sie während der dichotischen Präsentation von dichotischen CV-Silbenpaaren die Event Related Potentials (ERP's) maßen. Danach verglichen sie die ERP's mit den Zeitpunkten der dichotischen Präsentation. Sie konnten nachweisen, daß REA-Probanden eine P3 über dem linken Cortex zum Zeitpunkt der Stimulation aufwiesen, während LEA-Probanden eine P3 über dem rechten Cortex aufwiesen. (Zitat nach Davidson & Hugdahl, 1995)

#### **2.2.4. Einflußfaktoren des Stimulusmaterials auf dichotisches Hören**

Psychoakustische Eigenschaften des Reizmaterials sind von großer Bedeutung bei der Entwicklung und Durchführung eines dichotischen Tests, besonders bei der Bearbeitung und Verwendung von Wortpaaren und/oder CVC-Silben. Der Einfluß psychoakustischer Merkmale wurde bereits von Studdert-Kennedy & Shankweiler (1970) nachgewiesen. Eine kurze allgemeine Übersicht über die Psychoakustik der Sprache ist bei Interesse im Anhang zu finden.

##### **2.2.4.1. Einfluß von Stimmhaftigkeit auf das dichotische Hören**

Ob ein Anfangskonsonant stimmhaft oder stimmlos wird, hängt von dem Zeitpunkt ab, an dem die Stimmbänder zu vibrieren beginnen. Dies wird auch Voicing-Onset-Time (VOT) genannt. Bei einem stimmhaften Laut fällt der Zeitpunkt der Auslösung des Verschußlautes mit der Vibration der Stimmbänder zusammen. Bei einem stimmlosen Laut setzen die Schwingungen erst nach der Auslösung des Verschußlautes ein. Bei den in diesem Test

verwandten Wörtern Colt und Gold würde es sich z.B. um ein und dasselbe Wort handeln, wenn sie sich nicht in dem distinktiven Merkmal der Stimmhaftigkeit unterscheiden würden.

Bei gleichzeitiger Präsentation eines Wortpaares mit stimmhafter/stimmloser Kombination (z.B. Bau - Tau) entsteht eine Stimulusdominanz für das Wort mit den stimmlosen Anfangskonsonanten (Tau), wahrscheinlich aufgrund der kürzeren VOT (Wexler & Halwes 1983).

#### **2.2.4.2. Einfluß des Vertrautheitseffektes von Wörtern und Worterwerb auf das dichotische Hören**

Das Grundsätzliche des Perzeptionsvorganges besteht darin, daß ein akustisches Ereignis im Gedächtnis mit den bereits gespeicherten Informationen verglichen und klassifiziert wird. Der Mensch erwirbt durch Lernen einen neuen Wortschatz und das regelmäßige Üben der Wörter führt zu einer Verbesserung, einem Vertrautheitseffekt. Je öfter ein Wort im Alltag benutzt wird, umso schneller wird es erkannt. Am Mannheimer Institut für Deutsche Sprache sind Worthäufigkeiten für die deutsche Sprache bestimmt worden. Der Mannheimer Korpus MK 1 umfaßt 32 Texte mit 2,2 Millionen Wörtern, aus denen die Häufigkeiten berechnet wurden (Miller, 1995). Bei der Untersuchung mit dichotischen Tests wird vorher die Bekanntheit und Vertrautheit der Wörter abgefragt. Bei Kindern ist es aufgrund des geringeren Umfangs des Wortschatz notwendig, von Anfang an Begriffe zu verwenden, die einfach und ihnen bekannt sind.

#### **2.2.5. Einflußfaktoren der Person**

##### **2.2.5.1. Einfluß der Händigkeit auf das dichotische Hören**

Die Händigkeit der Versuchspersonen steht in Beziehung zur cerebralen Sprachlateralisation (Segalowitz & Bryden, 1983). Normale Links- und Rechtshänder unterscheiden sich demzufolge in ihren Ergebnissen im dichotischen Test. Rechtshänder tendieren eher zu einem REA als Linkshänder.

Eine zusammenfassende Meta-Studie von 18 Untersuchungen (Bryden, 1988a) zeigte, daß 10 dieser Studien einen signifikanten Händigkeitseffekt nachweisen konnten. Ein viel

größerer Anteil der Rechtshänder wies einen REA auf als Linkshänder. Insgesamt erhielten 82% der Rechtshänder und 64% der Linkshänder einen REA. Das höchste Signifikanzniveau wiesen hierbei die Wortlisten auf.

### **2.2.5.2. Geschlechtsunterschiede**

Es besteht Grund zur Annahme, daß Geschlechtsunterschiede ebenfalls Einfluß auf die Hemisphärenlateralisation haben (Bryden, 1988a). In der Neuropsychologie hat sich mehr und mehr die Auffassung durchgesetzt, daß Männer eine stärkere Lateralisation aufweisen als Frauen. Auch in der Diplomarbeit von Beier (1994) konnte dieser Einfluß des Geschlechts auf die Ausprägung des REA's nachgewiesen werden. Der Prozeß der Lateralisation vollzieht sich allerdings über Jahre hinweg bis in die Jugend und das frühe Erwachsenenalter. Er wird von genetischen und äußeren (Umwelt-) Determinanten bestimmt. In einem dichotischen Test (Konsonant-Vokal-Silben) erreichten im Gegensatz zu den Befunden bei Erwachsenen die Mädchen bessere Ergebnisse aufgrund schnellerer Entwicklung der Sprachlateralisierung (Bissell & Clark, 1984).

### **2.2.5.3. Familiäre Händigkeit**

Tendentiell kann bei Linkshändern mit familiärer Linkshändigkeit (FS+) das spiegelbildliche Muster der hemisphärischen Organisation häufiger gefunden werden als bei den Linkshändern ohne familiäre Linkshändigkeit (FS-) (Zurif & Bryden, 1969). Möglicherweise erhielten die letztgenannte Gruppe der Linkshänder ihre Hemisphärenorganisation als Folge der Plastizität des Gehirns (z.B. durch frühe Hirnschädigungen, Geburtsstress oder andere nicht-genetische Ereignisse). In ihrer kortikalen Organisation verhalten sie sich deshalb eher wie normale Rechtshänder.

### **2.2.6. Neuere dichotische Untersuchungen in deutscher Sprache**

Jäncke et. al. führten (1992a) eine Studie durch, in der Probanden mit sieben verschiedenen dichotischen Tests getestet und die Ergebnisse miteinander verglichen wurden (freie Wiedergabe von Zahlenreihen, freie Wiedergabe von CV-Silben, 4 verschiedene CV-Silben-

Monitoring-Tests, freie Wiedergabe von Morsecodes). Es wurde synthetisches Testmaterial verwendet. Die Ergebnisse waren nicht sehr konsistent. Nur 38-77% der Rechts- und Linkshänder zeigten einen gleichgerichteten Ohrvorteil in jeder möglichen Kombination zweier Tests. Als Ursache vermuteten sie psychometrische, prozedurale und phonetische Qualitätsunterschiede. Sie schlossen daraus „that individual predictions of language dominance are not justified using the dichotic listening tests evaluated in the present study.“ (Jäncke, 1992a, S.941)

Jäncke et. al. (1992b) stellten in der Veröffentlichung drei neu entwickelte dichotische Tests vor (einen Konsonant-Vokal-Recall-Test und zwei Monitoring-Tests, die aus dem gleichen Material zusammengesetzt sind). Weiterhin existiert der in der Diplomarbeit von Beier (1994, Hättig, Beier, Diesch, 1996 in Vorbereitung; Hättig, Beier, Meencke, 1995) vorgestellte dichotische Hörtest, ein sogenannter Fused Rhymed Words Test. (übertragen aus der englischen Version von Wexler & Halwes (1983).

### 2.3. Fused Rhymed Words Test

#### 2.3.1. Die Entstehung des Fused Rhymed Words Test

Der ursprüngliche Test besteht aus 15 einsilbigen sich reimenden Wortpaaren, die sich nur im Anfangskonsonanten unterscheiden /b,p,d,t,g,k/, z.B. coat-goat. Diese Wortpaare wurden dichotisch dargeboten. Die Stimuli des Tests wurden nach digitaler Aufnahme mit einem Computerprogramm modifiziert. Hierbei werden z.B. die Anfangskonsonanten (der **distinktive Anteil** des Wortes bzw. der Silbe) abgetrennt, in ihrer zeitlichen Länge angeglichen und mit dem **gleichbleibenden Anteil** der beiden Wörter oder Silben verbunden. Diese Methode wird auch **Cross-Splicing** genannt. Die zeitgleiche dichotische Präsentation dieser beiden Wörter führt, bei geeigneter Instruktion, zu einer interauralen Fusion, so daß die Versuchsperson nur ein Wort hört. Ursprüngliche Versionen von Johnson et. al. (1977) und Halwes (1969) wurden von Wexler & Halwes (1983) zu einem neuen FRWT weiterentwickelt. Das gehörte Wort wird aus vier angebotenen Wörtern ausgewählt. Der Effekt war bei Repp (1976) so groß, daß die Versuchspersonen nicht mehr in Lage waren, die binauralen Items (das gleiche Wort auf beiden Kanälen) von den dichotischen Paaren zu unterscheiden. Die beiden Wörter werden auf vertauschten Kanälen im späteren

Verlauf ein weiteres Mal dargeboten. Zwei Antworten für ein und dasselbe Ohr beim gleichen Paar ergeben einen Ohr(vorteils)punkt. Die Versuchsperson könnte also

- einen Ohrvorteil durch Hören der beiden Zielitems produzieren
- eine Stimulusdominanz produzieren (zweimal derselbe Stimulus gehört)
- ein völlig anderes Wort hören (Wexler & Halwes nennen dieses Phänomen „Mischung“ (blend)).

Die Antwortmöglichkeiten (mit Ausnahmen der „Mischung“) sind in der folgenden Abbildung 5 für einen Versuchsdurchlauf dargestellt.

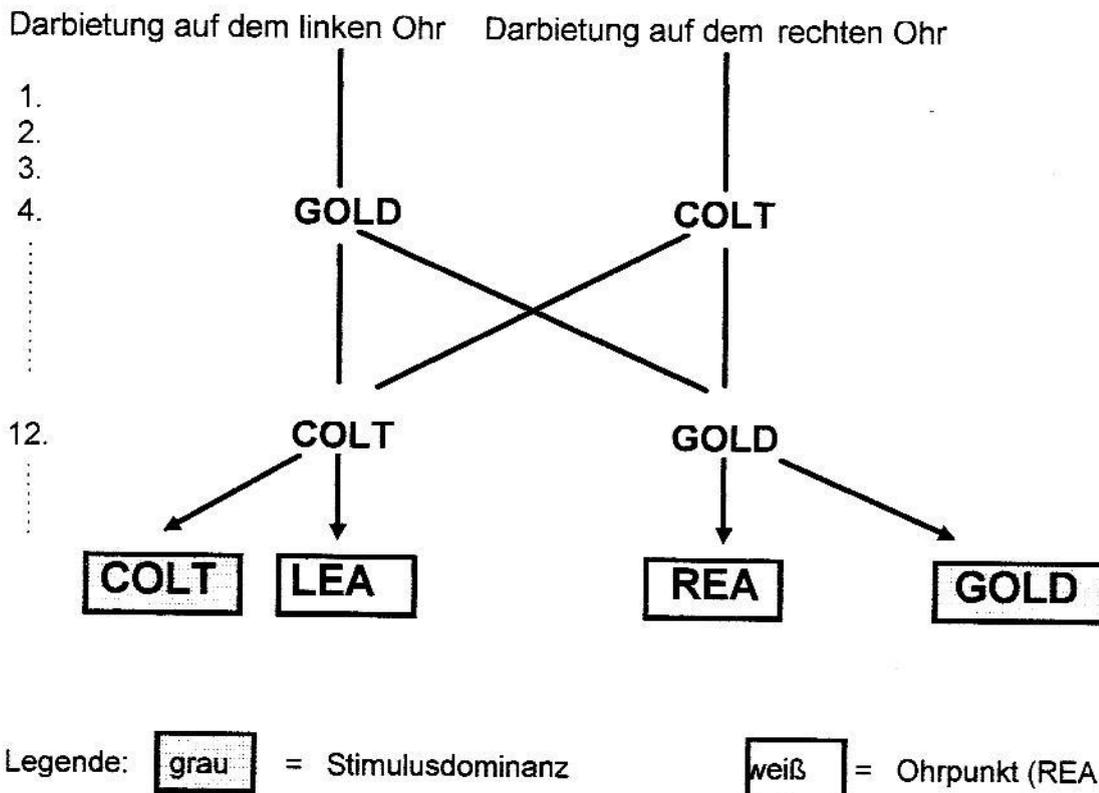


Abb. 5: Darstellung der möglichen Antworten des FRWT

Dieser Test bietet den Vorteil der Minimierung des Einflusses von attentionalen Faktoren und ermöglicht eine Unterscheidung zwischen Stimulusdominanz und Ohrvorteil.

Mehrere Untersuchungen von Wechsler und Halwes zeigten, daß diese Form des dichotischen Test eine hohe Reliabilität aufweisen. Die Test-Retest-Korrelationen für

sinnfreie Silben lagen bei 0.88 und 0.91 (Pearson  $r$ ) in wiederholten Untersuchungen (Wexler, Halwes & Heninger, 1981). Für die Wörter ergaben sich Korrelationen von 0.85 bis 0.87 (Wexler & Halwes, 1983). Bei einem Chi-Quadrat-Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < .10$  erhielten 85% von 194 Rechtshändern einen REA, 3% hatten gleich häufige Rechts-Links-Antworten und 12% erhielten LEA's. Bei einem  $p < .30$  erhielten 97% einen REA. Von 175 Linkshändern erhielten im selben Test 71% einen REA und 29% einen LEA. (Wexler, 1988)

Martin Beier (1994) entwickelte in seiner Diplomarbeit eine deutsche Version des Fused Rhymed Words Test und prüfte die Übereinstimmung der Testergebnisse mit den Ergebnissen des Wada-Tests an zwei Stichproben von Patienten mit fokaler Epilepsie. Die Validierung an dem Wada-Test erbrachte eine Übereinstimmung von 0.91 in den WADA-Kategorien linkshemispherische, rechtshemispherische und bilaterale Sprache.

Aus den englischsprachigen Untersuchungen war bekannt, daß bei einer Paarung von stimmhaft/stimmlos eine Stimulusdominanz für stimmlose Anfangskonsonanten zu erwarten war. Bei den Items wurden nur Paarungen ausgewählt, die gleiche Stimmhaftigkeit aufwiesen, d. h. es wurde nur stimmhaft/stimmhaft oder stimmlos/stimmlos gepaart. Grund dafür sind die unterschiedlichen Zeitdifferenzen vom Beginn eines Konsonanten bis zum Konsonanten-Vokal-Übergang (VOT) und die unterschiedlichen Amplituden des Konsonantenbeginns.

Die Stimuli wurden digital aufgenommen und auf dem Computer mit einem Verarbeitungsprogramm neu geschnitten. Die genaue Vorgehensweise wird im Kapitel 3 ausführlich erläutert. Es wurden in der Voruntersuchung diejenigen Wörter ausgewählt, die am besten lateralisierten und diese dann an der Zielgruppe getestet (21 Itempaare). Vor Durchführung des Tests wurde eine Audiometrie durchgeführt, um eventuelle Hörverluste abzuklären.

Als besonders gut lateralisierend zeigten sich in dieser Untersuchung die Paarungen T/K, T/P und P/K. Für die linke Ohrseite wurden zwar die gleichen Lateralisierungseffekte mit den gleichen Konsonantengruppen erzielt, jedoch nicht von den gleichen Items, d.h. es gab einige Itempaare, die regelmäßiger einen LEA produzierten und es gab Itemgruppen, die eher einen REA produzierten. Interessant war auch das Problem der Stimulusdominanz: warum hörten einige Probanden immer „Preis“, andere dagegen immer „Kreis“? Beier (1995)

gibt hierfür als Erklärungsmöglichkeit eine individuell verschiedene Konsonantenwahrnehmungs- bzw. unterscheidungsfähigkeit an. Die Ergebnisse aus dieser Arbeit wurden als Grundlage für diese Diplomarbeit mitverwandt.

#### **2.4. Berechnung des Ohrvorteils - Lateralitätsindizes**

Zu Beginn der Forschung wurden die Leistungen der linken und rechten Gehirnhälfte in einer Art „Alles oder Nichts“-Methode bewertet. Inzwischen nimmt man an, daß die Lateralität eine kontinuierliche Variable ist. Um diese darzustellen, brauchen wir einen Index, um Beziehungen zwischen dem Grad der Lateralität und Verhalten beweisen zu können.

In der Regel werden bei einem dichotischen Test die korrekten Antworten und die Fehler auf jedem Kanal gezählt. Desweiteren kann die Reihenfolge der dargebotenen Stimuli erfaßt werden (cued recall). Im Laufe der Forschung nach geeigneten Berechnungsmöglichkeiten für den Ohrvorteil ergab sich ein Shift von psychologischen und empirischen Methoden hin zu mathematisch orientierte Formen der Ohrvorteilmessung (d.h. nach statistisch/mathematischen Eigenschaften ausgewählt).

Es entstand ein Interesse an Indizes, die ein möglichst exakte Messung des Lateralisationsgrades zuließen und die besten statistischen Eigenschaften hatten.

Kimura (1961a, 1961b, 1963) benutzte zur Messung der Lateralität den Differenzindex, dh. Differenz der rechts wiedergegebenen Items minus den links wiedergegebenen Items.

$$D = R - L$$

Dieser Index weist eine hohe Leistungsabhängigkeit von der Tagesform des Probanden auf, ist in hohem Maße instabil und korreliert mit der Gesamtperformanz.

Repp (1976, 1977) entwickelte mehrere Indices zur Lateralitätsmessung: der phi-Koeffizient, die Zählung richtig wiedergegebenen Items in Prozent (POC = Percent of Correct) und der entstandenen Fehler (POE = Percent of Error). Weiterhin bot der Autor (Repp, 1977) den den e-Index an:

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

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

Pr = Zahl der korrekten Antworten rechts

Pl = Zahl der korrekten Antworten links

$P_0 = 1/2(Pr + Pl) \Rightarrow$  Mittelwert, durchschnittliche Gesamtleistung

Vorteilhaft ist, daß der e-Wert sich in einem Wertebereich von -1 bis 1 bewegt, egal welchen Wert  $P_0$  annimmt.  $P_0$  und e sind nicht voneinander abhängig. Ein Nachteil ist der abrupte Umschlagpunkt der Funktion bei einem  $P_0$ -Wert von 0.5.

Die bisher benannten Indices nutzen die vorhandenen Daten nicht genügend aus und sind unzureichend in ihren statistischen Qualitäten. Es wurde ein Index benötigt, der diese Eigenschaften besitzt und der auf eine Vielzahl verschiedener experimenteller Designs anwendbar ist.

Einen solchen entwickelten Bryden & Sprott (1981) mit dem Lambda-Index:

$$\lambda = \ln(Rc/Rm) - \ln(Lc/Lm)$$

Rc - Right correct

Rm - Right mistakes

Lc - Left correct

Lm - Left mistakes

Der  $\lambda$ -Index besteht aus dem Verhältnis der Ohrvorteile (nicht der Wahrscheinlichkeiten) und ist eine Funktion des natürlichen Logarithmus. Der Index ist mathematisch unabhängig von der Gesamtperformanz. Weitere Vorteile liegen in den statistischen Qualitäten und in einer Verbesserung der Aussagekraft der gewonnenen Daten. Die Funktion ist abgerundet und

harmonisch und es ist eine Berechnung auf statistische Signifikanz durch z-Transformation mithilfe der Formel  $z = \lambda/\sigma$  möglich. Der z-Wert muß größer als 1,64 bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p=0.05$  sein, um statistisch signifikant zu werden.

Bryden & Sprott (1981, S.581):

„Dieses Maß liefert einen Index der Lateralisierung, der nicht von der globalen Treffsicherheit abhängt und für den Signifikanztests für Gruppen und Einzelindividuen berechnet werden können. Der Index kann auf die meisten der gegenwärtig üblichen Techniken angewandt werden, mit denen Wahrnehmungslateralisierung und hemisphärische Asymmetrie bestimmt wird. Er liefert ein empfindliches Maß für die Bestimmung von individuellen und von Gruppendaten und hängt nicht von Inkongruenzen anderer Indices ab.“

Grimshaw, McManus & Bryden (1994) boten einen weiterentwickelten Lambda-Index an,  $\lambda^*$  ein Parameter der Interaktion von Antwort und Anordnung. Er entspricht dem normalen Index nach statistischer Kontrolle der Stimulusdominanz (mit loglinearer Analyse). Beide Werte  $\lambda$  und  $\lambda^*$  ergaben in der Studie von Bryden et.al. nur geringe Unterschiede, wobei sich der e-Wert von Repp erheblich von ihnen unterscheidet. Bryden kommt zu folgendem Schluß: „ $\lambda$  may provide a good approximation to  $\lambda^*$  and is certainly easier to calculate.“ (Bryden et.al. 1994, S. 282) Aus diesem Grunde wird in dieser Untersuchung der ursprüngliche Lambda-Index verwendet werden.

In dem in dieser Studie verwandten Fused Rhymed Words Test gibt es kaum falsche Antworten. Also ergibt sich für den FRWT ein Lambda-Index wie folgt:

$$\lambda = \ln R - \ln L = \ln (R/L)$$

Ein Ohrpunkt setzt sich aus zwei Antworten zusammen (wenn bei Darbietung einfach und mit vertauschten Kanälen zwei verschiedene Worte gehört werden). Für einen Wert von 0 wird per Definition der Wert 1 ersatzweise eingesetzt, um die Lösbarkeit der mathematischen Gleichung zu erhalten  $\{\ln(0) = \text{nicht lösbar}\}$ . Daraus könnten sich allerdings einige Probleme ergeben, da mehr Ohrpunkte verteilt werden, als erreicht wurden. Dies könnte zu einer Verfälschung des Ergebnisses führen. Aus diesem Grund soll in dieser Untersuchung der Vergleich mit anderen Möglichkeiten der Berechnung erfolgen (z.B. durch Einsatz eines geringeren Wertes, durch Berechnung der standardisierten Differenzwerte).

Der Lambdaindex kann positive und negative Werte annehmen, wobei ein positiver Wert als Hinweis auf die Dominanz der linken Hirnhälfte für sprachliches Material, ein negativer als Hinweis auf Dominanz der rechten Hirnhälfte gewertet wird. Der Bereich von -1 bis 1 könnte auf Bilateralität hinweisen (Beier, 1994).

Der Wada-Test zeigt hohe Übereinstimmung mit den Werten des FRWT. In der Diplomarbeit von Martin Beier (1994) konnte eine Übereinstimmung von 91% nachgewiesen werden.

## **2.5. Vergleich von Wada-Test und Fused Rhymed Words Test**

Als allgemeine Kritik ist anzuführen, daß dichotische Tests am WADA-Test validiert werden, obwohl dieser selbst keinesfalls standardisiert und objektiv durchgeführt oder ausgewertet wird.

**Welche Vorteile hat ein dichotischer Hörtest im Vergleich zu der Methode des Wada-Testes, besonders im Hinblick auf die Anwendung bei Kindern?**

- Der FRWT ist ein noninvasives Verfahren, es besteht kein gesundheitliches Risiko
- Die Testdurchführung ist technisch einfach und für Kinder verständlich
- Bei dem FRWT spielen die Gedächtnisleistungen keine wesentliche Rolle, die Ermüderscheinungen sind gering .
- Die Untersuchung hat einen geringen zeitlichen Umfang.
- die Motivation ist für den FRWT bei Kindern höher einzuschätzen als für ein Verfahren wie die WADA-Prozedur
- der Test kann jederzeit wiederholt werden

Wichtig zu bemerken ist allerdings, das die Wada-Prozedur bisher und in der nächsten Zukunft auf keinen Fall durch ein Verfahren wie den FRWT vollständig ersetzt werden könnte.

### 3. Dichotisches Hören bei Kindern

#### 3.1. Dichotische Untersuchungen bei Kindern

Nach einer Untersuchung von Kinsbourne & Hiscock 1977 sind Kinder im Alter ab 3 Jahren mit Zahlen testbar. Schwieriger wird es mit nonsense-Material (Silben). Diese können erst ab 5 Jahren untersucht werden. Gedächtnisprozesse können sich speziell in Studien mit CVC-Silben und/oder Wortpaaren nicht störend auswirken, da das Kind nur einen Stimulus pro Versuch wiedergeben muß. Bei zu schwierigem Material erhält man zwar die experimentelle Kontrolle, verliert allerdings das Interesse des Kindes.

Mehrere Studien gingen der Frage nach, ob sich im Laufe der Entwicklung ein zunehmender Rechtsohrvorteil (REA) nachweisen läßt. Neben einigen bestätigenden Untersuchungen gibt es aber auch einige Ausnahmen (z.B. Kimura 1963). Man fand typischerweise für rechtshändige Kinder signifikante REA's und eine signifikante Erhöhung des Gesamthörens mit dem Alter, aber keinen Zusammenhang zwischen Alter und Ohr. Dazu kommen Studien, die vermuten ließen, daß der REA für verbale Stimuli erst mit höherem Alter signifikant wird. Satz et.al. (1975) fand eine Erhöhung des REA's im Alter von 5-11 Jahren, die erst im Alter von 9 Jahren statistisch signifikant wurde.

Weiterhin wird vermutet, daß ein REA bei Kindern, deren sprachliche und kognitive Entwicklung verzögert ist, aufgrund der langsamer fortschreitenden Lateralisierung des Gehirns (noch) nicht vorhanden sein könnte. Dies galt in einer Untersuchung von Geffner & Hochberg (1971) besonders für Kinder mit geringem sozioökonomischen Status.

Bakker, Hoefkens & van der Vlugt (1979) fanden in einer Langzeitstudie an Kindergarten- und Schulkindern eine altersbezogene Erhöhung der Gesamtperformanz des Hörens und einen signifikanten REA, konnten allerdings keinen steigenden REA bei steigendem Alter feststellen. Auch das Geschlecht hatte keinen Einfluß.

##### 3.1.1. Nonverbales Material

Wie aus den Erwachsenen-Studien bekannt ist, sollte nonverbales Material einen LEA produzieren. Die Kinder sollten in diesen Untersuchungen Umweltgeräusche benennen. Unter Einbeziehung von Bildern war die Gesamtleistung der untersuchten Kinder deutlich

höher (Piazza, 1970). Ein Gesamt-LEA konnte im allgemeinen nicht nachgewiesen werden, sondern nur für bestimmte Gruppen. Kraft wies (1984) einen LEA für nonverbales Material bei rechtshändigen Kindern aus dextralen Familien nach.

### **3.2. Methodische Besonderheiten bei der dichotischen Untersuchung von Kindern**

Bei Kindern müssen Besonderheiten für die Stimuli, Ausrüstung und Verfahrensdetails beachtet werden. Hiscock und Decter (1988) wiesen nach, daß es notwendig ist, die Testmethoden für Kinder anzupassen. Sie untersuchten Kinder mit den herkömmlichen Erwachsenen-Standardtestmethoden und mit angepassten dichotischen Methoden. Die Verwendung von adaptierten Methoden führte zu einem weitaus konsistenteren REA für Kinder im Alter von 2-3 Jahren. Es ist demzufolge notwendig, die verwendete Methode auf ihre Durchführbarkeit bei Kindern zu prüfen und gegebenenfalls zu verändern.

Die Stimuli müssen bedeutungshaltig und leichter aufzunehmen sein (als für Erwachsene): Das Stimulusmaterial stellt an kleine Kinder immer eine höhere Anforderung als an ältere Probanden. Eine Altersanpassung der Tests würde hingegen einen Verlust der Vergleichbarkeit nach sich ziehen.

Objektwörter und Verben erhalten im Verlauf der Entwicklung viel schneller Bedeutungshaltigkeit als z.B. Wörter, die psychische und/oder emotionale Zustände bezeichnen. Zudem erhält jedes Wort eine individuelle Bedeutung (Szagun, 1993). Aus diesem Grund ist es wichtig, als Stimulusmaterial möglichst einfache und bekannte Wörter zu verwenden. Der Gebrauch von Bildern als Unterstützung könnte zusätzlich den Einfluß der Wortbekanntheit verringern. Trotz intensiver Recherchen konnte ich keine Studie finden, die sich mit diesem Thema beschäftigt hat.

Schwierigkeiten bei der Testdurchführung können in der Altersgruppe und auch auf individueller Basis auftreten. Die Erhöhung der Länge einer dichotischen Liste führt z.B. dazu, daß die Kinder dazu tendieren, nach einem Schema zu antworten.

Junge Kinder sind begrenzt in ihrer Fähigkeit, die Instruktionen zu verstehen und Antworten zu geben. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, praktische Übungen mit Wiederholungen

und Demonstrationen mit den Probanden vor Beginn des eigentlichen Tests durchzuführen. Bei den Antworten haben sich Zeigeantworten mit Bildern als günstig erwiesen.

Ein wichtiger Punkt ist auch die Hörfähigkeit des Kindes. Die untersuchten Kinder müssen normal hören! Schon ein einseitiger Verlust von 5 Db verhindert die Verwendung eines normalen dichotischen Tests (Brady-Wood & Shankweiler, 1973). Die Audiometrie sollte auf jedenfall am selben Tag erfolgen, da die Hörfähigkeit schwanken kann.

Die Verwendung eines 'Lateralitätsindex' ist möglich.

Zusammengefasst bedeutet dies für einen brauchbaren dichotischen Test für Kinder:

- **Stimuli müssen bedeutungshaltig und leichter wahrzunehmen sein**
- **Der Test darf nicht zu lang sein (⇒ Konzentration)**
- **einfache Instruktionen**
- **einfache Antwortmöglichkeiten**
- **Verwendung von Bildern (Zeigeantworten)**
- **Übungen, Demonstrationen, praktische Versuche vor dem Test**
- **Durchführung einer Audiometrie am selben Tag**

## Empirischer Teil

### 4. Fragestellung und Hypothesen

#### 4.1. Fragestellung

Ziel dieser Untersuchung ist es, die Möglichkeit des Einsatzes eines dichotischen Fused Rhymed Words Tests bei Kindern zu erproben. Auch an Kindern werden bei entsprechender Indikation präoperativ Untersuchungen zur Lokalisation der Sprache durchgeführt. Die Probleme des Wada-Tests wurden bereits besprochen, desweiteren ist die Mitarbeitsbereitschaft der Kinder etwas problematischer als bei Erwachsenen.

Deswegen stellte sich die Frage der Anwendbarkeit des Testes für Kinder. Die bereits vorhandene Testversion von Martin Beier ist für Kinder nicht verwendbar, da hier Wörter benutzt wurden, die bei Kindern einen äußerst geringen Bekanntheitsgrad besitzen (z.B. Knauf/Trauf). Der Test hat viel zu geringe Interstimulusintervalle, erfordert Lesefähigkeiten und verzichtet auf die Verwendung bildlichen Materials.

Ziel ist es, einen Test zu entwickeln, der zu ähnlichen Ergebnissen führen würde wie der Test für Erwachsene. Die Vorteile wären:

1. Die Anwendung des dichotischen Test könnte die Anwendung invasiver Tests verringern und somit das Gesundheitsrisiko und die psychische Belastung verkleinern.
2. Die neue Testversion sollte mit den Kindern sehr einfach und kostengünstig durchzuführen sein und stellt eine sinnvolle Bereicherung für den Bereich der nichtinvasiven Methoden zur Bestimmung der Sprachlateralität dar.
3. Eine höhere Compliance kann erwartet werden.

Die Fragestellung der Untersuchung war demzufolge die Überprüfung eines kindgerechten neuentwickelten Fused Rhymed Words Test auf seine Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Arbeiten. Zunächst wurde das vorläufige Testmaterial (36 Wortpaare und 6 Silbenpaare) einer Stichprobe älterer Schüler (16-18 Jahre) vorgelegt. Die veränderte Version (Verwendung der am besten lateralisierenden Itempaare) wurde dann mit der

Zielgruppe durchgeführt. Diese Version bestand aus 12 zweisilbigen, einfachen und sich reimenden Wortpaaren, die in sechs Abschnitten vorgelegt wurden.

Als Zielgruppe wurden Kinder im Alter von ca. 5 -11 Jahren angesehen. Innerhalb dieser Gruppe wurden Alter, Geschlecht und Testreihenfolge zahlenmäßig konstant gehalten. Als wichtigste Variable soll die Studie den Einfluß von Wortbekanntheit, bzw. Gedächtniseinflüssen studieren. Hierzu soll der Test mit und ohne Bekanntheitsstütze durchgeführt werden. Zur Unterstützung der Wörter sollen bildliche Darstellungen verwendet werden, wobei bei jeder Darbietung die Bilder beider Wörter als Hilfe angeboten werden. Die fehlende Wortbekanntheit führt zu geringeren REA's, weil das Kind sich ohne Stützen eher für seinen „Favoriten“ entscheidet und damit Stimulusdominanzen produziert.

## 4.2. Hypothesen

Folgende Hypothesen wurden aufgestellt:

- Hypothese 1:** **Die Darbietungsart BILD führt zu höheren Rechtsohrvorteilen (Lambdawerten), als die Darbietungsart NACHSPRECHEN.**  
Bei „Nachsprechen“ wiederholt der Proband das von ihm gehörte Wort; in der Bedingung „Bild“ soll er das Wort zusätzlich zeigen. Dazu werden im Anschluß an die dichotische Darbietung die beiden möglichen Wörter als Bilder präsentiert.
- Hypothese 2:** **Das Alter hat einen Einfluss auf die Stärke des Rechtsohrvorteils**  
Innerhalb der Hauptgruppe gibt es eine Erhöhung des REA's mit den Alter.
- Hypothese 3:** **Es gibt eine Erhöhung des REA's in der Voruntersuchung (15-18 Jahre gegenüber der Hauptuntersuchung (6-9 Jahre).**

**Hypothese 4: Es besteht ein signifikanter Unterschied für die Ergebnisse zwischen den Geschlechtern. Hierbei sollten die weiblichen Versuchspersonen aufgrund in diesem Alter höherer sprachlicher Entwicklung einen höheren positiven Lambda-Wert aufweisen.**

In Hypothese 1 wurde die gleiche Stichprobe zweimal untersucht. Hier war der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen angezeigt. Für die Hypothesen 2, 3 und 4 wurde der Mann-Whitney-U-Test verwandt (unabhängige Daten). Ich entschied mich aufgrund der geringen Größe der Stichprobe für nichtparametrische Verfahren.

Beim Vergleich des Alterseinflusses zwischen den beiden Gruppen (Vor- und Hauptuntersuchung) wurden die Testbedingungen gleich behandelt. Im Vortest wurde selbst gelesen und markiert, in der Hauptuntersuchung hingegen entweder nur nachgesprochen oder auf Bilder gezeigt. Die höchstmögliche Vergleichbarkeit wurde in der Bedingung BILD erreicht, da auch hier zwei Entscheidungsmöglichkeiten optisch dargeboten wurden (unter den Bildern stehen die dazugehörigen Worte). Aus diesem Grund wurden also die BILD-Darbietungsergebnisse mit denen der „angepaßten“ Vorgruppe“ verglichen. Dafür wurde in der Vortestgruppe der Lambda-Wert für die extrahierten 12 Items berechnet und dieser mit den Ergebnissen der BILD-Darbietung verglichen.

### **4.3. Versuchspersonen**

Die gesamte Untersuchung wurde an verschiedenen Schulen in Königs Wusterhausen durchgeführt. Dazu wurde für jede der Schulen die Erlaubnis zur Durchführung eines neuropsychologischen Tests eingeholt.

Im Vorfeld beider Untersuchungen wurden in den Klassen Briefe an die Eltern (bzw. die Schüler, wenn sie bereits 18 Jahre alt waren) mit einer Einverständniserklärung verteilt. Zu jedem minderjährigen Schüler ist diese Erklärung der Eltern vorhanden.

### 4.3.1. Voruntersuchung

Die Voruntersuchung diente in erster Linie der Itemerprobung und Itemselektion auf ihre Einsetzbarkeit in einem dichotischen Test. Weiterhin sollte die Veränderung des Lambdawertes zwischen Vorgruppe und Hauptgruppe untersucht werden. Für die Voruntersuchung wurden 38 männliche Versuchspersonen im Alter von 16 bis 18 Jahren, davon 24 aus der gymnasialen Oberstufe und 14 aus einer Gesamtschule untersucht. Durch eine Selektion der Rechtshänder (mittels des Händigkeitswertes HR des Oldfield Handedness Testes), entfielen fünf Versuchspersonen, die unter einem Wert von 14 Punkten blieben (Maximalwert = 20). Die Entscheidung für den Wert 14 erfolgte nach Begutachtung der Verteilung der HR-Werte. Der Grund für die Herausnahme der Linkshänder besteht in der hohen Variabilität ihrer Sprachlateralisierung. In der Untersuchung von Beier (1994) konnte ein Unterschied zwischen den Ergebnissen der Geschlechter nachgewiesen werden. Es wurden hier nur männliche Schüler untersucht, um den Einfluß des Geschlechts auszuschließen. Die cerebrale Entwicklung ist in diesem Alter annähernd abgeschlossen.

### 4.3.2. Hauptuntersuchung

Die Probanden der Hauptuntersuchung waren 32 rechtshändige männliche und weibliche Schüler einer Grundschule im Alter von 6-9 Jahren. Auch hier lag für jeden der Probanden die Einverständniserklärung der Eltern vor.

Innerhalb der Stichprobe wurden die Faktoren Geschlecht (**männlich/weiblich** ⇒ **m/w**), Alter (**Alter 1: 6-7 Jahre; Alter 2: 8-9 Jahre** ⇒ **A1/A2**) und Reihenfolge der Darbietung (**BILD-NACHSPRECHEN BN** oder **NACHSPRECHEN-BILD NB** ⇒ **BN/NB**) ausbalanciert. Näheres hierzu ist im Kapitel 3.2. zu finden.

Daraus ergab sich folgender Versuchsplan:

Der Faktor Darbietungsart wurde abhängig untersucht, die Faktoren Geschlecht und Alter in unabhängigen Gruppen.

- 32 Versuchspersonen
- 16 weiblich, 16 männlich
- 8wA1, 8wA2, 8mA1, 8mA2

		<b>BN</b>	<b>NB</b>	
♂	A1	4	4	8
	A2	4	4	8
♀	A1	4	4	8
	A2	4	4	8
				$\Sigma = 32$

Abb. 6: Testbalance

## 5. Methode

### 5.1. Bisherige Versionen des FRWT

In dieser Arbeit sollte auf der Grundlage der englischsprachigen Version (Wexler & Halwes, 1983) und der deutschen Version des FRWT (Beier, 1994) eine kindgerechte Version entwickelt werden.

#### 5.1.1. Englische Version:

In der englischen Version wurden 15 Wortpaare (je zweimal mit vertauschten Kanälen) in 4 Durchgängen dargeboten. Das bedeutet 120 Darbietungen mit 60 möglichen Dominanzpunkten.

Die Items der englischen Version waren z.B.:

<i>deer - teer</i>
<i>can - pan</i>
<i>coat - goat</i>
<i>boy - toy</i>
<i>curl - pearl</i>

Bei den Wörtern handelt es sich ausschließlich um einsilbige Wortpaare. Die kursiv geschriebenen Paare sind eine Kombination aus stimmhaften und stimmlosen Anfangskonsonanten. In vielen Studien zeigte sich ein tendentielles Übergewicht der Stimulusdominanz für stimmlose Konsonanten. Die Ursache ist wahrscheinlich (wie im Theorieteil bereits beschrieben) ein Unterschied in den VOTs (Voicing Onset Time) und den verschiedenen großen Amplituden des Konsonantenbeginns. Ein weiterer Nachteil dieser Paare war, daß bei der Zusammensetzung der Wortstamm eines der Wörter, von dem die Anfangskonsonanten abgeschnitten worden waren, benutzt wurde. Dies kann zu einem Vorteil in der Phonologie und in Folge zu Stimulusdominanz führen.

### 5.1.2. Deutsche Version

Beier (1994) verwandte in seiner Arbeit insgesamt 21 Itemgruppen, die aus je 4 einsilbigen sich reimenden Wörtern bestanden und keine Mischkombinationen (stimmhaft/stimmlos) enthielten. Zwei dieser Wörter waren Distraktoren (in der Abbildung kursiv dargestellt). Jede Itemgruppe wurde in 4 Blöcken je zweimal (mit vertauschten Kanälen) dargeboten (21 x 2 x 4 = 168 Darbietungen, 84 mögliche Dominanzpunkte).

#### Auswahl der verwandten Itemgruppen

Kohl - Pol - <i>Zoo</i> - <i>Floh</i>
Bier - Gier - <i>Tier</i> - <i>Zier</i>
Trick - Klick - <i>Knick</i> - <i>Blick</i>
Tracht - Pracht - <i>Gracht</i> - <i>Fracht</i>
Topf - Kopf - <i>Zopf</i> - <i>Tropf</i>
Tran - Kran - <i>Bahn</i> - <i>Wahn</i>
Tod - Kot - <i>Boot</i> - <i>Lot</i>

### 5.1.3. Entwicklung der neuen Version

Für eine kindgerechte Version des FRWT werden einfache Wörter benötigt, die einen hohen Bekanntheitsgrad aufweisen und bildlich darstellbar sind. Mit der Voraussetzung, einsilbige Wörter zu verwenden, kam man hier allerdings nicht aus. Die Items sind aus diesen Gründen auch zweisilbig. Sie wurden aus dem Buch „Der treffende Reim“ (Peltzer, 1995), ein Lexikon der Endreime entnommen. In dieser Version wurden auch Mischkombinationen der Stimmhaftigkeit benutzt.

## 5.2. Voruntersuchung

In der Voruntersuchung wurden 37 Wortpaare und zusätzlich 6 Silben in drei Durchgängen verwendet  $\{(37 + 6) \times 2 \times 3 = 258 \text{ Items, } 129 \text{ mögliche Dominanzpunkte}\}$ .

<b>Wortpaare der Voruntersuchung</b>		
Kahn - Bahn	Keil - Beil	Nadel - Nagel
Bühne - Dühne	Tasse - Kasse	Brücke - Krücke
Bock - Dock	Gasse - Kasse	Dorn - Korn
Bogen - Boden	Gold - Colt	Tuch - Buch
Kiste - Piste	Pass - Bass	Kopf - Topf
Mutter - Butter	Biene - Miene	Kanne - Tanne
Tau - Bau	Preis - Kreis	Brille - Grille
Braut - Kraut	Bach - Dach	Puppe - Kuppe
Teller - Keller	Tatze - Katze	Tante - Kante
Regen - Degen	Gatter - Natter	Gabel - Kabel
Taste - Paste	Flieder - Flieger	Kohl - Poi
Presse - Kresse	Glut - Blut	Keule - Beule

<b>Silbenpaare der Voruntersuchung:</b>		
ka - ba	boka - toka	ta - ka
ba - da	tape - kape	boge - doge

### 5.2.1. Bearbeitung der Wörter

Die Wörter und Silben wurden in einem Sprachlabor der Forschungsabteilung der Telekom (Berlin-Adlershof) mit einem DAT-Recorder aufgenommen. Die Wörter wurden dreimal wiederholt und danach folgte ein weiteres, sich reimendes Wort. Aus diesem wurde später das Wortende gebildet. Die Abfolge für ein Wortpaar war z.B. Bach - Dach - Bach - Dach - Bach - Dach - Fach. Die Daten wurden in der Abteilung Psychoakustik der TU von der DAT-Kassette auf den Computer transferiert. Aus dem entstandenen Megafiler (ca.30 MB)

wurden die einzelnen Wörter herausgeschnitten und in einzelnen Files gespeichert. Das Herausschneiden erfolgte bereits auf dem speziellen Sprachverarbeitungsprogramm Speechlab (Diesch, 1995). Die Autorin unterzog sich im Voraus einer Audiometrie. Dies verhinderte, daß Hörverluste zu systematischen Fehlern und einer verminderten Qualität der bearbeiteten Wörter führten, da diese in jeder Verarbeitungsphase auditiv kontrolliert werden mußten.

Im nächsten Schritt wurden für jedes Wort- und Silbenpaar wie folgt vorgegangen: Die Aufnahmen (der beiden Worte und des dritten Wortes) wurden visuell (über das Amplitudendiagramm und teilweise Spektrogramm) und auditiv verglichen. Es wurde eine Dreier-Kombination ausgewählt. Die beiden als auditiv geeignet empfundenen Wörter und Silben mußten größtmögliche Übereinstimmung in psychoakustischen Eigenschaften wie Amplitudenhöhe, Eigenschaften der Formanten im anschließenden Vokal etc. aufzeigen. Die Energie einer gesprochenen Silbe wird immer von ihrem ersten Vokal determiniert. In jedem Konsonanten muß ein Stück des Vokals enthalten sein.

Von den beiden Wörtern wurden die Anfangskonsonanten so abgeschnitten, daß sie mit dem geringsten Qualitätsverlust eine fast gleiche Länge aufwiesen. Die Aufnahme erfolgte mit 22321 Samples in der Sekunde. Der maximale Unterschied betrug maximal 10 Samples (0,45 Millisekunden). In den meisten Fällen betrug der Unterschied 2-4 Samples. Von dem dritten Wort wurde der gemeinsame Wortstamm abgeschnitten. In Fällen, in denen das Wort für die Verwendung nicht geeignet war, wurde ein anderes Wort des Paares ausgesucht, das nicht bereits benutzt wurde. Dann wurde der Wortstamm mit den beiden Konsonanten verbunden (Cross Splicing). Der Vorgang wurde so lange durchgeführt und wiederholt, bis die phonologische Qualität beider Wörter den Voraussetzungen entsprach. Wichtig bei dem Zusammensetzen der Bestandteile ist die Einhaltung der Stetigkeit der Amplitude und wenn irgendwie möglich, das Verbinden der Teile an einem Nulldurchgang, bzw. mit geringstem Amplitudenunterschied. Mißachtet man diese Bedingungen, kommen Knackgeräusche in die Aufnahme, was einen erheblichen Qualitätsverlust bedeutet.

Die nun neu entstandenen Wörter und Silben wurden durch Multiplexing in eine Stereo-Datei überführt, wobei auf jeden Kanal ein Wort gelegt wird (z.B. links Gasse, rechts Kasse). Eine weitere Datei enthält dieselben Wörter mit vertauschten Kanälen (rechts Gasse, links Kasse). Für jedes einzelne Wort existiert eine binaurale Stereodatei (rechts und links Gasse, rechts und links Kasse).

Die eben beschriebene Vorgehensweise wird in den folgenden Abbildungen 7 und 7a zusammenfassend verdeutlicht.

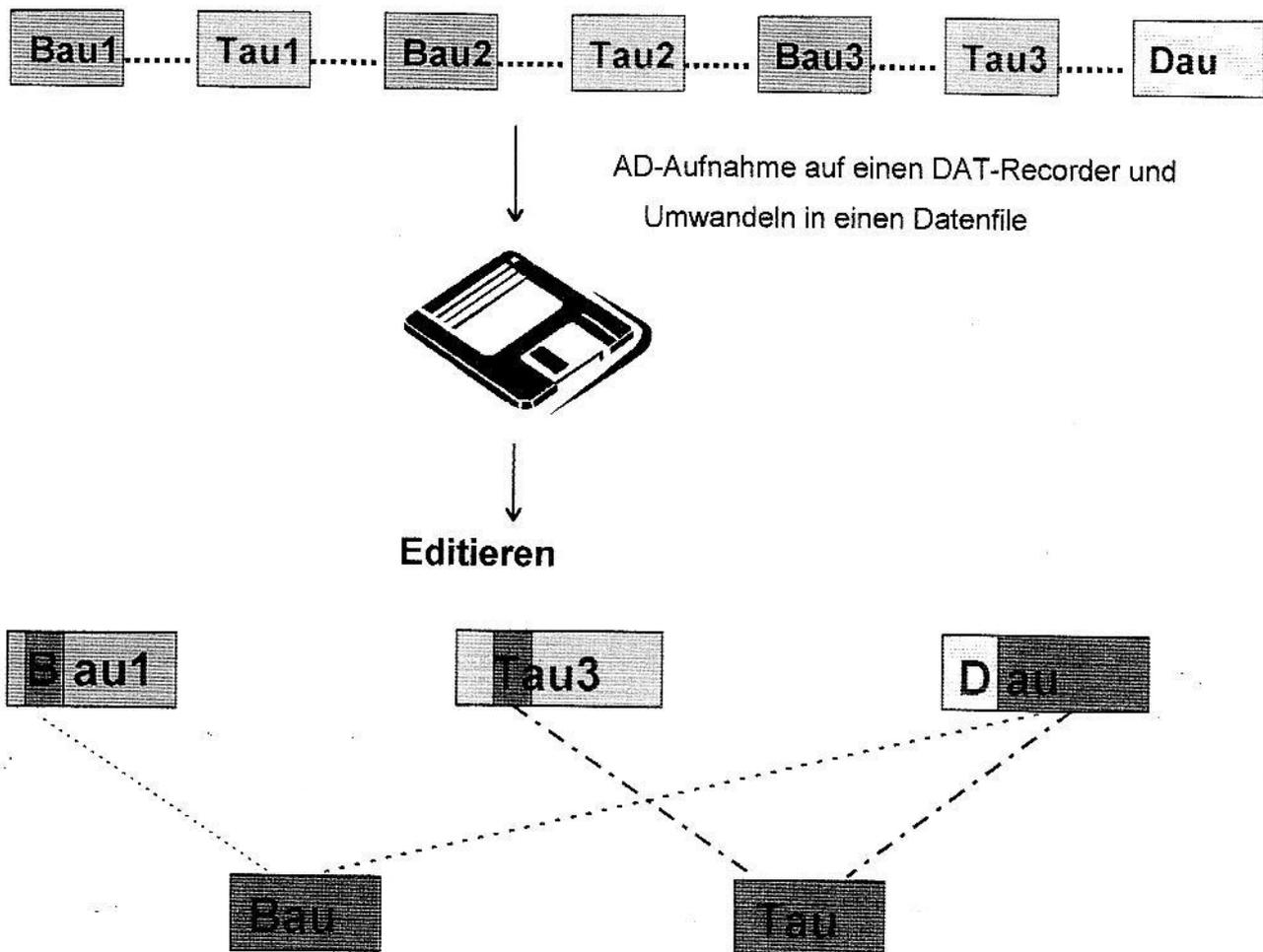


Abb. 7: Darstellung der Bearbeitung des Stimulusmaterials

## Multiplexing

Art des Files	Beispiel	Stereokanal links	Stereokanal rechts
binaural Voruntersuchung	Bau - Bau	Bau	Bau
binaural Voruntersuchung	Tau - Tau	Tau	Tau
monaural Hauptuntersuchung	Tau - Bau	Tau Die Darbietungsseite für den	Rauschen Stimulus ist zufällig gewählt.
monaural Hauptuntersuchung	Bau - Tau	Rauschen Die Darbietungsseite für den	Bau Stimulus ist zufällig gewählt.
dichotisch	Tau - Bau	Tau	Bau
dichotisch	Tau - Bau umgedreht	Bau	Tau

Abb. 7a: Darstellung der Bearbeitung des Stimulusmaterials

Nach der Voruntersuchung wurden diejenigen Wortpaare selektiert, die am besten lateralisierten. Die Silben wurden, wie oben bereits beschrieben, nicht weiter verwendet. Die Selektion ist in Abbildung 8 genauer dargestellt.

### 5.2.2. Testdurchführung und Geräte in der Voruntersuchung

Zu Beginn wurde der Fragebogen zur Händigkeit (Edinburgh Oldfield Handedness) ausgefüllt. Danach folgte die Audiometrie. Dazu wurde ein Gerät der Firma Brüel & Kjaer verwendet. Die Hörprüfung erfolgte mit Pendelaudiometrie im Frequenzbereich von 500-

8000 Hertz. War ein Hörverlust erkennbar, d.h. gab es Unterschiede in der Hörfähigkeit der beiden Ohren, so wurde die Balance an dem Abspielgerät subjektiv gleich eingestellt. Das Untersuchungsgerät bestand aus einem Kenwood Tape Deck, einem Sony Verstärker und Meßkopfhörer (Sennheiser). Diese Kombination wurde im Forschungslabor der Deutschen Telekom mit einem Sound Measuring System Type 823 kalibriert. Bei A-Kalibrierung und einem Kalibrierungsschallpegel von 93,8 dB stellte man auf 87,2 dB rechts und 87,5 dB links ein. Diese Werte orientieren sich an DIN-Normen. A-Kalibrierung bedeutet, daß die Hörkurve einbezogen wird, d.h. in der Frequenzbewertung werden besonders die Tiefen unterdrückt. Die lineare Kalibrierung hingegen behandelt alle Frequenzen gleich. Die A-Kalibrierung ist für die Anwendung in dieser Untersuchung die geeignetere. Dieser Unterschied liegt unter der menschlichen Wahrnehmungsschwelle. Mit der Kalibrierung ist die objektive Übereinstimmung der Lautheit auf beiden Ohren gewährleistet.

Ergaben sich in der Audiometrie einseitige Hörverluste, so wurde eine subjektive Kalibrierung durchgeführt. Dazu wurde den Probanden eine Sequenz alternierender (links/rechts) Sinustöne dargeboten. Sie wurden gebeten, beide Seiten so auszubalancieren, bis sie gleich laut sind. Dieser Vorgang nahm etwas Zeit in Anspruch, so daß sich die Dauer der Gesamtuntersuchung ein wenig verlängerte.

An die Audiometrie schloß sich der eigentliche Test an. In der Voruntersuchung wurden den Probanden die Silben zunächst binaural dargeboten, dann folgten drei Testblöcke. Im Anschluß daran kamen die binauralen Wörter und drei Testblöcke. Die gehörten Wörter wurden von den Probanden selbst markiert.

### **5.2.3. Testauswertung der Voruntersuchung**

Die Testauswertung erfolgte mit selbsterstellten Protokollen. In diesen war für jeden Block die Nummer und Art (17 = Kahn links/Bahn rechts an 17. Stelle; 28u = Kahn rechts/ Bahn links an 28. Stelle) des Itemspaares eingetragen. In dem Testprotokoll wurde jedem Item eine Zahl zugeordnet (die rechten Items hatten immer die höhere Zahl). In dem Auswertebblatt mußten nun diese Werte übertragen werden. Zwei Antworten auf dem gleichen Ohr ergeben einen Ohrvorteil, je eine Antwort für jedes Ohr ist eine Stimulusdominanz, d.h. es wird ein bestimmtes Wort leichter wahrgenommen. Weiterhin wurden aufgetretene Fehler als „Missings“ bewertet und mit aufgenommen.

In der Abbildung 8 ist die Auswertung des Testes dargestellt.

Items	Codierung der Items				zugewiesene Werte für Links und Rechts					
	Nr.	Teil 1 L	Teil 1 R	Nr.	Teil 2 L	Teil 2 R	Nr.	Teil 3 L	Teil 3 R	
Bock/Dock	04 16u	6 6	8 8	13u 64	1 2	7 6	03 14u	8 1	9 7	
		↑ Stimulusdominanz			↑ Rechtsohrvorteil			↑ Linksohrvorteil		

Abb. 8: Beispiel für die Testauswertung

Codierung der Items - Position im Testdurchlauf / u weist auf ein umgedrehtes Item hin;  
 zugewiesene Werte für Links und Rechts - dem Wortpaar zugewiesene Werte (höherer Wert immer Rechts);  
 die eingezeichneten Striche markieren die möglichen Antworten der Auswertung (mit Ausnahme der Fehler)

Für die Berechnung des Ohrvorteils wurde der  $\lambda$  - Index verwendet.

#### 5.2.4. Itemselektion

Für die einzelnen Items wurden die Mittelwerte der erreichten Ohrpunkte aller Versuchspersonen berechnet und diese in eine Rangreihe gebracht. Der maximale Mittelwert bei drei Durchgängen ist 3,0 (falls alle VP bei diesem Item einen REA haben).

Tab. 1: Itemselektion

Nr.	Wortpaar	Mean	Std Dev
01	Tau - Bau	1,6667	1,0801
02	Tuch - Buch	1,4848	1,2021
03	Kohl - Pol	1,3939	1,2232
04	Gold - Colt	1,3030	1,1315
05	Kopf - Topf	1,2727	1,2814
06	Gabel - Kabel	1,2121	1,1390
07	Dorn - Korn	1,1818	1,1580
08	Braut - Kraut	1,0909	1,0113
09	Gasse - Kasse	1,0909	1,0417
10	Pass - Bass	1,0909	,9799
11	Brücke - Krücke	1,0303	,9838
12	Puppe - Kuppe	1,0303	,8472
13	Blut - Glut	,9697	1,0150
14	Bock - Dock	,8788	,9604
15	Taste - Paste	,7576	,9692
16	Keule - Beule	,7576	,7513
17	Gatter - Natter	,7273	1,0687
18	Bogen - Boden	,6970	,8833
19	Tatze - Katze	,6970	,8833
20	Butter - Kutter	,6364	,8951
21	Kanne - Tanne	,6364	,8594
22	Kahn - Bahn	,6061	,9981
23	Bühne - Dühne	,5455	,6170
24	Tasse - Kasse	,5455	,8326
25	Mutter - Butter	,5152	,5658
26	Bach - Dach	,4242	,7513
27	Tante - Kante	,4242	,8671
28	Regen - Degen	,3939	,7882
29	Keil - Beil	,3939	,6093
30	Preis - Kreis	,3333	,5951
31	Flieder - Flieger	,3030	,6366
32	Presse - Kresse	,2424	,5019
33	Biene - Miene	,1515	,4417
34	Teller - Keller	,0909	,3844
35	Brille - Grille	,0909	,3844
36	Nadel - Nagel	,0303	,1741
37	Kiste - Piste	,0000	,0000

Zusätzlich wurde eine Reliabilitätsanalyse durchgeführt (Cronbach's Alpha).

## RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (ALPHA)

### Für alle 37 Items (V05 hat keine Varianz):

Reliability Coefficients 36 items

Alpha = ,8448      Standardized item alpha = ,8255

### Für die selektierten Items:

Reliability Coefficients 12 items

Alpha = ,7764      Standardized item alpha = ,7710

### Für die restlichen Items:

Reliability Coefficients 24 items

Alpha = ,7053      Standardized item alpha = ,6898

Die selektierten Items führen zu einem höheren Alpha-Wert als die restlichen Wortpaare.

## 5.3. Hauptuntersuchung

Es wurden 12 Wortpaare (oben bereits aufgeführt) für den Test der Hauptuntersuchung ausgewählt. Dies sind die Paare mit den höchsten Mittelwerten, wobei das Paar an dreizehnter Stelle dem Wortpaar an zwölfter Stelle aufgrund besserer Darstellbarkeit vorgezogen wurde. Auf Silben wegen der erschwerten bildlichen Darstellung gänzlich verzichtet (12 x 2 x 6 = 144 Items, 72 mögliche Dominanzpunkte).

Auf Distraktoren wie in der Diplomarbeit von Beier wurde verzichtet, da die experimentellen Bedingungen zu komplex, schwerer zu erfassen und zudem in der Bedingung Nachsprechen völlig irrelevant gewesen wären.

Das Testmaterial besteht aus ein- und zweisilbigen, sich nur im Anfangskonsonanten, bzw mittleren Konsonanten unterscheidenden Wortpaaren, die in den Kombinationen stimmhaft/stimmhaft, stimmlos/stimmlos und stimmhaft/stimmlos auftreten. Sie sind konkret und bildlich darstellbar.

**Wortpaare der Hauptuntersuchung**

Tau - Bau

Tuch - Buch

Brücke - Krücke

Braut - Kraut

Gold - Colt

Kohl - Pol

Kopf - Topf

Dom - Korn

Gasse - Kasse

Glut - Blut

Gabel - Kabel

Pass - Bass

Mit diesen 12 Paaren wurde nun eine neue Testabfolge mit verlängerten Interstimulusintervallen und den für den Test angefertigten Bildern entwickelt.

Eine wichtige Änderung in dieser Version besteht darin, daß während der separaten Darbietung (Übungsphase) der Wörter (z.B.: Bach allein, Dach allein) diese nicht binaural, sondern nur auf einem Ohr dargeboten wurden. Die eine Hälfte der Items war rechts zu hören, die andere links (per Zufall verteilt). Auf diesem Weg kann die Wahrnehmungsfähigkeit der beiden Ohren für das sprachliche Material überprüft werden. Dies ist besonders nützlich, wenn eine Audiometrie bei Kindern aus verschiedenen Gründen nicht möglich ist. In dem Test wurde jedes Wortpaar zweimal (mit vertauschten Seiten) pro Block dargeboten. Die Testabfolge ist in der Abbildung 9 dargestellt.

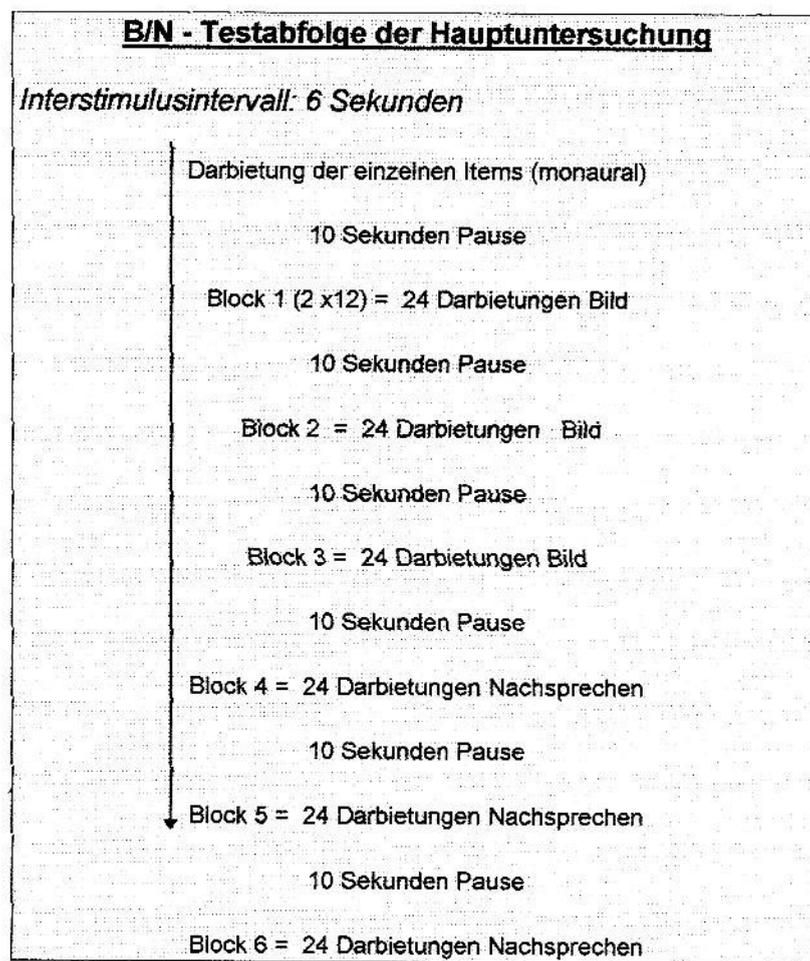


Abb. 9: Testabfolge

### 5.3.1. Testdurchführung der Hauptuntersuchung

Der Ablauf der Untersuchung entsprach dem der Voruntersuchung mit folgenden Abweichungen: In der Hauptuntersuchung wurden den Kindern im Vorfeld die Bilder gezeigt. Das dazugehörige Wort wurde gesprochen und mit dem Bild geübt. Die Kinder wurden aufgefordert, bei Wörtern, die sie nicht kennen, nachzufragen. Nach der Übungsphase hörten sie zuerst die Einzelwörter, die ja, wie oben beschrieben immer nur auf einem Ohr (monaural) dargeboten wurden. Diese sollten im Anschluß an die Darbietung sofort nachgesprochen werden. Hier auftretende Fehler in der Worterkennung und -unterscheidung konnten noch einmal korrigiert und eventuell geübt werden.

Im Anschluß daran begann der eigentliche Test. Es gab zwei verschiedene Reihenfolgebedingungen, die im Voraus ausbalanciert wurden: BILD-NACHSPRECHEN und NACHSPRECHEN-BILD.

NACHSPRECHEN - die Versuchsperson spricht das gehörte Wort nach  
BILD - die VP hört den dichotischen Stimulus und zeigt das gehörte Wort auf den dargebotenen Bildern

Die Bilder wurden immer unmittelbar im Anschluß an den dichotischen Stimulus dargeboten, d.h. die Bilder waren zur Zeit der dichotischen Präsentation nicht sichtbar.

Das Testprotokoll wurde vom Versuchsleiter geschrieben. Ein selbständiges Ausfüllen würde die Kinder aufgrund der Zeitbegrenzung überfordern und somit auch Kinder mit geringeren Lesefähigkeiten benachteiligen.

### **5.3.2. Testauswertung der Hauptuntersuchung**

Die Auswertung entspricht der Verfahrensweise bei der Voruntersuchung. Zusätzlich wurde die Anzahl der Stimulusdominanzen und Fehler erhoben.

## 6. Auswertung und Ergebnisse

### 6.1. Voruntersuchung

In der Voruntersuchung stimmte die Richtung der Lambdawerte mit der Händigkeit überein. In der Hauptuntersuchung waren die Ausprägungen erwartungsgemäß geringer. In den folgenden Abbildungen sind die Lambda-Werte der Voruntersuchung dargestellt.

Tab. 2: Werte der Voruntersuchung *HR* - Händigkeitswert des Oldfield Handedness Tests (Maximalwert 20), *LAMBDA* - erreichter Lambdawert

VP-Nr.	HR	LAMBDA	VP-Nr.	HR	LAMBDA
1	20	,94	20	19	,37
2	20	,51	21	20	1,76
3	20	,12	22	8	,08
4	20	1,67	23	17	1,34
5	19	3,78	24	17	3,61
6	19	1,57	25	14	- ,65
7	20	1,99	26	20	1,32
8	20	1,04	27	1	-2,30
9	20	2,08	28	20	2,08
10	20	2,46	29	16	- ,17
11	20	,09	30	16	- ,44
12	4	,96	31	19	1,10
13	18	1,10	32	18	2,87
14	20	2,60	33	18	1,13
15	2	1,18	34	20	1,55
16	20	3,53	35	20	2,51
17	20	1,86	36	20	,56
18	20	3,56	37	20	,24
19	20	2,58	38	18	3,18

In der Abbildung 10 sind die Lambdawerte der Untersuchung in einem Diagramm dargestellt. Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Mittelwerte und Standardabweichungen der Voruntersuchungen.

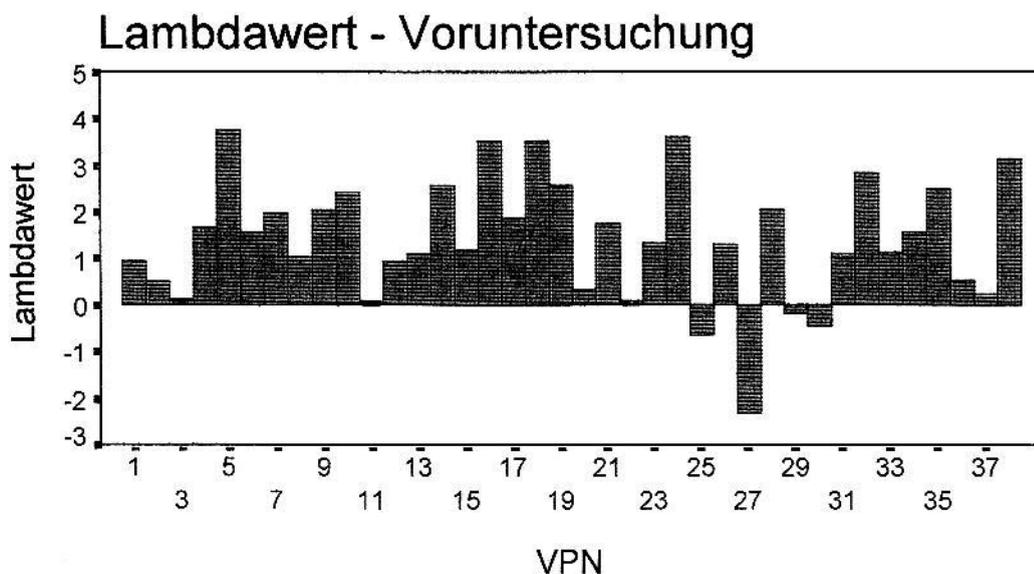


Abb. 10: Lambdawerte der Voruntersuchung

Tab. 3: Überblick über die Mittelwerte und Standardabweichungen der Voruntersuchung

Itemzahl	N	LEA		REA		Lambda	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
37	38	7,105	5,990	25,053	12,764	1,415	1,332
12	38	1,500	2,251	13,763	7,243	2,081	1,113
25	38	5,605	4,284	11,289	6,472	0,795	1,331

## 6.2. Hauptuntersuchung

Die Ergebnisse der Hauptuntersuchung werden im folgenden zunächst in Gegenüberstellung der Lambdawerte mit dem Händigkeitswert (Tabelle 4), dann als graphische Darstellung (Abbildungen 11-13) und als Gesamtüberblick über Mittelwerte und Standardabweichungen in Tabelle 5 dargestellt.

Tab. 4: Werte der Hauptuntersuchung *LAN* = Lambdawert der Nachsprechbedingung, *LAB* = Lambdawert der Bildbedingung, *LAMG* = Lambdawert Gesamt, *HR* = Händigkeitswert Oldfield Handedness

VP-Nr.	HR	LAB	LAN	LAMG
1	20	,51	,00	,34
2	18	1,79	,69	1,61
3	18	2,64	2,08	3,09
4	19	2,89	,00	2,94
5	18	,00	,69	1,10
6	20	,00	,00	,69
7	15	,51	,00	,69
8	20	1,25	1,10	1,20
9	18	2,56	2,56	3,26
10	19	-,41	1,39	,69
11	16	1,39	2,08	1,67
12	18	,41	1,39	,92
13	20	1,95	,69	1,50
14	20	,6	-1,39	-,29
15	20	1,10	,00	1,39
16	20	,22	-1,10	,00
17	20	2,40	,00	2,40
18	20	,69	1,10	1,25
19	20	-,34	1,39	,25
20	20	,59	1,39	,96
21	20	,22	1,10	,61
22	20	,41	,00	,22
23	20	,69	1,10	,88
24	20	,79	1,10	,89
25	20	1,10	,00	1,10
26	20	-1,90	-1,60	-1,79
27	19	1,39	,22	,77
28	18	,00	,69	,34
29	20	,92	,00	1,10
30	20	,00	-,92	-,22
31	20	,00	,00	,69
32	20	,0	-1,61	-,54

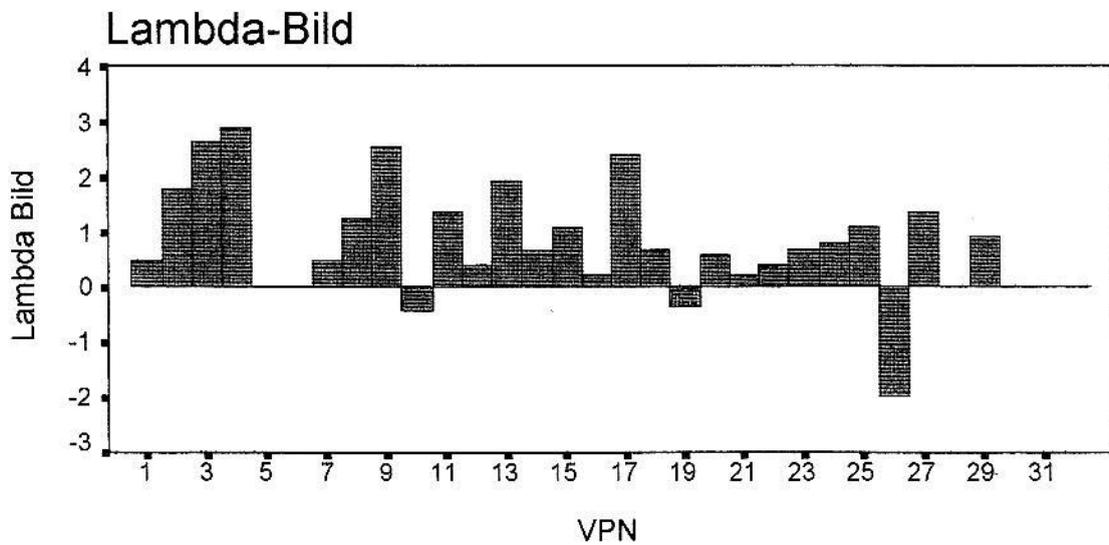


Abb. 11: Lambdawert der Bildbedingung in der Hauptuntersuchung

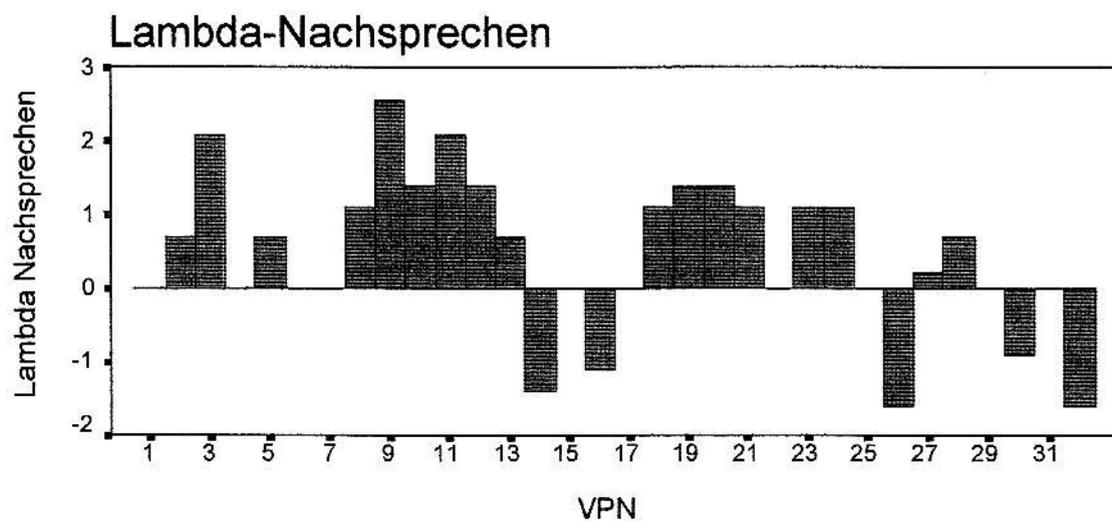


Abb. 12: Lambdawert der Nachsprechbedingung in der Hauptuntersuchung

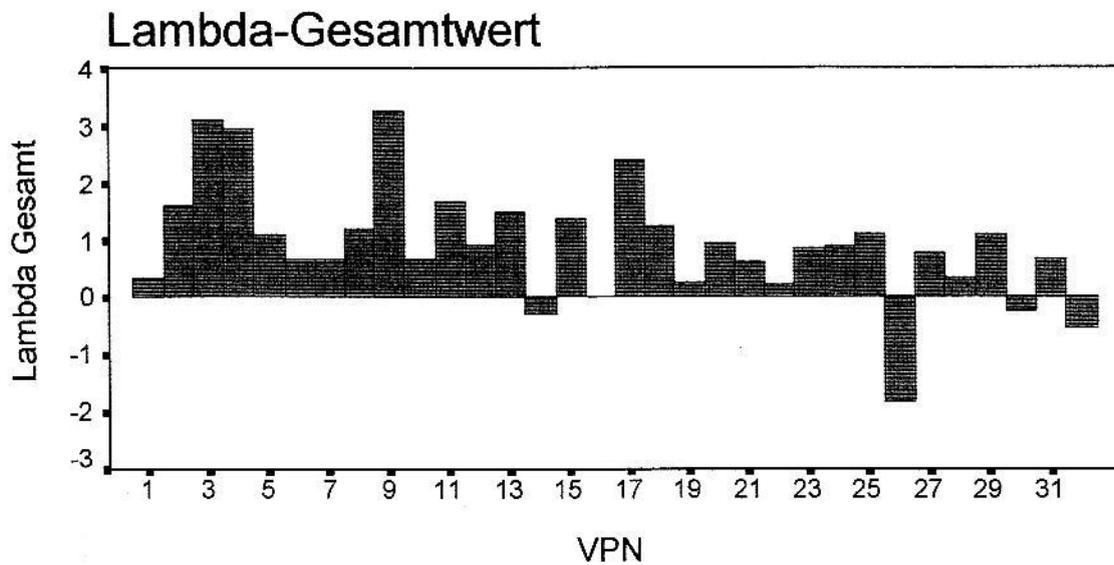


Abb. 13: Gesamt-Lambdawerte der Hauptuntersuchung

Tab. 5: Überblick der Mittelwerte und Standardabweichungen der Hauptuntersuchungen

#### Hauptuntersuchung Gesamtergebnisse

Itemzahl	N	LEA		REA		Lambda	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
12	32	4,406	3,697	9,969	6,645	0,928	1,037
12	16 männlich	4,438	3,444	11,125	6,065	1,036	0,926
12	16 weiblich	4,375	4,048	8,813	7,185	0,821	1,160

Bedingung: BILD

Itemzahl	N	LEA	LEA	REA	REA	Lambda	Lambda
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
12	32	2,844	2,725	6,750	4,866	0,760	1,020
12	16 männlich	3,313	2,676	7,188	4,199	0,811	0,905
12	16 weiblich	2,375	2,778	6,313	5,598	0,727	1,070

Bedingung: Nachsprechen

Itemzahl	N	LEA	LEA	REA	REA	Lambda	Lambda
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
12	32	1,406	1,701	3,219	2,904	0,442	1,045
12	16 männlich	0,938	1,389	3,938	3,316	0,786	0,231
12	16 weiblich	1,875	1,893	2,500	2,309	0,740	0,284

### 6.3. Bilddarbietung und Nachsprechendarbietung

Diese Hypothese wurde mit dem Wilcoxon-Test auf ihre Signifikanz getestet. Hierbei werden für jedes Meßwertepaar (Werte der Bild- und Nachsprechbedingung jeder Versuchsperson) die Differenzen berechnet. Die Absolutbeträge werden in eine Rangreihe gebracht. Die Summe der Rangplätze mit dem selteneren Vorzeichen wird T genannt, die Summe der Rangplätze mit dem häufigeren Vorzeichen T'. Je deutlicher sich T und T' unterscheiden, desto unwahrscheinlicher ist die Nullhypothese (Zitat nach Bortz 1989). Weitere

Berechnungen führen zu einem z-Wert, mit dem eine Aussage über die Signifikanz unter Berücksichtigung des festgelegten alpha-Fehlerniveaus möglich ist.

Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Lambdawerten der Bildbedingung und denen der Nachsprechbedingung gefunden werden ( $z = -1,6109$ ,  $p = ,1072$ ). Einen signifikanten Vorteil für die Bilddarbietung findet man allerdings, wenn man die Summen der Rechtsohrpunkte mittels Wilcoxon-Test miteinander vergleicht. ( $z = -4,0637$ ,  $p = ,0000$ ).

Zur Untersuchung der starken Diskrepanz durchgeführte Konvertierungen für die Berechnung des Ohrvorteils (standardisierte Differenzwerte:  $R-L/R+L$ ; veränderter Lambdawert: bei LEA-Wert 0 Einsatz von 0.8 statt dem bisher festgelegten Wert 1) führten zu keinem signifikanten Ergebnis (Wilcoxon; standardisierte Differenzwerte: ( $z = -,4685$ ;  $p = ,6394$ ); veränderter Lambdawert:  $z = -1,2135$ ,  $p = ,2249$ ).

Die Hypothese 1 muß also für den Bereich der Lambdawerte verworfen werden. Betrachtet man nur die Rechtsohrdominanzen, wurde die Hypothese bestätigt.

#### 6.4. Altersunterschiede

Die Altersunterschiede wurden mit dem Mann-Whitney-U-Test untersucht. Hierbei werden die einzelnen Werte (die einzelnen Lambdawerte der Gruppe 6-7 Jahre gegenüber denen der Gruppe 8-9 Jahre, sowie die Lambdawerte der VP's der Hauptuntersuchung versus denen der Voruntersuchung) in eine gemeinsame Rangreihe gebracht und die Summe der Rangplätze gebildet. Die Prüfgröße U wird bestimmt, indem ausgezählt wird, wie häufig ein Rangplatz der einen Gruppe größer als die Rangplätze der anderen Gruppe ist. U' erhält man durch Bestimmung der Rangunterschreitungen. Durch eine Reihe von Berechnungen ergibt sich ein z-Wert. Mit diesem kann eine Aussage über die statistische Signifikanz gemacht werden. (Zitat nach Bortz, 1989)

Für die Altersunterschiede der beiden Altersgruppen der Hauptuntersuchung 6-7 und 8-9 Jahre konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden (Mann-Whitney-U; z.B.:  $z = -,3774$ ,  $p = ,7059$ ).

Für die Unterschiede zwischen den beiden Testgruppen (Voruntersuchung versus Hauptuntersuchung) besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Lambdawerten

(Mann-Whitney U;  $z=-4,6777$ ,  $p=,0000$ ). Die Gruppe der Voruntersuchung weist eine stärkere Rechtsohrdominanz auf als die Gruppe der Hauptuntersuchung. Betrachtet wurden, wie bereits beschrieben, die korrigierte Version der Voruntersuchung mit der Bildversion der Hauptuntersuchung (37 Items vs. 12 Items).

Die Hypothese 2 wird für den Vergleich innerhalb der Hauptgruppe verworfen, die Hypothese 3 für den Vergleich von Hauptuntersuchung und Voruntersuchung angenommen.

### **6.5. Geschlechtsunterschiede**

Die Hypothese 4 wurde ebenfalls mit dem Mann-Whitney-U-Test untersucht (Lambdawerte der weiblichen Versuchspersonen gegen die Werte der männlichen Versuchspersonen). Für den Unterschied zwischen den Geschlechtern konnte nur im Vergleich der Lambdawerte der Nachsprechbedingung in der Hauptuntersuchung zwischen den Geschlechtern ein auf dem 6% alpha-Fehlerniveau signifikanter Vorteil für die männlichen Versuchspersonen gefunden werden (Mann-Whitney-U;  $z=-1,8828$ ,  $p=,0597$ ). Aufgrund des korrigierten alpha-Fehlerniveaus muß diese Hypothese verworfen werden.

### **6.6. Vergleich der Fehler in den beiden Bedingungen der Hauptuntersuchung**

Ein zusätzlicher Vergleich der Fehlerzahl in den beiden Bedingungen (Bild- und Nachsprechbedingung) mittels Wilcoxon-Test zeigte, daß in der Nachsprechbedingung mehr Fehler auftraten (Wilcoxon;  $z=-2,8698$ ,  $p=,0041$ ). Für die Anzahl der Fehler konnte kein Geschlechtsunterschied nachgewiesen werden.

### **6.7. Stimulusdominanz**

Der Vergleich der Lambdawerte der Wortpaare mit der Kombination „stimmaft/stimmlos“ in der Vorguppe zeigt einen signifikanten Vorteil für die Wörter mit stimmlosen Anfangskonsonanten (Wilcoxon,  $z=-4,4306$ ,  $p=,0000$ ). Derselbe Effekt konnte für die Hauptgruppe nicht gefunden werden.

### 6.8. Vergleich des Antwortverhaltens mit der Binomialverteilung

An dieser Stelle soll die Frage nach der Zufälligkeit des Antwortverhaltens problematisiert werden. Unter der Annahme, dass die Entscheidung für eines der beiden Worte eine zufällige Seitenwahl darstellt, kann das Verhalten mit der Binomialverteilung verglichen werden. Die Betrachtung der Rechtsohrantworten ROA (nicht Rechtsohrdominanzen) ist im Vergleich mit einer Binomialverteilung mit den Antwortmöglichkeiten LINKS und RECHTS möglich. Bei hohem  $n$  geht jede Binomialverteilung in eine Standardnormalverteilung über. Dabei gelten:

$n$  = Anzahl der dichotischen Darbietungen

$$\mu = n \times p$$

$$\sigma = \sqrt{n \times p \times q}$$

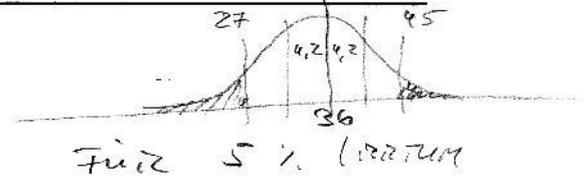
Tab. 6: Antwortverteilung der Voruntersuchung

$n = 222(37 \times 2 \times 3)$  kritische Werte: 95 und 127 ( $\pm 2$  Sigma)  
 $\mu = 111$  überzufällige Werte sind fettgedruckt  
 $\sqrt{\sigma} = 7,5$

ROA	LOA	DIFF	LAMBNEU	ROA	LOA	DIFF	LAMBNEU
122,00	100,00	22,00	,94	144,00	78,00	66,00	3,53
117,00	105,00	12,00	,51	130,00	92,00	38,00	1,13
112,00	110,00	2,00	,12	137,00	85,00	52,00	1,55
141,00	81,00	60,00	1,67	145,00	77,00	68,00	2,51
154,00	68,00	86,00	3,78	138,00	84,00	54,00	1,86
130,00	92,00	38,00	1,57	145,00	77,00	68,00	3,56
130,00	92,00	38,00	1,99	160,00	62,00	98,00	2,58
122,00	100,00	22,00	1,04	115,00	107,00	8,00	,37
139,00	83,00	56,00	2,08	135,00	87,00	48,00	1,76
143,00	79,00	64,00	2,46	112,00	110,00	2,00	,08
112,00	110,00	2,00	,09	128,00	94,00	34,00	1,34
119,00	103,00	16,00	,96	148,00	74,00	74,00	3,61
119,00	103,00	16,00	1,10	101,00	121,00	-20,00	-,65
136,00	86,00	50,00	2,60	122,00	100,00	22,00	1,32
129,00	93,00	36,00	1,18	84,00	138,00	-54,00	-2,30

ROA	LOA	DIFF	LAMBNEU
139,00	83,00	56,00	2,08
108,00	114,00	-6,00	-,17
106,00	116,00	-10,00	-,44
129,00	93,00	36,00	1,10
161,00	61,00	100,00	2,87
117,00	105,00	12,00	,56
114,00	108,00	6,00	,24
157,00	65,00	92,00	3,18

Im Vorversuch erreichten 23 von 38 Versuchspersonen ein überzufälliges Ergebnis (2 Sigma). Ein Wert eines Linkshänders überschreitet die untere Grenze. Unter den anderen Werten mit „zufälligem Antwortverhalten“ befinden sich drei umgelernte Linkshänder. Dieses Ergebnis kann als Bestätigung der Überzufälligkeit der Rechtsohrantworten angesehen werden. Betrachtet man zusätzlich den Gesamtwert der Rechtsohrantworten für die Gruppe (Aufsummation aller Rechtsohrantworten, nicht der Rechtsohrpunkte REA'S!), so liegt dieses Ergebnis um 14 Standardabweichungen über dem Mittelwert der Verteilung.



Tab. 7: Antwortverteilung der Hauptuntersuchung

$n = 72$  (12 x 2 x 3) kritische Werte: 27 und 45  
 $\mu = 36$   
 $\sqrt{\sigma} = 4,2 = \sqrt{n \cdot p \cdot q} = \sqrt{72 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = \sqrt{18}$

ROAN	LOAN	NDIFF	LAN	ROAB	LOAB	BDIFF	LAB
36,00	36,00	,00	,00	38,00	34,00	4,00	,51
35,00	31,00	4,00	,69	42,00	30,00	12,00	1,79
43,00	27,00	16,00	2,08	50,00	22,00	28,00	2,64
37,00	35,00	2,00	,00	54,00	18,00	36,00	2,89
26,00	22,00	4,00	,69	36,00	36,00	,00	,00
30,00	30,00	,00	,00	36,00	34,00	2,00	,00
23,00	21,00	2,00	,00	37,00	33,00	4,00	,51
38,00	34,00	4,00	1,10	41,00	31,00	10,00	1,25
45,00	19,00	26,00	2,56	48,00	22,00	26,00	2,56
37,00	29,00	8,00	1,39	33,00	35,00	-2,00	-,41
39,00	25,00	14,00	2,08	42,00	30,00	12,00	1,39
40,00	32,00	8,00	1,39	38,00	34,00	4,00	,41
39,00	33,00	6,00	,69	54,00	18,00	36,00	1,95
27,00	33,00	-6,00	-1,39	38,00	34,00	4,00	,69
36,00	34,00	2,00	,00	38,00	34,00	4,00	1,10
33,00	37,00	-4,00	-1,10	38,00	34,00	4,00	,22
35,00	37,00	-2,00	,00	47,00	25,00	22,00	2,40
39,00	33,00	6,00	1,10	38,00	34,00	4,00	,69
40,00	32,00	8,00	1,39	34,00	38,00	-4,00	-,34
39,00	31,00	8,00	1,39	40,00	32,00	8,00	,59
40,00	32,00	8,00	1,10	36,00	34,00	2,00	,22
33,00	33,00	,00	,00	36,00	34,00	2,00	,41
40,00	32,00	8,00	1,10	39,00	33,00	6,00	,69
39,00	31,00	8,00	1,10	42,00	30,00	12,00	,79
36,00	36,00	,00	,00	39,00	33,00	6,00	1,10
30,00	38,00	-8,00	-1,61	28,00	40,00	-12,00	-1,95
37,00	35,00	2,00	,22	42,00	30,00	12,00	1,39
38,00	34,00	4,00	,69	36,00	36,00	,00	,00
37,00	35,00	2,00	,00	39,00	33,00	6,00	,92
33,00	39,00	-6,00	-,92	36,00	36,00	,00	,00
36,00	34,00	2,00	,00	36,00	34,00	2,00	,00
31,00	41,00	-10,00	-1,61	34,00	34,00	,00	,00

Für die einzelnen Versuchspersonen der Hauptgruppe kann die Möglichkeit eines zufälligen Antwortverhalten nicht eindeutig widerlegt werden. Betrachtet man hier wiederum das Gesamtantwortverhalten, so liegen die Rechtsohrantworten der Bilddarbietung um  $s = 4,71$ , die der Nachsprechbedingung allerdings nur um  $s = -0,21$  über dem Mittelwert. Für die Bildbedingung kann also allgemein ein überzufälliges Antwortverhalten für das rechte Ohr nachgewiesen werden. Die Ursache für diese Erhöhung der Rechtsohrantworten liegt

wahrscheinlich in der Entwicklung des Gehirns, speziell in der Ausbildung des Corpus callosum, von Strukturen für die Lautdifferenzierung und -bildung und in der damit einhergehenden stärker werdenden Lateralisierung. Pujol et. al. (1993) versuchten, die Wachstumsrate der callosalen Strukturen mit Hilfe von MRI zu bestimmen. Sie fanden ein Größenwachstum für die gesamte Zeit der Hirnentwicklung, bis zum Alter von 25-27. Gemäß dieser Annahme müßte also auch bei den Personen der Voruntersuchung noch ein Anstieg der Rechtsohrantworten und -dominanzen zu erwarten sein.

## 7. Diskussion

### 7.1. Kritische Betrachtung des Lambda-Index

Die Berechnung der Lateralität über den Lambda-Index führt zu einer reliablen Aussage über den Ort der für die Sprachperzeption dominanten Areale. Trotzdem ergeben sich bei Untersuchungen wie dieser, in denen es sich um Testentwicklung und Vergleiche von Gruppen handelt, Probleme bei der Beurteilung von Unterschieden zwischen den einzelnen Personen und Gruppen. Der Vergleich der Lambda-Werte der Bild- und Nachsprechbedingung führte zu keinem signifikanten Unterschied. Betrachtet man in der Hauptuntersuchung (nur Rechtshänder), aufgrund der theoretischen Annahme, daß ca. 90% der Rechtshänder die Sprachdominanz in der linken Hirnhälfte haben, nur die Rechtsohrdominanzen, ergeben sich große Unterschiede zugunsten der Bilddarbietung (mehr REA bei der Bildbedingung).

Betrachtet man weiterhin die Lambda-Werte der umgelernten Linkshänder und der Linkshänder in der Voruntersuchung, so fallen diese nur durch geringere Werte auf, die aber auch von Rechtshändern erreicht werden. Rechtshänder und Linkshänder werden durch diese Berechnung gleich eingestuft. Vergleicht man aber deren Ohrdominanzen, sind Unterschiede erkennbar, die nach der Transformierung in dieser Form nicht mehr auftreten (Linkshänder haben z.B. deutlich mehr LEA's, meist aber ebensoviel oder mehr REA's).

Auch der Vergleich der beiden Bedingungen in der Hauptuntersuchung führt nur zu geringen Unterschieden bei Verwendung des Lambda-Index. Bei Vergleich der Rechtsohrdominanzen treten hingegen erhebliche Unterschiede auf, die auch bei der Analyse der Fehler bestätigt wurden. Der Versuch, den Lambdawert durch Veränderung des Ersatzwertes 1 für LEA=0 durch geringere Werte zu ersetzen (Ausschluß einer Übervorteilung der LEA's) und eine Berechnung der standardisierten Differenzwerte führte zu keinem zufriedenstellendem Ergebnis.

Die starke Diskrepanz vor allem im Vergleich der Lambdawerte und der Rechtsohrvorteile der beiden Bedingungen des Hauptversuchs führt in letzter Konsequenz zu der Aufgabe, die Stellung und Gültigkeit des Lambda-Index neu zu überdenken. Die isolierte Betrachtung der REA's kann und wird keine Ersatzmöglichkeit für den Index darstellen. In dieser

Untersuchung lieferte sie allerdings wichtige Aufschlüsse über den Aufbau der zukünftigen Testversion.

## 7.2. Vergleich der Bedingungen

Im Mittelwertsvergleich der REA's zeigt die Bilddarbietung einen entscheidenden Vorteil. In der Nachsprechbedingung kam es zudem zu mehr Stimulusdominanz, weil vermutlich nicht beide Wörter eines Paares gleich bekannt waren. Ein Vergleich der Fehlerzahl zeigte ebenfalls, daß die Nachsprechbedingung für die Kinder eine größere Schwierigkeit darstellte. Die Ursachen liegen vermutlich in der Wortbekanntheit, d.h. Präferenz für ein Wort (z.B. Blut eher als Glut) und in Schwierigkeiten in der Lauterkennung und -differenzierung. Anscheinend kommt es durch letzteres und die „Fusion“ der Worte zu falschen Benennungen und typischen Fehlern (g/k wird zu t).

Durch die bewußte Zuhilfenahme eines unterstützenden Systems neben dem aktiven akustischen, in diesem Fall das visuelle System wird die Spracherkennung und -verarbeitung, sowie der Wortzugriff erleichtert und die Anzahl der Fehler und Stimulusdominanz signifikant gesenkt.

Die Bilddarstellung hat den Nachteil, daß die Kinder eher nach einem Schema antworten, da nur das Wortpaar allein ohne Distraktor dargeboten wurde. Eine alternative Möglichkeit wäre die Verwendung von Distraktoren, eine zweite die Kombination von Nachsprechen und Benennung über die Bilder. Die Versuchsperson würde zuerst das gehörte Wort nachsprechen und dann gebeten werden, das entsprechende Bild dazu zu zeigen.

## 7.3. Alter

Innerhalb der Hauptgruppe (6-9 Jahre) konnte, entgegen den Erwartungen, kein Anstieg der Rechtsohrdominanz nachgewiesen werden. Der Vergleich zwischen Hauptgruppe (6-9 Jahre) und Vorgruppe (16-18 Jahre) zeigte eine starke Erhöhung des Rechtsohrvorteils. Eine Erklärungsmöglichkeit liegt in der Hirnreifung, der Ausbildung callosaler Strukturen (Pujol et. al. 1993) und Entwicklung der Lateralität. Es wäre möglich, daß der erfasste Abschnitt der Entwicklung, zumal er gerade am Beginn einer intensiven Beeinflussung steht,

für die Erfassung einer Veränderung noch nicht relevant ist. Eine Spezialisierung scheint erst mit ausgereiftem Balken möglich. Dafür sprechen zumindestens die Ergebnisse der Studie.

Ein Störeinfluß für die Untersuchung des Einflusses des Alters könnte auch in den unterschiedlichen individuellen Leistungs- und Reifenniveaus liegen. Um dies auszuschließen, könnten in späteren Untersuchungen die Bildung von Gruppen nach dem Entwicklungsalter erfolgen und nicht nach dem Lebensalter. Kriterium der Einstufung könnten spezielle Tests zur Erfassung der individuellen Reife oder sprachlichen Entwicklung sein: Griffiths-Entwicklungsskalen (GES), Entwicklungs- und Verhaltensprofil (PEP), Lautbildungstest für Vorschulkinder (LBT), Heidelberger Sprachentwicklungstest (HSET) oder ähnliches.

#### **7.4. Geschlecht**

Es konnten keine Effekte des Geschlechtes auf den Lambdawert festgestellt werden. Erwartet wurde ein Vorteil für die Mädchen, die den Jungen in ihrer sprachlichen Entwicklung in dieser Altergruppe voraus sind (Bissell & Clark, 1984). Der geringe Vorteil der Jungen in der Nachsprechbedingung (aufgrund der  $\alpha$ -Fehlerkorrektur nicht relevant) könnte auf stark variierende individuelle Reifung zurückzuführen sein. Maßnahmen zur Berücksichtigung wurden bereits beschrieben.

#### **7.5. Stimulusdominanz**

Martin Beier (1994) verwandte in seiner Untersuchung keine Wortpaare mit der Kombination stimmhaft/stimmlos, da es zu Stimulusdominanz zugunsten des stimmlosen Anfangskonsonanten kommt. Dieser Effekt ließ sich in den Items der Voruntersuchung eindrucksvoll nachvollziehen. In der Hauptgruppe dominierte der Einfluß der Wortbekanntheit stärker als die Stimmhaftigkeit. Die Wortbekanntheit wies teilweise sogar Geschlechtsspezifität auf: die Jungen präferierten Colt, die Mädchen Gold.

Interessant ist die massive Stimulusdominanz von Tuch gegenüber Buch in der Hauptuntersuchung. Hier ist möglicherweise ein Recency-Effekt zusätzlich zu der Dominanz von stimmlosen gegenüber stimmhaften Konsonanten von Bedeutung zu sein. Das Wort Tuch wurde im Übungsdurchgang als letztes Bild präsentiert.

### 7.6. Audiometrie

Wichtig ist der Einsatz einer für die Altersstufe geeigneten Audiometrie. Die in dieser Untersuchung angewandte Pendelaudiometrie erwies für das Alter 6-7 als schwer durchführbar, so daß teilweise nur tendentiell auf Hörverlust untersucht werden konnte.

Das vorliegende Material ist für die Entwicklung eines dichotischen Hörtest für Kinder geeignet. Der Test sollte entsprechend der Bilddarbietung Abbildungen als unterstützendes Mittel verwenden. Geschlechts- und Altersunterschiede scheinen für diesen Anwendungsbereich keinen Einfluß zu haben.

Die Lambdawerte stimmten in der Voruntersuchung sehr gut, in der Hauptuntersuchung erwartungsgemäß geringer (aber trotzdem zufriedenstellend) mit der Händigkeit überein. Eine genaue Validierung des Tests muß in zukünftigen Studien anhand des Vergleichs von Ergebnissen des WADA-Tests und denen der Testversion erfolgen.

## 8. Zusammenfassung

In der Neurologie werden zur Untersuchung der Sprachlateralisation meist invasive Verfahren eingesetzt, die zuverlässige Ergebnisse bringen, teilweise aber auch nicht standardisiert durchgeführt und ausgewertet werden. Besondere Probleme werden bei dem Einsatz der Verfahren bei Kindern deutlich. Als Alternative dazu wurde versucht, auf der Grundlage des dichotischen Hörens nichtinvasive Verfahren zur Messung der Sprachlateralisation zu entwickeln.

Auf der Grundlage eines englischen Tests (Fused Rhymed Words Test) von Wexler & Halwes (1983) entwickelte Beier (1994) eine deutsche Version. Dabei wurden gleichlange, sich nur im Inlaut unterscheidende Wortpaare dichotisch dargeboten. Es kommt zu einer „Fusion“ der Worte, d.h. es wird nur eines der beiden gehört, wobei ein Ohr dominiert.

Auf der Grundlage dieses Testes sollte eine Version für Kinder entwickelt werden. Das Stimulusmaterial wurde zunächst im Rahmen einer Voruntersuchung an männlichen Versuchspersonen im Alter von 16-18 Jahren auf seine Einsatzmöglichkeiten geprüft. Es wurden einfache ein- oder zweisilbige Wörter ausgesucht, die sich zusätzlich auch noch bildlich darstellen ließen. Die nach der Itemselektion verbliebenen Wortpaare ergaben die in der Hauptuntersuchung angewandte Testversion. In der Hauptuntersuchung befanden sich männliche und weibliche Versuchspersonen im Altersbereich von 6-9 Jahren.

Untersucht wurde der Einfluß verschiedener Untersuchungsbedingungen (Bei „Nachsprechen“ wiederholte der Proband das von ihm gehörte Wort; in der Bedingung „Bild“ sollte er das Wort zusätzlich zeigen. Dazu wurden im Anschluß an die dichotische Darbietung die beiden möglichen Wörter als Bilder präsentiert), der Einfluß des Alter und des Geschlechts auf den Rechtsohrvorteil. Zusätzlich wurde der Effekt der Stimulusdominanz überprüft.

Den Hypothesen entsprechend ließ sich mit dem Test ein Rechtsohrvorteil in einer Gruppe rechtshändiger Kinder finden.

Die Darbietungsart BILD erwies sich als die geeignetere Methode für die Untersuchung von Kindern, da hier die Einflüsse der Wortbekanntheit signifikant geringer waren. Eine weitere denkbare Vorgehensweise wäre die Kombination von Nachsprechen und Bilddarbietung.

Das Alter (im Bereich 6-9 Jahre) scheint (noch) keinen Einfluß auf eine Veränderung des Rechtsohrvorteils zu haben. Der Vergleich mit den Ergebnissen der Vorgruppe (16-18 Jahre) zeigte eine signifikante Erhöhung des Rechtsohrvorteils mit dem Alter. In folgenden Untersuchungen ist es wichtig, das individuelle Entwicklungsalter als Variable mitzuerfassen, um Fehler auszuschließen.

Ein Geschlechtseinfluß konnte nicht gefunden werden. Der Effekt der Stimulusdominanz für stimmlose Anfangskonsonanten wurde in der Vorgruppe, d.h. für ein höheres Stadium der cerebralen Entwicklung repliziert. In den unteren Altersstufen dominiert die Wortbekanntheit über psychoakustische Lautqualitäten.

Der Einsatz dieses Testes als nichtinvasive Methode zur Bestimmung der Sprachlateralisation ist möglich, vorausgesetzt er hat in späteren Validierungsstudien eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen des WADA-Tests. Das Testmaterial kann auch für Erwachsene (in der Version von Beier 1994 kommt es Problemen mit der Bekanntheit einiger Wörter) verwendet werden.

## Literaturverzeichnis

- BAKKER, D.J., HOEFKENS, M. & VAN DER VLUGT, H. (1979): *Hemispheric specialisation in children as reflected in the longitudinal development of ear asymmetry*. *Cortex*, 15(4), 619-625.
- BEIER, Martin (1994): *Validierung eines neuentwickelten dichotischen Hörtests zur Messung der Sprachlateralisation an zwei Stichproben von Patienten mit fokaler Epilepsie*. Diplomarbeit: FU Berlin
- BISSELL, J.C. & CLARK, F. (1984): *Dichotic listening performance in normal children and adults*. *Brain - Lang.*, 22(1), 49-66
- BLUMSTEIN, S., TARTTER, V., MICHEL, D. & HIRSCH, B. (1977): *The role of distinctive features in the dichotic perception*. *Brain and Language*, 4, 508-520.
- BÖHME, G. & WELZL-MÜLLER, K (1984): *Audiometrie*. Bern, Stuttgart, Wien: Huber.
- BORTZ, J. (1989). *Statistik*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- BROADBENT, D.E. (1954): *The role of auditory localization in attention and memory span*. *Journal of Experimental Psychology*: 47, 191-196.
- BROADBENT, D.E. (1958): *perception and communication*. New York: Pergamon Press.
- BRADY-WOOD, S. & SHANKWEILER, D. (1973): *Effects of amplitude variation on an auditory rivalry task: Implications concerning the mechanisms of perceptual asymmetries*. *Haskins Laboratories: Status Report on Speech Research*: 34, 119-126.
- BRIGGS, G.G. & NEBES, R.D. (1976): *The effects of handedness, family history and sex on the performance of a dichotic listening task*. *Neuropsychologia*: 14, 129-134.
- BRYDEN, M.P. (1967): *An evaluation of some models of laterality effects in dichotic listening*. *Acta OTO-Larynologica*: 63, 36-56.
- BRYDEN, M.P. (1981): *Do auditory- perceptual asymmetries develop?* *Cortex*, 17(2), 313-318
- BRYDEN, M.P. (1982): *Laterality*. New York: Academic Press.
- BRYDEN, M.P. (1986): *Dichotic listening performance, cognitive ability, and cerebral organization*. *Canadian Journal of Psychology*: 40, 445-456.
- BRYDEN, M.P. (1988): *Correlates of the dichotic right ear effect*. *Cortex*: 24. in press
- BRYDEN, M.P (1988): *An overview of the dichotic listening procedure and its relation to cerebral organization*. In K. Hugdahl (1988): *Handbook of dichotic listening: Theory methods and research*. New York: John Wiley & Sons.

- BRYDEN, M.P. & SPROTT, D.A. (1981): *Statistical determination of degree of laterality*. *Neuropsychologia*: 19, 571-581.
- CURRY, F. (1967): *A comparison of left-handed and right-handed subjects on verbal and nonverbal dichotic listening task*. *Cortex*, 3, 343-352.
- DARWIN, C. (1974): *Ear differences and hemispheric specialisation*. In: F.O. SCHMITT & F.G. WORDEN (Hrsg.) *The neurosciences: the third study programm*. Cambridge, MA: M.I.T. Press.
- DIESCH, E. (1995): *Speechlab - User Manual*. TU Berlin
- DIVENYI, P. & EFRON, R. (1979): *Spectral versus temporal features in dichotic listening*. *Brain and Language*: 7, 375-386.
- DOBBING, J. & SANDS, J. (1973): *Quantitative growth and development of human brain*. *Archives of Disease in Childhood*, 48, 757-767.
- DUUS, P. (1990): *Neurologisch-topische Diagnostik*. Stuttgart: Thieme.
- EFRON, R.; KOSS, B. & YUND, E.W. (1983): *Central auditory processing. IV. Ear dominance - spatial and temporal complexity*. *Brain and language*: 19, 264-282.
- ENTUS, A.K. (1977): *Hemispheric asymmetry in processing of dichotically presented speech and nonspeech stimuli by infants*. In S.J. Segalowitz & F.A. Gruber (Eds.): *Language development and neurological theory*. New York: Academic Press.
- GAZZANIGA, M.S., BOGEN, J.E. & SPERRY, R.W. (1962): *Some functional effects of sectioning the cerebral commissures in man*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*: 48, 1765.
- GAZZANIGA, M.S., BOGEN, J.E. & SPERRY, R.W. (1963): *Laterality effects in somesthis following cerebral commissurotomy in man*. *Neuropsychologia*: 1, 209-221
- GAZZANIGA, M.S., BOGEN, J.E. & SPERRY, R.W. (1965): *Observation in visual perception after disconnection of the cerebral hemispheres in man*. *Brain*: 88, 221-236.
- GEFFEN, G. & CAUDREY, D. (1981): *Reliability and validity of the dichotic monitoring test for language laterality*. *Neuropsychologie*: 19, 413-423.
- GEFFEN, G. & TRAUB, E. (1979): *Preferred hand and familial sinistrality in dichotic listening*. *Neuropsychologia*: 17, 527-531.
- GEFFNER, D.S. & HOCHBERG, I. (1971): *Ear laterality performance of children from low and middle socioeconomic levels on a verbal listening task*. *Cortex*: 8, 193-203.
- GELFAND, S., HOFFMAND, S., WALTZMANN, S. & PIPER, N. (1980): *Dichotic CV recognition at various interaural onset asynchronies: Effect of age*. *Journal of the Acoustical Society of America*: 68, 1258-610.

- GOODGLASS, H. & CALDERON, M. (1977): *Parallel processing of verbal and musical stimuli in right and left hemispheres*. *Neuropsychologia*: 15, 397-407.
- GORDON, H. (1974): *Hemispheric lateralisation of singing after intracarotid sodium amylobarbitone*. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*: 37, 727-738.
- GRIMSHAW, G.M., MCMANUS, I.C. & BRYDEN, M.P. (1994): *Controlling for stimulus dominance in dichotic listening tests: A modification of  $\lambda$* . *Neuropsychology*: Vol.8 (2), 278-283.
- HABERMANN, G. (1986): *Stimme und Sprache*. Stuttgart, New York: Thieme.
- HÄTTIG, H., BEIER, M. & DIESCH, E. (1996) in Vorbereitung.
- HÄTTIG, H., Beier, M. & MEENCKE, H.-J. (1995): *Sprachlateralisation im WADA-Test und in einem dichotischen Test*. *Epilepsie-Blätter*: 8(3).
- HALPERIN, Y., NACHSON, I. & CARMON, A. (1973): *Shift of ear superiority in dichotic listening to temporally patterned nonverbal stimuli*. *Journal of the Acoustic Society of America*: 53, 46-50.
- HALWES, T. (1969): *Effects of dichotic fusion on the perception of speech. Supplement to status report on speech research*. Haskin laboratories: New Haven, Conn..
- HELLBRÜCK, J. (1993): *Hören*. Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- HERRON, J. (1980): *Two hands, two brains, two sexes*. In J. HERRON (Ed.): *Neuropsychology of handedness*. New York Academic press.
- HISCOCK, M. & DECTER, M.H. (1988): *Dichotic listening in children*. In K. HUGDAHL (Ed.): *Handbook of dichotic listening: Theory, methods and research*. New York: John Wiley & Sons.
- HISCOCK, M. & KINSBOURNE, M. (1995): *Phylogeny and ontogeny of cerebral lateralisation*. In: DAVIDSON & HUGDAHL (1995): *Hemispheric Asymmetry*. Boston: Harvard University Press.
- HUGDAHL, K. (Ed.) (1988): *Handbook of dichotic listening: theory, methods and research*. New York: John Wiley & Sons.
- JÄNCKE, L. (1992): *Ein dichotischer Konsonant-Vokal-Recall- und Monitoring-Test. Reliabilität und Vergleich beider Prozeduren*. *Zeitschrift für Neuropsychologie*: 3, Heft 2, 143-156.
- JÄNCKE, L., STEINMETZ, H. & VOLKMANN, J. (1992): *Dichotic listening: what does it measure?*. *Neuropsychologia*: Vol. 30 (11), 941-950.
- 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): *Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli*. *Canadian Journal of Psychology*: 15, 166-171.

- KIMURA, D. (1961b): *Some effects of temporal lobe damage on auditory perception*. Canadian Journal of Psychology: 15, 156-165.
- KIMURA, D. (1963): *Speech lateralization in young children as determined by an auditory test*. Journal of Comparative and Physiological Psychology: 56, 899-902.
- KIMURA, D. (1964): *Left-right differences in the perception of melodies*. Quarterly Journal of Experimental Psychology: 16, 355-358.
- KIMURA, D. (1967): *Functional asymmetry of the brain in dichotic listening*. Cortex: 3, 163-168.
- KIMURA, D. & FOLB, S. (1968): *Neural processing of background sounds*. Science: 161, 395-396
- KING, F., & KIMURA D. (1972): *Left ear superiority in dichotic perception of vocal, non-verbal sounds*. Canadian Journal of Psychology: 26, 111-116.
- KNOX, C. & KIMURA, D. (1970): *Cerebral processing of non-verbal sounds in boys and girls*. Neuropsychologia: 8, 227-237.
- KINSBOURNE, M. (1970): *The cerebral basis of lateral asymmetries in attention*. Acta Psychologica: 33, 193-201.
- KINSBOURNE, M. (1973): *The control of attention by interaction between the cerebral hemispheres*. In S. KORNBLUM (Ed.): *Attention and performance IV*. New York: Academic Press.
- KINSBOURNE, M. (1975): *The mechanism of hemispheric control of the lateral gradient of attention*. In P.M.A. RABBITT & S. DORNIC (Eds.): *Attention and performance V*. New York: Academic Press.
- KINSBOURNE, M. & HISCOCK, M. (1977): *Does cerebral dominance develop?* In: S.J. SEGALOWITZ & F.A. GRUBER, (EDS.): *Language development and neurological theory*. New York: Academic Press.
- KOLB, B. & WISHAW, I.Q. (1993): *Neuropsychologie*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum.
- KRAFT, R.H. (1984): *Lateral specialization and verbal/spatial ability in preschool children: Age, sex and familial handedness differences*. Neuropsychologia: 22, 319-335.
- LAKE, D.A. & BRYDEN, M.P. (1976): *Handedness and sex differences in hemispheric asymmetry*. Brain and Language: 3, 266-282.
- LAUTER, J. (1982): *Dichotic identification of complex sounds: Absolute and relative ear advantages*. Journal of the Acoustical Society of America: 71, 701-707.
- LENNEBERG, E. (1967): *Biological foundations of language*. New York: Wiley.

- LEY, R.G. & BRYDEN, M.P. (1982): *A dissociation of left and right hemispheric effects for recognizing emotional tone and verbal content*. *Brain and Cognition*: 1, 3-9.
- LORING, D.W., MEADOR, K.J., LEE, G.P. & KING, D.W. (1992): *Amorbarbital effects and lateralized brain function - the Wada-Test*. New York, Berlin, Heidelberg, London, Paris: Springer.
- MILLER, G.A. (1995): *Wörter*. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaften.
- MOLFESE, D.L. & MOLFESE, V.J. (1980): *Cortical responses of preterm infants to phonetic and nonphonetic speech stimuli*. *Developmental Psychology*: 16, 574-581.
- MOSCOVITCH, M. (1977): *The development of lateralization and its relation to cognitive and linguistic development: A review and some theoretical speculations*. In S.J. SEGALOWITZ & F.A. GRUBER (Hrsg.): *Language Development and Neurological Theory*. New York: Academic Press.
- NATALE, M. (1977): *Perception of nonlinguistic auditory rhythms by speech hemisphere*. *Brain and Language*: 4, 32-44.
- PAPCUN, G., KRASHEN, S., TERBEECK, D., REMINGTON, R. & HARSHMAN, R. (1974): *Is the left hemisphere organized for speech, language and/or something else?* *Journal of the Acoustical Society of America*: 55, 319-327.
- PELTZER, K. (1995): *Der treffende Reim*. Thun: Ott-Verlag
- PIAZZA, D.M. (1977): *Cerebral lateralisation in young children as measured by dichotic listening and finger tapping tasks*. *Neuropsychologia*, 15, 417-425.
- PICKETT, J.M. (1980): *The sounds of speech communication*. Baltimore: University Park Press.
- PUJOL, J., VENDRELL, P., JUNQUE, C., MARTI-VILALTA, J.L. & CAPDEVILA, A. (1993): *When does human brain development end? Evidence of corpus callosum growth up to adulthood*. *Annals of Neurology*, 34(1), 71-75.
- REPP, B.H. (1976): *Identification of dichotic fusions*. *Journal of the Acoustic Society of America*: 60, 456-469.
- REPP, B.H. (1977): *Measuring laterality effects in dichotic listening*. *Journal of the Acoustical Society of America*: 62, 720-737.
- RIESE, B. (Ed.) (1994): *Schrift und Sprache*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum.
- SEARLEMAN, A. (1980): *Subject variables and cerebral organization for language*. *Cortex*: 16, 239-254.
- SEGALOWITZ, S.J. & BRYDEN, M.P. (1983): *Individual differences in hemispheric representation of language*. In S.J. SEGALOWITZ (ED.): *Language functions and brain organization*. New York: Academic Press.

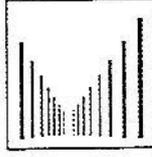
- SIDTIS, J. (1982): *Predicting brain organization from dichotic listening performance: Cortical and subcortical functional asymmetries contribute to perceptual asymmetries*. *Brain and Language*: 17, 287-300.
- SPARKS, R., GODDGLAS, H. & NICKEL, B. (1970) *Ipsilateral versus contralateral extinction in dichotic listening resulting from contralateral lesions*. *Cortex*, 6, 249-260.
- SPELLACY, F. & BLUMSTEIN, S. (1970): *The influence of language set on ear preference in phoneme recognition*. *Cortex*: 6, 430-439.
- SPRINGER, S.P & DEUTSCH, G. (1993): *Linkes Rechtes Gehirn*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum.
- STUDDERT-KENNEDY, M. & SHANKWEILER, D. (1970): *Hemispheric specialization for speech perception*. *Journal of the Acoustical Society of America*: 48, 579-594.
- SUSSMAN, H. (1979): *Evidence for left hemisphere superiority in processing movement-related tonal signals*. *Journal of Speech and Hearing Disorders*: 22, 224-235.
- SZAGUN, G. (1993): *Sprachentwicklung beim Kind*. Weinheim: Psychologie-Verlags-Union.
- VAN LANCKER, D. & FROMKIN, V. (1973): *Hemispheric specialization for pitch and „tone“: Evidence from Thai*. *Journal of Phonetics*: 1, 101-109.
- WEXLER, B.E. & HALWES, T. (1983): *Increasing the power of dichotic methods: the fused rhymed words test*. *Neuropsychologia*: 21, 59-66.
- WEXLER, B.E., HALWES, T. & HENINGER, G.R. (1981): *Use of a statistical significance criterion in drawing inferences about hemispheric dominance for language function from dichotic listening data*. *Brain and Language*: 13, 13-18.
- WEXLER, B.E. (1988): *Dichotic presentation as a method for single hemisphere stimulation studies*. In K. HUGDAHL (1988): *Handbook of dichotic listening: Theory methods and research*. New York: John Wiley & Sons.
- ZAIDEL, E. (1983): *Disconnection syndrome as a model for laterality in the normal brain*. In: J.B. HELDIGE (Ed.), *Cerebral hemisphere asymmetry*. New York: Praeger Scientific.
- ZATORRE, R.J. (1989): *Perceptual Asymmetry on the dichotic fused words test and cerebral speech lateralization determined by the carotid sodium amytal test*. *Neuropsychologia*: 27, 1207-1219.
- ZURIF, E. (1974): *Auditory lateralization: Prosodic and syntactic factors*. *Brain and Language*: 1, 391-401.
- ZURIF, E.B. & BRYDEN, M.P. (1969): *Familial handedness and left-right differences in auditory and visual perception*. *Neuropsychologia*: 7, 179-187.

## **Anhang**

- Anhang A**                    **Brief an die Eltern der Gesamtschule  
und des Gymnasiums**
- Brief an die Schüler**
- Brief an die Eltern der Grundschule**
- Anhang B**                    **Voruntersuchung  
Testprotokoll und Auswertungsblatt**
- Hauptuntersuchung  
Testprotokoll und Auswertungsblatt**
- Anhang C**                    **Beispiel für die Audiometrie  
Oldfield - Handedness - Test**
- Anhang D**                    **Bildmaterial der Stimuli**
- Anhang E**                    **Ergebnisse der Signifikanztests**
- Anhang F**                    **Gesamtüberblick über das  
Antwortverhalten für jedes Itempaar**
- Anhang G**                    **Psychoakustik**

## **Anhang A**

- **Brief an die Eltern der Gesamtschule und des Gymnasiums**
- **Brief an die Schüler**
- **Brief an die Eltern der Grundschule**



# Virchow-Klinikum

Medizinische Fakultät  
der Humboldt-Universität zu Berlin

Leitung Prof. Dr. Einhäupl  
Tel 030-450-60016  
Fax 030-450-60901

Dipl.-Psych. H. Hätig, Neuropsychologie 7b  
VK, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin

14. Februar 1996

## An die Eltern

Sehr geehrte Eltern,

im Rahmen unserer neuropsychologischen Diagnostik der Abteilung Neurologie/EEG-Monitoring und meiner Diplomarbeit würden wir mit Ihrem Sohn/Ihrer Tochter gern einen neuentwickelten Test zur Sprachwahrnehmung durchführen. Hierbei hört die Testperson einzelne Worte über einen Kopfhörer, die anhand von Bildtafeln benannt werden sollen. Mit dieser Untersuchung können Aussagen über den Ort des Sprachzentrums im Gehirn getroffen werden. Dieser Test soll eine kindgerechte Version eines bereits routinemäßig und erfolgreich angewandten Tests für Erwachsene werden. Die Voruntersuchung soll mit männlichen Jugendlichen erfolgen.

Der Test findet in einer Einzelsitzung von ca. 30 min Dauer in der Schule statt. Hierfür existiert die Einverständniserklärung des Schulrats und des Kreisschulrats. Die Testergebnisse werden anonym und unter Einhaltung der Datenschutzbestimmungen behandelt. Der Testzeitraum ist für die 1. Märzwoche vorgesehen. Die genaue Zeit wird in Absprache mit den Lehrern festgelegt werden.

Ich bitte Sie hiermit um Ihr Einverständnis, diesen Test durchführen zu dürfen. Selbstverständlich stehe ich Ihnen für Nachfragen jederzeit zur Verfügung.

Bitte geben Sie die Einverständniserklärung wieder bei dem jeweiligen Lehrer ab.

Vielen Dank im Voraus!

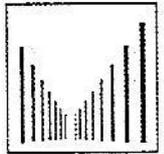
Mit freundlichen Grüßen

J. Gothe  
Janna Gothe  
Heinz Hätig

TEL.: 030-4480830

# Virchow-Klinikum

Medizinische Fakultät  
der Humboldt-Universität zu Berlin



Leitung Prof. Dr. Einhäupl

Tel 030-450-60016

Fax 030-450-60901

Dipl.-Psych. H. Hättig, Neuropsychologie 7b  
VK, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin

14. Februar 1996

Liebe Schüler,

im Rahmen unserer neuropsychologischen Diagnostik der Abteilung Neurologie/EEG-Monitoring und meiner Diplomarbeit würden wir mit Euch gern einen neuentwickelten Test zur Sprachwahrnehmung durchführen. Hierbei hört die Testperson einzelne Worte über einen Kopfhörer, die anhand von Bildtafeln benannt werden sollen. Mit dieser Untersuchung können Aussagen über den Ort des Sprachzentrums im Gehirn getroffen werden. Dieser Test soll eine kindgerechte Version eines bereits routinemäßig und erfolgreich angewandten Tests für Erwachsene werden. Die Voruntersuchung soll mit männlichen Jugendlichen erfolgen.

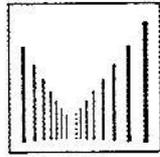
Der Test findet in einer Einzelsitzung von ca. 30 min Dauer in der Schule statt. Hierfür existiert die Einverständniserklärung des Schulrats und des Kreisschulrats. Die Testergebnisse werden anonym und unter Einhaltung der Datenschutzbestimmungen behandelt. Der Testzeitraum ist für die 1. Märzwoche vorgesehen. Wenn Ihr Interesse daran habt, dann tragt Euch in die beiliegenden Versuchspersonenlisten ein. Falls Ihr noch nicht 18 Jahre alt seid, laßt bitte die Einverständniserklärung von Euren Eltern unterschreiben. Wenn Ihr wollt, führe ich im Anschluß ein Seminar sowohl über den Test, als auch über alle anderen gewünschten Themen der Psychologie durch.

Vielen Dank im Voraus!

Mit freundlichen Grüßen

  
Janna Gothe

  
Heinz Hättig



# Virchow-Klinikum

Medizinische Fakultät  
der Humboldt-Universität zu Berlin

Leitung Prof. Dr. Einhäupl  
Tel 030-450-60016  
Fax 030-450-60901

Dipl.-Psych. H. Hättig, Neuropsychologie 7b  
VK, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin

14. Februar 1996

## An die Eltern

Sehr geehrte Eltern,

im Rahmen unserer neuropsychologischen Diagnostik der Abteilung Neurologie/EEG-Monitoring und meiner Diplomarbeit würden wir mit ihrem Kind gern einen neuentwickelten Test zur Sprachwahrnehmung durchführen. Hierbei hört das Kind einzelne Worte über einen Kopfhörer, die es anhand von Bildtafeln benennen soll. Mit dieser Untersuchung können Aussagen über den Ort des Sprachzentrums im Gehirn getroffen werden. Dieser Test soll eine kindgerechte Version eines bereits routinemäßig und erfolgreich angewandten Tests für Erwachsene werden.

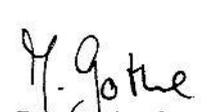
Der Test findet in einer Einzelsitzung von ca. 30 min Dauer in der Schule Ihres Kindes statt. Hierfür existiert die Einverständniserklärung des Schulrats und des Kreisschulrats. Die Testergebnisse werden anonym und unter Einhaltung der Datenschutzbestimmungen behandelt.

Der Testzeitraum ist für die 4. Märzwoche vorgesehen. Die genaue Zeit wird in Absprache mit den Lehrern festgelegt werden. Ich bitte Sie hiermit um Ihr Einverständnis, diesen Test durchführen zu dürfen. Selbstverständlich stehe ich Ihnen für Nachfragen jederzeit zur Verfügung.

Bitte geben Sie die Einverständniserklärung wieder an den jeweiligen Lehrer zurück.

Vielen Dank im Voraus!

Mit freundlichen Grüßen

  
Janna Gothe

  
Heinz Hättig

Tel.: 030-4480830

# Anhang B

## Voruntersuchung

- **Testprotokoll und Auswertungsblatt**
- ITEM-ANALYSE

## Hauptuntersuchung

- **Testprotokoll und Auswertungsblatt**

FRWT-CH (Silben und Silbenpaare)

1. BA
2. KA
3. BOKA
4. BOGE
5. DOGE
6. DA
7. KA
8. BA
9. KAPE
10. TA
11. TAPE
12. TOKA

1. 9 BA 1 DA	1. 8 KA 2 BA	1. 6 BOGE 1 DOGE
2. 2 TA 5 KA	2. 1 BOKA 8 TOKA	2. 7 BA 2 DA
3. 1 BOKA 5 TOKA	3. 5 TAPE 1 KAPE	3. 9 TA 2 KA
4. 8 KA 1 BA	4. 8 BOGE 2 DOGE	4. 6 KA 2 BA
5. 9 TAPE 2 KAPE	5. 4 TA 1 KA	5. 6 TAPE 3 KAPE
6. 7 BOKA 2 TOKA	6. 9 BOKA 2 TOKA	6. 2 BOGE 8 DOGE
7. 9 TA 4 KA	7. 1 KA 5 BA	7. 2 BA 5 DA
8. 4 BOGE 8 DOGE	8. 2 BOGE 6 DOGE	8. 3 KA 6 BA
9. 1 BA 5 DA	9. 7 BA 4 DA	9. 8 BOKA 2 TOKA
10. 2 KA 5 BA	10. 3 TA 7 KA	10. 2 TAPE 5 KAPE
11. 8 BOGE 2 DOGE	11. 4 TAPE 8 KAPE	11. 4 TA 6 KA
12. 2 TAPE 8 KAPE	12. 1 BA 8 DA	12. 2 BOKA 8 TOKA

FRWT-CH TESTVERSIONItems

01 BACH	12 BRAUT	23 DORN	34 KAHN	45 KOPF	56 NAGEL	67 TANTE
02 BAHN	13 BRILLE	24 DÜHNE	35 KANNE	46 KORN	57 NATTER	68 TASSE
03 BASS	14 BRÜCKE	25 FLIEDER	36 KANTE	47 KRAUT	58 PASS	69 TASTE
04 BAU	15 BUCH	26 FLIEGER	37 KASS2	48 KREIS	59 PASTE	70 TATZE
05 BEIL	16 BUTT2	27 GABEL	38 KASSE	49 KRESSE	60 PISTE	71 TAU
06 BEULE	17 BUTTER	28 GASSE	39 KATZE	50 KRÜCKE	61 POL	72 TELLER
07 BIENE	18 BÜHNE	29 GATTER	40 KEIL	51 KUPPE	62 PREIS	73 TOPF
08 BLUT	19 COLT	30 GLUT	41 KELLER	52 KUTTER	63 PRESSE	74 TUCH
09 BOCK	20 DACH	31 GOLD	42 KEULE	53 MIENE	64 PUPPE	
10 BODEN	21 DEGEN	32 GRILLE	43 KISTE	54 MUTTER	65 REGEN	
11 BOGEN	22 DOCK	33 KABEL	44 KOHL	55 NADEL	66 TANNE	

## Testdurchlauf 1

01	3	BACH	8	DACH	38	2	KEULE	5	BEULE
02	2	BIENE	5	MIENE	39	1	KISTE	7	PISTE
03	1	GASSE	8	KASSE	40	5	KOHL	1	POL
04	1	BOCK	6	DOCK	41	9	BUTTER	2	KUTTER
05	6	TASTE	4	PASTE	42	1	KOPF	6	TOPF
06	1	BOGEN	9	BODEN	43	8	GOLD	4	COLT
07	5	DORN	1	KORN	44	8	KOPF	2	TOPF
08	2	BRAUT	8	KRAUT	45	2	MUTTER	5	BUTTER
09	3	BRILLE	5	GRILLE	46	1	NADEL	4	NAGEL
10	1	BRÜCKE	6	KRÜCKE	47	2	PASS	6	BASS
11	2	TATZE	7	KATZE	48	5	TAU	1	BAU
12	5	BRÜCKE	1	KRÜCKE	49	8	PRESSE	1	KRESSE
13	9	BRILLE	1	GRILLE	50	1	PREIS	8	KREIS
14	2	BUTTER	5	KUTTER	51	5	BOGEN	1	BODEN
15	3	BÜHNE	8	DÜHNE	52	6	KEULE	2	BEULE
16	8	BOCK	6	DOCK	53	8	PREIS	2	KREIS
17	1	KAHN	5	BAHN	54	9	KISTE	1	PISTE
18	2	DORN	8	KORN	55	6	PUPPE	8	KUPPE
19	7	KANNE	2	TANNE	56	9	TUCH	1	BUCH
20	2	FLIEDER	6	FLIEGER	57	7	BRAUT	2	KRAUT
21	2	GABEL	9	KABEL	58	3	REGEN	6	DEGEN
22	8	GASSE	6	KASSE	59	1	TASSE	6	KASSE
23	8	KEIL	2	BEIL	60	8	PASS	1	BASS
24	2	GATTER	5	NATTER	61	7	MUTTER	2	BUTTER
25	2	GLUT	8	BLUT	62	1	TANTE	8	KANTE
26	9	NADEL	1	NAGEL	63	2	PRESSE	5	KRESSE
27	2	GOLD	6	COLT	64	6	BACH	1	DACH
28	9	KAHN	3	BAHN	65	2	TAU	5	BAU
29	4	KOHL	7	POL	66	9	PUPPE	2	KUPPE
30	5	GABEL	2	KABEL	67	8	TATZE	1	KATZE
31	8	FLIEDER	1	FLIEGER	68	7	GLUT	4	BLUT
32	2	TASTE	5	PASTE	69	2	TELLER	8	KELLER
33	1	KANNE	3	TANNE	70	8	REGEN	3	DEGEN
34	2	KEIL	5	BEIL	71	9	TANTE	1	KANTE
35	8	BÜHNE	1	DÜHNE	72	5	TELLER	1	KELLER
36	7	BIENE	2	MIENE	73	9	GATTER	2	NATTER
37	9	TASSE	2	KASSE	74	2	TUCH	6	BUCH

## Testdurchlauf 2

01	1	BRÜCKE	8	KRÜCKE	38	3	KEULE	5	BEULE
02	9	DORN	1	KORN	39	4	KISTE	8	PISTE
03	2	GASSE	8	KASSE	40	9	BUTTER	2	KUTTER
04	8	TASTE	1	PASTE	41	2	KOPF	7	TOPF
05	8	GLUT	1	BLUT	42	7	GOLD	1	COLT
06	1	TUCH	5	BUCH	43	2	PUPPE	5	KUPPE
07	3	BRILLE	6	GRILLE	44	1	NADEL	4	NAGEL
08	2	TATZE	5	KATZE	45	2	PASS	4	BASS
09	8	BRÜCKE	1	KRÜCKE	46	8	TAU	1	BAU
10	2	TELLER	5	KELLER	47	1	PRESSE	5	KRESSE
11	3	BUTTER	5	KUTTER	48	8	PRESSE	1	KRESSE
12	8	BRAUT	1	KRAUT	49	1	PREIS	4	KREIS
13	7	BOCK	1	DOCK	50	7	BOGEN	2	BODEN
14	3	KAHN	8	BAHN	51	5	TUCH	1	BUCH
15	2	DORN	8	KORN	52	7	KOPF	1	TOPF
16	8	KANNE	2	TANNE	53	8	KEULE	1	BEULE
17	2	TAU	5	BAU	54	9	PREIS	4	KREIS
18	1	GABEL	8	KABEL	55	4	FLIEDER	8	FLIEGER
19	7	GASSE	1	KASSE	56	8	KOHL	1	POL
20	8	TATZE	2	KATZE	57	7	KISTE	1	PISTE
21	7	KEIL	3	BEIL	58	2	REGEN	4	DEGEN
22	2	GATTER	7	NATTER	59	5	GATTER	1	NATTER
23	1	GLUT	5	BLUT	60	6	TANTE	2	KANTE
24	3	BÜHNE	6	DÜHNE	61	1	TASSE	7	KASSE
25	7	NADEL	2	NAGEL	62	3	BIENE	5	MIENE
26	2	GOLD	4	COLT	63	5	PASS	1	BASS
27	5	KAHN	2	BAHN	64	2	BOCK	5	DOCK
28	2	KOHL	5	POL	65	9	BRILLE	1	GRILLE
29	5	GABEL	1	KABEL	66	7	REGEN	2	DEGEN
30	3	BOGEN	5	BODEN	67	8	MUTTER	1	BUTTER
31	6	FLIEDER	1	FLIEGER	68	1	TANTE	4	KANTE
32	1	TASTE	5	PASTE	69	8	PUPPE	3	KUPPE
33	3	KANNE	5	TANNE	70	4	MUTTER	8	BUTTER
34	2	KEIL	7	BEIL	71	1	BACH	6	DACH
35	7	BÜHNE	1	DÜHNE	72	2	BRAUT	9	KRAUT
36	6	BIENE	1	MIENE	73	7	TELLER	2	KELLER
37	5	TASSE	1	KASSE	74	8	BACH	1	DACH

### Testdurchlauf 3

01	1	KAHN	5	BAHN	38	2	KISTE	8	PISTE
02	2	BÜHNE	6	DÜHNE	39	9	KOHL	1	POL
03	2	BOCK	9	DOCK	40	7	BUTTER	3	KUTTER
04	2	BOGEN	7	BODEN	41	2	KOPF	7	TOPF
05	3	MUTTER	5	BUTTER	42	1	BRILLE	5	GRILLE
06	9	TATZE	1	KATZE	43	4	GASSE	7	KASSE
07	7	DORN	5	KORN	44	3	NADEL	7	NAGEL
08	3	BRAUT	8	KRAUT	45	4	PASS	9	BASS
09	2	BRÜCKE	8	KKRÜCKE	46	5	BACH	8	DACH
10	4	TATZE	6	KATZE	47	1	REGEN	4	DEGEN
11	8	TANTE	1	KANTE	48	2	PREIS	5	KREIS
12	9	BRÜCKE	2	KRÜCKE	49	7	KEULE	5	BEULE
13	2	BUTTER	5	KUTTER	50	8	PREIS	1	KREIS
14	7	BOCK	1	DOCK	51	9	KISTE	1	PISTE
15	2	DORN	8	KORN	52	8	KOPF	2	TOPF
16	5	KANNE	2	TANNE	53	6	TELLER	2	KELLER
17	4	BIENE	9	MIENE	54	2	PUPPE	5	KUPPE
18	1	FLIEDER	8	FLIEGER	55	7	GLUT	1	BLUT
19	2	GABEL	8	KABEL	56	4	KEULE	8	BEULE
20	8	GASSE	4	KASSE	57	2	TUCH	7	BUCH
21	9	KEIL	4	BEIL	58	1	PRESSE	9	KRESSE
22	4	GATTER	6	NATTER	59	7	BRAUT	3	KRAUT
23	2	CLUT	5	BLUT	60	5	TAU	1	BAU
24	6	NADEL	2	NAGEL	61	9	PASS	2	BASS
25	1	GOLD	5	COLT	62	7	MUTTER	4	BUTTER
26	5	KAHN	1	BAHN	63	1	TANTE	8	KANTE
27	2	KOHL	5	POL	64	2	TAU	4	BAU
28	7	GABEL	2	KABEL	65	6	FLIEDER	2	FLIEGER
29	8	GOLD	2	COLT	66	2	TELLER	7	KELLER
30	2	TASTE	4	PASTE	67	9	REGEN	4	DEGEN
31	6	TUCH	1	BUCH	68	7	BOGEN	2	BODEN
32	2	KANNE	5	TANNE	69	5	TASTE	1	PASTE
33	8	PRESSE	1	KRESSE	70	2	KEIL	5	BEIL
34	7	BRILLE	4	GRILLE	71	9	PUPPE	2	KUPPE
35	6	BÜHNE	1	DÜHNE	72	1	TASSE	6	KASSE
36	7	BIENE	2	MIENE	73	7	GATTER	2	NATTER
37	6	TASSE	1	KASSE	74	9	BACH	1	DACH

	Nr.	Teil 1 L	Teil 1 R	Nr.	Teil 2 L	Teil 2 R	Nr.	Teil 3 L	Teil 3 R
Kahn/Bahn	17 28u	1 5 3 9		14 27u	3 8 2 5		01 26u	1 5 1 5	
Bühne/Dühne	15 35u	3 8 1 8		24 35u	3 6 1 7		02 35u	2 6 1 6	
Bock/Dock	04 16u	1 6 6 8		13u 64	1 7 2 5		03 14u	2 9 1 7	
Bogen/Boden	06 51u	1 9 1 5		30 50u	3 5 2 7		04 68u	2 7 2 7	
Kiste/Piste	39 54u	1 7 1 9		39 57u	4 8 1 7		38 51u	2 8 1 9	
Mutter/Butter	45 61u	2 5 2 7		67u 70	1 8 4 8		65 62u	3 5 4 7	
Butter/Kutter	14 41u	2 5 2 9		11 40u	3 5 2 9		13 40u	2 5 3 7	
Tau/Bau	48u 65	1 5 2 5		17 46u	2 5 1 8		60u 64	1 5 2 4	
Braut/Kraut	08 57u	2 8 2 7		12u 72	1 8 2 9		08 59u	3 8 3 7	
Teller/Keller	69 72u	2 8 1 5		10 73u	2 5 2 7		53u 66	2 6 2 7	
Regen/Degen	58 70u	3 6 3 8		58 66u	2 4 2 7		47 67u	1 4 4 9	
Taste/Paste	05u 32	4 6 2 5		04u 32	1 8 1 5		30 69u	2 4 1 5	
Keil/Beil	23u 34	2 8 2 5		21u 34	3 7 2 7		21u 70	4 9 2 5	
Tasse/Kasse	37u 59	2 9 1 6		37u 61	1 5 1 7		37u 72	1 6 1 6	
Gasse/Kasse	03 22u	6 8 1 8		03 19u	2 8 1 7		20u 43	4 8 4 7	
Gold/Colt	27 43u	2 6 4 8		26 42u	2 4 1 7		25 29u	1 5 2 8	
Pass/Bass	47 60u	2 6 1 8		45 63u	2 4 1 5		45 61u	4 9 2 9	
Preis/Kreis	50 53u	1 8 2 8		49 54u	1 4 4 9		48 50u	2 5 1 8	
Bach/Dach	01 64u	3 8 1 6		71 74u	1 6 1 8		46 74u	5 8 1 9	
Tatze/Katze	11 67u	2 7 1 8		08 20u	2 5 2 8		06u 10	1 9 4 6	
Gatter/Natter	24 73u	2 5 2 9		22 59u	2 7 1 5		22 73u	4 6 2 7	
Flieder/Flieger	20 31u	2 6 1 8		31u 55	1 6 4 8		18 65u	1 8 2 6	
Nadel/Nagel	26u 46	1 9 1 4		25u 44	2 7 1 4		24u 44	2 6 3 7	
Brücke/ Krücke	10 12u	1 6 1 5		01 09u	1 8 1 8		09 12u	2 8 2 9	
Dorn/Korn	07u 18	1 5 2 8		02u 15	1 9 2 8		07u 15	5 7 2 8	
Tuch/Buch	56u 74	1 9 2 6		06 51u	1 5 1 5		31u 57	1 6 2 7	
Kopf/Topf	42 44u	1 6 2 8		41 52u	2 7 1 7		41 52u	2 7 2 8	

	Nr.	Teil 1 L	Teil 1 R	Nr.	Teil 2 L	Teil 2 R	Nr.	Teil 3 L	Teil 3 R
Brille/Grille	09 13u	3 5 1 9		07 65u	3 6 1 9		34u 42	4 7 1 5	
Puppe/Kuppe	50 66u	6 8 2 9		43 69u	2 5 3 8		54 71u	2 5 2 9	
Tante/Kante	62 71u	1 8 1 9		60u 68	2 6 1 4		11u 63	1 8 1 8	
Gabel/Kabel	21 30u	2 9 2 5		18 29u	1 8 1 5		19 28u	2 8 2 7	
Kohl/Pol	29 40u	4 7 1 5		28 56u	2 5 1 8		27 39u	2 5 1 9	
Biene/Miene	02 36u	2 5 2 7		36u 62	1 6 3 5		17 36u	4 9 2 7	
Kanne/Tanne	19u 33	2 7 1 3		16u 30	2 8 3 5		16u 32	2 5 2 5	
Presse/Kresse	49u 63	1 8 2 5		47 48u	1 5 1 8		33u 58	1 8 1 9	
Glut/Blut	25 68u	2 8 4 7		05u 23	1 8 1 5		23 55u	2 5 1 7	
Keue/Beue	38 52u	2 5 2 6		38 53u	3 5 1 8		49u 56	5 7 4 8	
<b>Silben</b>									
ka-ba	4u 10	1 8 2 5		01u 07	2 8 1 5		04u 08	2 6 3 6	
ba-da	01u 9	1 9 1 5		09u 12	4 7 1 8		02u 07	2 7 2 5	
boka-toka	03 06u	1 5 2 7		02 06u	1 8 2 9		09u 12	2 8 2 8	
tape-kape	05u 12	2 9 2 8		03u 11	1 5 4 8		05u 10	3 6 2 5	
ta-ka	07u 02	4 9 2 5		05u 10	1 4 3 7		03u 11	2 9 4 6	
boge-doge	08 11u	4 8 2 8		04u 08	2 8 2 6		01u 06	1 6 2 8	

# ITERANALYSE AUS DEN VORUNTERSUCHUNGEN

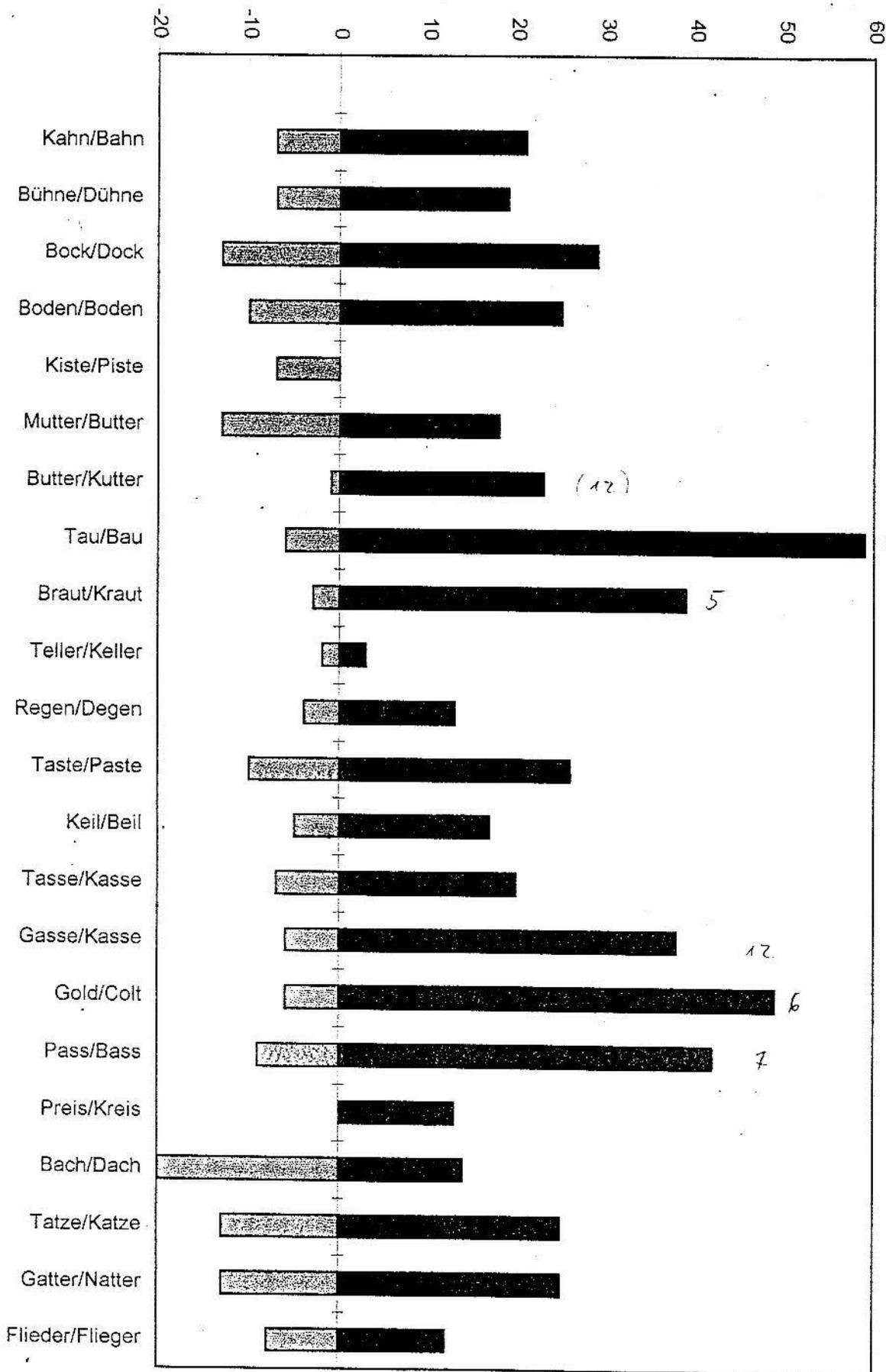


Diagramm 4

■ REA  
▨ OLEA

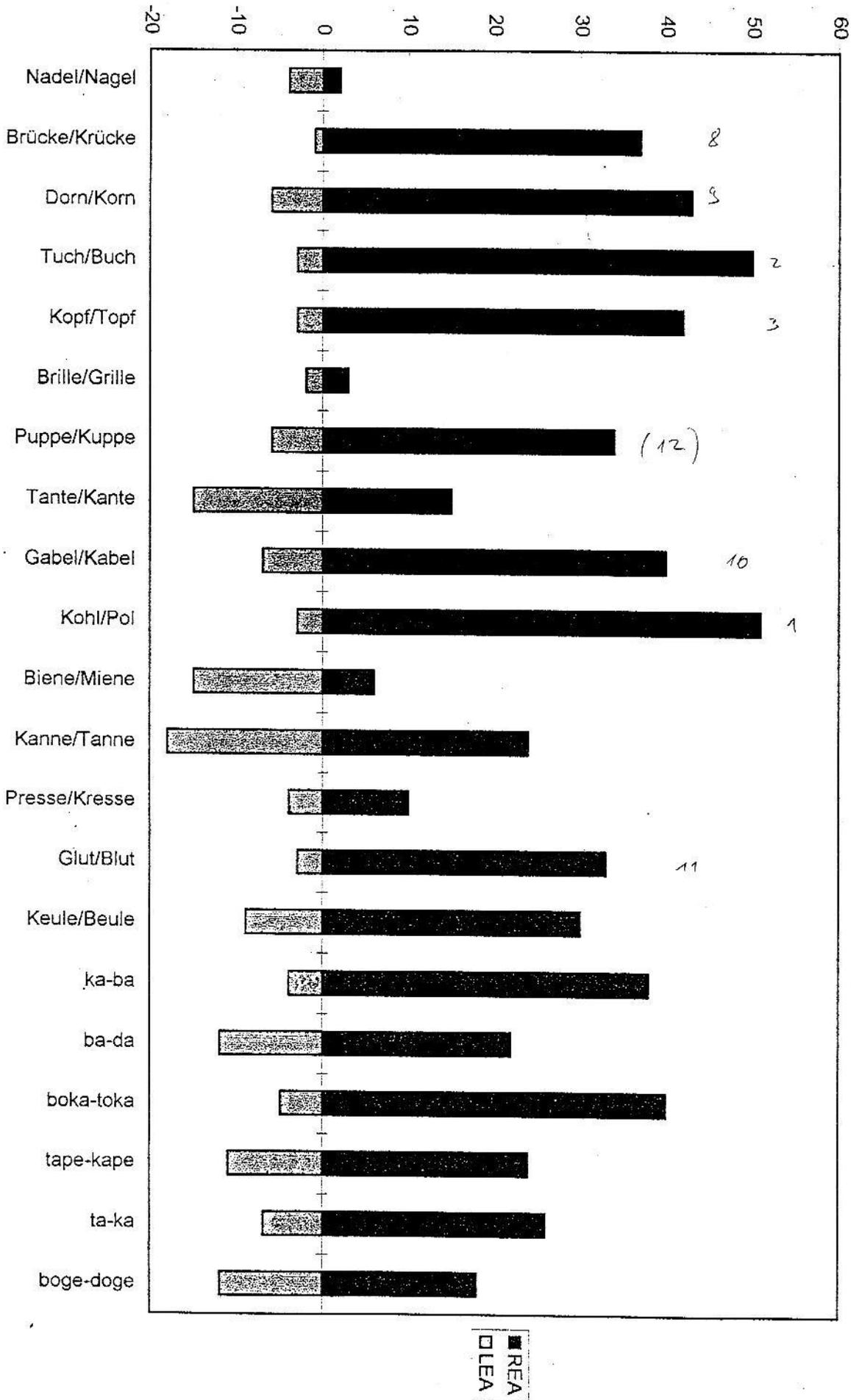


Diagramm 6

■ REA  
▨ LEA

## Wortliste

(eintragen: + für gehört, - für nicht gehört)

LINKS	RECHTS
BASS	
	BAU
	BLUT
BRAUT	
BRÜCKE	
	BUCH
COLT	
DORN	
	GABEL
	GASSE
GLUT	
	GOLD
	KABEL
KASSE	
KOHL	
KOPF	
	KORN
	KRAUT
KRÜCKE	
	PASS
	POL
TAU	
	TOPF
TUCH	

**FRWCH-Testversion**

*Mit-Bild-Version*

**Teil 1**

- 1. 1 GASSE 4 KASSE
- 2. 8 DORN 2 KORN
- 3. 2 BRAUT 8 KRAUT
- 4. 9 BRÜCKE 1 KRÜCKE
- 5. 2 DORN 7 KORN
- 6. 1 GABEL 4 KABEL
- 7. 9 GASSE 7 KASSE
- 8. 1 GLUT 6 BLUT
- 9. 3 GOLD 6 COLT
- 10. 2 KOHL 9 POL
- 11. 9 GABEL 1 KABEL
- 12. 1 BRÜCKE 9 KRÜCKE
- 13. 9 KOHL 1 POL
- 14. 2 KOPF 8 TOPF
- 15. 6 GOLD 2 COLT
- 16. 7 KOPF 2 TOPF
- 17. 1 PASS 6 BASS
- 18. 7 TAU 2 BAU
- 19. 8 TUCH 1 BUCH
- 20. 8 BRAUT 1 KRAUT
- 21. 9 PASS 2 BASS
- 22. 1 TAU 9 BAU
- 23. 8 GLUT 1 BLUT
- 24. 1 TUCH 6 BUCH

**Teil 2**

- 1. 9 BRÜCKE 1 KRÜCKE
- 2. 2 BRAUT 8 KRAUT
- 3. 9 GABEL 1 KABEL
- 4. 1 BRÜCKE 9 KRÜCKE
- 5. 1 GLUT 6 BLUT
- 6. 1 TAU 9 BAU
- 7. 9 GASSE 7 KASSE
- 8. 8 DORN 2 KORN
- 9. 1 TUCH 6 BUCH
- 10. 3 GOLD 6 COLT
- 11. 2 KOHL 9 POL
- 12. 7 KOPF 2 TOPF
- 13. 9 PASS 2 BASS
- 14. 1 GABEL 4 KABEL
- 15. 8 BRAUT 1 KRAUT
- 16. 2 DORN 7 KORN
- 17. 8 TUCH 1 BUCH
- 18. 2 KOPF 8 TOPF
- 19. 6 GOLD 2 COLT
- 20. 1 PASS 6 BASS
- 21. 9 KOHL 1 POL
- 22. 7 TAU 2 BAU
- 23. 1 GASSE 4 KASSE
- 24. 8 GLUT 1 BLUT

**Teil 3**

- 1. 9 DORN 1 KORN
- 2. 1 BRAUT 7 KRAUT
- 3. 1 GLUT 8 BLUT
- 4. 2 GOLD 9 COLT
- 5. 3 BRÜCKE 5 KRÜCKE
- 6. 7 KOPF 1 TOPF
- 7. 1 DORN 8 KORN
- 8. 3 GABEL 9 KABEL
- 9. 7 GASSE 3 KASSE
- 10. 2 KOHL 8 POL
- 11. 8 BRAUT 1 KRAUT
- 12. 8 KOHL 2 POL
- 13. 7 GLUT 2 BLUT
- 14. 2 KOPF 5 TOPF
- 15. 1 PASS 5 BASS
- 16. 8 TAU 1 BAU
- 17. 2 GASSE 4 KASSE
- 18. 8 GABEL 2 KABEL
- 19. 9 TUCH 5 BUCH
- 20. 8 PASS 2 BASS
- 21. 1 TAU 7 BAU
- 22. 5 BRÜCKE 1 KRÜCKE
- 23. 8 GOLD 1 COLT
- 24. 2 TUCH 5 BUCH

*Nachsprechen-Version*

**Teil 4**

- 1. 1 GOLD 5 COLT
- 2. 1 BRAUT 6 KRAUT
- 3. 1 GASSE 5 KASSE
- 4. 5 BRÜCKE 9 KRÜCKE
- 5. 1 DORN 4 KORN
- 6. 6 GOLD 1 COLT
- 7. 8 GASSE 2 KASSE
- 8. 1 GABEL 5 KABEL
- 9. 6 KOPF 1 TOPF
- 10. 5 PASS 1 BASS
- 11. 8 TAU 1 BAU
- 12. 9 BRÜCKE 2 KRÜCKE
- 13. 1 GLUT 5 BLUT
- 14. 7 KOHL 2 POL
- 15. 1 PASS 6 BASS
- 16. 8 DORN 2 KORN
- 17. 9 TUCH 2 BUCH
- 18. 6 BRAUT 1 KRAUT
- 19. 1 TAU 3 BAU
- 20. 2 KOHL 6 POL
- 21. 8 GLUT 1 BLUT
- 22. 2 TUCH 5 BUCH
- 23. 7 GABEL 2 KABEL
- 24. 4 KOPF 8 TOPF

**Teil 5**

- 1. 2 GABEL 8 KABEL
- 2. 1 GASSE 5 KASSE
- 3. 2 BRAUT 4 KRAUT
- 4. 8 BRÜCKE 1 KRÜCKE
- 5. 1 DORN 5 KORN
- 6. 8 GASSE 1 KASSE
- 7. 1 GLUT 5 BLUT
- 8. 2 GOLD 5 COLT
- 9. 4 KOHL 8 POL
- 10. 9 GABEL 1 KABEL
- 11. 1 BRÜCKE 3 KRÜCKE
- 12. 8 GOLD 1 COLT
- 13. 1 PASS 5 BASS
- 14. 8 KOHL 2 POL
- 15. 2 TUCH 6 BUCH
- 16. 7 TAU 2 BAU
- 17. 9 KOPF 1 TOPF
- 18. 5 TUCH 1 BUCH
- 19. 9 BRAUT 2 KRAUT
- 20. 2 KOPF 5 TOPF
- 21. 7 PASS 1 BASS
- 22. 2 TAU 5 BAU
- 23. 8 GLUT 1 BLUT
- 24. 7 DORN 2 KORN

**Teil 6**

- 1. 1 GLUT 5 BLUT
- 2. 8 DORN 2 KORN
- 3. 1 BRAUT 5 KRAUT
- 4. 8 KOPF 2 TOPF
- 5. 2 BRÜCKE 6 KRÜCKE
- 6. 1 GABEL 8 KABEL
- 7. 9 GASSE 1 KASSE
- 8. 2 GOLD 6 COLT
- 9. 8 TUCH 1 BUCH
- 10. 8 KOHL 2 POL
- 11. 2 DORN 9 KORN
- 12. 1 KOPF 6 TOPF
- 13. 7 GOLD 2 COLT
- 14. 2 PASS 8 BASS
- 15. 7 BRÜCKE 2 KRÜCKE
- 16. 6 TAU 2 BAU
- 17. 6 GABEL 2 KABEL
- 18. 1 KOHL 5 POL
- 19. 7 PASS 1 BASS
- 20. 9 GLUT 2 BLUT
- 21. 1 GASSE 6 KASSE
- 22. 2 TUCH 5 BUCH
- 23. 8 BRAUT 1 KRAUT
- 24. 2 TAU 5 BAU

## Auswertung FRWCH

Nr.	Items	I/Nr.		Test I		II/Nr.		Test II		III/Nr.		Test III		IV/Nr.		Test IV		V/Nr.		Test V		VI/Nr.		Test VI		
				L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	
1	Tau/Bau	18u	22	2	7	06	22u	1	9	16u	21	1	8	11u	19	1	3	16u	22	2	7	16u	24	2	6	
2	Braut/Kraut	03	20u	2	8	02	15u	2	8	02	11u	1	7	02	18u	1	6	03	19u	2	4	23u	03	23u	1	5
3	Kopf/Topf	14	16u	2	8	12u	18	2	7	06u	14	1	7	09u	24	1	6	17u	20	1	9	04u	12	2	8	
4	Brücke/Krücke	04u	12	1	9	01u	04	1	9	05	22u	3	5	04	12u	5	9	04u	11	1	8	05	15u	2	6	
5	Tuch/Buch	19u	24	1	8	09	17u	1	6	19u	24	5	9	17u	22	2	9	15	18u	2	6	09u	22	1	8	
6	Gold/Colt	09	15u	3	6	10	19u	3	6	04	23u	2	9	01	06u	1	5	08	12u	2	5	13u	08	2	6	
7	Dorn/Korn	02u	05	2	8	08u	16	2	8	01u	07	1	9	05	16u	1	4	05	24u	1	5	02u	11	2	8	
8	Kohl/Pol	10	13u	2	9	11	21u	2	9	10	12u	2	8	14u	22	2	7	09	14u	4	8	10u	18	2	8	
9	Gasse/Kasse	01	07u	1	4	07u	23	7	9	09u	17	3	7	03	07u	1	5	02	06u	1	5	07u	21	1	9	
10	Glut/Blut	08	23u	1	6	05	24u	1	6	03	13u	2	7	13	21u	1	5	07	23u	1	5	01	20u	1	5	
11	Gabel/Kabel	06	11u	1	4	03u	14	1	9	08	18u	3	9	08	23u	1	5	01	10u	2	8	06	17u	1	8	
12	Pass/Bass	17	21u	1	6	13u	20	2	9	15	20u	1	5	10u	15	1	5	13	21u	1	5	14	19u	2	8	

# **Anhang C**

**Beispiel für die Audiometrie**

**Oldfield - Handedness - Test**

Name

Alter

Ident. Nr.

Ort

Datum

Uhrzeit

Operateur

Test durch Störgeräusch beeinträchtigt:

Nein  Ja

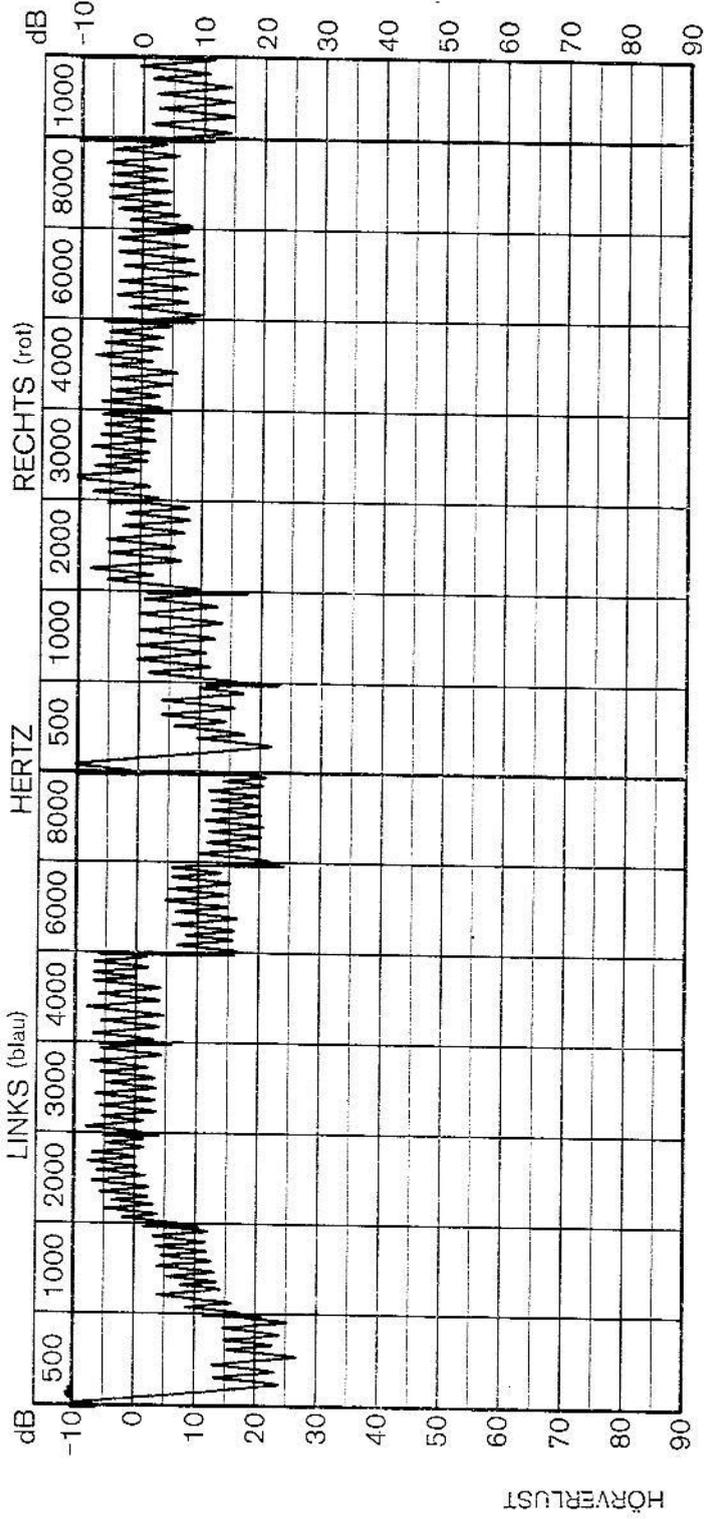
Test mit Schalldämmkapseln ausgeführt:

Nein  Ja

Lärmpausen vor dem Test:

< 1 h  3 h bis < 12 h

1 h bis < 3 h  ≥ 12 h



QP 0008



Brüel & Kjær Nærum, Danmark



HÖRVERLUST

geb :

SEHFEHLER	1	links	2	rechts	3	normalsichtig
	11	links	12	rechts		verminderte Sehschärfe
		links		rechts		Dioptrie
	21	links	22	rechts		Astigmatismus
	31	links	32	rechts		Strabismus, konvergens
	41	links	42	rechts		" divergens
51	links	52	rechts		andere Sehfehler	
HÖRFEHLER	1	links	2	rechts	3	normal-hörend
						Angabe in %

Indifferenz = ein Kreuz auf jeder Seite  
 strikte Bevorzugung = zwei Kreuze  
 wichtig: immer zwei Kreuze in einer Zeile !!

EDINBURGH HANDENESS INVENTORY 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 anzünd.	x	x	!	x	x
10. Zigarrenschachtel (Deckel)	x	x	!	x	x
sum. (s)			!		

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

links	Decile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	L.Q:	28	42	54	66	76	83	87	90	92	100
rechts	Decile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	L.Q.	48	60	68	74	80	84	88	92	95	100

Geschwister: Schwestern 1 2 3 4 5 6 Brüder 1 2 3 4 5 6  
 Familiäre Linkshändigkeit 10 keine familiäre Linkshändigkeit  
 11 Mutter 12 Vater 13 Bruder 15 Schwester  
 Großeltern mütterlich 14 Bruder 16 Schwester  
 21 Oma väterlich 23 Oma  
 22 Opa 24 Opa

Spontane SCHREIBHAND BEIM SCHRIFTERWERB

spontan 1 LINKS 2 RECHTS, umgelernt nach 3 RECHTS  
 SPÄTERER HANDWECHSEL BEIM SCHREIBEN 0 kein Wechsel

Alter Ursache  
 1 von RECHTS nach LINKS 2 von LINKS nach RECHTS

- LATENTE LINKSHÄNDIGKEIT (HÄNDEFALTEN)
  - 1 linker Daumen oben
  - 2 rechter Daumen oben
- ÄUGIGKEIT (ZEIGEVERSUCH) (LOCH/STAB/LINIE)
  - 1 rechtes Auge
  - 2 linkes Auge
- FUSSDOMINANZ FUSSBALL SCHIESSEN
  - 1 linker Fuß
  - 2 rechter Fuß
- HÄNDEKLATSCHEN
  - 1 Re bewegt/oben
  - 2 Li bewegt/oben

Länge der Füße:

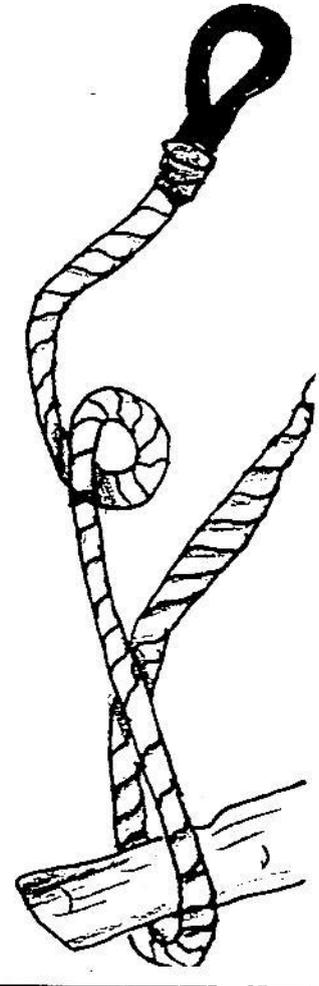
1. Messung linker Fuß \_\_\_ cm rechter Fuß \_\_\_ cm  
 2. Messung linker Fuß \_\_\_ cm rechter Fuß \_\_\_ cm

PATHOLOGISCHE LINKSHÄNDIGKEIT (PLH Syndrom)

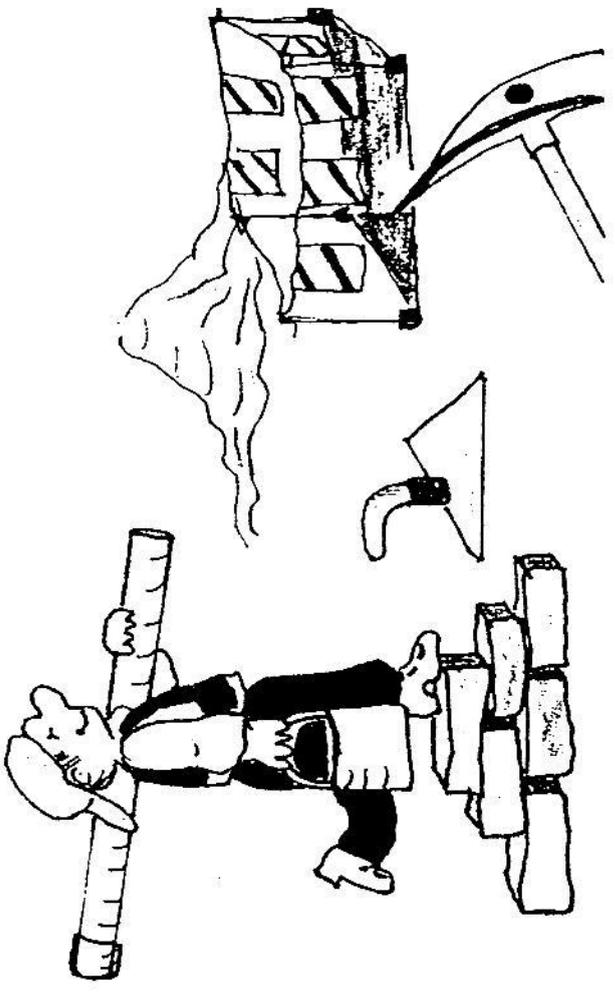
- 1. manifeste Linkshändigkeit
  - 2. keine fam Linkshändigkeit
  - 3. verbale Funktionen normal
  - 4. figurale Funktionen gestört
  - 5. Sprachdominanz R oder Bilateral
  - 6. Hemihypoplasie Diff
- Orthopädische Probleme ? Skoliose ? Beinlänge ?  
 allergische Erkrankungen ?

# Anhang D

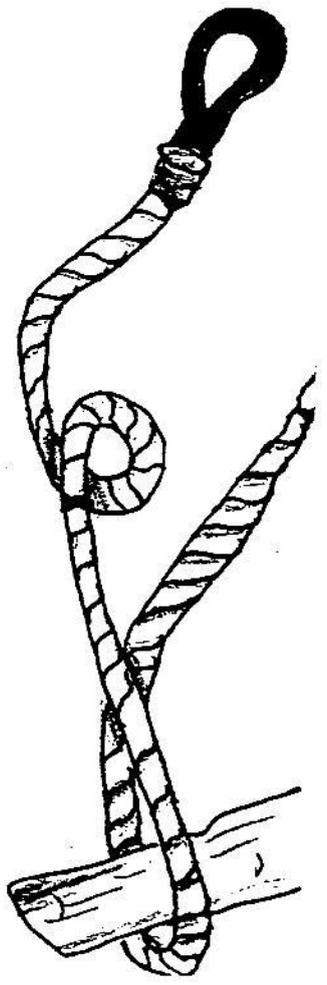
## Bildmaterial der Stimuli



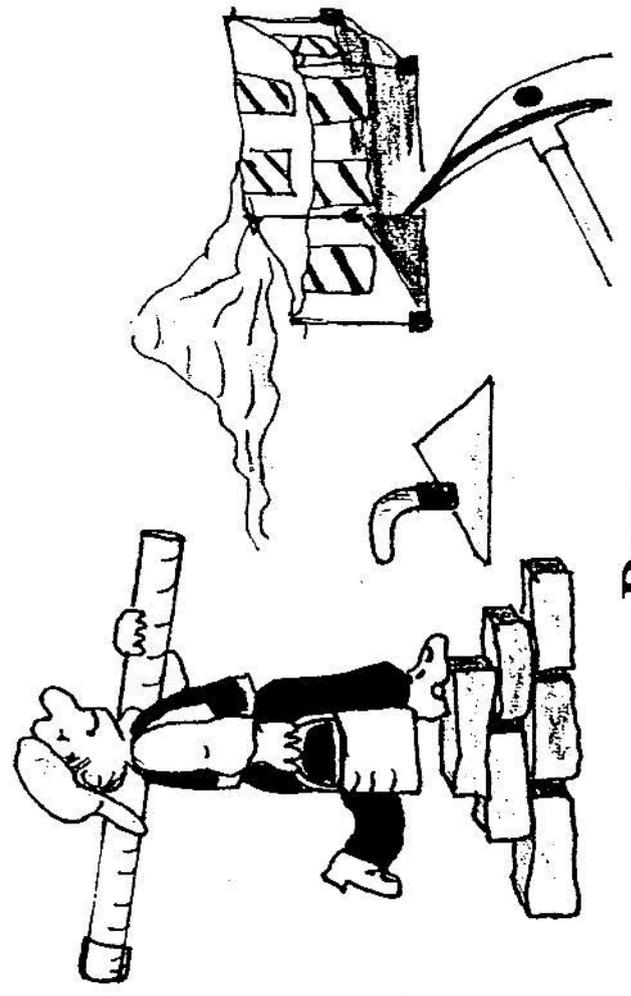
Tau



Bau

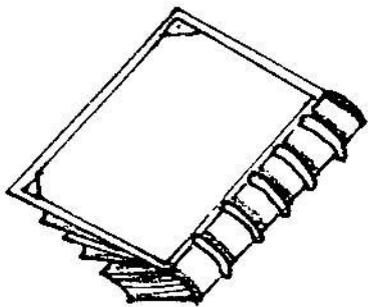


Tau

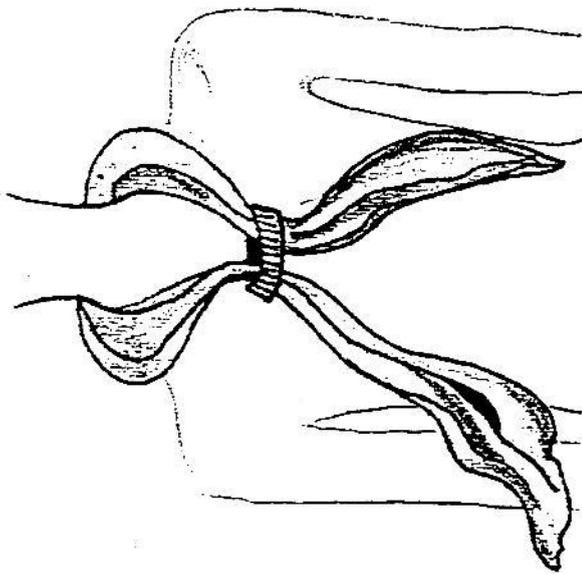


Bau

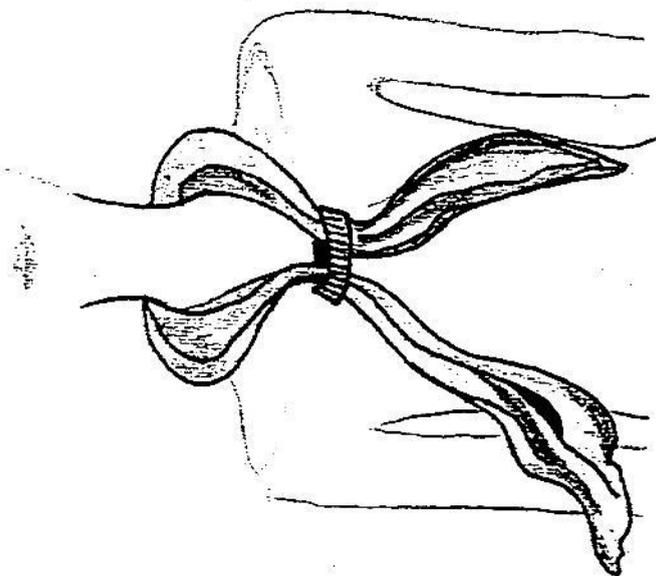
**Buch**



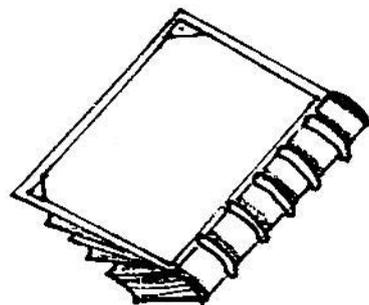
**Tuch**



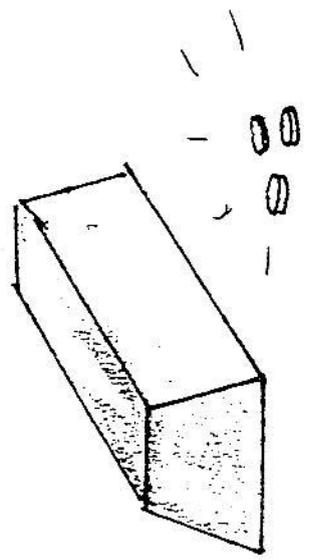
**Tuch**



**Buch**



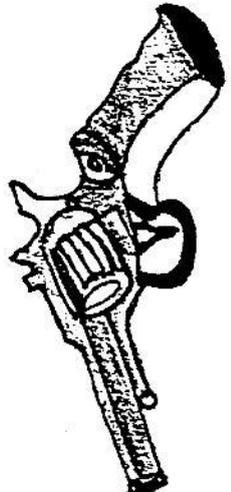
Gold



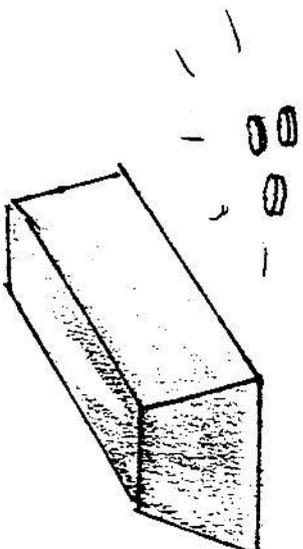
Colt

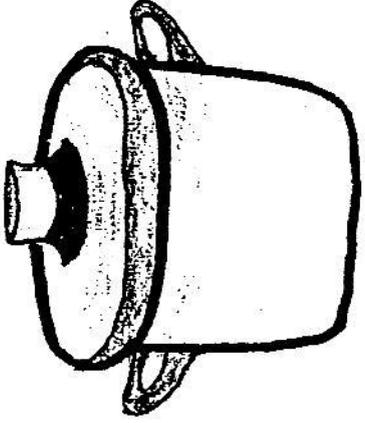


Colt

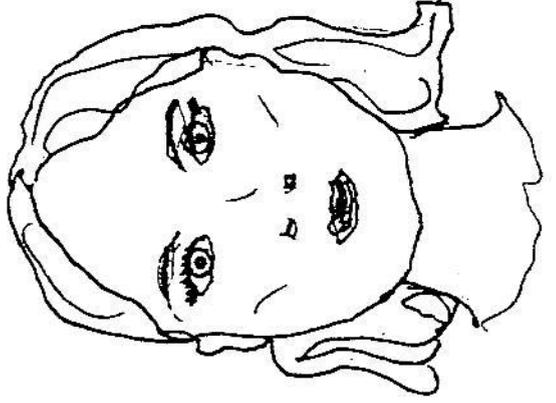


Gold

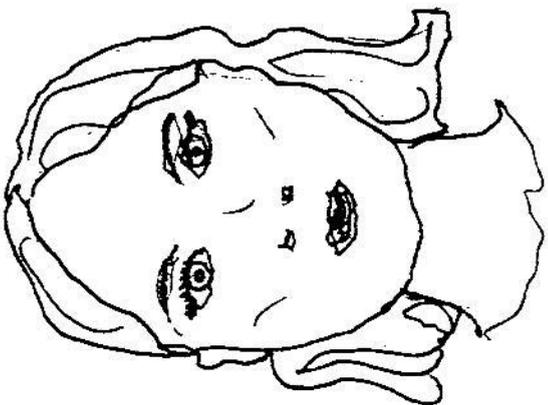




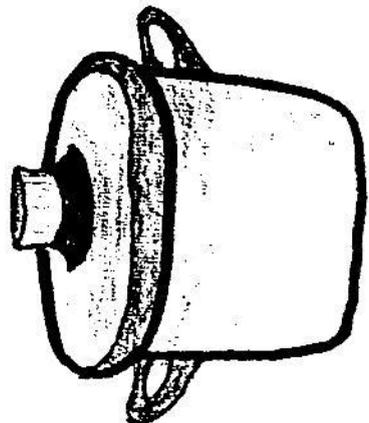
Topf



Kopf



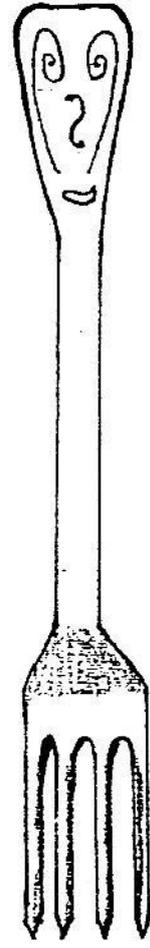
Kopf



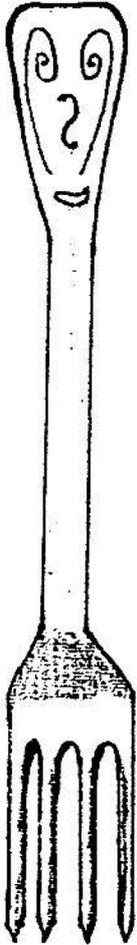
Topf



Kabel



Gabel

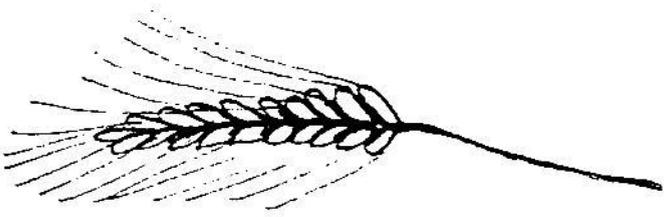


Gabel

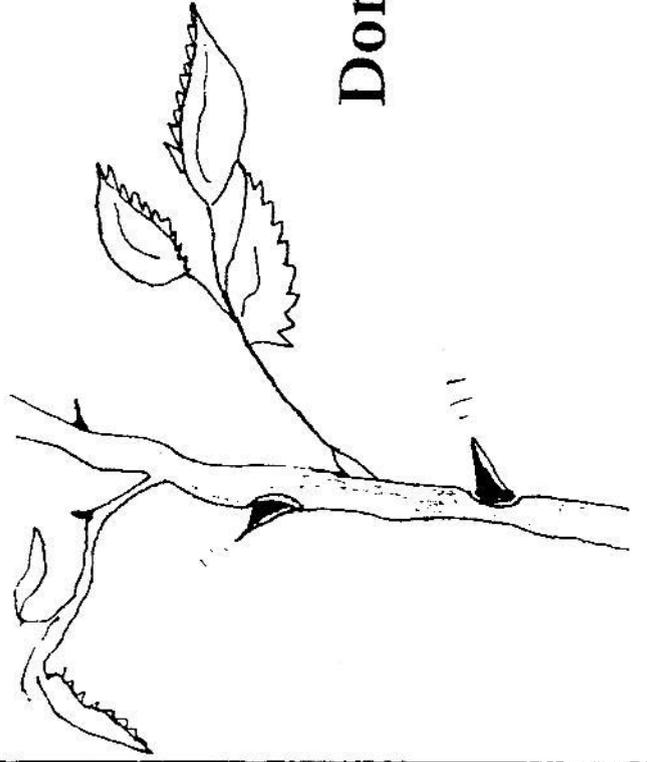


Kabel

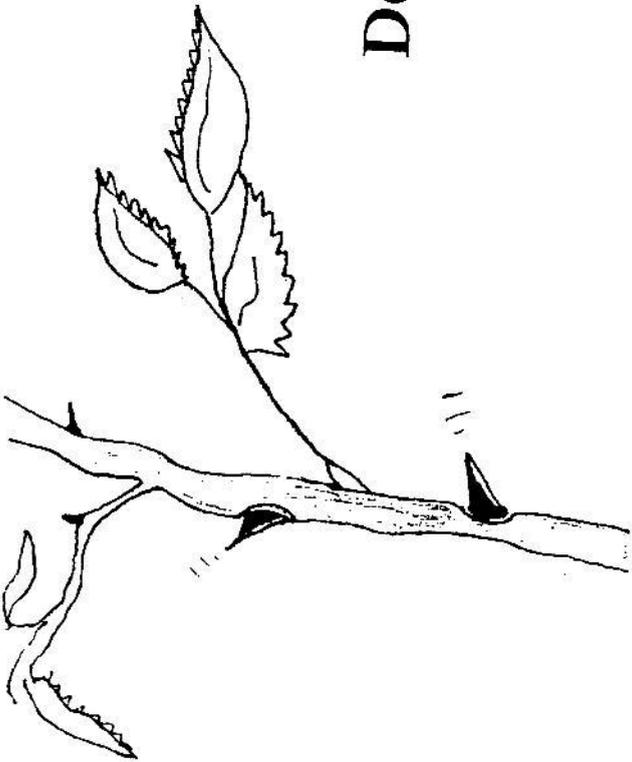
Korn



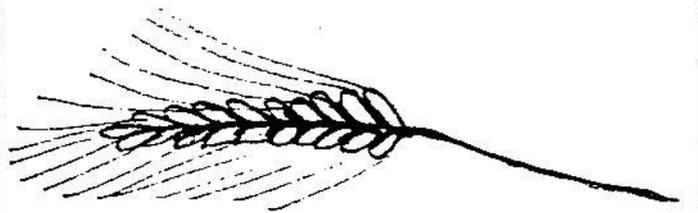
Dorn



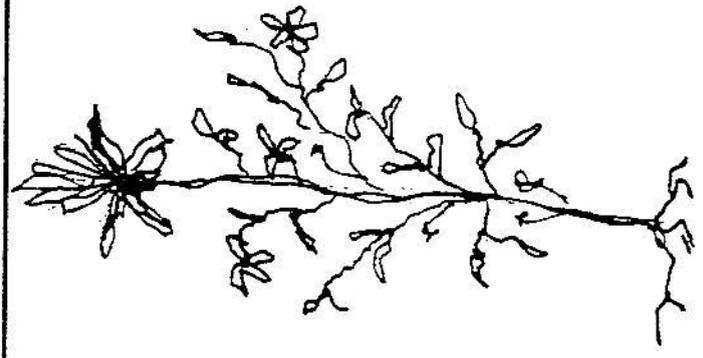
Dorn



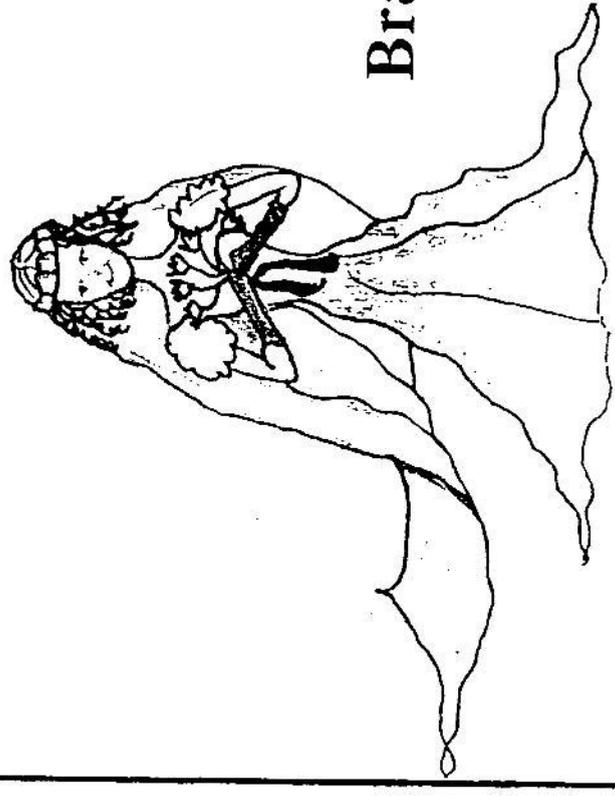
Korn



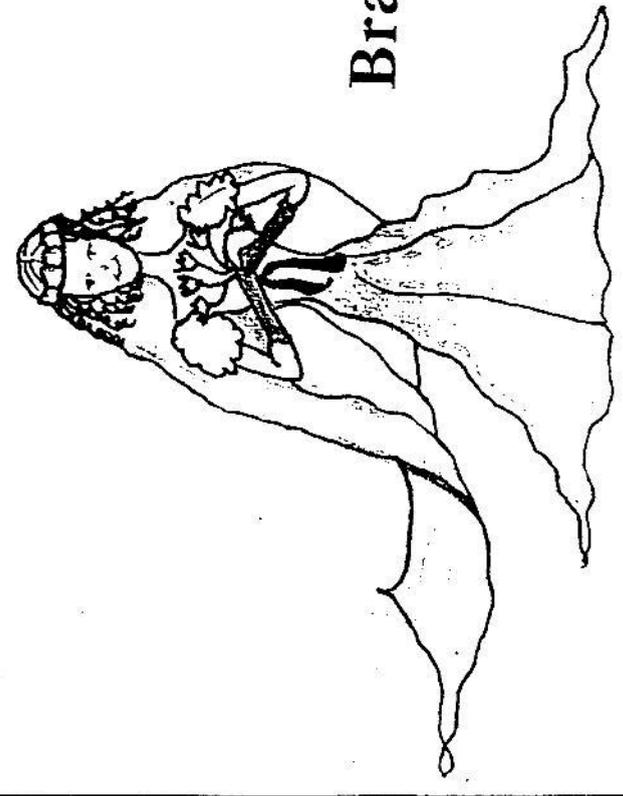
Kraut



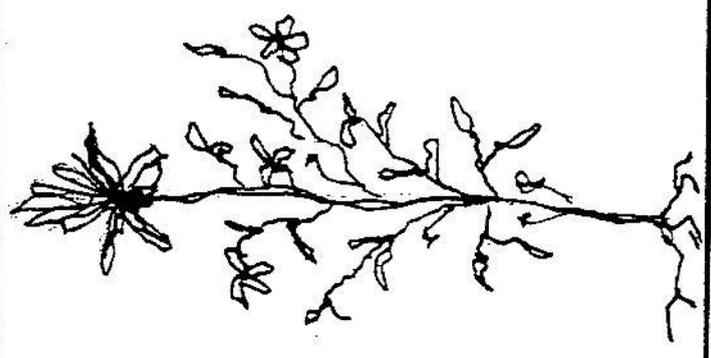
Braut



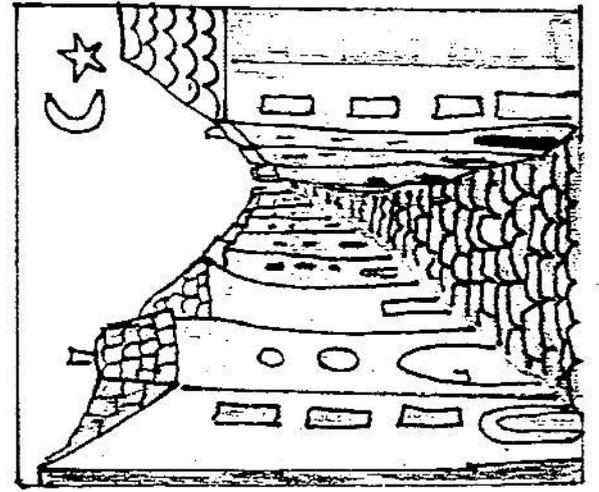
Braut



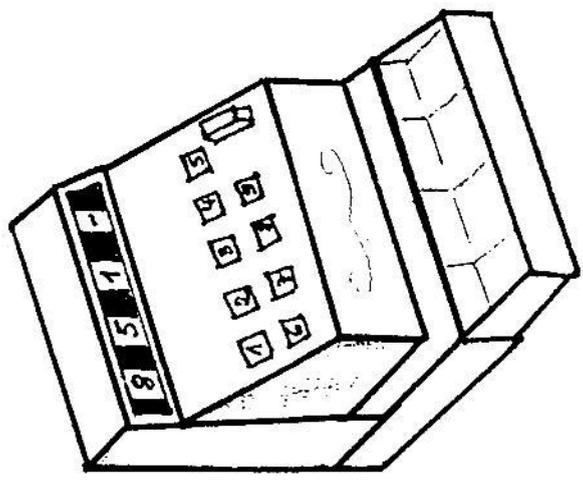
Kraut



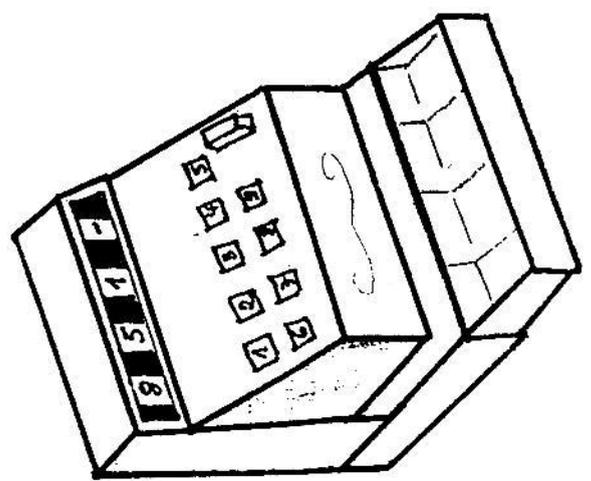
Gasse



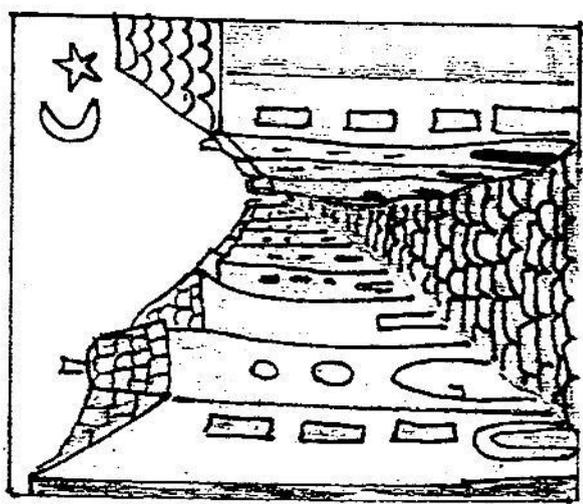
Kasse



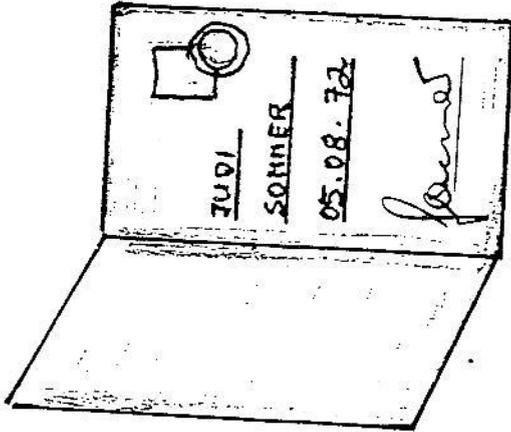
Kasse



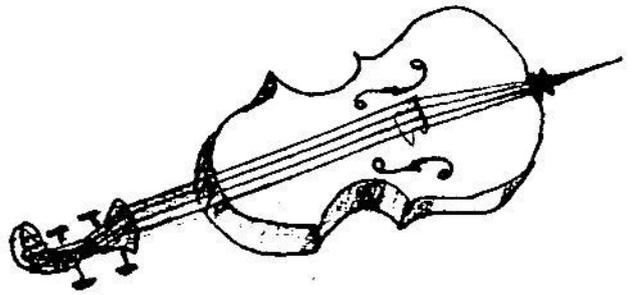
Gasse



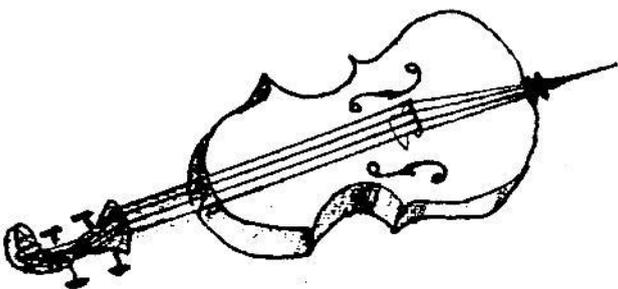
Pass



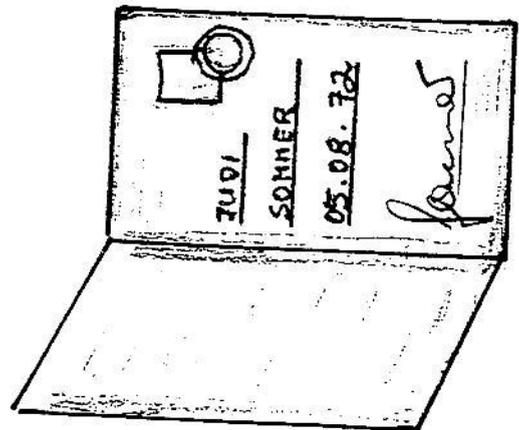
Bass



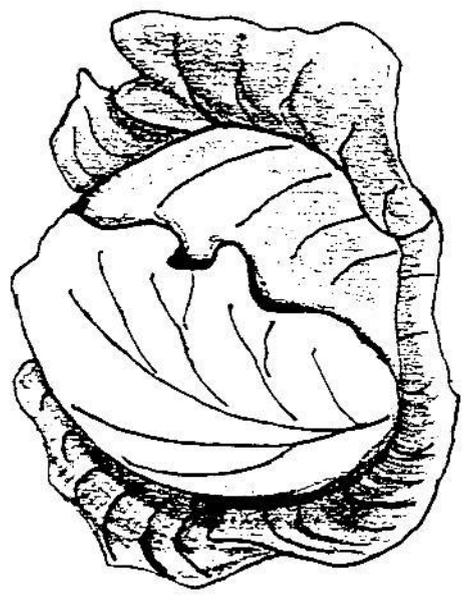
Bass



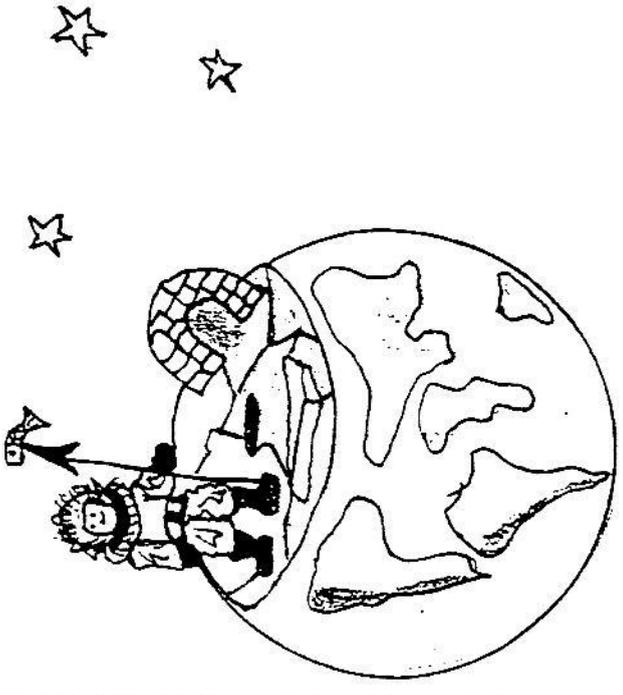
Pass



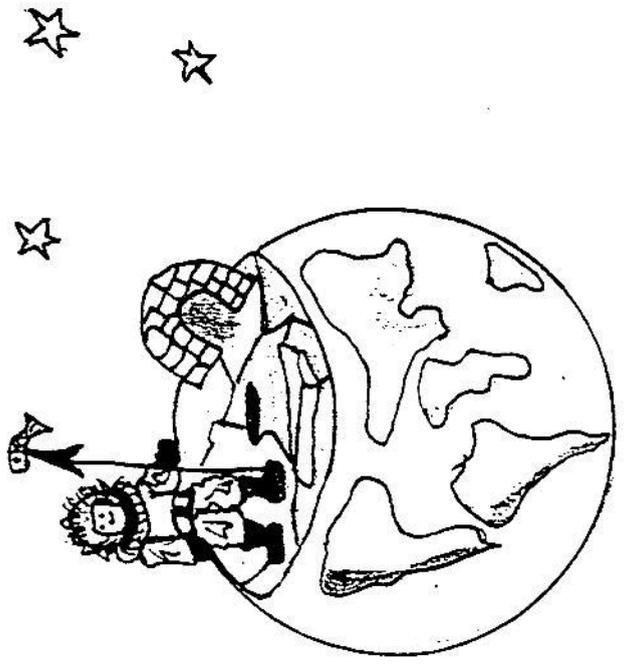
Kohl



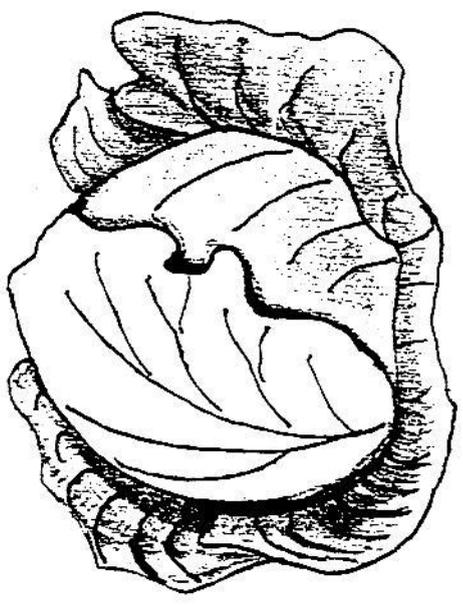
Pol

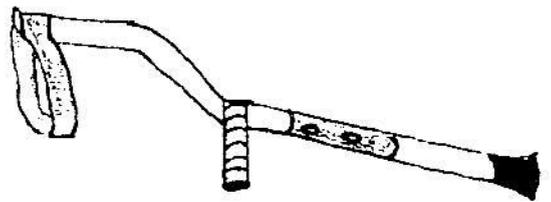


Pol

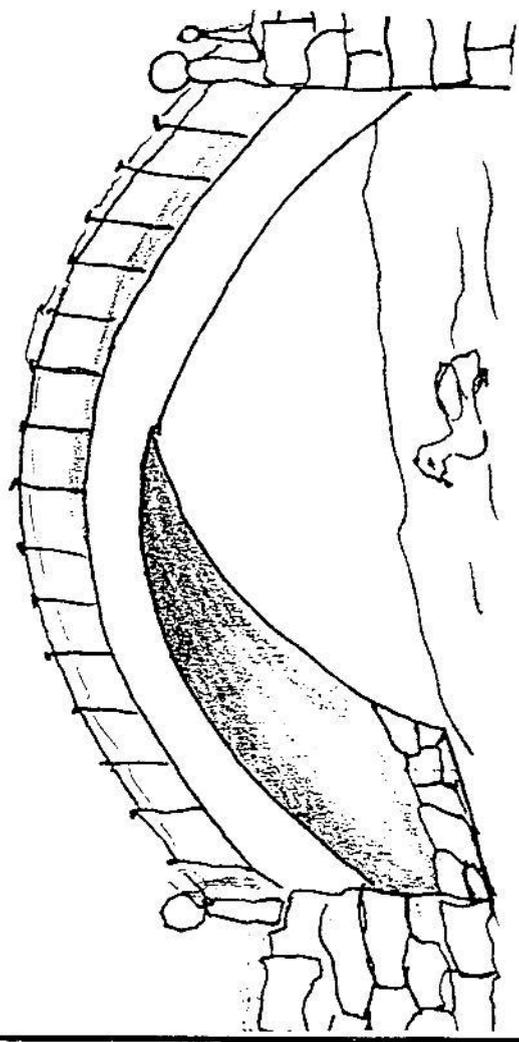


Kohl

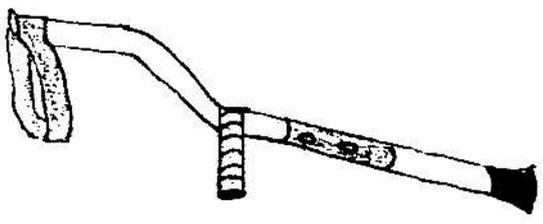




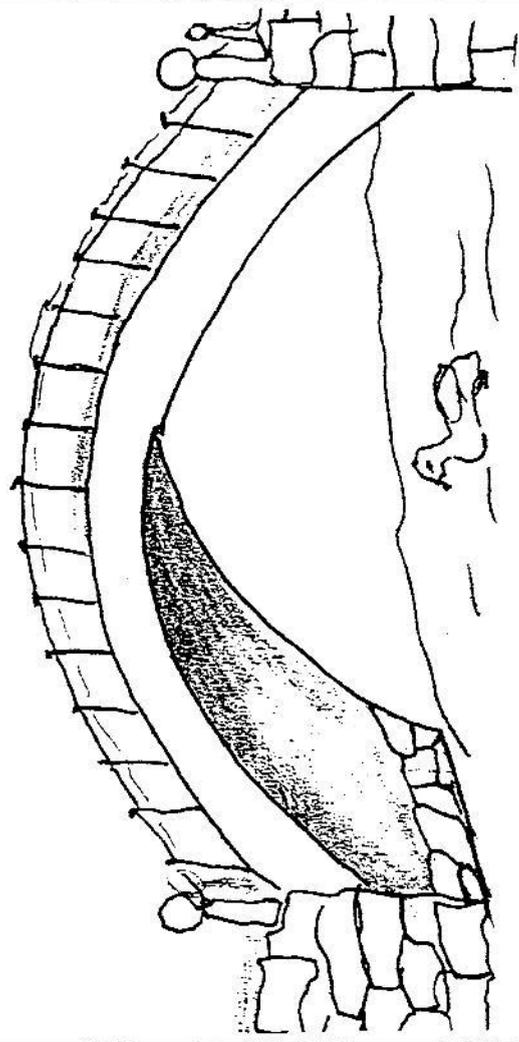
Krücke



Brücke

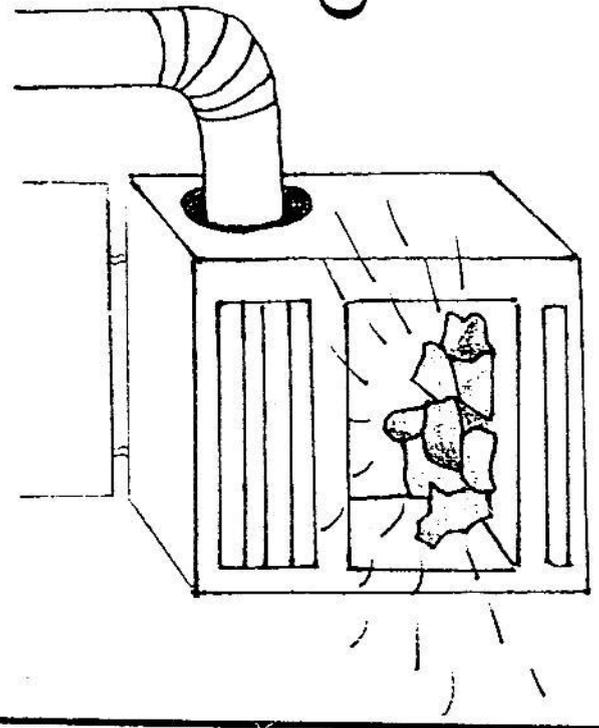


Krücke

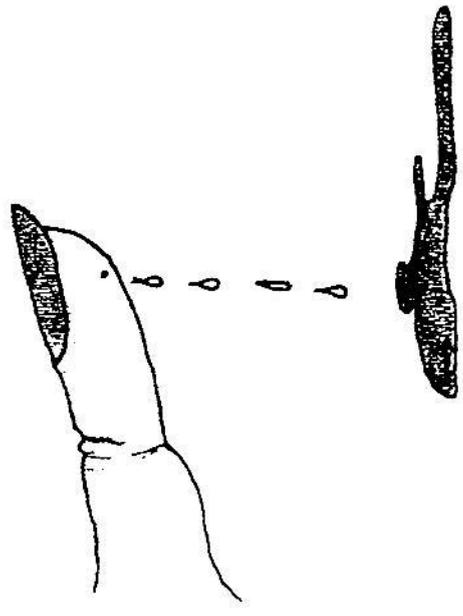


Brücke

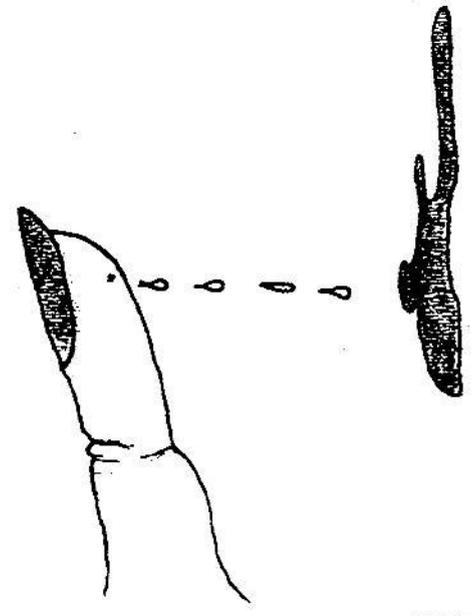
Glut



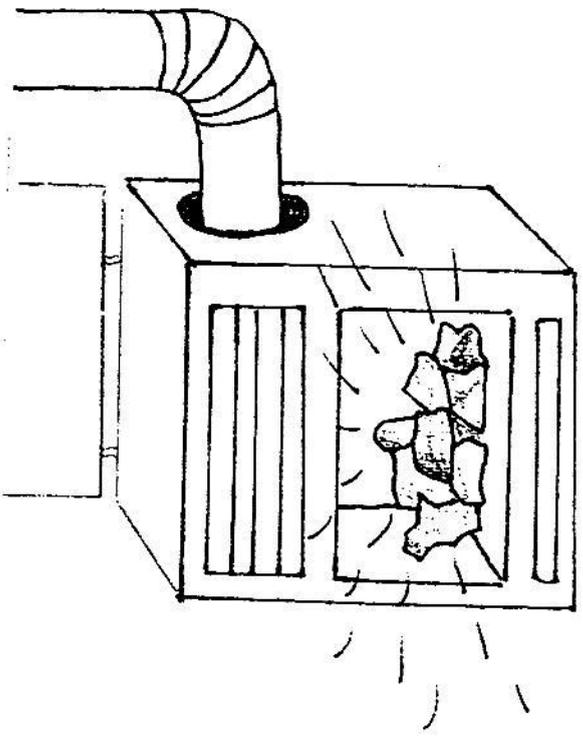
Blut



Blut



Glut



# Anhang E

## Ergebnisse der Signifikanztests

## 1. Vergleich von Bildbedingung und Nachsprechbedingung

### 1.1. Vergleich der Lambdawerte der Versuchspersonen der Bildbedingung mit denen der Nachsprechbedingung

- - - - - Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Ranks Test

LAB  
with LAN            Lambda B

Mean Rank	Cases	
17,18	17	- Ranks (LAN LT LAB)
11,92	12	+ Ranks (LAN GT LAB)
	3	Ties (LAN EQ LAB)
	--	
	32	Total

Z = -1,6109                      2-Tailed P = ,1072

### 1.2. Vergleich der Rechtsohrvorteile der Versuchspersonen der Bildbedingung mit denen der Nachsprechbedingung

- - - - - Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Ranks Test

BSUMR  
with NSUMR

Mean Rank	Cases	
14,59	23	- Ranks (NSUMR LT BSUMR)
5,17	3	+ Ranks (NSUMR GT BSUMR)
	6	Ties (NSUMR EQ BSUMR)
	--	
	32	Total

Z = -4,0637                      2-Tailed P = ,0000

### 1.3. Vergleich der Bedingungen unter Verwendung anderer Indizes

#### a) standardisierte Differenzwerte

- - - - - Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Ranks Test

DIFFN  
with DIFFW

Mean Rank	Cases	
13,90	15	- Ranks (DIFFW LT DIFFN)
14,13	12	+ Ranks (DIFFW GT DIFFN)
	4	Ties (DIFFW EQ DIFFN)
	--	
	31	Total

Z = - ,4685                      2-Tailed P = ,6394

#### b) veränderte Lambdawertberechnung (bei Wert 0 wurde statt 1 der Wert 0,8 eingesetzt)

- - - - - Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Ranks Test

VERSUCHB  
with VERSUCHN

Mean Rank	Cases	
16,19	18	- Ranks (VERSUCHN LT VERSUCHB)
14,46	12	+ Ranks (VERSUCHN GT VERSUCHB)
	2	Ties (VERSUCHN EQ VERSUCHB)
	--	
	32	Total

Z = -1,2135                      2-Tailed P = ,2249

### 1.4. Vergleich der Fehler in den beiden Bedingungen

----- Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Ranks Test

MB  
with MN

Mean Rank	Cases	
6,25	2	- Ranks (MN LT MB)
8,82	14	+ Ranks (MN GT MB)
	16	Ties (MN EQ MB)
	--	
	32	Total

Z = -2,8698                      2-Tailed P = ,0041

## 2. Untersuchung des Einflusses des Alters auf die Lambdawerte

### 2.1. Altersgruppe 6-7 und 8-9 Jahre und Lambdagesamtwerte

- - - - - Mann-Whitney U - Wilcoxon Rank Sum W Test

LAMG	Lambda gesamt
by AG	Altersgruppe

Mean Rank	Cases
17,13	16 AG = 1 Alter 6-7
15,88	16 AG = 2 Alter 8-9
	--
	32 Total

U	W	Exact	Corrected for ties
118,0	274,0	2-Tailed P	Z 2-Tailed P
		,7240	-,3774 ,7059

### 2.2. Altergruppe 6-7 und 8-9 Jahre und Lambdawerte der Bildbedingung

- - - - - Mann-Whitney U - Wilcoxon Rank Sum W Test

LAB	Lambda B
by AG	Altersgruppe

Mean Rank	Cases
15,06	16 AG = 1 Alter 6-7
17,94	16 AG = 2 Alter 8-9
	--
	32 Total

U	W	Exact	Corrected for ties
105,0	241,0	2-Tailed P	Z 2-Tailed P
		,4016	,8704 ,3841

### 2.3. Altersgruppe 6-7 und 8-9 und Lambdawerte der Nachsprechbedingung

- - - - - Mann-Whitney U - Wilcoxon Rank Sum W Test

LAN  
by AG            Altersgruppe

Mean Rank	Cases
17,84	16 AG = 1 Alter 6-7
15,16	16 AG = 2 Alter 8-9
	--
	32 Total

U	W	Exact 2-Tailed P	Corrected for ties Z    2-Tailed P
106,5	285,5	,4230	-,8261    ,4087

### 3. Vergleich von Lambdawerten der VP's und Geschlecht

#### 3.1. Einfluß des Geschlechts auf die Gesamtlambdawerte

- - - - - Mann-Whitney U - Wilcoxon Rank Sum W Test

LAMG  
by X            lambda gesamt  
                  Geschlecht

Mean Rank	Cases
16,72	16 X = 1 männlich
16,28	16 X = 2 weiblich
	--
	32 Total

U	W	Exact 2-Tailed P	Corrected for ties Z    2-Tailed P
124,5	267,5	,8965	-,1321    ,8949

### 3.2. Untersuchung des Einflusses des Geschlechtes auf die Lambdawerte der Bildbedingung

- - - - - Mann-Whitney U - Wilcoxon Rank Sum W Test

LAB  
by X            Lambda B  
                  Geschlecht

Mean Rank	Cases
16,53	16 X = 1 männlich
16,47	16 X = 2 weiblich
	--
	32 Total

U	W	Exact 2-Tailed P	Corrected for ties Z	2-Tailed P
127,5	264,5	,9852	-,0189	,9849

### 3.3. Geschlecht und Lambdawerte der Nachsprechbedingung

- - - - - Mann-Whitney U - Wilcoxon Rank Sum W Test

LAN  
by X            Geschlecht

Mean Rank	Cases
19,56	16 X = 1 mdnnlich
13,44	16 X = 2 weiblich
	--
	32 Total

U	W	Exact 2-Tailed P	Corrected for ties Z	2-Tailed P
79,0	313,0	,0671	-1,8828	,0597

#### 4. Stimulusdominanz: Vergleich Häufigkeiten der Stimulusdominanzen bei stimmlosen - stimmhaften Wortpaaren in der Voruntersuchung

- - - - - Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Ranks Test

XA (stimmlos)  
with XB (stimmhaft)

Mean Rank	Cases	
18,89	31	- Ranks (XB LT XA)
11,13	4	+ Ranks (XB GT XA)
	3	Ties (XB EQ XA)
	<hr/>	
	38	Total

Z = -4,4306                      2-Tailed P = ,0000

MP

## **Anhang F**

**Gesamtüberblick über das  
Antwortverhalten für jedes Itempaar**

Item A	Item B	Bid A	Bid B	Bid L	Bid R	Bid M	Neoh A	Neoh B	Neoh L	Neoh R	Neoh M
Tau	Bau	56	18	4	17	1	66	17	0	9	4
Tuch	Buch	91	0	1	4	0	88	1	1	6	0
Kohl	Pohl	24	33	16	23	0	22	56	6	10	2
Gold	Colt	55	7	12	22	0	69	10	5	12	0
Kopf	Topf	45	24	3	24	0	47	39	2	8	0
Gabel	Kabel	50	16	8	22	0	53	13	8	14	8
Dorn	Korn	55	14	8	18	1	47	30	7	6	6
Braut	Kraut	66	8	5	17	0	57	20	2	13	4
Gasse	Kasse	33	22	17	14	10	41	18	3	5	29
Pass	Bass	61	12	8	13	2	66	12	2	12	4
Brücke	Krücke	55	10	9	22	0	68	12	4	9	3
Blut	Glut	8	71	2	15	0	7	81	3	4	1

A = Stimulusdominanz für Item A  
 B = Stimulusdominanz für Item B  
 L = Ohrpunkt Links  
 R = Ohrpunkt Rechts  
 M = Fehler

# Anhang G

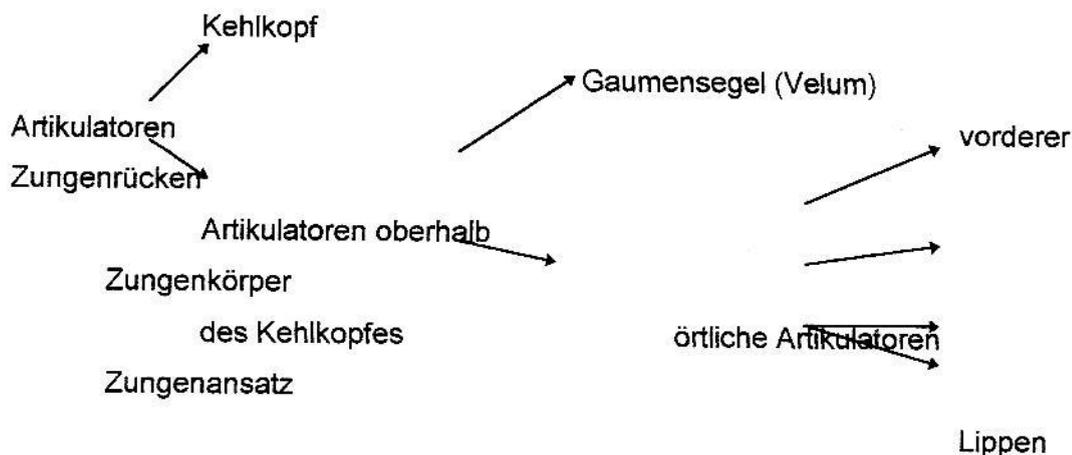
## Psychoakustik

### Psychoakustische Grundlagen der Sprache

Beim Sprechen wird die Atemluft auf kontrollierte Art und Weise durch den Kehlkopf (Larynx) und den Vokaltrakt ausgestoßen. Der Vokaltrakt besteht aus Rachen (Pharynx), Mund, Zunge, Zähne, Lippen und manchmal die Nase. Dieser Vorgang geschieht unter Mitwirkung und Zusammenspiel der Bauchmuskulatur und der interkostalen (zwischen den Rippen befindlichen) Muskulatur. Der Luftstrom der ausgeatmeten Luft verursacht aufgrund der Anatomie und der entsprechenden Stellung der einzelnen Bestandteile Töne. Die Quellen-Filter-Theorie Müller (1848: in Miller, 1995) besagt, daß der Vokaltrakt als akustisches Rohr betrachtet wird, das die Quelle in Abhängigkeit seiner Form filtert. Die Resonanzfrequenzen des Vokaltraktes sind für die Vokalerkennung von entscheidender Bedeutung. Sie werden Formanten genannt. Jeder ausgesprochene Vokal hat nicht nur einen, sondern mehrere Formanten. Durch sie wird die Charakteristik des Vokals bestimmt, nicht durch die Grundfrequenz der Stimme. Die Energie einer gesprochenen Silbe wird immer von ihrem Vokal determiniert. Ein Konsonant bedeutet nur die Variante, einen Vokal an- oder abzustellen.

### Klassifikation der wichtigsten Artikulatoren, angeordnet nach Wirkungswegen (Miller 1995)

Konsonanten unterscheiden sich in dem Ort der Artikulation.



Für die deutsche Sprache relevante Artikulationsorte sind also (Habermann, 1986):

- bilabial - Lautbildung mit den Lippen (b)
- labiodental - Zungenspitze mit oberen Schneidezähnen (f)
- dental - Zunge mit oberen Schneidezähnen (s)
- alveolar - Zungenspitze und Gaumenrand (t)
- palatal - Zunge mit hartem Gaumen (ch)
- velar - Zunge und weicher Gaumen (g)

uvular - Zunge und Zäpfchen (r)

glottal - Lautbildung in der Stimmritze (h)

Weiterhin kann eine grundsätzliche Unterscheidung in Mundlaute und Nasallaute erfolgen. Die Mundlaute werden weiterhin unterschieden in: laterale Laute (Luft entweicht seitlich neben der Zunge), intermittierende Laute (r), Reibelaute, Verschlusslaute und stimmhafte/stimmlose Laute.

**Stimmeinsatz**

Man unterscheidet drei Sorten von Stimmeinsätzen (Pickett, 1980):

- 1. gehauchter Stimmeinsatz: die Stimmlippen berühren einander nicht vollständig, so daß ein Hauchgeräusch entsteht.
- 2. fester oder harter Stimmeinsatz: die Glottis wird vor der Stimmbildung fest verschlossen, wodurch ein „coup de glotte“ , der Glottisschlag entsteht.
- 3. Leiser oder weicher Stimmeinsatz: angenäherte Aduktionsstellung der Stimmlippen, wobei die Stimmritze einen elliptischen Spalt bildet. Es entstehen gleichmäßige Schwingungen.