

Aus dem Institut und Poliklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie  
der Ludwig-Maximilian-Universität München  
Vorstand: kommissarisch: Prof. Dr. H.-J. Möller

**Evaluation von Testverfahren zur Diagnostik  
auditiver Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS)  
mit Schwerpunkt auf der zeitlichen Diskriminationsfähigkeit auditiver Reize**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde  
an der medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilian-Universität zu München

vorgelegt von  
Brem Annemarie  
aus  
Buchloe  
2003

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. W. v. Suchodoletz
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. T. Roenneberg Prof. Dr. K. Mees
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	–
Dekan:	Prof. Dr. med. Dr. h.c. K. Peter
Tag der mündlichen Prüfung:	29.07.2003

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>9</b>
2.1	Auditive Wahrnehmung .....	9
2.1.1	Definition.....	9
2.1.2	Anatomische Grundlagen .....	9
2.1.3	Neurophysiologische Grundlagen .....	13
2.1.4	Auditive Wahrnehmung und Sprache.....	14
2.1.5	Zusammenfassung .....	14
2.2	Auditive Wahrnehmungsstörungen .....	15
2.2.1	Definition.....	15
2.2.2	Störungsbilder.....	16
2.2.3	Schwierigkeiten bei der Untersuchung von Sprachstörungen .....	23
2.3	Auditive Wahrnehmung und zeitliche Verarbeitung.....	24
2.3.1	Zeitverarbeitung .....	24
2.3.2	Zeitliche Organisation der Sprache .....	25
2.3.3	Zusammenhang der zeitlichen Verarbeitung und der Sprache .....	27
2.3.4	Zeitauflösung und Sprachwahrnehmung unter neurophysiologischen Gesichtspunkten .....	28
2.3.5	Neurophysiologische Aspekte der Zeitverarbeitung .....	29
2.3.6	Neurophysiologische Aspekte der Sprachverarbeitung in der Zeit .....	30
2.3.7	Einfluss der zeitlichen Verarbeitung auf das Sprachgeschehen .....	30
2.3.8	Zeitstruktur und produktive Leistung .....	32
2.3.9	Zusammenfassung .....	32
2.4	Überprüfung der zeitlichen Verarbeitungsfähigkeit .....	33
2.4.1	Messverfahren der verschiedenen Zeitverarbeitungsebenen nach Kegel .....	33
2.4.2	Messung der Zeitschätzung, der Zeitproduktion und der Zeitreproduktion .....	35
2.4.3	Messung der Dauer zentraler Zeitmechanismen.....	36
2.5	Ordnungsschwelle .....	39
2.5.1	Geschichtliche Entwicklung der Ordnungsschwelle aus Sicht der Wissenschaft .....	39
2.5.2	Definition der Ordnungsschwelle .....	40
2.5.3	Ordnungsschwelle und zeitliche Verarbeitung.....	41
2.5.4	Ordnungsschwelle und sprachliche Verarbeitung .....	41
2.5.5	Die Qualität des Signals .....	42
2.5.6	Methoden zur Bestimmung der Ordnungsschwelle.....	43
2.5.7	Zusammenfassung .....	46

(Fortsetzung)

## Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

2.6	Tondauerdiskriminationsfähigkeit .....	47
2.6.1	Definition der Tondauerdiskriminierung.....	47
2.6.2	Untersuchungen zur Dauerdiskrimination.....	48
2.6.3	Tondauerdifferenzierung und zeitliche Verarbeitung.....	49
2.6.4	Tondauerdifferenzierung und sprachliche Verarbeitung.....	49
2.6.5	Qualität des Signals .....	50
2.6.6	Methoden zur Bestimmung der Tondauerdiskrimination.....	50
2.6.7	Zusammenfassung .....	51
2.7	Testgütekriterien .....	52
<b>3.</b>	<b>Fragestellung</b> .....	<b>59</b>
<b>4.</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>61</b>
4.1	Stichprobe .....	61
4.1.1	Gewinnung der Stichprobe .....	61
4.1.2	Altersverteilung der Stichprobe.....	61
4.1.3	Intelligenzverteilung der Stichprobe.....	62
4.1.4	Ausschlusskriterien.....	63
4.1.5	Beschreibung der Stichprobe über den sozialen Hintergrund.....	64
4.2	Untersuchungsinstrumente.....	65
4.2.1	Anamnese- und Erhebungsbogen .....	66
4.2.2	Audiogramm – zur Erfassung des peripheren Hörens .....	66
4.2.3	Tests zur Erfassung allgemeiner kognitiver Leistungen.....	67
4.2.4	Tests zur Erfassung der zeitlichen Diskriminationsfähigkeit auditiver Reize.....	68
4.2.5	Sonstige Tests zur Erfassung der auditiven Wahrnehmungsfähigkeit.....	70
4.3	Ablauf der Studie .....	71
4.4	Statistische Auswertung .....	74
<b>5.</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>75</b>
5.1	Sind die Ordnungsschwelle bzw. die Fähigkeit zur Tondauerdiskrimination vom Alter oder dem Geschlecht des Kindes abhängig? .....	75
5.1.1	Ab welchem Alter sind die Untersuchungen durchführbar?.....	75
5.1.2	Sind auch noch während des Schulalters Verbesserungen der Zeitdiskriminationsfähigkeit zu beobachten? .....	76
5.1.3	Besteht eine Abhängigkeit vom Geschlecht? .....	81

(Fortsetzung)

## Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

5.2	Wie stabil sind die Ergebnisse der Untersuchung? .....	84
5.2.1	Wie stabil sind die Ergebnisse über den Zeitraum von einer Woche? .....	84
5.2.2	Wie stabil sind die Werte über den Zeitraum von vier Monaten? .....	89
5.3	Wie valide sind die Untersuchungsergebnisse? .....	94
5.3.1	Besteht ein Zusammenhang zu anamnestischen Hinweisen auf eine bessere oder schlechtere auditive Fähigkeit? .....	94
5.3.2	Erfassen die Untersuchungen spezifische Leistungen oder sind die Ergebnisse eher Ausdruck kognitiver Eigenschaften wie Intelligenz, Konzentrationsfähigkeit und allgemeine Wahrnehmung? .....	106
<b>6.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>113</b>
6.1	Reflexion der Stichprobe .....	113
6.2	Einfluss des Alters und des Geschlechts auf die Ergebnisse der Tests zur zeitlichen Diskrimination .....	114
6.3	Die Stabilität der Werte .....	118
6.4	Die Validität der Tests zur zeitlichen Diskrimination .....	120
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>126</b>
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>129</b>
<b>Anhänge</b>		<b>147</b>
	Kinder helfen Kindern (Elternrundbrief) .....	148
	Sozialer Hintergrund unserer Studie im Vergleich zum Landesdurchschnitt .....	151
	Elternfragebogen zur Entwicklung und zu früheren Erkrankungen .....	153
	Testprotokoll Tondauer .....	162
	Testprotokoll Ordnungsschwelle .....	164
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>		<b>166</b>
<b>Danksagung</b>		<b>167</b>
<b>Lebenslauf</b>		<b>168</b>



# 1. Einleitung

In pädaudiologischen, pädiatrischen und kinderpsychiatrischen Praxen werden häufig Kinder vorgestellt, bei denen der Verdacht auf Störung der Hörverarbeitung geäußert wird. Die Eltern kommen häufig mit dem Problem, dass die Kinder nicht richtig zu hören scheinen, dass man ihnen alles mehrmals sagen muss oder sie nicht auf das Gesagte reagieren.

Die Überprüfung der peripheren Hörfähigkeit führt hier allerdings oft zu einem unbefriedigenden Ergebnis, dann nämlich, wenn das Messergebnis und das Hörverhalten des Kindes nicht in Einklang zu bringen sind. Deshalb werden diese Kinder heute auch auf zentrale Störungen ihrer auditiven Wahrnehmung hin überprüft (Ebert 1993).

Störungen in der auditiven Wahrnehmung können sich u. a. als Schwächen bei der Lokalisation und Lateralisation von Geräuschen und Tönen, der auditorischen Diskrimination und Mustererkennung, der sequenziellen auditiven Verarbeitung (zeitliche Aspekte) und des Hörens im Störgeräusch äußern (ASHA 1996). Als Folgen werden Störungen der Sprachwahrnehmung und der auditiven Merk- und Konzentrationsfähigkeit angesehen. Diese wiederum können zu einer gestörten Sprachentwicklung und zu einer Lese- und Rechtschreibschwäche führen (Buller & Ptok 2001).

Die Diagnostik sollte zu einem möglichst frühen Zeitpunkt, möglichst noch vor dem Schuleintritt, erfolgen, denn nur so kann man frühzeitig Fördermaßnahmen einleiten, um weiter reichende Folgen für das Kind zu verhindern oder zu minimieren.

Es gibt für den deutschen Sprachraum mehrere Verfahren zur Überprüfung und Beurteilung gestörter auditiver Prozesse bei Kindern. Allerdings sind diese meist nicht standardisiert und kaum auf ihre Gütekriterien hin untersucht. So ist es nicht verwunderlich, dass kritische Untersucher zu dem Ergebnis kommen, dass diese Verfahren teilweise nicht oder zumindest nicht nur das beurteilen, was sie zu messen vorgeben (Deuster 1984).

So führen ungenügende Aussagen über Validität und Zuverlässigkeit der meisten Methoden, trotz der Vielzahl der Untersuchungsverfahren zur Diagnostik zentraler auditiver Wahrnehmungsstörungen, zu erheblichen Unsicherheiten.

Es ist also nicht verwunderlich, dass man bisweilen Veröffentlichungen findet, welche die Aussagemöglichkeiten dieser Tests anzweifeln und einschränken. Es scheint eine kritische Bestandsaufnahme nötig, da zumeist stillschweigend davon ausgegangen wird, dass die Verfahren die vorgegebenen Fähigkeiten und Funktionen auch wirklich messen.

Das Ziel dieser Studie ist es, Hinweise auf die Validität und die Zuverlässigkeit einiger Tests zu erhalten und damit die methodische Voraussetzung für weiter gehende Studien und den Einsatz in der klinischen Praxis zu schaffen.

Eine Beantwortung dieser Fragen ist Voraussetzung für jegliche Art von Diagnose, v. a. auch für eine angestrebte Individualdiagnostik.

Die Untersuchung erfolgte im Rahmen einer größeren Studie, die eine Überprüfung von Gütekriterien zahlreicher Testverfahren zur Erfassung auditiver Wahrnehmungsleistungen zum Ziel hatte. Da gerade Defizite bei der sequenziellen Analyse auditiver Informationen in jüngerer Zeit oft als pathogenetischer Hintergrund von Störungen des Laut- und Schriftspracherwerbs diskutiert werden, wird in der vorliegenden Arbeit vornehmlich auf Tests der zeitlichen Diskriminationsfähigkeit eingegangen. Die anderen Einheiten dieser Testbatterie werden an anderer Stelle einer ausführlichen Betrachtung unterzogen.





## **2. Theoretische Grundlagen**

### **2.1 Auditive Wahrnehmung**

#### **2.1.1 Definition**

Die Organisation der Wahrnehmung ist charakterisiert durch die individuelle Erfahrung, die in der handelnden Auseinandersetzung mit der Umwelt gewonnen wurde. Dabei werden die einkommenden Informationen so gefiltert und aufgeschlüsselt, dass wir die Beschaffenheit und die Verhältnisse der Welt erkennen, sie so vorhersagbar machen und daher gut in ihr zurechtkommen können. Somit stellt die Wahrnehmung einen Teil eines komplexen kognitiven und sensorischen Geschehens dar und ist damit sowohl Ausgangspunkt geistiger Tätigkeiten als auch ständige Verbindung zwischen Denken und Sprache.

Die auditive Wahrnehmung im Speziellen ist zu verstehen als Fähigkeit, Hörphänomene jeglicher Art differenziert aufzunehmen, in ihrer Bedeutung zu verstehen und erlebnismäßig zu erfassen.

Die Wahrnehmung, Verarbeitung und Verwertung akustischer Signale stellt einen Prozess dar, der eng ineinander verwoben und zum Teil hierarchisch aufgebaut ist. An ihm sind eine Vielzahl von serialen, parallelen und verteilten neuronalen Netzwerken beteiligt (Breitenbach 1995). Eine wesentliche Rolle spielt die Reifung des auditorischen Systems (Hörbahn, Hörzentrum), da diese wesentlich mit der auditiven Wahrnehmungsleistung korreliert (Bauer 1988).

Auditive Wahrnehmung ist die Fähigkeit, auditive Reize zu deuten, sie mit früher wahrgenommenen Reizen zu assoziieren und diese voneinander zu unterscheiden. Sie befähigt uns, Hörphänomene jeglicher Art (Musik, Sprache, Umweltschall) differenziert wahrzunehmen, sich vorzustellen, erlebnismäßig-emotional zu erfassen, zu verbalisieren und selbst zu produzieren.

Die zentral-auditive Wahrnehmung ist die nach der peripheren akustischen Reizaufnahme erfolgende zentral-zerebrale Verarbeitung auditiver Stimuli (Günther & Günther 1991). Bei diesem Prozess wird der Schall vom Ohr an die zentrale Hörbahn weitergeleitet, auf deren Ebene akustische Informationen bereits vorverarbeitet werden, bevor sie in den Assoziationskortex gelangen, wo schließlich die komplexesten Verarbeitungsprozesse stattfinden. Diese kortikalen Verarbeitungsprozesse werden auch als auditive Teilfunktion bezeichnet (Lauer 1996). Die auditive Wahrnehmung lässt sich u.a. in folgende Teilfunktionen untergliedern: Aufmerksamkeit, Lokalisation, Selektion, Speicherung, Sequenz, Differenzierung, Diskriminierung, Analyse, Synthese und Ergänzung.

#### **2.1.2 Anatomische Grundlagen**

##### **Hörbahn**

Die in den Rezeptoren ausgelösten Erregungen werden über neuronale Bahnen zu besonderen Arealen in der Hörrinde weitergeleitet. Es handelt sich dabei um die afferente Hörbahn. Die afferenten Nervenfasern stammen zu etwa 95 Prozent von den inneren Haarzellen und nur zu etwa 5 Prozent von den äußeren (Spoendlin 1972).

Im Folgenden sind die einzelnen Stadien der neuronalen Verarbeitung auf dem Weg von der Cochlea zur Hirnrinde dargestellt. Anatomisch wird dieser Weg auch als innerer Gehörgang bezeichnet. Er enthält neben dem Nervus vestibulo-cochlearis auch den Nervus facialis (Hellbrück 1993).

**Abbildung 1** Modifizierte Darstellung der einzelnen Neuronen der Hörbahn aus einer Vorlage von Breitenbach 1989

<i>Hörrinde</i>		<i>Neocortex</i>
<i>6. Corpus geniculatum mediale</i>		<i>Zwischenhirn</i>
<i>5. Colliculus inferior</i>	<i>Mittelhirn</i>	
<i>4. lateraler Schleifenkern</i>	<i>Pons</i>	
<i>3. Olivenkomplex/Corpus trapezoideum</i>	<i>Pons</i>	<i>Hirnstamm</i>
<i>2. Nucleus cochlearis ventralis u. dorsalis</i>	<i>Medulla oblongata</i>	
<i>1. Ganglion spirale</i>		
<i>Sinneszellen</i>		

*1. Neuron: Ganglion spirale in der Schnecke*

Hier laufen die mit den Haarzellen verbundenen Neuronen zum Hörnerv (Nervus acusticus VIII. Hirnnerv) zusammen.

Das vorwiegend aus bipolaren Zellen aufgebaute Spiralganglion besitzt also im Wesentlichen die Aufgabe, die Erregung der Fasern, die zu den Sinneszellen der Basilarmembran laufen, möglichst genau und ohne Informationsverlust dem Cochleariskern zuzuführen. Innerhalb des Hörnervs und somit auch innerhalb des Bereichs des Spiralganglions sind die Fasern tonotop angeordnet, d. h., dass man in der Erregungsgröße, die örtlich verschiedene Bereiche darstellt, die frequenzabhängige Erregungsverteilung der Basilarmembran wiederfindet (Biesalski 1994).

*2. Neuron: Nucleus cochlearis dorsalis oder ventralis im Bereich der Medulla oblongata (Rautenhirn)*

Der Cochleariskern stellt das erste wichtige Verarbeitungszentrum nach der Erregungscodierung in den Haarsinneszellen dar.

Sämtliche Untersuchungen zeigen, dass die netzwerkartig strukturierten Zellgruppen des Cochleariskerns nicht nur als ein einfach leitendes und codierendes System zu verstehen sind, sondern ein selektiv auswählendes, komplexes Informationsverarbeitungssystem darstellen. Hierauf weisen auch besonders die verschiedenen Zellarten und die Existenz mehrerer bahnender und hemmender Neurotransmitter hin.

Von hier aus teilt sich die Hörbahn in drei Bahnen. Die eine führt zu der Hirnhemisphäre, die dem Ohr gegenüberliegt, dies ist die seitliche Schleifenbahn (Lemniscus lateralis). Sie stellt den Hauptstrang des Hörnervs dar.

Einige Fasern dieser Bahn enden in der *Formatio reticularis*. Hierbei handelt es sich um eine Zellformation, die sich von der *Medulla oblongata*, dem Fortsatz des Rückenmarks, bis in Regionen des Mittelhirns erstreckt. In der *Formatio reticularis* findet eine Regulation des Aktiviertheitszustands (Wachheit) statt.

Die seitliche Schleifenbahn ist ein schnelles, nur über eine synaptische Verschaltung direkt zu höheren Hirnstammregionen laufendes Bahnsystem. Sie führt über den Colliculus inferior der Vierhügelplatte und den mittleren Kniehöcker (Corpus geniculatum medialis) zur kontralateralen Hörrinde.

Zwei weitere Stränge von Nervenfasern führen von den Hörkernen, in diesem Fall vom Nucleus cochlearis ventralis zu den Oliven, wobei der eine zum ipsilateralen, der andere zum kontralateralen Olivenkomplex führt. Dieses System wird als langsames Bahnsystem höhere Zentren erreichen.

Parallel zur afferenten Bahn besteht die efferente Hörbahn, auch zentrifugale Bahn genannt. Sie erstreckt sich vom Cortex bis zur Cochlea. Ein wichtiger Teil ist das olivocochleäre Bündel. Die Fasern kommen vom oberen Olivenkomplex und gehen bis zu den Haarzellen in der Cochlea. Ein Teil dieser Nervenfasern verläuft ipsilateral, der andere Teil kommt von der kontralateralen Seite. Den ersten bezeichnet man als das ungekreuzte olivocochleäre Bündel (UCOCB) den letzten als das gekreuzte (COCB). Die Fasern vereinen sich im IV. Ventrikel des Hirnstamms und verlassen den Hirnstamm über den Vestibularnerv, dann kreuzen sie in den Hörnerv und gehen in die Cochlea. Der größte Teil (90 %) von ihnen hat direkten Kontakt am basalen Ende der Zellkörper der äußeren Haarzellen. Der kleinere Teil bildet Synapsen mit den afferenten Fasern, die an den inneren Haarzellen enden.

### *3. Neuron: Olivia superior (Olivenkomplex) und Corpus trapezoideum im Bereich der unteren Pons*

In diesen Verarbeitungsebenen, mit zahlreichen Verbindungen zur Gegenseite, treffen Informationen aus beiden Ohren ein. Sie sind deshalb v. a. im Hinblick auf die binaurale Verarbeitung der Richtungsinformation untersucht worden.

### *4. Neuron: Nucleus lemnisci lateralis (lateraler Schleifenkern) im Bereich der mittleren Pons und Vierhügelplatte*

In der Höhe des Mittelhirns besteht eine enge anatomische Nachbarschaft mit der Sehbahn. Hier sind die funktionellen Verbindungen zur Koordinierung auditorisch reflektorisch ausgelöster und optisch kontrollierter Kopf- und Körperdrehbewegungen von besonderer Bedeutung. Auch ist die von dort erfolgende Regulation der Innervation der Mittelohrmuskeln, die auch eine grosse Bedeutung hinsichtlich des Hörens der eigenen Sprache spielt, zu erwähnen (Borg & Zakrisson 1975). Ebenso ist hier die Wichtigkeit der binauralen Zusammenschaltung noch einmal besonders hervorzuheben.

Der Vierhügelbereich scheint die Aufgabe zu besitzen, eine erste Kombination der komplexen Frequenzanalyse des Cochleariskerns mit der Richtungsanalyse der oberen Olive durchzuführen.

### *5. Neuron: Colliculus inferior im Bereich des Mittelhirns*

Der Colliculus inferior zusammen mit dem Corpus geniculatum medialis sind wahrscheinlich die Zellformationen, die eine wichtige Rolle bei der Schallquellenlokalisierung spielen. Auf der ipsilateralen Seite vermittelt ein geringerer Teil der Nervenfasern auch Informationen zur ipsilateralen Hörrinde.

Hier gehen Reflexbahnen zu den oberen Hügeln des Tectum (akustisch-optische Verbindungen) und zum Kleinhirn (Frick, Leonhardt & Starck 1992).

## 6. Neuron: *Corpus geniculatum mediale* im Bereich des Zwischenhirns

Diese zentralnervöse Verarbeitungsebene scheint ebenfalls eine wichtige Aufgabe für Tonhöhenempfindungen und Musterextraktionen zu besitzen. Diese kann man dadurch nachweisen, dass Tieren mit einer entfernten Hirnrinde das Vermögen zur Tonhöhenunterscheidung nicht verloren geht. Allerdings lässt sich vermuten, dass Intensitäts- und Frequenzdiskrimination schon unterhalb des Kniehöckers stattfinden und die Erkennung natürlicher, arteigener Laute seine wichtigste Aufgabe ist (Keidel & Kallert 1979, Spreng 1980).

Die Verschaltung eines spontanaktiven Taktgebers über eine Koinzidenzzelle lässt nur dann Aktionspotenzialfolgen von einer schallaktiven Zelle passieren, wenn deren Intervallfolgen mit denjenigen des Taktgebers übereinstimmen und eine gewisse Synchronisierung vorliegt (Frequenzerkennung). Man kann generell annehmen, dass diese Zeitgeber im akustischen Verarbeitungssystem von ganz erheblicher Bedeutung für den Organismus und seine zeitliche Einordnung in die Umwelt sind (Biesalski 1994).

Periodische Spontanaktivität, rhythmische Entladung im Periodenbereich von 10-100 Millisekunden und v. a. 100-200 Millisekunden sowie auffallend lange Erregungs-, Hemm- und Latenzzeiten sind typisch für die Vorgänge in diesem Verarbeitungsbereich (Biesalski 1994).

### **Akustisches Hirnrindenareal**

Die Hörrinde ist die letzte Station der afferenten Hörbahn. Hier gelangen die Informationen in die primären Hörfelder, die Heschl'sche Querwindung (Gyri temporales transversi).

In der Hörrinde gibt es wahrscheinlich keine tonotope Repräsentation. Diese Rindenbezirke werden auch von zahlreichen anderen Sinneskanälen erreicht.

Es werden im Vergleich zu den hierarchisch tiefer liegenden Schaltebenen stets größere Zellzahlen erregt. Hier befindet sich der primäre Endpunkt der im Kniehöcker umgeschalteten Informationsverarbeitungsbahn. Man nennt ihn auch das primäre Projektionsrindenareal.

Dem primären und sekundären auditorischen Cortex schließen sich im Schläfenlappen Bereiche an, die als akustischer Assoziationskortex bezeichnet werden. Okzipital grenzt das Wernicke-Sprachzentrum an, das mit dem Sprachverstehen zu tun hat, und dessen Abgrenzung gegenüber anderen Hirnrindengebieten unscharf ist. Der vordere Teil des Stirnlappens ist mit der Integration verschiedener sensorischer Modalitäten, mit Handlungsplanung und Sprachkontrolle (Broca'sches Areal) befasst und steht mit dem limbischen System in Verbindung.

Die erhaltene Sprachinformationen über die akustischen Bahnen, sowie die eintreffenden Informationen anderer Modalitäten über sinnesspezifische Bahnen, werden hier in Einklang gebracht. Diese Hirnanteile mit ihren sog. „gnostischen Fähigkeiten“ ermöglichen so das Erkennen und Verstehen bestimmter Umweltreize oder abstrakter Sprachinhalte (Uttenweiler 1994).

Bei den meisten Menschen sind das motorische oder Broca'sche und das semantische oder Wernicke'sche Sprachzentrum in der linken Hirnhälfte repräsentiert (Lateralisation der Sprachfunktion), während die rechte Hirnhälfte nur ein einfaches Sprachverständnis, jedoch kein Sprechvermögen zu haben scheint (Roth 1992).

### 2.1.3 Neurophysiologische Grundlagen

Die Haarzelle des Innenohrs besitzt an ihrem oberen Ende ca. 80-100 Sinneshärchen. Werden diese Stereozilien einer Haarzelle durch die Wanderwelle deflektiert, so ändert sich das Membranpotenzial. Mit der Entstehung dieses Sensorpotenzials wird das ursprünglich mechanische Signal der Gehörknöchelchen in ein elektrisches Signal umgewandelt (mechano-elektrische Transduktion). Hört das gesunde Gehör Töne sukzessiv, kann es Tonhöhen erstaunlich gut unterscheiden. Ist beim Kranken die Frequenzunterschiedsschwelle verschlechtert, so kann er Sprache schwer verstehen. Die hohe Frequenzselektivität des Ohres geschieht in der Cochlea. Hier bildet sich eine Welle aus, die in Richtung der Cochleaspitze wandert. Sie wird als Wanderwelle bezeichnet. Ein durch eine Verstärkung zustande kommendes Wanderwellenmaximum wird für jede Tonhöhe an einem anderen Ort entlang der Cochlea produziert. Dieses Maximum wird bis zu 1.000-fach verstärkt und mit einer scharfen Spitze versehen, bevor die Welle in sich zusammenfällt. Diese scharfe Spitze ist notwendig, damit nur die wenigen spezifischen inneren Sinneszellen für eine bestimmte Tonhöhe gereizt werden, und scheint hauptsächlich von den äußeren Haarzellen erzeugt zu werden. Diese können kräftige mikromechanische Schwingungen in der Schallfrequenz erzeugen, indem sie sich bis zu 20.000-mal pro Sekunde (20 KHz) verkürzen und verlängern. Dieser Vorgang wird cochleäre Verstärkung genannt. Die Mobilität dieser äußeren Haarzellen kann direkt über die TEOAE (transient evoked otoacoustic emission) gemessen werden (Zenner 2002).

Neben der Wanderwelle kann das Innenohr auch Zeitstrukturen des Schallsignals zur Frequenzanalyse nutzen.

Durch die Transmitterfreisetzung der inneren Haarzellen wird eine Kette neuronaler Erregungen über den Hörnerv, den Hirnstamm und die Hörbahn bis zum auditorischen Cortex im Temporalappen erzeugt. Die Informationen des Schallsignals werden dann über oben beschriebene Neuronen bis zum auditorischen Cortex weitergeleitet. Innerhalb der Neurone geschieht die Signalweiterleitung durch Nervenaktionspotenziale. Der Signaltransfer an der Synapse wird über Transmitter vermittelt. Die Hörnervenfasern sind die ersten Neuronen. In ihnen wird der Schallreiz durch die Entladungsrate, die Zeitdauer der Aktivierung sowie durch ihren Anschluss an frequenzspezifische Haarzellen kodiert. Höhere Neuronen der Hörbahn hingegen sind auf komplexere Schallmuster spezialisiert. Sie besitzen Interneurone und Kollaterale, wodurch eine ausgedehnte neuronale Vernetzung des zentralauditorischen Systems entsteht. Für die Tonhöhenunterscheidung werden weitere Mechanismen diskutiert, wie z. B. das Periodizitätsprinzip. Hierbei wird angenommen, dass der Organismus die Zeitstruktur des Schallreizes ausnutzen kann.

Die Länge des Schallreizes wird durch die Dauer der Aktivierung der afferenten Nervenfasern verschlüsselt. Die Kodierung unterschiedlicher Schalldruckpegel gelingt durch die Entladungsrate der erregten Neuronen.

Von vielen Neuronen wird die Information lediglich von der Cochlea zum ZNS weitergeleitet. Ab höheren Neuronen wird die dem Schall innewohnende Information verarbeitet und für die Auswertung in der Hörrinde vorbereitet. Letztendlich wird nur ein geringer Teil der gesamten akustischen Information – der Nutzschaall – bis zur Hörrinde transferiert. Der für den Menschen wichtigste Nutzschaall ist die Lautsprache. Diese Filterung des Schalls ist möglich, da höhere Neuronen nicht auf reine Sinustöne, sondern auf bestimmte Eigenschaften eines Schallmusters reagieren. Da für den Menschen wichtige Muster Phoneme der Sprache sind, stören die meisten Hirnläsionen, welche die höheren auditorischen Neurone oder die Hörbahn schädigen, selektiv die Sprachwahrnehmung. Die einzelnen Mechanismen der zentralen Schallinformationsverarbeitung sind im Wesentlichen noch unbekannt.

Die Spezialisierung der Neurone auf bestimmte Eigenschaften eines Schallmusters ist im auditorischen Cortex noch ausgeprägter. Es gibt Neurone, die auf Beginn und Ende, eine mehrfache Wiederholung, eine Mindestzeitdauer oder auf bestimmte Amplituden und Frequenzmodulationen eines Schallreizes reagieren. Diese zunehmende Spezialisierung der Neurone ist nur in Bruchstücken bekannt, aber Lernprozesse und der Wille des Hörenden spielen eine wesentliche Rolle (Zenner 1994).

So ist die Entwicklung des Hörens ein Reifungs- und auch Lernprozess. Das periphere Hörorgan ist zwar bereits bei der Geburt ausgereift, doch ist die Ausreifung des zentralen Hörorgans erst Jahre nach der Geburt abgeschlossen.

Als wesentlicher Unterschied des Kindes zum Erwachsenen ist hier seine schlechtere Hörschwelle und sein schlechteres Zeitauflösungsvermögen zu nennen (Ptok & Ptok 1996).

#### **2.1.4 Auditive Wahrnehmung und Sprache**

Für die Entwicklung der eigenen Sprachproduktion des Kindes ist die altersgemäße Aufnahme und Verarbeitung der Sprache unabdingbare Voraussetzung. So ist die ungestörte auditive Wahrnehmung unbestritten ein wichtiger Bestandteil, um eine korrekte Sprachbildung zu ermöglichen.

Ihrer Entwicklung kommt eine bedeutende Rolle als Teil der menschlichen Gesamtentwicklung zu: „Der Erwerb sprachlicher Strukturen ist in einen universellen Entwicklungsplan sensorischer, motorischer, kognitiver, emotionaler und sozial-kommunikativer Funktionsbereiche eingeordnet, die sich in ihrer Wirkungsweise gegenseitig beeinflussen.“ (Grohnfeldt 1982).

Das Kind lernt in diesem Zusammenhang, verschiedene Geräusche und Lautgebilde voneinander zu unterscheiden. Die Fähigkeit wird im Laufe der Entwicklung so verfeinert, dass auch ähnlich klingende Geräusche und Laute differenziert werden können. Diskriminiert wird hierbei nicht nur nach der Kategorie gleich-verschieden, sondern auch danach, ob etwas schneller, langsamer, höher oder tiefer gesprochen wird. Diese wahrgenommenen Unterschiede sind von Anfang an für das Kind bedeutungstragend.

Wenn es hier zu Störungen der Sprachentwicklung kommt, kann die ungestörte kognitive und emotionale Entwicklung eines Kindes gefährdet sein.

Will man dem entgegenwirken, muss man auf adäquate Methoden zur Förderung von Kindern mit individuellen Symptomausprägungen zurückgreifen können. Hierzu ist es allerdings unumgänglich, die Ätiologie von Sprachstörungen zu erkunden und diese durch geeignete Verfahren zu verifizieren, um so verlässliche Erklärungen zu erhalten. Nur wo die Ursachen geklärt sind, können geeignete Maßnahmen eingeleitet werden, die Kinder mit Sprachentwicklungsstörungen auch in ihrer Gesamtentwicklung fördern helfen.

#### **2.1.5 Zusammenfassung**

Die Fähigkeit, Hörphänomene aufzunehmen und in ihrer Bedeutung zu verstehen, wird als auditive Wahrnehmung bezeichnet. Dieser Prozess fängt im peripheren Gehör an und geht hinter der Schnecke mit ihren Sinneszellen in der zentrale Hörbahn weiter.

Der Hörnerv läuft über den inneren Gehörgang durch den Kleinhirnbrückenwinkel zum Rautenhirn im Hirnstammbereich. Im Hirnstamm wird die von beiden Ohren kommende Information vielfältig vernetzt und verschaltet; über die oberen Olivenkerne gibt es ipsi- wie kontralaterale Bahnen, die Information wird auf der Seite des gleichen Ohres, aber auch zur anderen Seite verschaltet. Der Weg geht weiter über die laterale Schleife zum Zwischenhirn. Wichtig ist die immer wieder erfolgende äußerst vielschichtige Vernetzung und Kreuzung der einzelnen Hörbahnen. Vom Zwischenhirn wird die Hörinformation zur primären Hörrinde, der sog. Heschel'schen Querwindung weitergeleitet. Hier liegt das primäre Hörzentrum, in dem das primäre Hören stattfindet. Hören im Sinne von Erkennen oder Wahrnehmen wird erst möglich durch weitere Verarbeitungsprozesse, die aus Verbindungen des primären Hörzentrums zu den sog. Projektionsfeldern resultieren. In den sekundären Projektionsfeldern liegen umschriebene Areale, die für die Laut- und Geräuschempfindung verantwortlich sind, für Ton- und Wortverständnis sowie für die akustische Auf-

merksamkeit. Weiter gibt es Areale, in denen die akustischen Speicherstrukturen für Wort-, Musik- und Sprachverständnis liegen. Für noch nuanciertere Abgrenzungs- und Kontrastierungsleistungen sind die dahinter gelagerten tertiären Hörfelder verantwortlich (Grossgerge 1995).

Für das Sprachverstehen und die Sprachproduktion ist die einwandfreie Aufnahme und Verarbeitung der Sprache eine notwendige Voraussetzung; dies erfordert eine ungestörte auditive Wahrnehmung.

## 2.2 Auditive Wahrnehmungsstörungen

### 2.2.1 Definition

„Eine auditive Verarbeitungs- und/oder Wahrnehmungsstörung (AVWS) liegt vor, wenn zentrale Prozesse des Hörens gestört sind“ (Ptok et al. 2000).

Zentral auditive Wahrnehmungsstörungen stellen also allgemein Störungen in der zentralen Verarbeitung auditiver Stimuli bei intaktem peripheren Hören dar. Sie sind immer im Zusammenhang mit vorgeschalteten Verarbeitungsprozessen auf der Ebene der zentralen Hörbahn zu sehen. Ein solcher qualitativer Hörverlust im Bereich der zentralen Hörbahn wird in der Literatur häufig als zentrale Fehlhörigkeit bezeichnet (Esser & Wurm-Dinse 1994). In diesem Zusammenhang prägte Ptok (2000) den Begriff der Low-Level-Funktion. Sie stellt die untere Stufe beim Aufbau der sprachlichen Kompetenz, nämlich die automatische Extraktion basaler akustischer Merkmale wie z. B. die Zeit- und Frequenzauflösung dar. Diese findet auf der vorbewussten Ebene statt. So weisen Studien darauf hin, dass sich Defizite in der Low-Level-Funktion auf die darübergeordneten Ebenen der Sprachverarbeitung auswirken (Buller & Ptok 2001). Dies bedeutet, dass Defizite in der auditiven Wahrnehmung zu Defiziten in der auditiven und sprachlichen Kommunikation führen können. Diese gelten nicht selten als Ursache für erhebliche sekundäre Verhaltensauffälligkeiten. Kinder, die nicht recht verstehen, werden nicht verstanden. Sie kapseln sich im sozialen Bereich ab und reagieren auf Anforderungen, wie sie beispielsweise bei der Hörprüfung entstehen, mit Blockaden (Uttenweiler 1994).

Zentrale Prozesse des Hörens ermöglichen u. a. die vorbewusste und bewusste Analyse von Zeit-, Frequenz- und Intensitätsbeziehungen akustischer Signale – Prozesse der binauralen Interaktion. Es wird angenommen, dass auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen isoliert, in Kombination oder als Symptom solcher Störungen wie Hyperaktivität, Lernstörungen, Sprach- und Sprechstörungen, Konzentrationsstörungen, Rechenschwäche und Verhaltensauffälligkeiten auftreten können (Ptok et al. 2000, Breitenbach 1995).

Nach Breitenbach (1995) scheinen auch folgende Störungen im Bereich der Sprachverarbeitung mit einer gestörten auditiven Wahrnehmung in Verbindung zu stehen: eine gestörte Schalllokalisation, eine nicht altersmäßige Diskriminationsfähigkeit, eine gestörte Figur-Grundwahrnehmung, eine verkürzte Hör-Gedächtnisspanne, ein nicht altersgemäßes Sequenzgedächtnis, eine Störung der auditiv-visuellen Koordination, Störungen der auditiv-kinästhetischen Koordination, eine gestörte Lautanalyse und Lautsynthese, eine nicht altersgemäße rhythmisch-melodische Differenzierung, eine nicht altersentsprechende Ergänzungs- und Antizipationsfähigkeit, eine Codier- und Decodierschwäche und Störungen bei der Wahrnehmung emotionaler Inhalte.

Die Bedeutung auditiver Funktionen für die Entwicklung der Sprache scheint unbestritten. Die korrekte altersgemäße Aufnahme und Verarbeitung von Sprache ist für jedes Kind unabdingbare Voraussetzung für die Entwicklung der eigenen Sprachproduktion.

Die Prävalenz von „central auditory processing disorders“ wird bei Kindern mit 2–3 Prozent angegeben. Das Verhältnis der männlichen zu den weiblichen Betroffenen wird auf 2:1 geschätzt (Ptok et al. 2000).

Auch schon Billich et al. (1976) stellte fest, dass etwa zehn Prozent der Regelschüler und 20 Prozent der Sonderschüler auditiv auffällig zu sein scheinen. Legt man diesbezüglich die heute üblichen Klassenfrequenzen zugrunde, so wären dies etwa zwei bis drei Kinder pro Regelschulklasse (Günther et al. 1992).

### 2.2.2 Störungsbilder

Die auditive Wahrnehmungsleistung korreliert wesentlich mit der Reifung des auditorischen Systems (Hörbahn, Hörzentrum; Bauer 1988). Wie bereits beschrieben, können Defizite in der auditiven Wahrnehmung auch zu Defiziten in der auditiven und sprachlichen Kommunikation führen. Dies erklärt Buller & Ptok (2001) mit der gestörten Low-Level-Funktion, welche die im Folgenden beschriebenen Störungsbilder bedingen können.

#### **Sprachentwicklungsstörung**

Sprachentwicklungsstörungen sind nach der internationalen Klassifikation der Krankheiten in der ICD 10 (Dilling et al. 1991) als eine Entwicklungsstörung des Sprechens und der Sprache zu verstehen, die nicht direkt auf neurologische oder organische Beeinträchtigungen, auf Intelligenzminderung oder Umweltfaktoren zurückzuführen ist. Die sprachlichen Fähigkeiten selbst müssen in den gestörten Bereichen erheblich von der altersentsprechenden Entwicklung und vom allgemeinen Niveau der kognitiven Funktion abweichen (Dames 1997).

Die Prävalenzrate für umschriebene Entwicklungsstörungen des Sprechens und der Sprache im Kleinkind- sowie Vorschulalter liegt bei 6-8 Prozent.

Untersuchungen von Weinert (2000) zeigen keinen generellen Zusammenhänge zwischen der kognitiven und der sprachlichen Entwicklung. So wird davon ausgegangen, dass der Erwerb der Sprache einen weit gehend eigenständigen Phänomen- und Problembereich für das sprachlernende Kind darstellt.

Trotzdem sind Sprachentwicklungsstörungen oft mit begleitenden Problemen im intellektuellen Bereich, wie Schwächen in der Aufmerksamkeit, bei der verbalen/nonverbalen Intelligenz und/oder im emotional-sozialen Bereich, wie z. B. einer geringen Kommunikationsrate zu Gleichaltrigen verbunden (Weltgesundheitsorganisation 1992, Goorhuis-Brouwer et al. 1996). Es werden bei 30 bis 50 Prozent der sprachgestörten Kinder auch Konzentrationsstörungen, motorische Unruhe und oppositionell-aggressives Verhalten beschrieben (Suchodoletz & Keiner 1998). Symptome eines hyperkinetischen Syndroms scheinen ebenfalls mit schweren Sprachstörungen einherzugehen (Cantwell & Baker 1987, Berger et al. 1990).

Bei der Intelligenzminderung wird oft eine extrem hohe Differenz zwischen verbalem und nonverbalem IQ beschrieben, der hier zugunsten der nonverbalen intellektuellen Fähigkeiten ausfällt (Eisenwort & Willinger 1998).

Ergebnisse einer Studie von Willinger & Eisenwort (1999) sprechen dafür, dass bei zwei Drittel der sprachentwicklungsgestörten Kinder eine basale kognitive Störung vorliegt, die der umschriebenen Entwicklungsstörung des Sprechens und der Sprache zugrunde liegt und für eine tief liegende und langwierige Entwicklungsstörung spricht.

Lauth et al. (1999) postuliert des Weiteren, dass sprachauffällige Kinder nicht nur Einschränkungen der Gedächtniskapazität zu haben scheinen, sondern auch Schwierigkeiten bei der Informationsaufnahme. Sprachverzögerte Kinder zeichnen sich dadurch aus, dass sie grammatikalische Strukturen weniger rasch erlernen, Sprachattribute inflexibel nutzen und weniger aus Rückmeldungen lernen (Grimm 1994).



Einige Untersuchungen belegen für gestörte Kinder ein Gedächtnisdefizit, das sowohl beim Speichern auditiver als auch visueller Informationen und bei Gedächtnisaufgaben beobachtet wurde (Das & Åysto 1994, Raine et al. 1991, Gathercole & Baddeley 1990, Kail & Leonard 1986, Kirchner & Klatzky 1985, van der Lely & Howard 1993). Allerdings könnten diese Einschränkungen auch auf Schwierigkeiten bei der Informationsaufnahme beruhen, da sprachverzögerte Kinder das Lernmaterial wahrscheinlich nur unzureichend semantisch organisieren, weniger Gedächtnisstrategien einsetzen, geringere Wortkenntnisse haben und deshalb eine mangelnde Gedächtnisleistung erreichen (Kirchner & Klatzky 1985, Rice et al. 1994).

Es ist schwierig, den menschlichen Geist von anderen Dimensionen geistiger Tätigkeit, wie Gedächtnisfunktion oder Aufmerksamkeit, zu trennen. Besonders für Sprachentwicklungsstörungen gilt, dass unterschiedlichen Phänomenen unterschiedliche ätiologische Bedingungsfaktoren zugrunde liegen können. Die spezifische Sprachentwicklungsstörung gibt es nicht, sondern dahinter verbergen sich unterscheidbare Subgruppen, die auf unterschiedliche Ätiologien zurückzuführen sind (Häring et al. 1997).

Es gilt also zu bedenken, dass der Förderungsbedarf nicht allein mit Sprachtherapie abgedeckt werden kann, sondern u. a. auch durch kognitive Förderung, Ergotherapie oder Aufmerksamkeits-training bzw. Physiotherapie ergänzt werden sollte (Willinger & Eisenwort 1999).

### *Ursachen der Sprachentwicklungsstörung*

Da es sich bei der Sprachentwicklungsstörung also nicht um ein klares, einheitliches Störungsbild handelt, scheint es unwahrscheinlich, dass es auf ein einziges gemeinsames Defizit zurückzuführen ist. Zudem muss die gestörte kindliche Sprachentwicklung als Teil einer Gesamtentwicklung betrachtet werden, in die vielfältige Reifungs- und Lernprozesse einfließen (Dannenbauer 1992).

So vielfältig wie die Störungsbilder sind die möglichen Ursachen der umschriebenen Sprachentwicklungsstörungen. In diesem Zusammenhang werden neben unspezifischen zentralen Problemen, wie etwa einer generell verzögerten Hirnentwicklung (Locke 1994) v. a. Einschränkungen bei nicht sprachspezifischen, übergeordneten Prozessen der Informationsverarbeitung oder bei kognitiven Strategien genannt (u. a. Bishop 1994). Auch Störungen der motorischen Fähigkeiten (u. a. Murdoch et al. 1995, Rescorla & Ratner 1996) oder der auditiven Wahrnehmungs- und Verarbeitungsleistungen (u. a. Mc. Groskey 1984, Tallal et al. 1976, 1985b) könnten, zumindest für manche Formen umschriebener Sprachentwicklungsstörungen, von ursächlicher Bedeutung sein (Dames 1997).

Durch eine Längsschnittstudie an sprachentwicklungsgestörten Kindern mit sprachspezifischen und sprachunspezifischen Aufgaben konnte Schöler (1993) einen qualitativ andersartigen Erwerbs- bzw. Verarbeitungsprozess erkennen. Hier wird eine gestörte Produktion auf gestörte Perzeptions- und/oder Repräsentationsprozesse zurückgeführt. Er spricht hier nicht von einer sprach-, sondern von einer modalitätsspezifischen Störung. Das bedeutet, dass die Kinder in besonderem Maße Schwierigkeiten bei der Verarbeitung auditiver Informationen haben.

Nach heutigen Erkenntnissen wird angenommen, dass sich Schwierigkeiten bei der Aufnahme und Speicherung von Informationen hauptsächlich an zwei Hypothesen diskutieren lassen:

1. Die eingeschränkte temporale Analysefähigkeit bei der Aufnahme von auditiver Information (Tallal et al. 1991, Curtiss et al. 1992, Weinert 1992, 1996, Weinert & Müller 1996)

und

2. die Restriktionen des Kurzzeitgedächtnisses (Gathercole & Baddeley 1990, Grimm 1994, Hasselhorn & Körner 1997).

Auch Lauth et al. (1999) unterstützt die These einer mangelnden Informationsaufnahme und mangelnder Gedächtniskapazität.

## *Gestörte Zeitverarbeitung als Ursache der Sprachentwicklungsstörung*

Heute wird in modernen psycholinguistischen Erklärungsmodellen, die Sprachverarbeitung und Sprachproduktion zum Inhalt haben (Kolk 1995), der zeitliche Aspekt von Sprache explizit berücksichtigt. Auch andere Modelle lassen zeitabhängige Aktivierungsverläufe vermuten, die sich u. a. auf Messungen ereigniskorrelierter Potenziale, aber auch auf Befunde der experimentellen Psycholinguistik beziehen (vgl. Frederici 1992, Levelt 1989, v. Steinbüchel et al. 1996a).

In zahlreichen Analysen des akustischen Sprachsignals hat sich die Zeitstruktur der gesprochenen Sprache sprachentwicklungsgestörter Kinder als auffällig erwiesen.

Eine besonders lange Tradition haben Untersuchungen der Zeitstruktur gesprochener Sprache unter dem Gesichtspunkt der Sprachentwicklung (Chermak & Schneiderman 1986, Kent 1976, Kent et al. 1991, Schwartz 1995, Walker et al. 1992 u. a.).

Wie die vergleichenden Untersuchungen von Äußerungen sprachunauffälliger Kinder verschiedener Altersstufen und Erwachsener belegen, unterliegt die Kontrolle der Dauer einzelner Elemente wie auch größerer Einheiten und deren Variabilität einer Entwicklung. Es wird allgemein angenommen, dass die bei Erwachsenen festgestellte Präzision artikulatorischer Bewegungen und deren Koordination erst im Alter von etwa zehn bis zwölf Jahren erreicht wird. Bei älteren Erwachsenen lassen sich erneut Veränderungen in der Zeitstruktur gesprochener Sprache feststellen (Morris & Brown 1994).

Es stellt sich allerdings die Frage, ob die veränderte Zeitstruktur mehr als nur ein Symptom ist, oder gar die grundlegende Ursache kindlicher Sprachentwicklungsstörungen darstellt. Da es aber die spezifische Sprachentwicklungsstörung nicht gibt, sondern sich Subgruppen unterscheiden lassen, die auf unterschiedliche Ätiologie hindeuten (Schöler et al. 1998), wird es von einigen Autoren als wahrscheinlich angenommen, dass die Störung der zeitlichen Organisation in der Sprachverarbeitung und Sprachproduktion ein zentrales Problem einer oder mehrerer Subgruppen darstellt.

In klinischen Beschreibungen wurde schon früh auf den Eindruck auffälliger Zeitstrukturen in der gesprochenen Sprache sprachentwicklungsgestörter Kindern hingewiesen. Mithilfe messtechnischer Analysen der akustischen Sprachsignale, wie sie v. a. seit den 80er Jahren durchgeführt wurden, scheint es gelungen zu sein, diesen Eindruck zu objektivieren.

Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurden Tests mit künstlich verändertem Sprachmaterial entwickelt. Hier traten v. a. aus Sequenzen, die aus sehr kurzen akustischen Signalen bestanden, Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprobleme auf.

Zur Untersuchung der Diskrimination zweier Reize als gleich oder verschieden, wurde die Dauer der Transitionen eines Sprachsignals künstlich verändert. Hier stellte sich heraus, dass auch die Diskrimination der Plosive bei sprachauffälligen Kindern unauffällig wurde, wenn die Dauer der Stimuli oder der Interstimulusintervalle ausgedehnt wurde (Tallal & Piercy 1975). Da hier das Sprachsignal also korrekt wahrgenommen und verarbeitet wurde, deutet dies auf ein spezifisches Defizit in der auditiven Perzeption für sich schnell verändernde akustische Informationen hin (Lubert 1981, Tallal 1980).

Eine weitere Bestätigung dieser Beobachtungen liefern Aufgaben zum lexikalischen Lernen und zum Verständnis von Sätzen bei sprachauffälligen Kindern, denn hier führten hohe Vorgabegeschwindigkeiten zu deutlichen Beeinträchtigungen in der Korrektheit der Reproduktion neu gelernter Wörter (Ellis et al. 1996).

Viele Untersuchungen zeigen auch, dass sprachentwicklungsgestörte Kinder Schwierigkeiten bei der Verarbeitung auditiver, nonverbal schnell dargebotener Stimuli haben (Tallal et al. 1980). In diesem Zusammenhang sind auch Untersuchungen zur Ordnungsschwelle zu nennen, welche als akkurates Mittel gelten, die Zeitverarbeitung zu bestimmen. Dabei scheint die Verbesserung der zeitlichen Informationsverarbeitungsfähigkeit mit der Fähigkeit, immer kleinere sprachliche Einheiten zu verarbeiten, einherzugehen.

Bei der Ordnungsschwelle scheinen entwicklungsgestörte Kinder im Schnitt ein längeres Interstimulusintervall als sprachunauffällige zu benötigen (Dames & Lautenbacher 1989, Kegel et al. 1988, Lowe & Campbell 1965, Lubert 1981, Tallal 1985a).

Veit (1994) erfasst in einer drei Jahre dauernden Longitudinalstudie die Zeitverarbeitungsmechanismen von sieben sprachauffälligen und fünf sprachunauffälligen Kindern auf verbale und nonverbale Art. Als verbales Maß diente wiederholtes Nachsprechen von sechzig Sätzen mit drei verschiedenen grammatischen Strukturen, erhoben im Abstand von zwölf Monaten. Demgegenüber stand die nonverbale Erfassung der Zeitverarbeitungsleistung über die Messung der Ordnungsschwelle, welche im sechsmonatigen Rhythmus erhoben wurde. Das Ergebnis dieser Studie zeigt, dass sprachauffällige Kinder signifikant mehr Sätze mit einer abweichenden Zeitstruktur (Auslassungen, Ersetzungen) produzieren, eine signifikant höhere Nachsprehdauer haben und die Variabilität der Nachsprehdauer bei ihnen signifikant höher ist. Die Ordnungsschwelle ist bei der Mehrzahl der sprachauffälligen Kinder erhöht, wenn auch die Ergebnisse nicht so eindeutig waren, dass ein unilateraler Zusammenhang zwischen Ordnungsschwelle, Zeitverarbeitung und Sprachstörung eingerichtet werden konnte, so ist doch deutlich eine Verbindung zwischen diesen Punkten zu erkennen.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei sprachauffälligen Kindern gestörte Zeitverarbeitungsmechanismen vorliegen (Veit 1992). Weiterhin erkennt man, dass mit der Verbesserung der sprachlichen Leistungen über drei Jahre die Entwicklung zeitverarbeitender Mechanismen einhergeht. Sprachunauffällige Kinder zeigten hier bis zu einem Alter von ca. neun Jahren eine Ausdifferenzierung Zeit verarbeitender Prozesse.

Mögliche Ursachen für diese Verbesserung über die Zeit können Veränderung durch altersentsprechende Entwicklung, durch Abnahme der Sprachstörung bzw. durch Gewöhnung an das Testmaterial (Lerneffekt) sein.

Es scheint bewiesen, dass eine Subgruppe sprachgestörter Kinder nicht über feste zeitliche Organisationen ihrer Äußerungen verfügen, sondern diese sehr variabel gestalten. Die Konstanz der Gruppenunterschiede in der Variabilität der Dauer wird als gewichtiger Hinweis darauf verstanden, dass – selbst bei residual sprachauffälligen Kindern – Probleme im Bereich der zeitlichen Strukturierung von Äußerungen vorliegen (Dames 1997).

### **Lese-Rechtschreibstörung (LRS)**

Dyslexie ist ein spezifisches Unvermögen, Lesen und Buchstabieren zu erlernen, trotz eines adäquaten schulischen Ausbildungsangebots, einer normalen Intelligenz, keiner offensichtlichen sensorischen Störungen und ausreichender soziokultureller Möglichkeiten. Dyslexie gibt es in allen Sprachen und sie besteht oft bis ins Erwachsenenalter. Man geht von einer Prävalenz von vier bis neun Prozent in der Bevölkerung aus (Schulte-Körne et al. 1998).

Die Begriffe Dyslexie und Legasthenie sind weit gehend synonym. Sie bezeichnen eine spezielle, aus dem Rahmen der übrigen Leistungen fallende Schwäche im Erlernen des Lesens (Walther-Müller 1995). Indirekt ergibt sich hieraus auch eine Schwäche des Schreibens. Deshalb wird hier als Synonym die Lese- und Rechtschreibschwäche (LRS) Verwendung finden.

Es wird vermutet, dass sich bei den Kindern als Folge häufig erlebter Misserfolge psychische Störungen herausbilden, die sich in Schul- und Versagensängsten, Störungen des Sozialverhaltens, depressiven Störungen oder psychosomatischen Erscheinungen äußern können. So ist es nicht verwunderlich, dass Kinder mit LRS meist ein geringeres schulisches und berufliches Ausbildungsniveau erreichen, als man auf Grund ihrer intellektuellen Begabung erwarten könnte (Esser & Wurm-Dinse 1994).

## *Ursachen der LRS*

Wie schon bei der Sprachentwicklungsstörung werden auch hier verschiedene Ursachen – ein schlechtes Gedächtnis für visuelle Gestalten, eine mangelnde Motivation, eine gestörte phonologische Kompetenz und ein verbales Defizit – für die Dyslexie verantwortlich gemacht.

Die Kinder müssen in der Schule die Fähigkeit entwickeln, aus dem Lautstrom gesprochener Sprache einzelne lautliche Elemente zu diskriminieren und zu identifizieren. Sie müssen lernen, den Sprechstrom in kleine Einheiten zu zerlegen, also ein Lautkonzept zu erwerben, auf dem unsere Lautschrift basiert. In der Wissenschaft besteht bisher ein breiter Konsens darüber, dass sich metalinguistische Fähigkeiten als bedeutsamste Vorhersagekriterien für die spätere Lese-Rechtschreibkompetenz erweisen (Wagner & Torgesen 1987, Schneider & Näslund 1992, Skowronek & Marx 1989). Es besteht weit gehende Übereinstimmung darüber, dass Probleme von Schulkindern beim Schriftspracherwerb im Wesentlichen durch Defizite in der phonologischen Informationsverarbeitung bedingt sind (Barth et al. 2000).

Das einwandfreie Funktionieren der drei Bereiche phonologischer Verarbeitungsprozesse ist hier von Bedeutung (Wagner und Torgesen 1987). Diese sind:

### 1. Phonologische Bewusstheit:

Sie steht für die Bewusstheit um den Zugang zur Lautstruktur gesprochener Sprache. Untersuchungen belegen, dass Kinder entwicklungspsychologisch früher eine Bewusstheit für Silben und Reime entwickeln und erst später für Phoneme (Bryant et al. 1990).

### 2. Phonologisches Recodieren beim Zugriff auf das semantische Lexikon:

Voraussetzung für Lesen- und Schreibenlernen ist, dass die Buchstaben-Laut-Verbindungen bei entsprechender Reizdarbietung möglichst automatisiert aus dem Gedächtnis abgerufen werden können, also auch schriftliche Symbole in lautsprachliche Entsprechungen zu transformieren.

### 3. Phonetisches Recodieren im Arbeitsgedächtnis:

Schriftliche Symbole müssen im Arbeitsgedächtnis lautsprachlich repräsentiert werden. Kinder müssen eine Lautfolge für eine bestimmte Zeit in ihrem Arbeitsgedächtnis speichern können.

## *Gestörte Zeitverarbeitung als Ursache der LRS*

Da Kinder mit Dyslexie oft Schwierigkeiten bei Aufgaben mit nichtsprachlichen Stimuli haben, scheint die Hypothese, dass die Probleme nur auf phonemische oder sprachliche Defizite zurückzuführen sind, nicht mehr haltbar. Die große Menge der Untersuchungsergebnisse führt zu dem Schluss, dass Schwierigkeiten mit der Zeitverarbeitung häufig bei diesem Problemenkreis auftreten und eine wichtige Bedeutung bei der Suche nach zugrunde liegenden Ursachen haben könnten.

Aber obwohl leseschwache Kinder in Untersuchungen zur Zeitverarbeitung immer schlechter abschnitten als Vergleichsgruppen, war das nicht bei allen Personen mit Dyslexie der Fall. Einige Beweise, die anhand unterschiedlicher Aufgaben zur Bestimmung des Zeitverarbeitungsdefizits erhoben wurden, lassen den Schluss zu, dass einige lese-rechtschreibschwache Personen eine generelle Zeitverarbeitungsstörung haben. Das wird daraus verständlich, dass ein Zeitverarbeitungsdefizit auch Probleme mit der Perzeption und Diskrimination von Phonemen beinhaltet und dadurch der Erkennungsprozess dieser Phoneme nicht so einfach und automatisch abläuft, wie bei einer Person ohne diese Zeitverarbeitungsdefizite (Klein 1999).

Empirische Untersuchungen weisen nach, dass sowohl phonologische Bewusstheit (Gathercole & Baddeley 1993) als auch zeitliche Informationsverarbeitungsprozesse einem Entwicklungsprozess unterliegen, der als zunehmende Differenzierung beschrieben werden kann (Barth et al. 2000). Hypothesiert wird, dass Störungen der zeitlichen Verarbeitung zu Defiziten der phonologischen Informationsverarbeitung führen, was sich wiederum nachteilig auf die Lese-Rechtschreibleistungen der Kinder auswirkt (Barth 1999, Warnke 1995).

Barth (1999) stellte in einer Untersuchung mit 147 Schulanfängern die Frage nach den Zusammenhängen zwischen zeitlicher Verarbeitungsfähigkeit, gemessen mittels der Ordnungsschwelle, und phonologischer Bewusstheit, phonetischem Recodieren im Arbeitsgedächtnis, nonverbaler Intelligenz, Rhythmuserfassung und früher Lesefertigkeit/Buchstabenkenntnis zu Schulbeginn. Er kam zu dem Ergebnis, dass Frühleser eine signifikant niedrigere Ordnungsschwelle aufweisen als sprachauffällige und sprachunauffällige Kinder. Er stellte somit fest, dass der frühe Zeitpunkt des Erlernens des Lesens mit einer niedrigen Ordnungsschwelle zusammenhängen könnte.

May et al. (1988) stellt in einer Studie eine Verbindung einer schlechten visuellen Ordnungsschwelle zur Leseschwäche her. Hier scheint also nicht nur das auditive System betroffen, sondern auch das visuelle. May et al. (1988) stellten einen Zusammenhang zwischen der Höhe der visuellen Ordnungsschwelle und der Leseleistung von Kindern einer Grundschule fest.

Bei MRG-Untersuchungen an Dyslexiepatienten fand Llinás et al. (1997) eine höhere Schwelle für die Unterscheidung von gleichzeitig und ungleichzeitig (v. Steinbüchel et al. 1999a).

Eine weitere Studie von Ensslen et al. (1983) geht von der Annahme aus, dass Schwierigkeiten legasthener und sprachentwicklungsgestörter Kinder beim Behalten von Reihenfolgen durch die zeitliche oder räumliche Strukturierung des Reizmaterials differenziell beeinflusst werden. Untersucht wurden je 14 Legasthener, sprachentwicklungsgestörte legasthene Kinder und lese- und sprachunauffällige Kinder. Ihnen wurden in gemischt räumlich-zeitlicher Folge Konsonantenreihen oder Anagramme gezeigt, die zuerst der zeitlichen, später der räumlichen Anordnung entsprechend verbal reproduziert werden sollten. Alle drei Gruppen lösten Anagramme besser als Konsonanten, die zeitliche Folge wurde besser wiedergegeben als die räumliche. Die erwarteten gruppenspezifischen Leistungsmuster fanden sich am ehesten bei leseähnlichem Material und zeigten, dass Legasthener nur bei der zeitlichen Wiedergabe Probleme hatten, sprachentwicklungsgestörte Kinder dagegen bei beiden Bedingungen. Dieser Befund könnte eventuell wichtig sein für die Beantwortung der Frage, warum nicht alle sprachgestörten Kinder auch Schwierigkeiten beim Erlernen des Lesens und Schreibens aufweisen.

Allerdings ist Dyslexie nicht immer mit einer erhöhten zeitlichen Verarbeitung verbunden. Bei einer Studie von Barth et al. (2000) zeigten lediglich 28 Prozent der rechtsschreibschwachen Kinder einen auffälligen Ordnungsschwellenwert.

Die Studie belegt zwar einen Zusammenhang zwischen zeitlichen Informationsverarbeitungs-fähigkeiten und phonologischen Verarbeitungsprozessen, bei denen es insbesondere um die rasche zeitliche Auflösung und Verarbeitung von Sprachreizen auf der Phonemebene geht, es zeigten sich aber keine signifikanten Zusammenhänge zur LRS.

Hierzu im Einklang stehen auch Ergebnisse einer Studie von v. Steinbüchel et al. (1997), die zeigen, dass nicht alle Kinder mit Legasthenie auffällig in der zeitlichen Verarbeitung sind. Nur diejenigen, die gewisse Probleme bei der Analyse gesprochener Sprache zeigten, hatten auch Defizite bei der Phonemdiskrimination und der Ordnungsschwelle. V. Steinbüchel schätzt, dass ca. ein Drittel der Kinder mit diagnostizierten Lese-Rechtsschreibdefiziten eine Beeinträchtigung der auditiven zeitlichen Auflösungsfähigkeit aufweisen und ihrer Meinung nach soll für diese Untergruppe als Therapie ein Training der zeitlichen Verarbeitung mittels Ordnungsschwellen-training Unterstützung bieten.

Letztendlich muss man daraus schließen, dass zeitliche Verarbeitungsdefizite keine alleinige Bedeutung in der Früherkennung von Rechtsschreibschwierigkeiten besitzen. Auch hier muss von der Existenz von Subgruppen lese-rechtsschreibschwacher Kinder, mit unterschiedlicher Genese ihrer Störung, ausgegangen werden. Wobei man wahrscheinlich bei einem Drittel dieser Kinder bei der Untersuchung der zeitlichen Verarbeitung zu einer positiven Diagnose kommen wird.

Hier hat sich die Ordnungsschwellenmessung als eine effiziente und sensible Methode erwiesen, um die zeitliche Verarbeitungsstörung zu identifizieren (Lotze et al. 1999, Mates et al. 1999, v. Steinbüchel et al. 1996a), obwohl nur etwa ein Drittel der Kinder mit LRS eine erhöhte Ordnungsschwelle aufweisen, konnte nachgewiesen werden, dass diese Kinder auch Probleme mit den Stoppkonsonanten-Vokal-Silben (v. Steinbüchel et al. 1998) besitzen.

## Aphasie

Aphasie ist der Verlust des Sprachvermögens oder des Sprachverständnisses nach Läsionen des Gehirns, bedingt z. B. durch Schlaganfall, Tumore oder nach Unfällen.

Es ist hier fraglich, inwieweit man von einer Vergleichbarkeit zwischen Erwachsenen, die meist jahrzehntlang über eine wohl ausgebildete Sprache verfügt hatten und diese durch eine cortikale Läsion verloren haben, und Kindern, die ihr Sprachsystem nicht adäquat aufbauen konnten, ausgehen kann.

Allerdings konnte durch Untersuchungen ein definitiver Zusammenhang zwischen den Ergebnissen bei zentralen auditiven Tests von Kindern mit Lern- und auditorischen Schwierigkeiten und Kindern mit neurologischen Läsionen am zentralen auditorischen System gezeigt werden (Jerger et al. 1988). Auch Untersuchungen von Galaburda (1989) und Hynd et al. (1991) zeigen, dass das Gehirn lernschwacher Kinder morphologische Abnormalitäten, die im zentralen auditorischen System lokalisiert sind, aufweist (Musiek 1999).

Es ist daher nicht weiter verwunderlich, dass sich eine gewisse Ähnlichkeit der Phänomenologie beider Störungsbilder beobachten lässt. Beide Gruppen weisen Störungen der Sprache sowie Probleme im Bereich der Zeitverarbeitung auf.

### *Gestörte Zeitverarbeitung als Ursache der Aphasie*

Schon sehr früh werden in der Aphasiologie aphasische Symptome zu einem wesentlichen Teil als Störungen der Mechanismen der zeitlichen Organisation erklärt. Bereits Grashey (1885) vertrat die Ansicht, dass bei bestimmten Aphasikern zu wenig Zeit verbleibt, um eine Wortform zu erarbeiten. Er deutete Wortfindungsstörungen als einen Mangel, die Wortbedeutung und die Wortform synchron zu repräsentieren. Diese für die damalige Zeit neuartige Ansicht wurde später von Goldstein (1913) und von v. Monakow (1914) wieder aufgegriffen.

Auch bei heutigen psycholinguistischen Erklärungen der Sprachverarbeitung und Sprachproduktion (Lenneberg 1967, Kolk 1995) wird der zeitliche Aspekt von Sprache explizit berücksichtigt. Andere Erklärungsansätze stützen sich ebenfalls auf zeitabhängige Aktivierungsverläufe, die sich u. a. auf Messungen ereigniskorrelierter Potenziale, aber auch auf Befunde der experimentellen Psycholinguistik beziehen (vgl. Frederici 1992, Levelt 1989, v. Steinbüchel et al. 1996b).

Untersuchungen von v. Steinbüchel et al. (1996a & 1996b) an Patienten mit lokalen Hirnschädigungen in der linken oder der rechten Hemisphäre nach Schlaganfällen liefern einen Zusammenhang zwischen aphasischer Symptomatik und reduzierter zeitlicher Auflösungsfähigkeit im Millisekundenbereich.

V. a. Patienten mit anterioren und posterioren linkshemisphärischen Läsionen und Aphasien zeigten eine Erhöhung der Ordnungsschwelle, deren Bestimmung, wie schon oben beschrieben, eine gute Möglichkeit zu sein scheint, Aussagen über die zeitliche Verarbeitung zu machen. Bei Patienten mit rechts- und linkshemisphärischen Läsionen ohne Verletzungen der Gebiete, die an der Sprachproduktion und Sprachrezeption beteiligt sind, wurden im Mittel keine verlängerten Ordnungsschwellenwerte gefunden.

So zeigen sich also die cortikalen Regionen, die mit der Verarbeitung sprachrelevanter Reize assoziiert werden, auch für die Verarbeitung zeitlicher, nonverbaler Reize empfindlich.

Der Schluss liegt nahe, dass linkshemisphärische posteriore Areale, die Sprachinformationen verarbeiten, speziell an der zeitlichen Auflösung von sich schnell ändernden akustischen Umweltinformation beteiligt sind. Also könnte eine Störung der zeitlichen Verarbeitung auch zu einer speziellen Störung der Sprachverarbeitung führen.

Auf Grund mehrerer Befunde (Jeffreys et al. 1996, Pöppel et al. 1990a, v. Steinbüchel et al. 1996b) wird angenommen, dass für die Diskrimination sich in der Zeit schnell ändernder Ereignisse die relevanten Periodendauern der neuronalen Oszillationen nach Schädigung des Gehirns verlängert sind. V. a. betroffen sind hier linkshemisphärisch gelegenen Läsionen der posterioren Großhirnrinde, die funktional mit Sprachprozessen assoziiert sind. Dies wird damit erklärt, dass zwei Reize, die bei Gesunden in zwei aufeinander folgenden Perioden verarbeitet werden, bei Patienten mit Aphasie in einen verlängerten Systemzustand fallen, mit der Folge, dass die zeitliche Ordnung der Reize nicht mehr erkannt wird und so die auditive Analyse der Sprache auf Phonemebene nicht mehr gelingen kann.

Das gleiche Phänomen zeigt sich auch bei Kindern mit entwicklungsbedingten Störungen der Sprachverarbeitung. Auch sie zeigen Beeinträchtigungen in der zeitlichen Auflösungsfähigkeit von akustischen Reizen (Kegel & Tramitz 1993, Tallal & Piercy 1973, Tallal et al. 1991, Veit 1994).

Kolk (1995) interpretiert die Störung zeitlicher Mechanismen ebenfalls so, dass auf Grund eines pathologischen Prozesses, nur noch ein verkleinertes zeitliches Fenster während des Satzverständnisses und der Satzproduktion zur Verfügung steht. Das Problem der zeitlichen Integration bei komplexen Prozessen wird in der neueren Literatur gleichermaßen für die Perzeption, die Motorik und die Kognition diskutiert (z. B. v. Steinbüchel 1995, v. Steinbüchel et al. 1996a). So stellt die zeitpsychologische Grundlagenforschung (Pöppel 1994) bei hirngeschädigten Patienten grundsätzlich Erkenntnisse bereit, die es ermöglichen und als sinnvoll erscheinen lassen, den zeitlichen Aspekt der sprachlichen Informationsverarbeitung als ein wichtiges Element in die Therapie von Patienten mit Aphasien zu integrieren (v. Steinbüchel & Pöppel 1991).

Der Zusammenhang zwischen aphasischen Störungen und Zeitverarbeitungsdefiziten ist für einige Aphasietypen inzwischen unstrittig bewiesen (v. Steinbüchel 1987, v. Steinbüchel & Pöppel 1991, Friederici 1992, Steffen 1995).

Erfolge durch das Training der Ordnungsschwelle ließen sich bei einer Gruppe von Aphasikern bereits erkennen (v. Steinbüchel 1996b). Hier fand durch das Training nicht nur eine Verbesserung der Ordnungsschwelle, sondern auch der Phonemdiskrimination statt. So führt ein Training der nonverbalen auditiven zeitlichen Auflösungsfähigkeit auch zu einem Trainingstransfer im sprachlichen Bereich. Ähnliches wurde auch von sprachentwicklungsverzögerten Kindern beschrieben (Merzenich et al. 1996). Die Generalisierung dieser Effekte und ein Transfer auf die Komplexität der Alltagskommunikation bleibt allerdings noch zu prüfen.

### **2.2.3 Schwierigkeiten bei der Untersuchung von Sprachstörungen**

Die bisherigen Ausführungen lassen erkennen, dass eine Störung der zeitlichen Verarbeitung für Subgruppen von Kindern mit entwicklungsbedingten Sprachstörungen, von Kindern mit Lese- und Rechtschreibschwächen sowie von Patienten mit Aphasie als basaler Mechanismus der erkannten Probleme verantwortlich gemacht werden kann.

Das Aufdecken der Störungen des Sprachverstehens auf hoher Ebene stellt oft Probleme dar, da Testverfahren sehr von Motivation, Konzentration, Intelligenz und Entwicklungsalter des Probanden abhängig sind (Uttenweiler 1994). Außerdem sind viele der Tests nicht standardisiert und darüber hinaus in ihrer Wertigkeit umstritten. Bei einigen von ihnen ist die Retest-Reliabilität nicht bekannt (Ptok et al. 2000).

Für die diversen informellen Verfahren, die im Rahmen der diagnostischen Urteilsbildung eingesetzt werden, liegen in der Regel keine Erkenntnisse über die Güte dieser Verfahren vor. Wie jedes Messinstrument, so müssen auch alle diagnostischen Methoden bestimmten Gütekriterien genügen, soll der Boden einer intersubjektiv überprüfbarer Diagnose nicht verlassen werden (Langenfeldt 1988).

Gleiches gilt auch für die Verfahren zur Bestimmung der zeitlichen Verarbeitungskompetenz, wie sie z. B. anhand der Ordnungsschwelle gemessen werden kann. Den hier zum Einsatz gelangten Verfahren mangelt es meist an Angaben hinsichtlich ihrer Testgütekriterien, ihrer Altersentwicklung, ihrer Geschlechtsabhängigkeit und ihrer Beziehung zu anderen kognitiven Leistungen und sie können so nicht als Grundlage einer fundierten Wissenschaft angewandt werden.

Auch wenn die Verfahren zur Diagnose näherer Untersuchungen entbehren, werden sie als Grundlage für eine Therapie eingesetzt. Es ist wohl richtig, dass eine neuropsychologische Rehabilitation nicht nur symptomorientiert sein darf. Da sprachliche Prozesse zugleich auch immer physiologische Prozesse, die auf bestimmten Gesetzmäßigkeiten neuronaler Aktivität gründen, beinhalten, sollte eine Therapie auch immer diese basalen Mechanismen berücksichtigen. Die Forderung nach theoriegeleiteter Therapie ist hier gerechtfertigt, nur sollte sie auf wissenschaftlich ausreichend fundierten Erkenntnissen beruhen.

## **2.3 Auditive Wahrnehmung und zeitliche Verarbeitung**

Die zeitliche Diskrimination auditiver Reize wird als Teilbereich der auditiven Wahrnehmung genannt (Breitenbach 1995). Somit kann eine Störung der sequenziellen Verarbeitung auditiver Reize zur Störung der auditiven Wahrnehmung und damit zu einer Störung in der Wahrnehmung und Produktion von Sprache führen.

### **2.3.1 Zeitverarbeitung**

Da die zeitliche Verarbeitung des Sprachsignals die Wahrnehmung der Zeit bedingt, diese aber keine Energie besitzt, kann sie auch nicht als physikalischer Reiz in Erscheinung treten und damit kann es auch kein spezifisches Sinnesorgan zur unmittelbaren Wahrnehmung von Zeit geben (Rammsayer 1993).

Trotz des Fehlens dieses Sinnessystems sind Menschen und Tiere in der Lage, Zeitintervalle wahrzunehmen und ihr Verhalten in zeitlicher Ordnung zu organisieren. So ist auch das Sprachsignal zeitlich organisiert.

Die Wissenschaft sieht das Gehirn als Generator dieser Zeitordnung. Das Gehirn stellt den zeitlichen Bezug der eingehenden Sinnesinformation her. So geschieht die Verarbeitung jedes sensorischen Sinnesreizes entlang der Zeitachse. Um die Zeitlichkeit eines kontinuierlichen Reizprozesses zu erfahren, muss ihm eine Struktur zugewiesen werden. Dies geschieht, indem komplexe Reizgebilde aus dem Zeitstrom in diskontinuierlicher Weise, also als künstlich segmentierte Teilereignisse, verarbeitet werden. Diese diskontinuierliche Verarbeitung gibt den Teilereignissen eine neue Qualität, sie haben eine definierte Position im Zeitgefüge des komplexen Reizes erhalten; es gibt nun ein Vorher bzw. Nachher.

So übersetzen demnach die Sinnessysteme physikalische oder chemische Reize in neuronal kodierte Information, der dann eine zeitliche Struktur zugrunde gelegt wird (Wittmann & Pöppel 2000).

Die Wahrnehmung der Zeit wird erst durch die Wahrnehmung und Ordnung der Ereignisse möglich. Allerdings scheint die Fähigkeit beim Menschen, die zeitliche Ordnung der Teilereignisse zu identifizieren, nicht bis in einen unendlich kleinen Bereich hinein zu bestehen. Untersuchungen haben gezeigt, dass unterhalb eines Abstands von ca. 20-40 ms zwei Einzelreize als gleichzeitig wahrgenommen werden (Steffen 1995).

Es wurde schon recht früh von Störungen der Zeitverarbeitung bei Hirnverletzungen berichtet (Ehrenwald 1931, Kleist 1934). Bereits hier wurde festgestellt, dass die Ordnung der Reihenfolge von Rindenleistungen, also von kortikalen Mechanismen abhängt (Schugens 1994).



V. a. stellen linkshemisphärische Regionen der Großhirnrinde einen wesentlichen Bestandteil des neuronalen Mechanismus dar, der die Erkennung der zeitlichen Ordnung ermöglicht. Dieser Gehirnmechanismus kann durch oszillatorische Prozesse beschrieben und über elektrophysiologische Befunde sichtbar gemacht werden. In einem Modell (Wittmann & Pöppel 2000) stößt ein Reiz eine neuronale Oszillation an, die mit Periodendauern von ungefähr 20-40 ms schwingt. Jede Periode stellt nun eine Art unzeitlichen Systemzustand dar, in dem keine zeitliche Folge mehr erstellt werden kann. Trifft der nachfolgende Reiz nun innerhalb dieser ersten Periodenlänge ein, kann er nicht verarbeitet werden, da die zeitliche Ordnung nicht erkannt werden kann. Nur wenn das Interstimulusintervall länger als 20-40 ms ist, wird die zeitliche Folge erkannt, da der zweite Reiz hier in einer nachfolgenden Periode eintrifft und verarbeitet wird.

Diese pulsartige Gehirnaktivität stellt also einen Zeitgeber dar, der auf einer elementaren Ebene eingehende Sinnesinformation in ihrer zeitlichen Folge strukturiert. Der zeitliche Gehirnmechanismus, der in einem Zeittakt von 20-40 ms arbeitet, scheint somit der kleinste zeitliche Baustein unserer Wahrnehmung – somit auch unserer auditiven Wahrnehmung – zu sein (Wittmann & Pöppel 2000).

Auch andere elektro- und magnetophysiologische Aufzeichnungen haben eine rhythmische Hirnaktivität mit 40 Hz (25 ms) gezeigt, die als grundlegende Bausteine für sensorische und kognitive Verarbeitungsprozesse gelten (Basar-Eroglu et al. 1996).

MRT-Studien von Joliot et al. (1994) haben gezeigt, dass die 40 Hz-Aktivität in der Zeitverarbeitung akustischer Ereignisse eine Rolle spielt. So hängt die Wahrnehmung von zwei zeitlich unterschiedlichen Klicks mit dem Erscheinen zweier 40 Hz-Wellen zusammen. Wurde das Interstimulusintervall unter einer bestimmten Schwelle gewählt, sodass die Testperson die Klicks nicht mehr als getrennt wahrnehmen konnte, wurde nur eine Welle aufgezeichnet.

Auch Beweise von Verhaltensforschern (Pöppel & Logothetics 1986) und Neuropsychologen (Gray et al. 1989), sowie Ergebnisse aus speziellen EEGs (Lutzenberger et al. 1994) und MEGs (Linás et al. 1997) unterstützen die Aussage, dass Zeitverarbeitung in einem zeitlichen Rahmen von 20-40 ms stattfindet.

Zusätzlich zu den kortikalen Prozessen zur zeitlichen Bestimmung der Ordnung über die Ordnungsschwelle wurden auch noch zwei weitere neuronale Systeme gefunden, die in die zeitliche Verarbeitung involviert sind, nämlich das basale Ganglion und das Cerebellum (Ivry 1996, Gibbon et al. 1997). Das Cerebellum ist mit kurzen Ereignissen korreliert, die wahrscheinlich mit der 3-Sekunden-Integrationsstufe verbunden sind (Clarke et al. 1996). Das basale Ganglion wird mit einer Zeitdauer von Sekunden bis Minuten in Verbindung gebracht (Meck 1996, Wittmann et al. 1999).

### **2.3.2 Zeitliche Organisation der Sprache**

Das zeitliche Auflösungsvermögen ist eine für das Sprachverständnis wesentliche Eigenschaft des menschlichen Gehörs und wird bestimmt durch die Verarbeitungsgeschwindigkeit der peripheren und zentralen Anteile der Hörbahn (Hoppe et al. 1997).

Das psycholinguistische Interesse für die Zeitverarbeitung ergibt sich aus dem engen Zusammenhang vom Funktionieren sprachlicher Kommunikation und ihrer Organisation im zeitlichen Ablauf.

Spezifische Zeitverarbeitungsmechanismen greifen auf das Sprachsignal zu, das wiederum durch spezifische Zeitfunktionen gekennzeichnet ist (Kegel 1990). Die Wahrnehmung und Organisation von Sprache benötigt neben der Verarbeitung und Analyse sprachlicher Information ebenso eine Auflösung der zeitlichen Strukturierung (Veit 1992).

Sprache scheint eine zeitlich besonders stark strukturierte Ebene des menschlichen Verhaltens zu sein (Moser 1995). Theorien zur Sprachverarbeitung und Sprachentwicklung wie auch zur Störung der Sprachentwicklung sind unvollständig, wenn die Funktion und Entwicklung der Zeitverarbeitung unberücksichtigt gelassen wird.

Gesprochene Sprache besteht aus einer Aneinanderreihung sich schnell ändernder Schallereignisse hinsichtlich ihrer Dauer, Intensität und Frequenz. Im Gegensatz zum Auge, das im Allgemeinen ein Bild mehrfach abtasten kann, muss das Gehör die innerhalb kurzer Zeitabschnitte ablaufenden Dauer-, Intensitäts- und Frequenzmodulationen von Schallenergie auf Anrieb erfassen (Spreng 1994). Sowohl die Produktion als auch die Perzeption menschlicher Sprache setzt somit eine hoch entwickelte zeitliche Organisation und Kontrolle voraus (Fraser 1993). So, wie der Raum als Dimension des visuellen Systems gilt, bildet die Zeit nach Hirsh (1959) die „patterning dimension“ für Sprache.

Dabei handelt es sich bei den Zeitdimensionen, die für die Verarbeitung von gesprochener Sprache von Bedeutung sind, häufig um Zeiträume, die im alltäglichen Sprachgebrauch nicht bewusst wahrgenommen werden (einige Zehntel bis einige Hundertstel Millisekunden).

Angenommen wird, dass zeitliche Verarbeitungsprozesse insbesondere für die Verarbeitung kleinster sprachlich bedeutungsunterscheidender Einheiten, den Phonemen, relevant sind. Im Lautspektrum der Silben /pa/, /ta/, /ka/ oder /ba/ und /da/ lassen sich diese nur durch den ersten spektralen Anteil, anhand der Erkennung der Stimmeinsatzzeit von etwa 40 ms unterscheiden (Bishop 1997, Tallal et al. 1993, Mody et al. 1997). Hier ist also die Vokaleinsatzzeit (Voice Onset Time) ein wesentliches Merkmal für die Lautdiskrimination stimmhafter bzw. stimmloser Stoppkonsonant-Vokalsilben wie beispielsweise /da-/ta/, /ga-/ka/, /ba-/pa/. Die Voice Onset Time (VOT) ist das zeitliche Intervall, das zwischen dem Beginn der Verschlusslösung und dem Einsatz der periodischen Schwingungen des folgenden Vokals vergeht. Wesentlich für die sprachliche Diskrimination der Silben /da/ und /ta/ beispielsweise ist eine VOT zwischen 30 und 40 ms. Das stimmhafte /d/ bewirkt bei der Silbe /da/ eine kurze, das stimmlose /t/ bei /ta/ eine lange VOT (Barth et al. 2000).

Für die Unterscheidung benötigt man ein feinzeitliches Auflösungsvermögen, um die Reihenfolge des sich in der Zeit schnell ändernden Spektrums dieser ersten spektralen Komponenten einer Silbe zu verarbeiten.

Für die perzeptorische Differenzierung der Silben /ba-/ga/ sind dagegen v. a. die Formantübergänge wichtig. Formanten (Hauptfrequenz des Vokals) enthalten alle klangtypischen Energieverteilungen des Lautspektrums. Frequenzmodulationsübergänge (transitions) zwischen einzelnen Lauten haben eine erhebliche Bedeutung für die Identifikation von Sprachlauten. So unterscheiden sich die Silben /ba/ und /ga/ nur in der Richtung der zweiten Transition, die für /b/ ansteigt und für /g/ abfällt (Barth et al. 2000), und sind somit nur von der spektralen Charakteristik der Stimmeinsatzzeit abhängig (v. Steinbüchel et al. 1996a).

Um die sprachlichen Laute richtig wahrnehmen zu können, ist also die Fähigkeit, im Bereich mehrerer Millisekunden zeitliche Merkmale festzustellen, notwendig.

Auch nach Spreng und Rahn (1987) bzw. Spreng (1994) zählt das geräuschfreie Intervall von 30-80 ms bei Plosiven zu den kürzesten Sprachlauten. Das im Normalfall auf Grund der Ordnungsschwellen-Messung anzunehmende zeitliche Auflösungsvermögen von 30-40 ms würde die Erkennung dieser Sprachlaute gerade noch ermöglichen. Entsprechend könnten Einschränkungen der Plosivlautdifferenzierung bei Störungen der zeitlichen zentral-auditiven Verarbeitung auftreten, wenn die zeitlichen Verarbeitungsprozesse langsamer ablaufen und dann die Sprachlaute nicht exakt genug verarbeitet werden. Deshalb wird auch angenommen, dass bei den genannten sprachauffälligen Gruppen – Patienten mit Aphasie, Kinder mit allgemeinen entwicklungsbedingten Sprachstörungen und Kinder mit Legasthenie – die Lautwahrnehmung, das heißt, die Differenzierung zeitkritischer Charakteristika der Formanttransitionen im Millisekundenbereich, gestört ist.

Daraus ließe sich auch ein Zusammenhang zwischen der zentral-auditiven Zeitverarbeitung bzw. der Ordnungsschwelle auf der einen und der Phonemdiskriminierung auf der anderen Seite plausibel erklären (Nickisch 1999).

Das Gehör ist jedoch auch fähig, noch wesentlich kürzere zeitliche Ereignisse wahrzunehmen. So können bei den Gap-detection-Aufgaben zeitliche Lücken von ca. 7-8 ms (Kinkel et al. 1991, Kollmeier 1997) bzw. 4-6 ms in den für die Konsonantenwahrnehmung relevanten Frequenzen (Hellbrück 1993) wahrgenommen werden. Die menschlich Wahrnehmung binauraler Zeitdifferenzen ermöglicht mit 20-80  $\mu$ s (Kinkel et al. 1991, Kollmeier 1997) bzw. 10-20  $\mu$ s (Hellbrück 1993) sogar die Erkennung noch kürzerer zeitlicher Ereignisse. Dies entspricht der von Spreng (1994) beschriebenen neuronalen Schwelle für Zeitdifferenzen von 10-20  $\mu$ s bzw. der perzeptiven Schwelle für Klicks von 15-40  $\mu$ s.

Es ist allerdings fraglich, ob auch aus der Sicht der Sprachanalyse eine noch geringere auditive Zeitauflösung erforderlich ist als die im Zusammenhang mit der Ordnungsschwelle erwähnten 40 ms, da zwar das geräuschfreie Intervall bei Plosivlauten 30-80 ms betragen kann (Spreng 1994), die Transienten zwischen Konsonant und Vokal betragen jedoch nur ca. 10 ms (Spreng 1994). Sogar Schallereignisse unter 10 ms können vom Gehör noch erkannt werden (Hellbrück 1993).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Hauptaufgabe des Gehörs, die Erkennung von zeitlichen Frequenz- und Amplitudenschwankungen (Sprachanalyse), sich nicht nur auf größere sprachliche Elemente von relativ langer Dauer, wie Worte oder Silben, beschränkt. Das Gehör kann sehr wohl wesentlich kürzere Zeitstrukturen auflösen, obwohl die Silben hinsichtlich der Gliederung (Segmentierung) des Sprachflusses eine wichtige Rolle spielen und Signalsequenzen wie Sprachlaute eine charakteristische rhythmische Organisation aufweisen. Sie ist darauf begründet, dass auch kleinere Zeitelemente erfasst und verarbeitet werden können, die nicht unbedingt deutlich im Sprachfluss abgesetzt bzw. getrennt gefunden werden müssen (Biesalski 1994).

So muss unser Gehör bei der Erfassung der kleinsten Einheit der Sprache, dem Phonem (z. B. Konsonant-Vokal-Folge), dessen korrekte Erkennung für die Unterscheidung zweier gesprochener Worte notwendig ist, bereits eine enorme Leistung in kürzester Zeit vollbringen. Es muss z. B. in der Lage sein, den Artikulationsort des Konsonanten in einem kurzen, geräuschähnlichen Schallvorgang innerhalb 20-400 Millisekunden zu erkennen und grob zu entschlüsseln. Darüber hinaus muss es fähig sein, ein geräuschfreies Intervall im Falle eines Plosivlautes (z. B. beim „p“), welches eine Dauer von etwa 30-80 Millisekunden besitzt, auszumessen. Unmittelbar anschließend an die frequenzmodulatorischen Übergänge (Transienten) zwischen Konsonant und Vokalbereich, die zum Teil nur zehn Millisekunden dauern können, ist eine Analyse der charakteristischen Frequenzen (Formantfrequenzen) des folgenden Vokals während einer mittleren Dauer von ungefähr 300-400 Millisekunden notwendig.

Die bereits erwähnten komplexen Detektionssysteme des Sinnesorgans Gehör dienen dazu, all diesen Anforderungen zu genügen.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Sprach- und Zeitverarbeitungsstörungen in einem Zusammenhang stehen können. So gelten die Schwellenwerte – die Fusions- und die Ordnungsschwelle – als elementare Prozesse der sensorischen Reizverarbeitung (vgl. Pöppel 1978) und stellen somit auch für die Sprache basale zeitspezifische Strukturen dar.

Der Ordnungsschwelle kommt hier eine besondere Stellung zu, da sie ein Indiz für einen zentralen Verarbeitungsmechanismus ist, der die Reizdarbietung in Zeitquanten von ca. 20-60 ms teilt.

### **2.3.3 Zusammenhang der zeitlichen Verarbeitung und der Sprache**

Nach Spreng (1997) ist das Gehör ein hoch komplexes Zeitanalysesystem. Zeitspezifische Informationen von Sprachreizen müssen innerhalb eines begrenzten Zeitintervalls verarbeitet werden, um Sprache korrekt wahrnehmen zu können. Daraus lässt sich ableiten, dass Beeinträchtigungen zeitlicher Verarbeitungsmechanismen zu Defiziten in der Verarbeitung rasch wechselnder akustischer Reize führen und damit zu Schwierigkeiten in der Phonemdiskriminationsfähigkeit.

Die Voraussetzung für das Verstehen der Sprechsprache scheint das Segmentieren des Sprechflusses in adäquate Einheiten zu sein. Es fehlen hier allerdings, im Gegensatz zur Schriftsprache, ausreichende Segmentinformationen. Hier scheint die Lösung des Rätsels die Zeitlichkeit des Sprechsignals zu sein (Kegel 1998).

Gibt es nun ein Defizit in der Zeiterkennung schneller Stimuli, kann die Erkennung der zeitlichen Reihenfolge der spektralen Figuren fehlerhaft sein und so die Erkennung der Konsonanten unmöglich werden.

Für die Sprechsprache ist also eine schnelle Zeitverarbeitung von Nöten, doch scheint umgekehrt auch der Spracherwerbsprozess die Takt-Raten der Zeitverarbeitungsebenen zu beeinflussen. So wäre demnach die Zeitverarbeitung zugleich Bedingung und Folge des Spracherwerbs (Kegel 1998).

Die Konsequenz hieraus wäre, dass bei einer defekten Zeitverarbeitung auch die Sprachverarbeitung leidet. Ein Phänomen, das bei vielen Aphasikern und sprachgestörten Kindern zu beobachten ist. So konnten Untersuchungen bei Kindern und Erwachsenen mit Dyslexie (Watson 1992, Tallal 1980, Reed 1989, Hari & Kiesilä 1996, Hari et al. 1999, Helenius et al. 1999), bei Kindern mit spezifischen Sprachstörungen (Tallal & Piercy 1973, Fitch et al. 1997, Wright et al. 1997) und bei Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen und Aphasie (Baum 1993, Maier & Sahler 1995, Efron 1963, Swisher & Hirsh 1972, v. Steinbüchel et al. 1999a) die Assoziation der Zeitverarbeitungs- und Sprachstörungen verifizieren.

Auch zahlreiche Fälle aus der Literatur bestätigen die Vermutung, dass die Sprachkompetenz mit der Fähigkeit zusammenhängt, die zeitliche Folge zweier Reize innerhalb von Zehntel Millisekunden zu entdecken (Kegel 1990, Veit 1992, Nickisch 1999, Watson & Miller 1993, v. Steinbüchel et al. 1999a, Cacace et al. 2000, Heath et al. 1999).

So gilt nun die Zeitstruktur, speziell die Dauer und Variabilität von Äußerungen, als Indikator für sprachliche und sprecherische Kompetenz (Forrest et al. 1994, Kent 1976).

Nimmt man an, dass die Zeitverarbeitung einen basalen zugrundeliegenden Mechanismus darstellt und konsequenterweise bei einer Störung desselben die in der Zeit organisierte gesprochene Sprache nicht adäquat verarbeitet werden kann, so finden einerseits erhöhte Werte von so genannten elementaren Zeitverarbeitungsmaßen, wie die Ordnungsschwelle, aber auch Abweichungen in der zeitlichen Strukturierung komplexer Äußerungen eine einleuchtende Erklärung. Allerdings wäre es auch denkbar, dass sich eine primär gestörte Sprache und die damit verbundene Affizierung der Zeitverarbeitung sekundär auf die Parameter, die als charakteristisch für Störungen der Zeitverarbeitung angesehen werden, auswirken.

### **2.3.4 Zeitauflösung und Sprachwahrnehmung unter neurophysiologischen Gesichtspunkten**

Verfeinerte experimentelle, bildgebende und elektrophysiologische Untersuchungsmethoden ermöglichen eine zunehmend genaue Lokalisation zentraler Schädigungen und deren Funktionsstörungen (Uttenweiler 1996).

Die Überlegungen von Semel (1970) teilen die akustischen Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozesse in drei Stufen ein:

#### **Antwort auf Stimuli:**

Die Antwort findet im peripheren Hörbahnabschnitt statt, dieser umfasst die Cochlea und den Nervus vestibuli-cochlearis (N.VIII). Die Antwort ist abhängig von der Aufmerksamkeit des Untersuchten und der Funktion dieser anatomischen Strukturen.

#### **Organisation der Stimuli:**

Die Organisation findet in den nachfolgenden Hörbahnabschnitten statt. Vom unteren Hirnstamm (Cochlearis- und Olivenkerne) – hier kreuzen die Hörbahnen erstmals und Informationen der ipsi- und kontralateralen Seite treffen ein – gehen die Informationen über den Hirnstamm und die Formatio reticularis zum Kortex, welche die Fähigkeit der auditiven Verarbeitung der Schallreize beinhaltet. Diese Fähigkeiten müssen nicht nur einzeln ungestört vorliegen, sondern sich auch in ihrer Gesamtheit störungsfrei integrieren lassen.

### **Erfassen des Sinnes der Botschaft:**

Dies wird nur mit intakten Assoziations- und Kommissurenfasern im zentralen Nervensystem erreicht. Sie befinden sich im Kortex und im Corpus callosum. Eine ungestörte Funktion ermöglicht hier dem Hörer, das Gemeinte zu verstehen. In der Interpretation des Gehörten muss er den Kontext errahnen. Er muss Teile der Information zu dem integrieren, was der Sprecher mit dem Gesagten offenbar gemeint hat. Außerdem muss er seine eigene Sprache kontrollieren, nicht nur bezüglich des physikalischen Inhalts, sondern auch bezüglich des eigenen auditiven Feedback-Systems.

Assoziationszentren, die der Hörrinde benachbart sind, ermöglichen beim Menschen die Sprachverarbeitung, Speicherung und damit auch die Gedächtnisleistung.

Viele neurowissenschaftliche Untersuchungen sammeln Informationen zur Natur der Zeitverarbeitungsprozesse des Gehirns. Dazu zählen neurophysiologische und neuropharmakologische Untersuchungen an Tieren (Goldman-Rakic 1987, Gray & Singer 1989), psychophysische, elektrophysische und pharmakophysische Untersuchungen an gesunden Menschen (Efron 1963, Fraisse 1984, Joliot et al. 1994, Rammsayer 1997) und neurophysiologische Experimente an hirnverletzten Patienten (Harrington et al. 1998, Ivry et al. 1988, Tallal & Newcombe 1978, Steinbüchel et al. 1999a). Hieraus lässt sich erkennen, dass Störungen der schnellen zeitlichen Verarbeitung und Selektion auf der zentralen Hörbahn lokalisiert sind, also von retrocochleär bis zu den primären kortikalen Feldern reichen (Deuse 1995).

### **2.3.5 Neurophysiologische Aspekte der Zeitverarbeitung**

Auditive Signaldetektion und -lokalisierung erfordern extrem schnelle Verarbeitungsmechanismen. So liegen die binauralen Laufzeitunterschiede des Schalls beim Richtungshören kurzer Klicklaute bei 20-650 Mikrosekunden (Zenner 1994).

Die Grenze der Wahrnehmung von Gleichzeitigkeit zweier auditiver Signale (Klickfusion nach Pöppel 1988a) liegt bei 2-6 KHz, im Allgemeinen also zwischen 4-6 ms (Hellbrück 1993), und entspricht somit etwa der Reizleitungsdauer bis zur oberen Olive (nach v. Wedel & Opitz 1982). Die Unterscheidung der Reihenfolge zweier Signale, die sog. Ordnungsschwelle (Pöppel 1988b), ist visuell, taktil und auditiv in etwa gleich. Sie liegt trotz des unterschiedlichen Zeitauflösungsvermögens der Sinnesorgane im Allgemeinen bei ca. 30 ms und wird deshalb als „zentral verankert“ angesehen (Pöppel & Watkins 1993), ist jedoch keineswegs humanspezifisch (Scheich 1994). Diese Dauer ist etwas größer als die Laufzeit auditiver Signale bis zum medialen Kniehöcker (7-25 ms nach v. Wedel & Opitz 1982) und liegt unterhalb der Laufzeit bis zum Kortex (70-200 ms, Wedel & Opitz 1982). Damit ist anzunehmen, dass Fusions- und Ordnungsschwelle primär subcortikal reguliert werden. Ab dem Niveau der oberen Olive wurden Neurone nachgewiesen (allerdings vorwiegend an Tieren), die empfindlich auf Zeit- bzw. Intensitätsunterschiede reagieren (Göllner 1997).

Die Bedeutung der Zeitverarbeitung bei einer Dauer von 30 ms wurde bei psychophysischen, neuropsychischen und neurophysiologischen Untersuchungen demonstriert. Frühere Arbeiten (v. Baer 1864, Fraisse 1963, Hirsh 1959, Mach 1865) liefern eine Anzahl von Beweisen, dass es sich hierbei um eine fundamentale Verarbeitungschwelle handelt.

Neuropsychologische Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass die feine zeitliche Auflösung der auditorischen Wahrnehmung in der linken Hemisphäre stattfindet; genauer in den Arealen, die mit der Sprachwahrnehmung assoziiert sind (Nicholls 1996, Tallal & Newcombe 1978).

### 2.3.6 Neurophysiologische Aspekte der Sprachverarbeitung in der Zeit

Die Erkennung von zeitlichen Frequenz- und Amplitudenschwankungen (Sprachanalyse) ist nicht nur auf größere sprachliche Elemente wie Worte oder Silben mit relativ langer Dauer beschränkt, sondern es müssen sehr wohl wesentlich kürzere Zeitstrukturen wie z. B. Phoneme erkannt und aufgelöst werden. Bei der zentralen Verarbeitung von Sprache spielt also die zeitliche Regulation eine elementare Rolle. Auf der Stufe der Cochlea und der zentralen Hörbahn geschieht topologisch die elementare Vorverarbeitung u. a. für die Differenzierung kurzzeitiger stationärer und transientser Signale/Folgen (Mittelhirn) und die zeitliche Signalpräzisierung (medialer Kniehöcker; Deuse 1995).

Eine feine Auflösung der Reihenfolge der relevanten spektralen oder zeitlichen Eigenschaften des Sprachsignals scheint notwendig, um sie zu erkennen (Bishop 1997, v. Steinbüchel 1995, Tallal & Newcombe 1978). Wenn sie gestört ist, kann das zu Sprachstörungen führen. Dies ist nach Studien nur bei linkshemisphärischen Läsionen der Fall, die für die Spracherkennung und die feine zeitliche Auflösung von Bedeutung zu sein scheinen (v. Steinbüchel et al. 1999a).

Klein (1995) nennt Untersuchungen, die zeigen, dass die Wahrnehmung von schnellen akustischen Signalen im Millisekundenbereich im primären auditorischen Cortex stattfindet (Phillips & Farmer 1990).

Testverfahren, welche die Fähigkeit analysieren, akustische Signale in eine zeitlich Ordnung zu bringen und hinsichtlich ihrer Frequenz und Dauer zu diskriminieren, zeigen, dass cochleäre Störungen oder auch Hirnstammläsionen nur wenig Einfluss auf diese Leistungen haben, während die Beteiligung cerebraler Strukturen, insbesondere der temporalen Cortexareale, einschließlich ihrer Verbindungen über den Corpus Callosum, eine wichtige Voraussetzung für die zeitliche Verarbeitung akustischer Signale und damit für die Spracherkennung darstellen (v. Wedel & Walger 1999).

### 2.3.7 Einfluss der zeitlichen Verarbeitung auf das Sprachgeschehen

Gesprochene Sprache ist immer in der Zeit organisiert. Die Umsetzung zeitlicher Organisation im spezifischen Sprechakt ist Resultat zahlreicher willkürlicher und unwillkürlicher Einflüsse und wird v. a. durch die Sprechende Person, die Sprechinhalte, die Sprechaufgabe und die Sprechsituation bestimmt. Da angenommen wird, dass die Zeitstruktur gesprochener Sprache auch Hinweise auf den Stand der Entwicklung linguistischer und motorischer Komponenten der Sprachverarbeitung und Sprachproduktion liefert, wird sie häufig im Zusammenhang mit der gesunden wie der pathologisch veränderten Sprachentwicklung untersucht (Dames 1999).

Im Anschluss werden einige Zusammenhänge der Auffälligkeiten zu Störungen der linguistischen oder motorischen Entwicklung und auf Störungen in der Entwicklung spezieller Mechanismen zeitlicher Organisation und sprachlicher Produktion erörtert.

#### **Zeitstruktur und linguistische Entwicklung:**

Durch Verlängerungen, Verkürzungen, Auslassungen und Hinzufügungen in allen Sprachbereichen, die vom Mikrosegment bis zur gesamten Äußerung reichen, entstehen bei sprachentwicklungsgestörten Kindern, im Vergleich zu Erwachsenen und normentwickelten Kindern, Veränderungen von Dauer und Variabilitätswerten (Dames 1997).

Es wird diskutiert, ob hier eine eingeschränkte linguistische Kompetenz zum Tragen kommt oder ob es sich mehr um einen verlangsamten linguistischen Spracherstellungsprozess handelt.

Um dies zu untersuchen, kann man die gesprochene Sprache einer Analyse der Dauerwerte unterziehen, indem man eine Zeitmessung am akustischen Signal der Äußerungen durchgeführt (Tyler 1995, McGregor & Schwartz 1992) und diese auf Dauer und Variabilität hin untersucht (Dames 1986, Dames & Lautenbacher 1989, Kegel et al. 1988, Veit 1992).

Insgesamt kommt man hier zu dem Schluss, dass sprachgestörte Personen sehr häufig über ein wesentlich differenzierteres phonologisches Wissen verfügen, als man auf Grund rein phonologisch beschreibender Analysen vermuten konnte. Die im Bereich der zeitlichen Feinstruktur festgestellten Veränderungen scheinen meist eher als Kompensation für Probleme im Bereich der Sprechmotorik eingesetzt zu werden und spiegeln damit sogar eine verhältnismäßig gut entwickelte phonologische Kompetenz wieder.

### **Zeitstruktur und motorische Entwicklung:**

Der Sprechakt ist eine motorische Leistung von außerordentlicher Komplexität, bei der mehrere motorische Teilfunktionen innerhalb von drei verschiedenen Funktionskreisen – der Atmung, der Phonation und der Artikulation – zusammenwirken müssen. Störungen in einem dieser Funktionskreise wirken sich typischerweise als Veränderung auf die Zeitstruktur gesprochener Sprache aus (Lee et al. 1988, Dames 1997).

Untersucht wird die motorische Kompetenz, indem einfache Konsonant-Vokal-Silben oder Silbenketten mit maximaler Geschwindigkeit oder in einer bestimmten Zeit so oft wie möglich wiederholt werden (Amorosa 1988, Crary & Tallman 1993, Groenen et al. 1996). Auch die Messung der VOT (Stark & Tallal 1979) und der Variabilität der Wiederholungen (Amorosa 1988, Kent 1976, 1993, Weismer et al. 1995) gibt einen Rückschluss auf den Stand der neuromuskulären Kontrolle.

Eine Erhöhung der Dauer- und Variabilitätswerte der Sprechleistungen sowie eine abweichende Relation verschiedener Dauerwerte zueinander, deuten auf eine Sprachentwicklungsstörung hin (Crary & Tallman 1993, Dames 1986, Dames & Lautenbacher 1989, Veit 1992). Auch in anderen Bereichen der fein- oder grobmotorischen Entwicklung lassen sich meist Auffälligkeiten feststellen (Dewey et al. 1988, Preis et al. 1995).

Als Ursache für die Einschränkungen in den sprechmotorischen Fertigkeiten kommen sowohl Reifungs- als auch Lernprobleme in Betracht.

### **Zeitstruktur und Entwicklung von Mechanismen zeitlicher Organisation:**

Ergebnisse verschiedener anderer sprachlicher und nichtsprachlicher Aufgabenstellungen lassen Besonderheiten in der zeitlichen Organisation der Informationsverarbeitung erkennen. Diese zeigen sich beispielsweise in der Wahrnehmung und Verarbeitung sich schnell verändernder, sprachlicher und nicht sprachlicher akustischer Reize (Kegel et al. 1988, Dames & Lautenbacher 1989, Tallal 1980, 1985b), aber auch im Erkennen von Wörtern in auditiv dargebotenen Texten, im Benennen von Bildern oder aber in Einprägungs- sowie Suchprozessen im Rahmen des Kurzzeitgedächtnisses. Diese und andere Ergebnisse, die in perzeptiven und produktiven Aufgabenstellungen mit unterschiedlichen linguistischen Anforderungen erzielt wurden, führen zu der Annahme, dass es sich bei dem zugrundeliegenden Defizit nicht um ein Problem der spezifisch kognitiv-linguistischen Verarbeitung oder der motorischen Programmierung und Ausführung handeln könne. Es wird vielmehr angenommen, dass es sich hier um Störungen der Fähigkeit, zeitliche Abfolge zu erkennen, um Probleme in der Geschwindigkeit, mit der Information wahrgenommen, verarbeitet und produziert werden, oder um ein generelles Problem im Umgang mit dem Zeitbereich handelt (Ellis et al. 1996, Kail 1994, McGroskey 1984, Tallal 1990, Tallal et al. 1985a, Visto et al. 1996).

Man will in diesem Zusammenhang die Wahrnehmung und Produktion von Sprache in zeitlicher Aufeinanderfolge und Dauer untersuchen. Bei der zeitlichen Dauer wird wiederum unterschieden zwischen der Wahrnehmung und Produktion kurzer Zeiteinheiten, die die Dauer bzw. die Geschwindigkeit in der Abfolge einzelner Laute und Lautsegmente umfassen, sowie der Wahrnehmung und Produktion größerer Zeiteinheiten, die die allgemeine Sprechgeschwindigkeit und den Sprechrhythmus einschließen (Kegel 1990, 1991, Pöppel 1978, Summers & Burns 1990, Wolff et al. 1990).

Ob sich die Verarbeitungsleistungen in den kurzen und größeren Zeiteinheiten beeinflussen, blieb bisher unklar. Es wird jedoch angenommen, dass die verschiedenen Aspekte zeitlicher Organisation weitgehend unabhängig voneinander sind und unterschiedlichen sensorischen, neurophysiologischen und kognitiven Mechanismen zugeordnet werden können (Pöppel 1978, Wollf et al. 1990).

Die Wahrnehmung und Verarbeitung sehr kurzer Signale gilt als Voraussetzung für den korrekten Umgang mit den phonemischen und subphonemischen Sprachinformationen und damit als Grundvoraussetzung für das Verständnis und die Aneignung feiner sprachlicher Differenzierungen (Kegel 1991, Tallal 1985a). Um diese Fähigkeit zu überprüfen, können die Fusions- und die Ordnungsschwelle erhoben werden.

Diese Untersuchungen werden vorwiegend mit nicht sprachlichem Material durchgeführt, damit eine Beeinflussung linguistischer Faktoren vermieden wird. Dies scheint gerechtfertigt, da allgemein angenommen wird, dass in diesen kurzen Zeitbereichen keine Wahrnehmungs- oder Verarbeitungsunterschiede zwischen verbalen und nichtverbalen Informationen bestehen. Für die sprachliche Verarbeitung lassen sich also Ergebnisse aus Untersuchungen mit Geräuschen, Tönen und sie trennender Stille direkt nutzen (Lowe & Campbell 1965, Morriongiello & Trehub 1987, Tallal 1985a).

### **2.3.8 Zeitstruktur und produktive Leistung**

Auffälligkeiten in der Produktion von Plosiven (sehr kurze Zeiteinheit) könnten ihre Ursache in einem zentralen Defizit haben, das entweder die Programmierung von Zeitstrukturen oder die Kontrolle über die Zeitstruktur einer Bewegungsausführung betrifft (Catts & Jensen 1983, Stark & Tallal 1979, Stark et al. 1985). Doch könnte auch die gestörte Zeitwahrnehmung die Ursache dafür sein, dass das Lernen adäquater Zeitstrukturen für die Sprechproduktion behindert ist (Stark & Tallal 1979).

Die Dauer und die Variabilität der Dauer von Nachsprechleistungen (Dames 1986, Dames & Lautenbacher 1989, Kegel et al. 1988, Veit 1992) führen unabhängig von der linguistischen oder motorischen Schwierigkeit des verwendeten Materials bei Sprachbehinderten zu Auffälligkeiten.

### **2.3.9 Zusammenfassung**

Leistungsschwächen des auditiven Systems können Ausdruck einer zeitlichen Retardierung oder einer qualitativ andersartigen Entwicklung sein (Schöler 1993).

Beim Erwachsenen ist die Ursache der zentralen auditiven Störung meist ein umschriebenes neurologisches Problem. Häufig findet man zerebrovaskuläre Ausfälle, Tumoren oder auch Verletzungen nach Unfällen.

Im Gegensatz dazu findet man bei Kindern eher eine kortikale oder subkortikale Dysfunktion, seltener eine umschriebene morphologische Veränderung. Die Störung umfasst oft mehrere anatomische Strukturen und ist dadurch mit einzelnen Testverfahren kaum zu erfassen (Uttenweiler 1996).

Ein wichtiger gestörter Teilbereich der auditiven Wahrnehmung ist u. a. die Zeitverarbeitung.

Die Störung muss nicht sprachspezifisch sein. Das Problem der zeitlichen Integration bei komplexen Prozessen, die eine Synchronisation zahlreicher Komponenten voraussetzen, wird in der neueren Literatur gleichermaßen für die Perzeption, die Motorik und die Kognition diskutiert (z. B. v. Steinbüchel 1995, v. Steinbüchel et al. 1996a).



Störungen zeitlicher Verarbeitungsmechanismen können dazu führen, dass in einem gesprochenen Wort die sequenzielle Lautfolge, die sich als rasch aufeinander folgende Änderung im Sprachsignal realisiert, schlechter wahrgenommen und analysiert werden kann. Dies wiederum hat Auswirkungen auf die Sprach- sowie die Lese-Rechtschreibentwicklung von Kindern, sowie auf die Sprachproduktion und das Sprachverständnis bei Aphasiepatienten (Warnke 1995, Barth 1999).

Es wird angenommen, dass bei der auditiven Verarbeitung von Informationen bestimmte elementare Operationen nicht nur in unzureichendem Maße zur Verfügung stehen, sondern dass auch Kapazitätsbegrenzungen die Verarbeitung akustischer Informationen nicht in der Vollständigkeit erlauben, die zum korrekten Erlernen der Sprache notwendig wären.

Sprachliche Erkennensprozesse greifen somit auf defizitäre auditive Informationen zurück und führen so nicht zu einem angemessenen Aufbau sprachlicher Fähigkeiten. Auch bisherigen Untersuchungen zur Zeitverarbeitung, die auf gestörte basale akustische Verarbeitungssysteme hinweisen, stehen mit dieser Aussage im Einklang (Kegel 1991, Schöler 1993). So belegen Untersuchungen von Merzenich et al. (1993), v. Steinbüchel & Pöppel (1991), Pöppel (1997) und Wittman (1997) einen Zusammenhang der zeitlichen Verarbeitungsmechanismen mit der Sprachverarbeitung und -produktion.

Eine korrekte Zeitverarbeitung ist für die normale Entwicklung und Aufrechterhaltung sowohl der sensomotorischen Integrationssysteme als auch der phonologischen Systeme von besonderer Bedeutung.

## **2.4 Überprüfung der zeitlichen Verarbeitungsfähigkeit**

Die Überprüfung der zeitlichen Verarbeitung ist recht schwierig, da hier übliche Verfahren nicht zur Anwendung kommen können, denn die Zeit ist kein physikalischer Reiz und wird nicht mit unseren Sinnesorganen wahrgenommen. Vielmehr gilt das Gehirn als Generator dieser Zeitordnung, der hier den zeitliche Bezug der eingehenden Sinnesinformation herstellt. So mussten also zu ihrer Prüfung erst spezifische elektrophysiologische und psychoakustische Untersuchungen „geschaffen“ werden. Dabei stellte sich bei psychoakustischen Untersuchungen zur zeitlichen Integration heraus, dass nicht nur Patienten mit bilateralen telenzephalen Läsionen (Jерger et al. 1969, Motomura et al. 1986) deutlich erhöhte Wahrnehmungsschwellen für sehr kurze Reize aufweisen, sondern dieses Phänomen auch bei Patienten mit einseitigen Temporallappenläsionen auftritt.

Auch bei der zeitlichen Verarbeitung des Gehörten muss einer Vielzahl von Parametern Rechnung getragen werden. Diese sind v. a. Dauer, Reihenfolge und Interstimulusintervall der verschiedenen Reize.

Verschiedene Autoren geben verschiedene Testverfahren zur Bestimmung der zeitlichen Verarbeitungsfähigkeit vor, die ihren unterschiedlichen Anliegen Rechnung tragen sollen. Im Folgenden wurde versucht, diese Verfahren vollständig anzuführen.

### **2.4.1 Messverfahren der verschiedenen Zeitverarbeitungsebenen nach Kegel**

Die hier vorgestellten Messverfahren greifen direkt auf die drei Zeitverarbeitungsebenen nach Kegel (1990) zu.

#### **Messverfahren zur Ordnungsebene**

Die erste Ebene ist die Ordnungsebene. Sie entspricht dem Erkennen der Aufeinanderfolge. Es wird hier von dem oben beschriebenen oszillatorischen neuronalen Mechanismus ausgegangen, der eine ungefähre Dauer von 30 ms hat (Pöppel 1997, Pöppel et al. 1990b). Um festzustellen, ob diese Ebene gestört ist, kann die elementare Zeitverarbeitung in einem ableitenden Verfahren über das Interstimulusintervall gemessen werden. Sie kann also über die Ordnungsschwellenmessung bestimmt werden.

Eine weitere Methode, die schrittweise Verarbeitung der Information in der Ordnungsebene zu erfassen, ist das Experiment zur Wahlreaktionszeit (Pöppel 1968, Ilmberger 1986). Hierbei instruiert man die Testperson, so schnell wie möglich eine von zwei Tasten zu drücken, je nachdem, ob sie z. B. einen tiefen oder hohen Ton wahrgenommen hat. Es ist zu beobachten, dass die Wahlreaktionszeiten multimodal verteilt sind, d. h. es handelt sich um eine mehrgipflige Verteilung. Interessant ist allerdings, dass die Gipfel meist 30-40 ms auseinander liegen. Die Maxima scheinen also den Abstand der Ordnungsschwelle der Testperson zu haben und die erzielten Werte würden so ein Vielfaches der Ordnungsschwelle darstellen.

Um die Auswirkungen dieser Ebene auf die Sprachverarbeitung zu überprüfen, segmentiert Kegel (1991) Sprachsignale in Abschnitte von 20-100 ms. Die zeitliche Komponente der Information wird dadurch zerstört, dass die Segmente unter Beibehaltung ihrer Abfolge zeitlich umgekehrt dargeboten werden. Die Äußerungen klingen unverändert, wenn die invers dargebotenen Segmente eine Größe von 20 ms nicht überschreiten. War dies jedoch der Fall, klang das Signal zunehmend verzerrt. Dies gab zu der Hypothese Anlass, dass sprachliche Einheiten von weniger als 20 ms Dauer nicht weiter aufgelöst werden.

Ob die zeitliche Information innerhalb des Bereichs der Ordnungsschwelle von 20 ms genutzt wird, war auch Gegenstand der Arbeit von Steffen & Werani (1994), die auf Basis des von Kegel erdachten Experiments durchgeführt wurden. Diese Autoren gelangen zu den gleichen Ergebnissen wie schon Kegel et al., worauf sie die Ordnungsschwelle als den Bereich der feinen zeitlichen Ebene der Sprachverarbeitung angeben.

### **Messverfahren zur Integrationsebene**

Kegel definiert eine weitere Ebene als Integrationsebene. Sie befasst sich mit dem subjektiven Jetzt, also mit der Gegenwart. In diesem Intervall wird eine bestimmte Anzahl von Ereignissen zusammengefasst. Obwohl hier bereits eine Reizabfolge besteht, wird diese Elementengruppe synchron erlebt. In diesem Stadium wird Zeiterleben bewusst.

Methoden zur Zeitschätzung, bei denen das Indifferenzintervall gemessen wird, zeigen, dass in dem Bereich der subjektiven Gegenwart (zwei bis drei Sekunden) sehr exakte Zeitschätzungen auftreten (Berchinger et al. 1969, Ilmberger 1983); es werden hier kürzere Intervalle überschätzt und längere Intervalle meist stark unterschätzt. Einzig Intervalle von ca. drei Sekunden Länge, so genannte Indifferenzintervalle, werden akkurat reproduziert. Pöppel et al. (1990a) folgert daraus, dass aufeinander folgende Ereignisse, die innerhalb der ca. drei Sekunden stattfinden, zu einer Einheit integriert und als gegenwärtig erlebt werden.

Hier soll auch ein zentraler Oszillator zugrunde liegen, der mit einer Schwingung von ca. 0,3 Hz die Kontinuität des Denkens in Abschnitte von wenigen Sekunden teilt. Ein Beweis dafür sind auch doppeldeutige Figuren wie der „Neckar-Würfel“, die nach wenigen Sekunden in eine andere Perspektive kippen (Borselino et al. 1972, Ilmberger 1983, Gomez et al. 1995, Holt & Matson 1976). Des Weiteren findet sich die Dauer des subjektiven Jetzt auch in Gedichten (Turner et al. 1988), in der Musik (Epstein, 1989, Pöppel 1988a), bei stereotypen Bewegungsabläufen über die Kulturen (Schleidt & Kien 1997), beim Kurzzeitgedächtnis sowie bei der zeitlichen Verarbeitung bei Tieren (Goldman-Rakic 1987, Jacobson 1935, Olton 1989) und Menschen (Baddeley et al. 1975, Fraisse 1985, Lashley 1951, Peterson & Peterson 1959, Sternberg 1966). Auch durch elektrophysiologische Untersuchungen der Hirnaktivität (Elbert et al. 1991, Sams et al. 1993) kann die Integration in der zeitlichen Grenze von ca. drei Sekunden nachgewiesen werden.

Die sprachlichen Elemente, die innerhalb von zwei bis fünf Sekunden eine Realisierung finden, werden zu einer Gestalt integriert. Hier werden prosodische Informationen erkannt und verarbeitet. Da die prosodische Komponente eng mit der Rhythmik sprachlicher Äußerungen verbunden ist, kann man diese Ebene mit einem Rhythmusexperiment (Kegel 1990) überprüfen. Weitere Methoden zur Überprüfung dieser Ebene sind Nachklopfleistungen, die hinsichtlich der Zeitverhältnisse überprüft werden.

Die Gruppierung von Wahrnehmungs- und Gestalteinheiten zu etwa drei Sekunden dauernden Intervallen, lässt sich auch bei der Untersuchung der Spontansprache beobachten. So liegen hier aufeinander folgende Äußerungseinheiten im Durchschnitt etwa drei Sekunden auseinander (Kegel et al. 1988, Pöppel 1988a). Diese zeitliche Einteilung des Sprechens ist nicht durch die Atmung vorgegeben. Die Pausen werden als Planungspausen interpretiert und gehören nicht zur vorangegangenen oder folgenden Äußerungseinheit.

In einem weiteren Versuch soll die zeitliche Position eines Geräusches auf den Inhalt eines gehörten Satzes bezogen werden (Pöppel 1988a). Hierbei wird neben einem Satz, der über Kopfhörer eingespielt wird, auch ein Klickgeräusch dargeboten, dessen Position variiert. Nach Befragen der Testperson, wo sie das Klickgeräusch gehört hat, wurde es immer auf das Phrasenende projiziert. Dies wird so erklärt, dass dieser für das Sprachsignal sinnlose Klickreiz innerhalb einer Äußerungseinheit nicht sinnvoll eingegliedert werden kann, deshalb wird er der zeitlichen Grundstruktur angepasst und zum nächstmöglichen sinnvollen Zeitpunkt, der hier der Phrasengrenze entspricht, eingegliedert.

### **Messverfahren zur Strukturierungsebene**

Auf der Strukturierungsebene werden die durch die Ordnungs- und Integrationsebene erfassten Informationen u. a. zu Phonemen oder Silben verarbeitet. Hier soll die eigentliche Sprachverarbeitung stattfinden (Veit 1992). Die Interaktion der Ebenen ist noch nicht durchschaubar und ihr Zusammenhang wurde von Kegel (1990) bisher nur als Modell postuliert.

Diese Ebene lässt sich anhand der Überprüfung der Schlagzahlübernahme bei Rhythmusexperimenten und der Analyse der Nachklopfleistungen hinsichtlich betonter und unbetonter Schläge untersuchen.

## **2.4.2 Messung der Zeitschätzung, der Zeitproduktion und der Zeitreproduktion**

Drei weitere angewandte Methoden zur Messung der Zeitwahrnehmung sind die der Zeitschätzung, der Zeitproduktion und der Zeitreproduktion; auch Zeitdiskriminationsmethoden werden eingesetzt (Schugens 1994).

Bei der Zeitschätzung muss die Testperson meist verbal Angaben über die Dauer eines bestimmten Zeitintervalls machen.

Bei den Zeitproduktionsmethoden muss der Proband ein meist verbal vorgegebenes Zeitintervall in ein physikalisches, wie z. B. das Drücken eines Knopfes für die entsprechende Dauer, umsetzen.

Die Zeitreproduktionsmethoden bestehen darin, dass eine Testperson eine physikalisch vorgegebene Dauer physikalisch reproduziert, z. B. wird ein Lichtreiz für eine bestimmte Dauer dargeboten und die Testperson drückt anschließend einen Knopf für einen subjektiv entsprechend langen Zeitraum.

Bei den Diskriminationsaufgaben müssen die Probanden entscheiden, welcher von zwei vorgegebenen Reizen kürzer oder länger dargeboten wurde (Schugens 1994).

### 2.4.3 Messung der Dauer zentraler Zeitmechanismen

#### Indirekte Verfahren über das Sprachverstehen und die Sprachproduktion

Über die Auswertung von Sprachverstehen oder Sprachproduktion geben die hier angewandten Verfahren indirekt Auskunft über die Zeitverarbeitung.

Diese indirekten Verfahren benutzen meist Nachsprechleistungen von natürlichen und signaltechnisch manipulierten Sprachsignalen. Sie wurden allerdings bisher nur in der Forschung eingesetzt.

Die ersten Untersuchungen zur Zeitverarbeitung und zur Perzeption von Sprachreizen entstanden durch die Beobachtungen, die Tallal & Piercy (1973, 1974, 1975) über einen Zusammenhang von Wahrnehmungsdefiziten bei der Perzeption nonverbaler und verbaler Stimuli auf Phonemebene machten. Sie zeigten, dass man von einem Verarbeitungsdefizit synthetisch-auditiv dargebotener Stimuli auf eine Beeinträchtigung der Sprache schließen kann. In Experimenten wurden non-verbale Reize eingesetzt, die Sprachähnlichkeit hatten. Wenn man künstlich erzeugte, gleich bleibende Vokale verwendete, unterschieden sich die entwicklungs-dysphasischen Kinder unbedeutend von den sprachlich unauffällig entwickelten Kindern. Wurden jedoch künstlich erzeugte Plosive verwendet, zeigte sich, dass die kurze Dauer der Formanttransitionen (43 ms bei einer Gesamtdauer von 250 ms) von den sprachauffälligen Kindern nicht mehr wahrgenommen werden konnte; sie konnten die Konsonantenstimuli nicht voneinander unterscheiden.

Tallal stellte nun spezielle Signale her, in denen die für das Plosiv kritische Signalstrecke deutlich verlängert war. Bei diesen Signalen verbesserte sich die Identifizierungsleistung der sprachgestörten Kinder wesentlich. Daraus folgerten Tallal & Piercy (1975, auch Tallal & Stark 1981), dass die gestörte Unterscheidungsfähigkeit einer zu kurzen Dauer der zu unterscheidenden Komponenten (u. a. Formanttransitionen) zuzuschreiben sei.

Kritik an diesen Ergebnissen übten Pompino-Marschall & Tillmann (1984) und Riedel & Studdert-Kennedy (1985), die diese Aussagen nicht bestätigen konnten. Allerdings müssen die Ergebnisse dieser Untersuchung vorsichtig interpretiert werden, da unterschiedliche Stichproben getestet wurden.

Frumkin & Rapin (1980) konnten mit ihrer Studie die Ergebnisse von Tallal & Piercy für dysphasische Kinder mit phonologischen Störungen bestätigen. Allerdings zeigten entwicklungs-dysphasische Kinder ohne solche Defizite keine Probleme mit der kurzen Dauer von Formanttransitionen.

Die unterschiedlichen Ergebnisse könnten mit der sehr inhomogenen Gruppe entwicklungs-dysphasischer Kinder zusammenhängen. Wie schon an anderer Stelle beschrieben, gibt es hier einige Subgruppen, die Schwierigkeiten mit schnell aufeinander folgender Information haben. Diese Subgruppen können durch künstliche Dehnung der Formanttransitionen ein besseres Verständnis entwickeln und andere Kinder ohne Störungen der sequenziellen Verarbeitung eben nicht.

Eine weitere Sprachsignalmanipulation fand Verwendung, um bei Erwachsenen die Übertragbarkeit der Ordnungsschwelle auf die Ordnungsebene als Mechanismus sprachspezifischer Zeitverarbeitung zu prüfen (Kegel 1990). Hier lag der Gedanke zugrunde, dass die zeitspezifische Information innerhalb der Segmente nicht verarbeitet würde. Um dies zu prüfen, müsste man diese Information eines Signals möglichst weit gehend stören. Hierzu wurde jedes einzelne Segment einer Signalstrecke unter Beibehaltung der ursprünglichen Folge der Segmente zeitlich umgekehrt, also invertiert. Dies wurde an digitalisierten Sprachsignalen mit einer Segmentdauer von 20-100 ms durchgeführt. Bei 20 ms bleibt das so manipulierte Sprachsignal beim Hörer völlig unauffällig (abgesehen von dadurch entstehenden Knackgeräuschen). Näherte sich die Segmentdauer mit 40 ms dem durchschnittlichen Ordnungsschwellenwert, blieben die Sätze für die meisten Probanden einwandfrei verständlich, obwohl hier auch die störenden Knackgeräusche und die verfremdenden Artefakte zunahmten. Ab 60 ms wird das Signal für jeden gesunden Hörer deutlich auffällig und ab 80 ms gänzlich unverständlich. Damit scheint Kegel (1990) nachgewiesen zu haben, dass Zeitinformationen unterhalb der Grenze von 20 ms für die Sprachverarbeitung irrelevant ist.

Es schlossen sich weitere Studien zur Erklärung auffälliger Sprachproduktion und Störungen der Zeitverarbeitung an.

Ilmberger untersuchte (1983) erwachsene Aphasiker mit unilateralen Hirnverletzungen. An der Sprachproduktion der Patienten mit linkshemisphärischer Verletzung konnte er eine beeinträchtigte Sequenzierfähigkeit und eine Erhöhung der Ordnungsschwelle feststellen. So produzierten sie u. a. Wortsegmentumstellungen, die zu Störungen inhaltlicher Informationen führten.

Dames (1986) untersuchte die zeitlichen Verarbeitungsmechanismen anhand von Nachsprechleistungen, die im Zusammenhang mit syntaktischen und semantischen Prozessen zu sehen sind. Die Nachsprechsätze variierten hinsichtlich der Syntaxformen. Bei den auffälligen Kindern war sowohl die zeitliche Variabilität der Produktion als auch die Dauer der Nachsprechleistungen im zweiten Äußerungsteil erhöht. Dem schloss sich eine Querschnittsstudie von Kegel et al. (1988) an, bei welcher der Zusammenhang von Sprach- und Zeitverarbeitung bei normalem Spracherwerb und gestörter Sprachentwicklung untersucht wurde. Die Zeitverarbeitung wurde anhand der Korrektheit und der Variabilität der Dauer von Nachsprechsätzen überprüft, die sich in ihrem Schwierigkeitsgrad unterschieden. Über die Ordnungsschwelle wurden die elementaren Prozesse der Zeitverarbeitung untersucht. Die sprachauffälligen und jüngeren Kinder hatten größere Schwierigkeiten bei der korrekten zeitlichen Reproduktion der Sätze als die sprachunauffälligen und älteren Kinder. Auch war die Ordnungsschwelle der sprachauffälligen und jüngeren Kinder erhöht. Allerdings ergab sich hier keine Signifikanz für die einzelnen Gruppen, es konnte nur eine gleich gerichtete Assoziation festgestellt werden.

Im Zusammenhang mit Entwicklungsdysphasie wird vermutet (Kegel 1990), dass nicht nur syntaktische und semantische Aspekte für die sprachauffälligen Kinder schwierig zu analysieren sind, sondern auch prosodische Informationen einen Einfluss auf die eingeschränkten Leistungen der entwicklungs-dysphasischen Kinder ausüben. In einem Experiment konnte Kegel (1990) zeigen, dass sprachauffällige Kinder bei der gestalthaften Ähnlichkeit und der Zeit-, Druck- und Schlaganzahlübernahme deutlich größere Schwierigkeiten hatten als sprachunauffällige Kinder.

Veit (1992) untersuchte in einer Longitudinalstudie die Nachsprechleistungen hinsichtlich der zeitlichen Produktion und der Fehlerzahl sowie die Ordnungsschwelle. Sie konnte zeigen, dass eine Verbesserung der sprachlichen Leistungen mit einer Entwicklung zeitspezifischer Mechanismen im Zusammenhang steht. Sie macht gestörte Zeitverarbeitungsmechanismen sprachauffälliger Kinder, die nicht in gleicher Weise entwickelt waren wie die der sprachunauffälligen Kontrollgruppe, für die Sprachschwierigkeiten verantwortlich. Allerdings konnte sie auch keine einfache Korrelation feststellen.

### **Nachsprechleistungen, Rhythmusübungen**

Die Erfassung der Nachsprechleistung soll der Untersuchung des Zusammenhangs der Sprachwahrnehmung und der zeitlichen Verarbeitung dienen. Zahlreiche Studien, die Nachsprechen systematisch einsetzen, zeigen, dass sich sprachauffällige Probanden gravierend von sprachunauffälligen unterscheiden. Die Untersuchungen von Dames (1986), Heinz (1986), Hay (1983) und Kegel (1981) zeigen, dass Nachsprechleistungen ein für sprachauffällige Kinder adäquates Verfahren darstellt, welches – je nach Konstruktion der Sätze – differenzierte Aussagen ermöglicht (Veit 1992).

Für die Überprüfung des Nachsprechens gibt es mehrere standardisierte und auch normierte Verfahren (z. B. Psycholinguistischer Sprachverständnis- und Sprachentwicklungstest (PSST) von Wettstein 1995). Allerdings liegt hier die Aufmerksamkeit auf der Fehleranalyse. Kegel (1991) schlägt zusätzlich die Einbeziehung zeitlicher Kriterien vor. Die Auswertung wäre hier aber technisch sehr aufwändig und bedarf spezieller computergestützter Programme. Auch sind diese Tests sehr vom Fingerspitzengefühl des Versuchsleiters abhängig, was ihre Anwendung weiter einschränkt.

Ein weiteres, weit verbreitetes Verfahren sind Rhythmusübungen und -prüfungen. So haben entwicklungsdisphasische Kinder, Kinder mit Legasthenie und Dyslexie und auch Aphasie-Patienten Probleme, das dem Rhythmus zugrundeliegende Muster, seinen inhärenten strukturellen Aufbau, so zu erfassen, wie das sprachunauffälligen Personen möglich ist. Der Rhythmus der Sprache, die prosodischen Elemente, sind daher für die sprachauffälligen Kinder schwieriger zu entschlüsseln. Nach Kegel sollten die Verfahren allerdings zusätzlich die Anzahl der Schläge, die gestalthafte Ähnlichkeit, die Pausenlänge zwischen den Schlägen und die Übernahme des Schlagdrucks beinhalten, um eine nähere Aussage über ihren zeitlichen Zusammenhang machen zu können.

### **Objektive Messverfahren**

Objektive Verfahren stellen die Ableitung von Hirnaktivität dar. Dies geschieht über ein EEG oder MEG; auch PEGs stellen eine Möglichkeit zur Darstellung der sprachlichen und zeitlichen Wahrnehmung dar. Zur Registrierung dieser akustisch evozierten Potenziale (FAEP, MAEP, SAEP, MMN) werden Sprachsignale oder binaurale Reizparadigmen eingesetzt.

Hoppe et al. (1997) setzt als objektive Methode die cortikale Reaktionsaudiometrie, CAEP (auditorisch evozierte cortikale Potenziale), ein. Hier wird der Reizpegel von 70 und 80 dB HL bei rechts- und linksseitiger Stimulation abgeleitet. Der Stimulus besteht aus einem 1 KHz-Sinus-Burst von 300 ms Dauer.

Hoppe kommt in seiner Untersuchung zu dem Schluss, dass diese Methode zusammen mit der Messung der Ordnungsschwelle und dem dichotischen Sprachverständlichkeitstest nach Feldman einen Beitrag zur Bestimmung der zeitlichen Verarbeitung leistet (Hoppe et al. 1997).

Diese objektiven Verfahren könnten in Zukunft eine wichtige Ergänzung von Testbatterien zur möglichst frühzeitigen Topodiagnostik zentral-auditiver und zeitlicher Verarbeitungsstörungen sein (Wedel 1999).

### **Ordnungsschwelle und Tondauerdiskrimination**

V. Wedel und Walger (1999) stellen fest, dass zur Erfassung der zeitlichen Verarbeitung akustischer Signale bisher nur wenige klinisch einsetzbare Testverfahren entwickelt wurden, wie z. B. der Pitch-Pattern-Sequence-Test (PPST), der Duration-Pattern-Test (DPT), der Psychoacoustic-Pattern-Discrimination-Test (PPDT) oder auch Tests zur Ermittlung der Ordnungsschwelle.

Es besteht weiterhin großer Bedarf an der Neu- und Weiterentwicklung zentraler Testverfahren, die bei Kindern und Erwachsenen mit entsprechenden Symptomen einsetzbar sind, da viele der bestehenden Testverfahren nicht für Kinder angepasst und normiert wurden und die meisten Tests hinsichtlich ihrer Gütekriterien nicht untersucht wurden. Die zeitliche Verarbeitung akustischer Signale ist im Hinblick auf die Verarbeitung und Wahrnehmung von Sprache von großer Bedeutung.

Allgemein anerkannt ist hier, dass die Schwellenwerte - die Fusions- und Ordnungsschwelle - die elementaren Prozesse der sensorischen Reizverarbeitung zu sein scheinen und sie würden somit auch für die Sprache die basale zeitspezifische Struktur darstellen.

So kommt hier der Ordnungsschwelle eine besondere Stellung zu, da sie ein Indiz für einen zentralen Verarbeitungsmechanismus zu sein scheint, der die Reizdarbietung in Zeitquanten von ca. 20-60 ms teilt.

Zahlreiche Befunde (siehe Kapitel 2.5.) zeigen, dass der Bereich der Ordnungsschwelle die feine zeitlich Ebene bei der Sprachverarbeitung darstellt und so im engen Zusammenhang zur sprachlichen Kompetenz gesehen wird. Dieser Zeitbereich gilt also als zentraler Organisator.

Auch Tests zur Diskriminierung von Lang zu Kurz geben einen wichtigen Hinweis für die zentrale Verarbeitung und können klinisch relativ leicht durchgeführt werden.

Inwieweit die Ordnungsschwelle ein Maß für die Zeitverarbeitung im Allgemeinen und für die Sprachstörung im Speziellen ist, muss noch genauer untersucht werden. Auch der in dieser

vorliegenden Studie verwendete Test zur Tondauerdiskrimination hat bisher noch keinen klinischen Einsatz erfahren. Um diesen Tests eine fundierte Basis für weitere wissenschaftliche Untersuchungen zu geben, müssen sie hinsichtlich ihrer Testgütekriterien, ihrer Alters- und Geschlechtsabhängigkeit und ihrer Abhängigkeit von anderen kognitiven Parametern untersucht werden.

## **2.5 Ordnungsschwelle**

### **2.5.1 Geschichtliche Entwicklung der Ordnungsschwelle aus Sicht der Wissenschaft**

Im angloamerikanischen Raum waren schon recht früh Prof. Tallal mit ihren Mitarbeitern mit der Untersuchung von zeitlichen Verarbeitungsstörungen beschäftigt. Sie stellten fest, dass bei dysphasischen Kindern die Sprachentwicklung beeinträchtigt ist, obwohl deren peripheres Hören und messbare Hirnfunktionen in Ordnung schienen. Tallal kam zu dem Ergebnis, dass bei frühkindlicher Sprachentwicklungsstörung häufig eine Beeinträchtigung der Sprachwahrnehmung, also der zentralen Hörverarbeitung vorliegt. Sie postulierte, dass diese Kinder Schwierigkeiten hatten, bestimmte schnelle akustische Signalwechsel in der gesprochenen Sprache richtig zu verarbeiten. Bei künstlicher Verlängerung der Sprachlaute, v. a. beim Übergang von kurzen Konsonanten zu Vokalen, waren die Kinder plötzlich in der Lage, diese Laute gut zu verstehen.

In Deutschland waren Mitte der 80er Jahre nur wenige Wissenschaftler mit der Thematik der Ordnungsschwelle beschäftigt. Ein Grund dafür mag sein, dass es zu dieser Zeit nur wenige Institutionen gab, die über die nötigen Gerätschaften zur Erforschung der Ordnungsschwelle verfügten. Es mussten spezielle Geräte und Computerprogramme entwickelt werden. Einer der ersten führenden Wissenschaftler auf diesem Gebiet war Prof. Ernst Pöppel an der Ludwig-Maximilian-Universität München. Weitere Wissenschaftler schlossen sich an, doch forschten sie unabhängig voneinander mit verschiedenen Schwerpunkten.

Prof. Pöppel (1985, Pöppel et al. 1990a, Pöppel & Edinghausen 1994) untersuchte die Ordnungsschwelle dichotisch und es musste eine Trefferquote von 80 Prozent erreicht werden. Es stellten sich bei gesunden Erwachsenen Normwerte zwischen 30 und 40 ms heraus. Eine auffällig erhöhte Ordnungsschwelle stellte er zusammen mit Ilmberg und v. Steinbüchel bei Aphasikern fest. Steinbüchel (1991) versucht Zusammenhänge zwischen Aphasie und Ordnungsschwelle zu finden. Bei einem Training von Aphasikern mit dem Ordnungsschwellen-Gerät, konnte eine Verbesserung der Ordnungsschwelle sowie des Sprachverständnisses festgestellt werden.

Dr. Ilmberger (1983, 1986) führte einen Reaktionstest durch, bei dem die Testperson, je nachdem, ob sie einen hohen oder tiefen Ton hörte, einen Knopf drücken sollte. Er stellte fest, dass, wenn man die unterschiedlich ermittelten Zeiten in Beziehung zueinander setzte, ein Histogramm mit mehreren Maxima entstand. Diese entsprachen ziemlich genau dem zeitlichen Abstand der Ordnungsschwelle der jeweiligen Testperson. Hieraus folgerte Ilmberg, dass die Ordnungsschwelle als innere Taktfrequenz einen Einfluss auf die zentrale Hörverarbeitung hat, indem die Entscheidungssituation in unserem Gehirn durch einen schwingenden Prozess gesteuert wird, dessen Grundfrequenz der Ordnungsschwelle entsprechen würde. Wurde also ein Entscheidungsfenster verpasst, musste das nächste abgewartet werden. Diese Erkenntnis wird von Pöppel (1985) gestützt und er stellt fest, dass die Zeit nicht kontinuierlich verläuft, sondern sich in Segmente von 30-40 ms aufteilt. Obwohl nicht bewusst wahrgenommen, existieren doch eindeutige experimentelle Hinweise darauf, dass bei einer Periode der Gehirn-Oszillation von 30 bis 40 ms in einer Sekunde nur etwa 30 Identifikationsmöglichkeiten und Entscheidungspunkte vorliegen.

Kegel et al. (1988, 1990) erfasste in einer Querschnittsstudie von insgesamt 40 sprachauffälligen und 40 sprachunauffälligen Kindern die Ordnungsschwelle. Die Gruppe setzte sich aus zwei Gruppen mit jeweils 20 Vorschul- und 20 Schulkindern zusammen. Die ermittelte Ordnungsschwelle lag hier bei älteren Kindern niedriger als bei jüngeren und bei sprachunauffälligen niedriger als bei sprachauffälligen.

Hier anknüpfend ermittelte Veit (1992) in einer Longitudinalstudie an fünf sprachunauffälligen und sieben sprachauffälligen Kindern die auditive Ordnungsschwelle halbjährlich über einen Zeitraum von drei Jahren. Hier war die Ordnungsschwelle der sprachunauffälligen Kinder wieder niedriger, allerdings war die intra- und interindividuelle Streuung in dieser Gruppe besonders ausgeprägt. Im Verlauf der Jahre wurde in beiden Gruppen eine deutliche Abnahme der Werte beobachtet. In Veit's Studie entsprachen bereits die Werte Neunjähriger denen gesunder Erwachsener.

Watson (1992) stellte in einer Untersuchung an 20 leseschwachen Studenten im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, sowie zu einer Gruppe von zehn mathematikschwachen Studenten, signifikant schlechtere Leistungen bei Aufgaben zur auditiven Zeitverarbeitung fest. Er verwendete dazu eine Testbatterie mit fünf Untertests zur auditiven Wahrnehmung (Test of Basic Auditory Capabilities von Watson et al. 1982). Einer dieser Untertests war die Messung der Ordnungsschwelle mittels zweier unterschiedlicher Frequenzen. Es zeigte sich ein deutlicher Gruppenunterschied, der jedoch nur für einen über alle fünf Tests berechneten Gesamtwert, nicht aber für den Einzeltest, galt. In einer nachfolgenden Studie von Watson & Miller (1993), die mit derselben Testbatterie 24 leseschwache und 70 unauffällige Studenten untersuchten, ließ sich mittels der Ordnungsschwelle eine sichere Gruppenzugehörigkeit ermitteln, da die leseschwachen Studenten signifikant erhöhte Ordnungsschwellenwerte zeigten. Es konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen den Resultaten und den übrigen Untertests zur Zeitverarbeitung nachgewiesen werden.

Bei Erwachsenen mit Dyslexie wurden in einer Untersuchung von Hari und Kiesilä (1996) sowie Helenius et al. (1999) ein Defizit in der zeitlichen Auflösungsfähigkeit von akustischen Stimuli beobachtet. Hierbei zeigten sich neben Kindern und Erwachsenen mit Störungen der Laut- und Schriftsprache auch bei Patienten mit einer Aphasie erhöhte auditive Ordnungsschwellenwerte (Efron 1963, Swisher & Hirsh 1972, v. Steinbüchel et al. 1999a).

Nickisch (1999) erstellte an insgesamt 120 sprachunauffälligen Kindern im Alter zwischen fünf und neun Jahren vorläufige Normwerte für die auditive Ordnungsschwelle im Vor- und Grundschulalter. Zudem ermittelte er die Ordnungsschwelle von 16 sechs- und siebenjährigen Kindern mit einer Sprachentwicklungsstörung. Dabei ergaben sich bei den sprachauffälligen Kindern, im Vergleich zur Referenzgruppe, signifikant erhöhte Mittelwerte für die Ordnungsschwelle. Auch an 30 sprachunauffälligen Kindern mit Leistungseinschränkungen im Kurzzeitgedächtnis, welche mittels Mottiertest und dem Zahlenfolgegedächtnis aus dem PET (Psycholinguistischer Entwicklungstest) erfasst wurden, zeigte sich eine signifikant erhöhte Ordnungsschwelle.

## 2.5.2 Definition der Ordnungsschwelle

Sie ist definiert als die Länge eines Interstimulusintervalls, die notwendig ist, um zwei zeitlich aufeinander folgende nonverbale akustische Reize zu unterscheiden und sie in eine zeitliche Reihenfolge zu bringen.

„Die auditive Ordnungsschwelle ist diejenige Zeitspanne, die zwischen zwei auditiven Sinnesreizen mindestens verstreichen muss, damit diese als getrennt wahrgenommen und in eine zeitliche Reihenfolge, also in eine Ordnung gebracht werden können“ (Warnke 1995).

Die diskontinuierliche zentrale Verarbeitung von Sinnesreizen arbeitet unabhängig von der Sinnesmodalität, sie gilt also u. a. sowohl für die visuelle als auch für die auditive neurophysiologische Verarbeitung (Pöppel & Edinghausen 1994). Diese können allerdings auch unabhängig voneinander erhöht sein (Tallal et al. 1991). Auch scheint die Ordnungsschwelle eine weit gehende Unabhängigkeit von den akustischen Eigenschaften des Signals (Hirsh 1959) zu besitzen.

Auf Grund der Modalitätsunabhängigkeit und des relativ langen Interstimulusintervalls, das für die Bestimmung der Reihenfolge erforderlich ist, sowie auf Grund der Unabhängigkeit von den akustischen Eigenschaften des Signals, kann postuliert werden, dass für das „temporal ordering“ eine höhere Leistung, als die durch das periphere auditive System vermittelte erforderlich ist. Schon Swisher & Hirsh (1972) postulieren für die Ordnungsschwelle ein zeitverarbeitendes System, das der Peripherie übergeordnet und gleichzeitig unabhängig von dieser ist.



Es wird angenommen, dass im Alter von neun bis zehn Jahren die Ordnungsschwellenentwicklung zu ihrem Abschluss kommt und die Werte von Erwachsenen annimmt (Veit 1992, Rosenkötter 1997). Für gesunde Erwachsene wird die Ordnungsschwelle mit einem Wert von 20-40 ms angegeben (Kegel 1991, Veit 1992, Ilmberger 1986, Pöppel et al. 1990a und Pöppel 1985, Warnke et al. 1994, Minning 1996).

### **2.5.3 Ordnungsschwelle und zeitliche Verarbeitung**

Die Identifikation der zeitlichen Abfolge von Einzelreizen ist als erste Ebene der zeitlichen Strukturierung an Erinnerungsleistungen des Gedächtnisses gekoppelt. Die Abfolge der Teilergebnisse wird gespeichert. Die Tatsache, dass im Bereich der Größenordnung der Ordnungsschwelle auch die Intermodalabstände bei Wahlreaktionszeitverteilungen liegen (siehe hierzu auch Ilmberger 1983, Harter & White 1968, Pöppel 1968, 1970, Pöppel 1990b), könnte darauf hinweisen, dass beide Phänomene – Ordnungsschwelle und Intermodalabstände – auf Mechanismen zentraler Intermittenz basieren. Diese Multimodalität der Reaktionshistogramme kann als Vorliebe für bestimmte zeitliche Fenster gesehen werden. So können diese multimodalen Verteilungen durch die Annahme eines Oszillators gedeutet werden (v. Steinbüchel & Pöppel 1991).

Auch frühere Befunde von Hirsh & Sherrick (1961), die eine starke intermodale Ähnlichkeit der Ordnungsschwelle feststellten, lassen ein gemeinsames zeitliches Organisationsprinzip wahrscheinlich erscheinen. Sie nahmen für die Ordnungsschwelle noch einen zentralnervösen Prozess an. Neuere neurologische Forschungen deuten allerdings eher auf einen kortikalen Mechanismus hin (v. Steinbüchel & Pöppel 1991). Untersuchungen zeigen, dass cochleäre oder Hirnstammläsionen nur wenig Einfluss darauf haben, wie akustische Signale in ihre zeitliche Ordnung gebracht werden. Voraussetzung ist viel mehr die Integrität cerebraler Strukturen, insbesondere der temporalen Cortexareale einschließlich ihrer Verbindung über den Corpus callosum.

Die Grundlage ist also das Verständnis der Hypothese, dass die zentrale Verarbeitung von Wahrnehmungsreizen nicht kontinuierlich abläuft. Umwelteindrücke werden vom menschlichen Nervensystem in diskontinuierlichen Zeitfenstern, die in einem Rhythmus von 20-40 ms ablaufen, aufgenommen und in höheren cerebralen Strukturen verarbeitet.

### **2.5.4 Ordnungsschwelle und sprachliche Verarbeitung**

Der Ordnungsschwellenwert, gewonnen durch dichotische Darbietung akustischer Reize, die eine dem Sprachsignal ähnliche Zeitstruktur haben, ist möglicherweise ein besonders zuverlässiges nichtsprachliches Maß für die Verarbeitungsrate auch von sprachlichen Reizen (Steffen 1995).

Hier gilt ebenfalls die Ordnungsschwelle als automatisierter Basisprozess, der weder von Eigenschaften des Sprachsignals noch von willkürlichen Einwirkungen des Sprechers/Hörers abhängig ist (Kegel 1998). Ptok (2000) bezeichnet die auditive Ordnungsschwelle als Low-Level-Funktion, also die unterste Stufe beim Aufbau der sprachlichen Kompetenz.

Das Zeitverarbeitungssystem auf der Ebene der Ordnungsschwelle zerlegt das Sprachsignal in eine Folge von Segmenten von der Dauer des individuellen Ordnungsschwellenwertes. Unterhalb dieses Wertes erscheinen bei der menschlichen Sprachverarbeitung unterscheidbare Ereignisse als gleichzeitig. Die unterste Ebene zur Verarbeitung der Zeitfolge stellen die durch den Ordnungsschwellenwert festgelegten Signalsegmente dar. Nur Ereignisse, die in einander folgenden Segmenten auftreten, können als einander zeitlich folgend verarbeitet werden.

Auch in jüngeren neurologischen, psycholinguistischen und neurolinguistischen Forschungen ist der Wert der Ordnungsschwelle häufig mit pathologischen und/oder sprachlichen Aspekten in Beziehung gesetzt worden. Zur Beurteilung der zeitlichen Verarbeitungsfähigkeit bei Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen (Kegel et al. 1988, Dames 1999, Veit 1992, Wright et al. 1997, Nickisch 1999), bei Kindern und Erwachsenen mit einer Lese-Rechtschreibschwäche (Watson & Miller 1993, Watson 1992, Hari & Kiesilä 1996, Reed 1989, Tallal 1980, Übersicht bei Farmer und Klein 1995), aber auch bei hirnerkrankten Patienten (Ilmberger 1983, v. Steinbüchel & Pöppel 1991) wird häufig die Ordnungsschwelle bestimmt.

Wenn die Ordnungsschwelle hoch ist bzw. hoch bleibt, ist dies sehr wahrscheinlich mit einer Störung der Sprachentwicklung verknüpft. Ist sie jedoch niedrig, so ist kein Umkehrschluss auf eine unauffällige Sprachentwicklung möglich. Dies könnte bedeuten, dass eine Störung der Zeitverarbeitung mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit mit einer Störung der Sprache einhergeht. Der nicht mögliche Umkehrschluss könnte zwei Ursachen haben: Entweder manifestiert sich eine gestörte Zeitverarbeitung nicht in jedem Fall in Form einer gestörten Sprachverarbeitung oder die Ordnungsschwelle ist auf Grund des Erhebungsverfahrens falsch niedrig. Dies kann durch den von Babkoff (1975) beschriebenen Effekt erklärt werden, der dann auftritt, wenn sich die Interstimulusintervalle bei Bestimmung der Ordnungsschwelle den Werten der Fusionsschwelle annähern. Je kürzer das Interstimulusintervall wird, desto wahrscheinlicher wird der erste Ton als lauter wahrgenommen. Demnach wird der richtige Ton als Erster angegeben, jedoch nicht, weil tatsächlich die Reihenfolge korrekt identifiziert, sondern der erste Ton als lauter wahrgenommen wurde.

Aufbauend auf den Ergebnissen bei teilleistungsgestörten Kindern wurden von mehreren Arbeitsgruppen Verfahren zum Training der Ordnungsschwelle erarbeitet (Merzenich et al. 1996, v. Steinbüchel et al. 1997). Auch bei Aphasikern (v. Steinbüchel & Pöppel 1991) konnte eine Besserung der Ordnungsschwelle und der Phonemdiskrimination durch ein Ordnungsschwellentraining festgestellt werden, jedoch fehlt noch der letzte Nachweis für diesen Zusammenhang. So trainierte Tewes et al. (2003) sieben Low-Level-Funktionen, u. a. die auditive Ordnungsschwelle, bei 51 Kindern im Alter zwischen 6;11 und 12;10 Jahren mit dem Brain-Boy-Universal und konnte hier eine signifikante Verbesserung dieser Funktionen beobachten. Auch stellte er in diesem Zusammenhang eine signifikante Verbesserung der Fehlerzahl beim diagnostischen Rechtschreibtest fest. Er postuliert, den empirischen Nachweis erbracht zu haben, dass es einen Transfer der auditiven Ordnungsschwelle als eine Low-Level-Funktion zur LRS-Ebene gibt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Subgruppen von Personen mit erworbenen oder entwicklungsbedingten Sprachverzögerungen und Kinder mit Leseschwächen eine erhöhte auditive Ordnungsschwelle aufweisen (Swisher & Hirsh 1972, Cacace et al. 2000, Nickisch 1999, Kegel 1990, Veit 1992, Tallal & Piercy 1973, Tallal 1980, May et al. 1988, Brannan & Williams 1988). So erweist sich die Ordnungsschwelle zwar als ein hoch komplexes Maß, das Anhaltspunkte für eine gestörte Sprachverarbeitung geben kann, dies jedoch nicht in jedem Falle tut. Da die Werte der Ordnungsschwelle modalitätsunabhängig sind und hier in einem vergleichbaren Bereich der Phonemerkennung liegen, kann von einem zentralen zeitlichen Verarbeitungsprozess ausgegangen werden (Pöppel & v. Steinbüchel 1996).

### **2.5.5 Die Qualität des Signals**

Zwei Hauptfaktoren charakterisieren die Ordnungsschwelle: die Qualität des Signals und der Algorithmus zur Bestimmung des Interstimulusintervalls.

Unterschiedliche Stimulationsarten (Swisher & Hirsh 1972) und unterschiedliche Verfahren (Shelton et al. 1982, Meister et al. 1998, Lotze et al. 1999) beeinflussen den gemessenen absoluten Ordnungsschwellenwert.

Versuche zur Bestimmung der Ordnungsschwelle weichen z. T. erheblich voneinander ab. Die drei grundlegenden Unterscheidungen liegen in der Reizung mehrerer Modalitäten: der monauralen akustischen Reizung mit ungleichen Stimuli und der dichotischen Reizung mit gleichen Stimuli.

Die Variabilität der einzelnen Reizfaktoren soll gering gehalten werden, um eine unnötige Streuung zu vermeiden. Die Aufgabe, zwei variierende Merkmale simultan zu beachten, kann möglicherweise zu Artefakten bei der Messung führen, da nicht mehr der Großteil der Aufmerksamkeit auf den eigentlichen Untersuchungsgegenstand, die Diskriminationsfähigkeit der Abfolge, gerichtet ist.

So werden unterschiedliche Anforderungen an den Reiz gestellt. Die Einzelreize sollen identisch sein und nur eine Modalität soll gereizt werden. Die Testung der auditiven Wahrnehmung wird also sinngemäß mit in der akustischen Modalität erfolgen und muss aus gleichen Reizpaaren bestehen. Es ist demnach einer binauralen Reizung mittels gleicher Stimuli der Vorzug zu geben, wobei die beiden Hälften der Reizpaare eine identische spektrale und temporale Information enthalten müssen (Steffen 1995).

Zudem gelten dichotische Tests mit nichtsprachlichem Material, also einfachen tonalen Reizen ohne Bedeutung, als weit gehend unabhängig von Hemisphärenasymmetrien für Sprachverarbeitung und andere kognitive Funktionen und scheinen besser zum Nachweis zentraler Hörstörung geeignet zu sein, als Tests mit sprachlichem Material (v. Cramon et al. 1995).

Für die Präsentation der Sinnesreize werden heute üblicherweise Klicks verwendet, da diese beliebig kurz darstellbar sind. Sie werden zeitlich nacheinander in der Kombination von links/rechts oder rechts/links gegeben. Die kurzen Reizabstände werden als Interstimulusintervall (ISI) bezeichnet.

In unserer Studie werden binaural dargebotene gleiche Klicks verwendet. Diese Stimuli wurden auch in anderen wissenschaftlichen Studien (Mills & Rollman 1980, Jaskowski 1993) sowie in klinischen Studien mit Erwachsenen mit linkshemisphärischen Läsionen und Aphasie (v. Steinbüchel et al. 1999a) und bei sprachgestörten Kindern (Nickisch 1999, Landauer 2000, Kegel 1998) verwendet.

## **2.5.6 Methoden zur Bestimmung der Ordnungsschwelle**

Bei der Ordnungsschwellenmessung werden zur Festlegung des Interstimulusintervalls entweder klassische Messmethoden oder adaptive Verfahren angewandt.

### **Klassische Messmethoden der Ordnungsschwellenmessung**

Die Berechnung der Ordnungsschwelle kann auf sehr unterschiedliche Weise erfolgen. Zu den klassischen Methoden zählen das Konstanzverfahren, die Methode der Grenzwerte und die Einstellmethode. Beim Konstanzverfahren werden der Testperson eine Reihe vorab festgelegter Reize präsentiert. Die Interstimulusintervalle werden dabei entweder in absteigender (Kegel et al. 1988, 1991) oder aufsteigender (v. Steinbüchel & Pöppel 1991) Reihenfolge präsentiert, bei denen der Parameter um einen festgelegten Wert verkleinert wird, wenn eine richtige Antwort vorliegt, bzw. um den gleichen Wert vergrößert, wenn die Testperson falsch geantwortet hat.

Ein weiteres Verfahren stellt die randomisierte Darbietung der Stimuli dar, wie sie beispielsweise im DFG- Projektbericht von Kegel et al. (1988) vorgeschlagen wurde. Hier werden die unterschiedlichen Interstimulusintervalle in gemischter Folge dargeboten. Die Abfolge ist dabei zufällig, wobei lediglich der kleinste und größte Reiz festgelegt wird.

Diese Berechnungsmethoden haben den Nachteil, dass viele Darbietungen unter- oder überschwellig stattfinden, sodass wenig neue Informationen über den genauen Wert der Schwelle gewonnen werden und die Untersuchung sehr lange dauert (Treutwein & Strasburger 1999).

Im Gegensatz zur Konstanzmethode werden bei den adaptiven Verfahren keine festgelegten Interstimulusintervalle dargeboten, sondern die Reizdarbietung erfolgt in Abhängigkeit von der Antwort der Testperson. Cacace et al. (2000) verglich die adaptive Methode mit einem konstanten Schrittalgorithmus und fand heraus, dass normale Kinder keine Probleme mit beiden Verfahren, leseschwache Kinder dagegen Schwierigkeiten mit der randomisierten Stimuluspräsentation der „constant-stepp-method“ hatten. Der Autor schloss daraus, dass die konstante Schrittweise mehr Aufmerksamkeit und Flexibilität fordert und deshalb schwieriger ist, als das adaptive Verfahren.

## **Adaptive Verfahren zur Ordnungsschwellenmessung**

Bei adaptiven Methoden in der Psychophysik wird der Wert des nächsten Stimulus auf Grund vorhergehender Antworten geschätzt. So kann die Anzahl der benötigten Trials reduziert werden, da die Reihenfolge der Darbietung bestimmter Reizstärken nicht mehr von Beginn des Experiments an festgelegt wird. Dabei versucht die adaptive Methode den nächsten Stimulus so nah wie möglich an die Ordnungsschwelle zu setzen, um so die erhaltene Information zu maximieren.

### *Nichtparametrische Verfahren*

Bei nichtparametrischen Verfahren ist die psychometrische Funktion streng monoton. Hierzu zählen die verkürzte Grenzwertmethode, die transformierte Grenzwertmethode, die nichtparametrische Grenzwertmethode, Mobs, die gewichtete Grenzwertmethode, die stochastische und beschleunigte stochastische Approximation sowie das PEST-Verfahren (Treutwein 1997).

Bei den „up-down-procedures“ (verkürzte Grenzwertmethode) wird der Parameter verkleinert, wenn eine richtige Antwort gegeben wird, und er vergrößert sich, wenn der Proband falsch geantwortet hat. Eine solche einfache „up-down-procedure“ konvergiert auf den Wert der 50 %-igen Diskrimination.

Bei der „transformed up-down-procedure“ (Levitt 1970, Warnke 1995) verkleinert sich das Interstimulusintervall beispielsweise erst nach zwei oder drei richtigen Antworten, allerdings erhöht es sich bei jeder falschen Antwort. Dieses Verfahren konvergiert entsprechend auf höhere Zielwerte (z. B. auf 70,7 % und 79,4 %).

Startwert und Schrittweite des Verfahrens können modifiziert werden, was hinsichtlich der Effizienz von Bedeutung ist. Der Startwert sollte idealerweise dicht beim tatsächlichen Ordnungsschwellenwert sein, um ein langes Annähern an den in Frage kommenden Bereich zu verhindern. Die Größe der Schrittweite ist ebenfalls von Bedeutung, da die Messung bei großer Schrittweite schlecht, bei zu kleiner Schrittweite hingegen zu langsam konvergiert und so das Verfahren ineffizient macht.

Bei der „weight up-down-procedure“ (Kaernbach 1991, Warnke 1995) wird sich bei einer richtigen Antwort der Stimulus-Parameter um eine kleinere Schrittweite als bei einer falschen verändern. Dieses Verfahren, welches von Warnke als kommerzielles Gerät zur Messung der Ordnungsschwelle angeboten wird, konvergiert wesentlich langsamer als Verfahren der parametrischen Methode.

Durch entsprechende Wahl des Schrittweitenverhältnisses lässt sich im Prinzip jeder gewünschte Wert der psychometrischen Funktion annähern. Prozeduren mit einem Verhältnis von 1:3 konvergieren auf eine Richtig-Antwortwahrscheinlichkeit von 75 Prozent. Es kommt also entscheidend auf die richtige Wahl der Schrittgröße an (v. a. zu kleine Schrittweiten sind kritisch).

Beim PEST (Parameter Estimation by Sequential Testing) wird der Stimulusparameter dann verändert, wenn der Anteil an richtigen Antworten um einen Betrag  $w$  („deviation limit“) von dem beim Zielpiegel zu erwartenden Anteil abweicht.

### *Parametrische Verfahren*

Bei parametrischen Verfahren werden kumulative Wahrscheinlichkeitsverteilungen verwendet, die mit einer erweiterten Form von Abott's Transformationsgleichung an die Bedingungen der Psychophysik angepasst sind.

Hier gibt es zum einen das Verfahren zur Schätzung mehrerer Parameter, wie z.B. das von Green, Hall's Hybridverfahren und APE. Hier werden mehrdimensionale Maximum-Likelihood-Schätzer verwendet.

Bei der Maximum-Likelihood-Methode wird ein Wert geschätzt und eingestellt, der auf Grund der vorliegenden Ergebnisse den Zielpegel am wahrscheinlichsten widerspiegelt. Anhand einer psychometrischen Modellfunktion wird die Reizstärke mit der Antwortwahrscheinlichkeit verknüpft (Green 1993, Treutwein 1997).

Daneben gibt es die reine Schwellenschätzung, die z. B. beim Yaap-Verfahren (Treutwein 1989, 1991, 1997) Verwendung findet. Da der Wert der Ordnungsschwelle unbekannt ist, muss er anhand der vorherigen Werte geschätzt werden. Bei dieser Methode wird die Bayes-Schätzung verwendet.

Die psychometrische Funktion beschreibt den Zusammenhang zwischen der Reizstärke und der Wahrscheinlichkeit, eine bestimmte Antwort der Testperson zu erhalten. Die Schwelle ist dabei diejenige Reizstärke, bei der die Testperson eine bestimmte Wahrscheinlichkeit für diese Antwort aufweist z. B. 50 oder 75 Prozent.

Zunächst wurde die mittlere psychometrische Funktion des Normkollektivs mit einem Festwertverfahren im Bereich von 10-100 ms ermittelt. Auf dieser Basis konnten verschiedene adaptive Verfahren mithilfe von Monte-Carlo-Simulationen überprüft werden. Es zeigte sich, dass Methoden, die parametrische Messverfahren nutzen, relativ schnell, nach rund 30-60 Trials, auf den theoretischen Zielwert konvergieren und damit eine effiziente Messung erlauben. Dies ist v. a. im Hinblick auf die Untersuchung mit Kindern von großer Bedeutung, da deren Vigilanz und Motivation einen beschränkenden Parameter darstellen (Meister et al. 1998).

#### *Yaap-Verfahren*

Beim Vergleich einer Grenzwertmethode, einer Maximum-Likelihood-Methode sowie eines PEST-Verfahrens hinsichtlich ihrer Effizienz, konnten bei allen drei Methoden in etwa gleiche Schwellenwerte ermittelt werden (Shelton et al. 1982). Allerdings brachte die Maximum-Likelihood-Methode hinsichtlich ihrer Effizienz Vorteile, da schon mit relativ wenigen Trials eine recht stabile Annäherung an die Zielgröße stattfand (Green 1993).

Auf Grund der Vorteile der letztgenannten Methode wurde in unserer Studie ein Verfahren eingesetzt, das die Ordnungsschwelle anhand eines adaptiven Algorithmus (Yaap, Treutwein 1997) berechnet. Hier wurde von v. Steinbüchel et al. (1998) die geringste Trialzahl bestätigt. Der Stimuluslevel geht hier sehr schnell in die Nähe des individuellen Ordnungsschwellenwertes.

Das Yaap-Verfahren beruht auf einem speziellen Fall der Bayes-Schätzung, der Maximum Likelihood-Schätzung (vgl. Treutwein 1995). Hier wird die Ordnungsschwelle anhand einer psychometrischen Funktion berechnet, welche die Antwortwahrscheinlichkeit bei einem bestimmten Interstimulusintervall beinhaltet und Irrtums- und Ratewahrscheinlichkeit mit einbezieht (Shelton et al. 1982).

Folgende Funktion liegt der Ordnungsschwelleschätzung zugrunde:

$$\psi(\chi_i, \phi) = \frac{\gamma + 1 - \gamma - \lambda}{1 + \exp[(\phi - \chi_i)/\sigma]}$$

$\psi$  = Wahrscheinlichkeit für eine richtige Antwort auf einen bestimmten Reiz

$\chi_i$  = gesetzter Stimulus-Level

$\phi$  = „wahrer“, zu berechnender Ordnungsschwellenwert

$\gamma$  = Ratewahrscheinlichkeit, d. h. richtige Antwort, obwohl nicht erkannt

$\lambda$  = Irrtumswahrscheinlichkeit, d. h. falsche Antwort bei eigentlich für die Testperson eindeutig klarem Stimulus

$\sigma$  = Steigung der angenommenen Ordnungsschwellenverteilung in der Population

Die Messung wird abgebrochen, wenn bei einem bestimmten Interstimulusintervall eine Trefferwahrscheinlichkeit von 75 Prozent vorliegt. Als Schwellenwert ergibt sich somit jenes Interstimulusintervall, bei dem die Testperson diese Antwort mit einer 75 %-igen Wahrscheinlichkeit gegeben hätte. Die tatsächliche Ordnungsschwelle liegt damit mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 Prozent in einem zuvor festgelegten Intervall um den ermittelten Schwellenwert. Bei der Ermittlung der Ordnungsschwelle laufen zusätzlich adaptive Prozeduren für die Reizdarbietung links/rechts (linker Ordnungsschwellenwert) und rechts/links (rechter Ordnungsschwellenwert) unabhängig voneinander ab.

Die Berechnung findet in drei Phasen statt:

1. Phase: Hier werden die ersten zehn Trials in einer einfachen Auf–und–Ab–Präsentation dargeboten. Das Interstimulusintervall wurde von 80 Prozent des Bereichs in Schritten von 20 Prozent dieses Intervalls zu einer niedrigeren Stufe angeboten. Rechter und linker Reiz wechseln sich ab.
2. Phase: Bei den nächsten zehn Trials wurden der rechte oder linke Reiz nie mehr als zweimal hintereinander dargeboten.
3. Phase: Hier wird das Interstimulusintervall mit seinen geschätzten Werten präsentiert. Es werden nie mehr als drei Trials mit dem gleichen Anfangswert rechts oder links präsentiert (v. Steinbüchel et al. 1998).

Die Messung ist beendet, wenn der Wahrscheinlichkeitslevel von 75 Prozent erreicht ist. Das Gesamtprogramm wurde von Jirka entwickelt.

Trotz unterschiedlicher Erhebungsmethoden sind verschiedene Studien vergleichbar, wenn vorher die psychophysiologische Fragestellung oder die verschiedenen Gruppenbedingungen beachtet wurden.

### **Zusammenfassung**

Zur effizienten Messung der Ordnungsschwelle sind adaptive Methoden generell besser geeignet (Meister et al. 1998). Im Gegensatz zu klassischen Methoden werden keine festgelegten Interstimulusintervalle dargeboten, sondern nach jedem Trial wird ein Wert geschätzt und eingestellt, der auf Grund der vorliegenden Ergebnisse am wahrscheinlichsten der wahren Ordnungsschwelle entspricht. Damit wird verhindert, dass viele Darbietungen stark unter- bzw. überschwellig stattfinden, da diese keinerlei Information über den zu ermittelnden Schwellenwert liefern. Die adaptive Berechnung verkürzt die Dauer der Untersuchung erheblich.

Yaap ist eine Mischung aus den besten Ideen der bisher bekannten Verfahren; es benutzt das direkte Likelihood (im Gegensatz zum logarithmischen Likelihood) und die dynamischen Stopkriterien, die auf der Idee der Bayes-Wahrscheinlichkeitsintervalle beruhen. Es wird hier also nur die minimale Anzahl der Trials benötigt, um den wahren Wert vorherzusagen. Nach Angaben des Entwicklers ist Yaap immun gegen stochastische Ausreißer. Es erlaubt auch eine bessere Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Stimulusbedingungen oder zwischen unterschiedlichen Personen (Treutwein 1997).

### **2.5.7 Zusammenfassung**

In der Praxis wird die Ordnungsschwellenmessung hauptsächlich als ein Diagnosemittel für Zeitverarbeitungsdefizite bei Kindern mit umschriebenen Sprachschwierigkeiten, Kindern mit Dyslexie und Erwachsenen mit einer erworbenen Aphasie verwendet. Weiterhin scheint die Identifikation der Ordnungsschwelle ein wichtiges Diagnosemittel bei Störung der zentralen Hörverarbeitung zu sein (u. a. Watson et al. 1982).

Neben dieser ausschließlich diagnostischen Anwendung wurden in den letzten Jahren auch therapeutische Maßnahmen daraus entwickelt. Ein Ordnungsschwellentraining wurde bei Kindern mit Sprachstörungen (Merzenich et al. 1996, Tallal et al. 1996, Tallal et al. 1998) sowie bei aphasischen Erwachsenen (v. Steinbüchel 1995, v. Steinbüchel et al. 1996b) eingesetzt. Laut diesen Studien wird nicht nur die Wahrnehmung der zeitlichen Reihenfolge verbessert, sondern vielmehr auch die korrekte Konsonantendiskrimination, die für die zeitliche Verarbeitung aussagekräftig ist.

All diese Studien ziehen den Ordnungsschwellenwert als Maß für die Zeitverarbeitung heran. Eine einheitliche Methode zu seiner Erhebung besteht bislang jedoch nicht und auch Untersuchungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit, Altersabhängigkeit, Abhängigkeit zu anderen kognitiven und auditiven Leistungen blieben bislang aus.

## **2.6 Tondauerdiskriminationsfähigkeit**

### **2.6.1 Definition der Tondauerdiskriminierung**

Differenzierung ist die Unterscheidung von ähnlich klingenden akustischen Signalen, insbesondere die Unterscheidung von Lauten (Esser et al. 1987). Dies wird gleichgesetzt mit dem Begriff der Diskrimination, was in unserem Fall die Unterscheidung von Tönen verschiedener Frequenz, Dauer oder Intensität (Keith 1981) bedeutet.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit betrifft die Diskrimination der Dauer andere Verarbeitungsmechanismen als dies für die Diskrimination von Frequenz und Intensität der Fall ist (Ebert 1993). Einen Nachweis für die Verarbeitung auf einer anderen kortikalen Ebene liefert v. a. Tierversuche, die gezeigt haben, dass bei Läsionen des auditorischen Cortex nur ein geringer bis kein Effekt auf die Diskriminationsleistung von Intensität und Frequenz auftrat (Neff 1961, Cranford et al. 1976, Pickles 1982), währenddessen die Fähigkeiten der Tiere schnell überschritten wurden, wenn es um die scheinbar einfache Anforderung ging, zwischen der Dauer zu unterscheiden (Scharlock et al. 1965).

Vergleicht man die unterschiedliche Diskriminationsleistung von Intensität und Dauer bei vier- bis sechsjährigen Kindern mit denen von Erwachsenen, finden sich gleiche Werte für die Intensität, doch ist die Dauerdiskrimination bei Kindern viel schwächer als bei Erwachsenen. Dies könnte bedeuten, dass entsprechende Areale des Gehirns länger zur Entwicklung benötigen und/oder dass die Dauerdiskrimination eine höhere auditorische Anforderung darstellt (Jensen et al. 1989). Divenyi & Robinson (1989) schlossen daraus, dass die von ihnen erhobene Dauerdiskrimination wichtig für die Ordnung von akustischen Stimuli bei aphasischen Patienten ist.

Auch in früheren Dauerdiskriminations- und Mustertests (Diamond & Neff 1957, Scharlock et al. 1965) zeigt sich deutlich, dass Dauer und Frequenz auf verschiedenen Ebenen verarbeitet werden, da sich die Ergebnisse von sprachauffälligen Versuchspersonen bei diesen Tests stark unterscheiden. Auch hier scheint der Test der Dauerdiskrimination gut geeignet, um Kinder mit Sprachstörungen zu identifizieren.

Die Aufgabe zur Diskrimination von Dauer repräsentiert Prozesse, die grundlegend für komplexere auditorische Funktionen sind. Allerdings fanden Tests hierzu keine weite Erprobung an entwicklungs-gestörten Kindern, da klinisch brauchbare Tests einfach noch nicht erhältlich sind (Musiek 1999). Das kann daran liegen, dass die psychoakustische Anforderung, die in die meisten dieser Aufgaben involviert ist, die klinische Testung zu lange und schwierig macht. Da es jedoch übereinstimmende Daten gibt, die auf verschiedene Diskriminationsleistungen bei pathologischen Veränderungen des zentralen auditorischen Systems hinweisen, ist dies nicht nur nach Ansicht von Musiek (1999) sehr bedauerlich.

Thompson und Abel (1992) haben markant erhöhte Werte der Frequenz- und Dauerdiskrimination bei Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen beschrieben. Andere Studien zeigten eine schlechte Dauerdiskrimination bei Patienten mit Aphasie (Scharlock et al. 1965, Needham & Black 1970). Cranford (1984) zeigte, dass die Werte der Frequenzunterscheidung bei gestörten Testpersonen groß waren, wenn die Töne kurz waren. Wenn die Töne lang waren, war die Unterscheidung bei beiden Gruppen gleich gut.

So erscheint es sinnvoll, einen Screeningtest zu entwickeln, um zumindest eine grobe Identifizierung von gestörten Individuen zu erzielen.

## 2.6.2 Untersuchungen zur Dauerdiskrimination

Dichotische Tests mit Tonreizen sind von Efron und Crandall (1983) bei Patienten vor und nach einer Temporallappenresektion eingesetzt worden. Einen neuen dichotischen Test zur Messung der Diskrimination von Pegelunterschieden und zeitlichen Reizmustern haben Scherg und v. Cramon (1986) eingeführt, um unilaterale telencephale Hörstörungen mit nichtverbalem Material erfassen zu können. In diesem psychoakustischen Diskriminationstest müssen zufällig auftretende Unterschiede im Pegel oder in der Zeitstruktur von regelmäßig dargebotenen Reizen erkannt werden. Da der Test laut Scherg (1988) bei fast allen neuropsychologischen Patienten durchführbar ist, scheint er ein gutes Untersuchungsverfahren zur Feststellung einer telencephalen Hörstörung darzustellen.

Musiek und Pinheiro (1987) fanden bei Störungen in temporalen, hemisphärischen und interhemisphärischen (Corpus callosum) Bereichen Probleme in der Erkennung von Signalen, die nacheinander abgespielt werden und sich in Frequenz oder Dauer unterscheiden. Bei der Prüfung mit unterschiedlicher Reizdauer setzten sie drei akustische Stimuli ein, die sich in ihrer zeitlichen Stimulationsdauer unterschieden. Bei Patienten, bei denen das Corpus callosum durchtrennt werden musste, fand man präoperativ normale Ergebnisse in der Erkennung der Prüfmuster. Nach Durchtrennung insbesondere der ventralen und dorsalen Anteile fand man Ausfälle in der Erkennung und Unterscheidung von Frequenz und Dauer der akustischen Stimuli. So sehen die Verfasser in diesen einfachen Prüfmethoden eine wertvolle Ergänzung der zentralen Testverfahren.

Musiek et al. (1990) stellte anhand eines Tests mit drei Tönen, von denen jeweils einer lang (500 ms) oder kurz (250 ms) war, fest, dass hier Patienten mit einer zentralen auditiven Störung schlechter abschnitten. Die Störungen des auditiven zentralen Systems wurden hier anhand neurologischer, radiologischer oder operativer Befunde festgestellt. Die Lautstärke konnte in Musieks Versuch den individuellen Gegebenheiten angepasst werden. Aber er postuliert, dass dennoch Normen eingeführt werden müssen.

Um die Position der Hirnaktivität bei der Diskriminationsleistung zu testen, nutzte Jueptner et al. (1995) die PET (Positronen-Emissions-Tomographie). Als Standarddauer diente ein Ton von 300 ms Länge. Im Vergleich dazu wurden Töne mit einer Länge von 200 und 400 ms präsentiert. Hier sollte nun die Testperson anhand eines Zeichens der rechten Hand angeben, ob der Ton kürzer oder länger war. Anhand dieser PET stellte Jueptner fest, dass das basale Ganglion eine große Rolle bei der Organisation der zeitlichen Verarbeitung vom Millisekunden- zum Sekundenbereich spielt. Dies wurde nicht nur durch Studien am Tier, sondern auch bei Menschen erkannt, die entweder eine Gehirnläsionen aufwiesen oder durch Medikamente beeinträchtigt waren (Harrington & Haaland 1999).

Andere Tests benutzen eine Kombination der Tondauer und der Tonhöhe (Thompson et al. 1999). Es soll die Entwicklung der Fähigkeit der Kinder, die Tonhöhe von kurzen und langen Tönen zu erkennen, untersucht werden. Die jeweilige Dauer wird hier mit 200 ms, 50 ms und 20 ms für unterschiedliche Tonhöhen angegeben. Der Test ist erst für Kinder ab sechs Jahren durchführbar, allerdings wird mit einem Alter von sieben Jahren bereits der Erwachsenenlevel erreicht.



Es gibt Beweise, dass die Kurzton-Diskrimination bei Erwachsenen mit Läsionen im temporalen Lappen (Cranford 1984, Cranford et al. 1982), bei älteren Menschen (Cranford & Stream 1991) und bei einigen Kindern mit einer früheren Otitis media (Cranford et al. 1996) gestört ist. Dies wird darauf zurückgeführt, dass es wichtig für das Sprachverständnis ist, kurze Sprachsignale verstehen und verarbeiten zu können. Deshalb sind nach Ansicht von Thompson et al. (1999) die Untersuchungen der Kurzton-Diskrimination wichtig, um die normale Entwicklung der Sprachverarbeitung zu bestätigen.

So werden die Verfahren zur Ordnungsschwellenbestimmung und Tondauerdiskrimination als eine der wenigen Untersuchungen angesehen, die mit nonverbalem Prüfmaterial in der Lage sind, insbesondere hoch angesiedelte Störungen im auditiven System zu erkennen. Nach Angaben von Uttenweiler (1996) fällt es den Kindern jedoch oft nicht leicht, diesen Testanforderungen zu folgen.

### **2.6.3 Tondauerdifferenzierung und zeitliche Verarbeitung**

Relativ einfache Tests zur Beurteilung der zeitlichen Verarbeitung sind die Messungen der Klickfusions- sowie der Ordnungsschwelle. Beide Verfahren eignen sich jedoch wegen der grossen interindividuellen Streuung nur bedingt zur Einzelfalldiagnostik. Einen Zwischenbereich zwischen zeitlicher Wahrnehmung und akustischer Behaltensleistung erfassen Tests, bei denen Unterschiede zwischen zwei nacheinander dargebotenen Tönen identifiziert werden müssen (Zatorre 1985, Scherg 1988).

Hier kann der Test zur Tondauerdiskrimination genannt werden. Er greift, wie schon im vorherigen Kapitel beschrieben, auf eine hohe Ebene der zeitlichen auditiven Verarbeitung zu, die allerdings nicht der Ebene der Ordnungsschwelle entspricht, sondern einen anderen zeitlichen Verarbeitungsmechanismus darstellt.

Die Testung findet in einem Bereich von 100-500 ms statt. Bei der Wahrnehmung werden nicht nur die Ereignisse an sich behalten, sondern auch deren zeitliche Abfolge. Jedem Ereignis wird eine Zeitmarke zugeordnet, die es ermöglicht, Ereignisse in ihrer korrekten zeitlichen Folge wiederzugeben. Hier spielen erstmals Erinnerungsleistungen des Gedächtnisses eine Rolle. Wenn man die Position eines Elements in einer Sequenz bestimmen kann, beweist dies, dass jedes Element eine Zeitmarke erhalten hat. Es ist eine ganz wesentliche Eigenschaft des Gedächtnisses, dass nicht nur gespeichert wird was passiert, sondern auch wann es passiert. Erst so wird eine zeitliche Orientierung ermöglicht. So ist also nicht nur das Erkennen einer Ordnung nötig, sondern auch das Erinnern an diese Ordnung, die allerdings noch nicht als Dauer erlebt wird.

### **2.6.4 Tondauerdifferenzierung und sprachliche Verarbeitung**

Bei der auditiven Diskriminierung müssen die Kinder lernen, Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Lauten und Geräuschen zu erkennen und auseinander zu halten (Wurst 1986). Es müssen also ähnlich klingende akustische Signale unterschieden werden. Die Bandbreite reicht hier von einfachen akustischen Signalen wie Töne oder Tonmuster über Geräusche zu komplexen akustischen Signalen wie Laute und Sprache.

Wie schon ausführlich beschrieben, gilt die zeitliche Organisation als inhärentes Charakteristikum gesprochener Sprache. Wesentliche Parameter zeitlicher Organisation gesprochener Sprache sind die Abfolge der sprachlichen Einheiten, deren absolute und relative Dauer, sowie deren rhythmische Gliederung. Die bedeutsamen zeitlichen Muster bestehen dabei nicht nur in der Folge artikulierter Laute, ebenso wesentlich sind die stillen Anteile der Äußerungen, durch die der Artikulationsfluss unterbrochen wird. Insgesamt sind die Dauermuster neben den Tonhöhen- und Lautstärkenmustern mitentscheidend dafür, ob und auf welche Art Äußerungen zu verstehen sind.

Einige Studien (Berg 1991, 1993, Berg & Boswell 1995) haben den Effekt der Dauer auf die normale Fähigkeit der Kinder zum Sprachverständnis getestet. Diese Studien zeigen, dass bei Kindern andere neuronale Mechanismen als bei Erwachsenen eine Rolle spielen und die Entwicklung der kurzen Tonerkennung länger dauert, als die Erkennung längerer Töne. Hier wird ein eventueller Zusammenhang der Tonhöhenenerkennung mit der Tondauerdiskrimination aufgezeigt, wie er auch von anderen Autoren (Javel & Mott 1988, Schouten et al. 1962) schon beschrieben wurde.

Watson (1992) stellte in einer Untersuchung an 20 leseschwachen Studenten signifikant schlechtere Leistungen in Aufgaben zur auditiven Zeitverarbeitung im Vergleich zu einer Kontrollgruppe und zu einer Gruppe von zehn mathematikschwachen Studenten fest. Er verwendete dazu eine Testbatterie mit fünf Untertests zur auditiven Wahrnehmung (Test of Basic Auditory Capabilities von Watson et al. 1982). Dabei wurden neben der Ordnungsschwelle auch die Identifikation einzelner Töne und im Weiteren Tondauer- Rhythmus- und Phonemdiskrimination beurteilt. Hier zeigt sich ein deutlicher Gruppenunterschied, der jedoch nur für einen über alle fünf Tests berechneten Gesamtwert ersichtlich wird. Hinsichtlich der Einzeltests ergab sich nur für die Tondauerdiskriminierung eine signifikant schlechtere Leistung der leseschwachen Studenten im Vergleich zur Kontrollgruppe, nicht jedoch im Vergleich zu mathematikschwachen Studenten.

In einer nachfolgenden Studie untersuchten Watson & Miller (1993) mit derselben Testbatterie 24 leseschwache und 70 unauffällige Studenten. Auch hier ließ sich anhand der Tondauerdiskriminierung und der Ordnungsschwelle eine Gruppenzugehörigkeit feststellen, da die leseschwachen Studenten signifikant erhöhte Ordnungsschwellenwerte und schlechtere Ergebnisse bei der Dauerdiskrimination zeigten. Es ließ sich jedoch kein Zusammenhang zwischen den Resultaten der einzelnen Untertests zur Zeitverarbeitung nachweisen. Dies wird als Beleg dafür gesehen, dass die Ordnungsschwelle und die Tondauerdiskrimination nicht auf derselben Stufe der Zeitverarbeitung stehen.

### **2.6.5 Qualität des Signals**

Die Tests zur Dauerdiskrimination nutzen unterschiedliche Reize. Man kann unterscheiden zwischen zwei einfachen oder mehreren Tönen gleicher oder unterschiedlicher Frequenz und Intensität und zwischen Geräuschen und Tönen gleicher oder unterschiedlicher Eigenschaften.

Mehrere Töne bilden ein Muster, diese Mustererkennungstests beinhalten mehr als nur zeitliche Verarbeitung (Musiek et al. 1980), nämlich Figurwahrnehmung, Frequenz- und Dauerdiskrimination, kognitive und Erinnerungsfunktionen. Deshalb wird hier dem Gebrauch von Einzeltönen (McKenna et al. 1989) der Vorzug gegeben.

Um die relative Wirkung der Dauer zu erkennen, wird hier die Stimulation mit nur zwei unterschiedlichen Tönen verwendet (Musiek et al. 1990).

Die Tondauern werden monaural oder im freien Hörfeld präsentiert, denn nur so müssen beide Gehirnhälften zusammenarbeiten und interagieren, um die Aufgabe zu meistern (Musiek et al. 1984, Musiek et al. 1980).

### **2.6.6 Methoden zur Bestimmung der Tondauerdiskrimination**

Bei den Tondauerdiskriminationstests gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Testanordnungen, die alle Angaben zur Güte und Zuverlässigkeit, zur Geschlechts- und Altersabhängigkeit und zu ihrer Abhängigkeit von anderen kognitiven Eigenschaften missen lassen.

Um die Anforderungen so gering wie möglich zu halten und nicht etwa Gefahr zu laufen, höhere kognitive Eigenschaften zu testen, und um einen möglichst einfachen und kurzen Test für den klinischen Einsatz zu erhalten, wurde für diese Studie ein Test zur Tondauerdiskrimination kreiert, der nur zwei einfache Einzeltöne gleicher Frequenz und Intensität nutzt. Es wurden allerdings verschiedene Schwierigkeitsgrade eingebaut.

Verwendet wurden hier Töne der Länge 175 ms, 250 ms, 325 ms, 400 ms und 475 ms. Die Länge des zweiten Tons errechnet sich dann aus dem ersten und so werden je nach kleiner, mittlerer oder großer Abweichung des zweiten Tons drei Schwierigkeitsgrade unterschieden. Es muss hier nicht angegeben werden, welcher der beiden Töne länger ist, sondern es wird lediglich unterschieden, ob die Töne gleich lang sind oder nicht.

### **2.6.7 Zusammenfassung**

Nun ist der Status der Tondauerdiskrimination im Hinblick auf Sprachentwicklung und Sprachverarbeitung noch in mancher Weise unklar. Noch nicht endgültig beantwortet ist die Frage, auf welcher Ebene der auditiven Verarbeitung und Sprachsignalsegmentierung die Tondauerdiskrimination misst. Diese Frage ist aber grundlegend für die Weiterentwicklung diagnostischer und eventuell therapeutischer Verfahren. Es scheint allerdings klar, dass mit der Bestimmung der Tondauerdiskrimination eine von mehreren Ebenen des komplexen Zeitverarbeitungssystems gemessen wird. Allerdings greift diese Messung nicht direkt auf die Aspekte der Sprachverarbeitung zu. Die bisher erkannten Zusammenhänge zwischen Tondauerdiskrimination und Sprachverarbeitung sind korrelativer Natur. Eine Klärung der Kausalzusammenhänge steht noch aus. Um diese Fragen zu klären, müssen sich weitere Studien anschliessen.

Allerdings liegen im Gegensatz zu Entwicklungstests für neuropsychologische Verfahren noch keine umfangreichen Erfahrungen vor. Oftmals ist die Überprüfung auf Testgütekriterien und die Normierung an hinlänglich großen Stichproben unzureichend (v. Suchodoletz 1994), was auch für diesen Test zutreffend ist.

Die Tests zur zeitlichen Diskrimination, hier die Ordnungsschwelle und die Tondauerdiskrimination, sollen deshalb in dieser Studie hinsichtlich ihrer Güte, ihrer Zuverlässigkeit, ihrer Geschlechts- und Altersabhängigkeit und ihrer Abhängigkeit zu anderen kognitiven Funktionen untersucht werden.

## 2.7 Testgütekriterien

Wer Daten, die er in einer Exploration oder bei Verhaltensbeobachtungen gewonnen hat, quantifizieren will sieht sich auf Mess- oder Testtheorien verwiesen; setzt ihre Geltung also voraus.

In der Diagnostik bemüht man sich, die Güte eines Messergebnisses zu erkennen. Man hat Kriterien entwickelt, die es ermöglichen die Qualität einer Messung zu beurteilen – dies sind die Testgütekriterien. Sie charakterisieren den Test von seiner Gesamtstruktur her. Unter drei Perspektiven wird bestimmt, wie angemessen der Gesamtttest das empirische Relativ im numerischen Relativ abbildet. Es geht hier v. a. um Standardisierung (Objektivität), Messpräzision (Reliabilität) und Merkmalssättigung (Validität).

Zu diesen drei Hauptkriterien kommen weitere Zusatzkriterien. Dies sind Normiertheit (Bezug zu einer Population), Ökonomie (Minimierung von Zeit- und Materialaufwand), Nützlichkeit (Bezug zur Praxis in Forschung oder Anwendung), Zumutbarkeit, Unverfälschbarkeit und Fairness.

Objektivität lässt sich als Teilaspekt der Reliabilität betrachten, Validität als Sonderfall der Reliabilität und die Reliabilität als Voraussetzung von Validität (Fisseni 1990).

### **Allgemeine Probleme beim Einsatz neuropsychologischer Testverfahren**

Diagnostik bedeutet das Vergleichen eines bestimmten Verhaltens mit früherem Verhalten des gleichen Menschen, mit Verhalten anderer Menschen, mit Verhaltensbeschreibungen oder -standards. Weiter bedeutet es zu analysieren, um Gründe für eventuelle Abweichungen zu erkennen, zu prognostizieren, um auf Verhalten in anderen Situationen oder in der Zukunft schließen zu können und zu interpretieren, um damit nach Gewichtung und Wertung der vorliegenden Informationen über das Verhalten zu einem Urteil zu kommen.

„Keine noch so genaue neuroradiologische Diagnose gibt ... Auskunft darüber, welche Auswirkungen die strukturelle Hirnläsion auf die kognitive Leistungsfähigkeit, die emotionale Befindlichkeit und das Alltagsverhalten der betroffenen Patienten hat. Zwar lassen sich bei Kenntnis des Läsionsortes und -ausmaßes begründete Erwartungen über die wahrscheinlichen psychischen Beeinträchtigungen formulieren ...; von einer direkten Zuordnung zwischen Hirnschädigung und Leistungsdefizit kann aber auf Grund einer Vielzahl modifizierender Läsions-, Patienten- und Umgebungsfaktoren keineswegs ausgegangen werden“ (Jünemann 1994).

Es ist also eine psychologische Diagnostik nötig. Allerdings sind in der Psychologie die Variablen nicht vorgegeben, sondern werden konstruiert. Es ist kein Gegenstand an sich gegeben, sondern der messende Psychologe muss seine Gegenstände immer wieder neu definieren.

Die neu definierten Variablen betreffen Prozesse, die sich ändern, indem sie beobachtet oder gemessen werden. So besteht das Problem der Reaktivität. Wird ein Gegenstand gemessen, so ändert er sich beispielsweise durch das Lernen. In der diagnostischen Situation ergibt sich das Problem, dass sich bei derselben Person kaum je ein Verfahren exakt wiederholen lässt.

Viele diagnostische Untersuchungen verwenden Tests, das sind Verfahren, die Leistungen messen oder Persönlichkeitsmerkmale erfassen. Es handelt sich hier um ein Prüfverfahren, das praktischen oder wissenschaftlichen Unterscheidungszwecken dienen soll. Der Test sieht eine standardisierte Situation und als theoretisches Ideal eine Objektivier- und Vergleichbarkeit der Daten vor. Dieses ist das Messideal. Sein praktisches Ziel ist es, ein Instrument zu entwickeln, das handwerklich routinemäßig anwendbar ist.

Der Test sammelt eine Verhaltensstichprobe als Indikator für Personeneigenschaften und er ermöglicht eine Zuordnung eines Probanden zu einer Gruppe vergleichbarer Personen. So bezeichnen Tests also ein diagnostisches Prüfverfahren, das Verhalten in standardisierten Situationen erhebt und Vergleiche mit Gruppen und/oder Kriterien ermöglicht. Der Test soll ein Messinstrument sein, eine Skala, die Maßeinheiten für Verhaltensmerkmale liefert.

Die einzelnen Testaufgaben werden Items genannt; hier unterscheidet man zwischen freien und gebundenen, einfachen und komplexen und zwischen verbalen und nonverbalen. Die in den vorliegenden Tests verwendeten gebundenen Items ermöglichen eine bessere Vergleichbarkeit und routinemäßige Auswertung, wohingegen freie Items zwar eine Erfassung großer Verhaltensbreite ermöglichen, aber nicht standardisierbar und schwer vergleichbar sind.

Die Sprache ist das wichtigste Mittel der Verständigung, doch setzt sie auch Barrieren dort, wo sie nicht richtig verstanden werden kann, z. B. bei Personen mit einer auditiven Wahrnehmungsstörung. Durch nonverbale Items kann diese Barriere gesenkt werden, sie beseitigen sie aber nicht, da sie ja der sprachlichen Interpretation bedarf (Fisseni 1990).

Charakteristisch für Tests ist allerdings, dass sie nur eine Stichprobe des Verhaltens liefern. Will man daraus trotzdem verallgemeinernde Schlüsse ziehen, d. h. (situationsüberdauernde) Eigenschaften bzw. sog. Verhaltensdispositionen daraus ableiten, oder vielleicht sogar künftiges Verhalten vorhersagen, will man also diagnostizieren und prognostizieren, bedarf es der Repräsentativität dieser Stichprobe. Man muss sich die Frage stellen, ob es gerade diese gewählten Items sind, die eine bestimmte Eigenschaft repräsentieren, und würde die betreffende Testperson auch auf diese Items zu allen Zeitpunkten gleich reagieren. Die Wahl der Eichstichprobe muss also so gestaltet sein, dass sie möglichst gleiche Anteile wie in der Population aufweist, auf die dann verallgemeinert werden soll, damit die ermittelten Kennwerte übertragbar sind.

Über Testwerte werden Vergleichsaussagen erhalten, diese sind stichprobenabhängig, also abhängig von der Kultur, Zeit und Region, der die Eichstichprobe angehört.

Die Gesellschaft setzt sich aus Menschen zusammen, die in sozialen Schichten, in einer bestimmten Epoche, in einer bestimmten Kultur Maßstäbe gesetzt haben. Solche Maßstäbe legen mit fest, was in Tests als wichtig gilt. Statistische Normen stellen Werte unterschiedlicher Art dar, denn sie geben nur Häufigkeitsverteilungen in einer Population an (Fisseni 1990).

Der Konstruktion solcher Verfahren, die Tests und ihre Items, müssen Regeln zugrunde liegen, die in Testtheorien formalisiert sind (Fisseni 1990). Doch liegen für viele informelle Verfahren, die im Rahmen der diagnostischen Urteilsbildung eingesetzt werden, in der Regel keine Erkenntnisse über die Güte dieser Verfahren vor. Die diagnostischen Methoden umfassen Beobachtungsverfahren, wie z. B. die Spontanspracherhebung oder Elizitationstechnik, wie Tests. Diese Verfahren sowie alle Messinstrumente müssen bestimmten Gütekriterien genügen, will man nicht den Boden einer intersubjektiv überprüfbarer Diagnose verlassen (Häring et al. 1997).

„Solange Diagnostik ein rationales Verfahren mit möglichst geringer Willkür sein soll, solange ist die intersubjektive Kontrolle von Diagnosen unverzichtbar“ (Langenfeldt 1988).

Um eine gute Sensitivität und Spezifität eines Testverfahrens zu erreichen, müssen genügend Patienten, mit klar definierten und zuordnungsfähigen Störungen untersucht und die Ergebnisse mit denen von gesunden Probanden verglichen werden. Oft kann man keine Informationen über die Effizienz der Testverfahren finden und oft sind Kriterien in der Literatur dazu nur an einem kleinen Kollektiv erstellt worden (Uttenweiler 1996).

Der Wert der Diagnostik wird maßgeblich von der Reproduzierbarkeit und damit von der Zuverlässigkeit der Testmethoden bestimmt. Dabei müssen die zentralen Prüfmethode ständig sich ändernde und reifende Strukturen erfassen. Hierbei ändern sich erkrankte Bereiche allerdings unspezifisch und nicht linear, sodass Vergleiche mit physiologischen Strukturen nicht zulässig sind.

Es ist also von Nöten geeignete Untersuchungsverfahren zu finden, die hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und Repräsentativität überprüft wurden, um v. a. eine fehldeutige Diagnostik der anzahlmäßig zunehmenden Gruppe der Kinder mit zentraler auditiver Wahrnehmungs- und Verarbeitungsstörung zu vermeiden.

Erkennen wir für ein bestimmtes Kind, dass es in Bezug auf eine Referenzpopulation in einem bestimmten Test ein Tief hat, in allen anderen ein Hoch oder zumindest durchschnittliche Leistung bringt, so ist damit eine unmittelbar verwertbare Diagnose gewonnen.

Die Teilleistungsstörung umfasst oft mehrere anatomische Strukturen und ist dadurch mit einzelnen Testverfahren kaum zu erfassen (Uttenweiler 1996). Sie sind nur über die differentialdiagnostische Betrachtung unter Verwendung einer normorientierten Testbatterie zu entdecken. Alle Autoren sind sich einig, dass mit einem einzigen Test keine Aussage gemacht werden kann, sondern eine Reihe von Testverfahren notwendig sind (Musiek 1999, Gordon & Ward 1995).

Allerdings können gerade Kinder mit Teilleistungsstörungen ausdauernd schwierige Testreihen nicht länger durchstehen. Dies schränkt die Anwendung differentialdiagnostischer Verfahren erheblich ein. Es wird auch weit gehend angenommen, dass Testergebnisse abhängig sind von Motivation, Konzentration, Intelligenz und Entwicklungsalter. Dies ist allerdings für viele Tests nicht untersucht worden. Dazu kommt, dass einige Verfahren zur Testung der auditiven Wahrnehmung eine fragliche Validität und Reliabilität aufweisen oder inadäquat normierte Daten haben (Brown 1996).

Um einige dieser Forderungen zu erfüllen und fehlende Daten zu erhalten, wurde diese Studie durchgeführt.

### **Validität (Gültigkeit)**

Die Gültigkeit eines Verfahrens sagt aus, ob tatsächlich das gemessen wird, was man messen möchte, und nicht irgend etwas anderes.

Es gibt also den „Grad der Genauigkeit an, mit dem dieser Test dasjenige Persönlichkeitsmerkmal ..., das ... er messen ... soll, tatsächlich misst“ (Lienert & Raatz 1994).

Während die Reliabilität notwendig, nicht aber hinreichende Bedingung für einen brauchbaren Test ist, stellt die Validität ohne Frage das wichtigste Gütekriterium dar – gleichzeitig ist es dasjenige, das am Schwierigsten zu prüfen ist.

Um die Validität festzustellen, braucht man allerdings ein Kriterium. Je nach Kriterium unterscheidet man verschiedene Arten von Validität einer Testmethode. Die geeignete Validitätsprüfung zu finden, fiel in der vorliegenden Studie nicht leicht, denn alle Validierungsansätze tragen das Handicap, dass sie keine statistische Kennzahl liefern, die den in der Definition angesprochenen Genauigkeitsgrad absolut zu bestimmen erlauben. Wir haben uns deshalb auf eine Art der Kriteriumsvalidität beschränkt. Hier soll eine bestimmte als relevant angesehene Variable (sog. Außenkriterium) mit dem Test korreliert werden. Das Problem liegt hier allerdings darin, ein geeignetes Außenkriterium zu finden, denn ein verlässliches Kriterium für auditive Wahrnehmungsfähigkeit bzw. Zeitverarbeitung ist nicht bekannt.

Wir können also keine direkte Aussage über die Validität machen, sondern es werden hier allgemeine kognitive Leistungen, Angaben aus der Anamnese, wie Musikalität, Verhalten und Angaben zur auditiven Fähigkeit, und andere auditive Fähigkeiten mit den Ergebnissen der in der vorliegenden Studie näher erläuterten Tests in Beziehung gesetzt. So soll auch die Frage, ob bei der Erhebung der Ordnungsschwelle und der Tondauer nicht auch z. B. die Fähigkeit zur Konzentration oder gerichteten Aufmerksamkeit (Moser 1995) gemessen wird, beantwortet werden.

Die Validität der Messinstrumente kann aus der theoretischen Annahme zur Ordnungsschwellenerhebung abgeleitet werden. Die Ordnungsschwelle ist definiert als minimale Zeit, die benötigt wird, damit zwei Reize als unterschiedlich wahrgenommen und in eine Ordnung gebracht werden können. Die in unserer Studie angewandten Verfahren können diese Zeitspanne über eine auditive Reizeinspielung ermitteln.

Inwieweit die Tondauer und die Ordnungsschwelle allerdings ein Maß für die zeitliche Verarbeitung darstellt, muss in weiteren Studien nachgewiesen werden. Hier könnte man zu Ergebnissen über das Validierungskonzept gelangen.

## **Reliabilität (Zuverlässigkeit)**

Ein Verfahren ist dann reliabel, wenn es das Merkmal exakt misst, was es messen soll, d. h. wenn die wiederholte Messung des Gleichen gleiche Ergebnisse erbringt.

Es ist der „Grad der Genauigkeit, mit dem er ein bestimmtes Persönlichkeits- ... merkmal misst, gleichgültig, ob er dieses Merkmal auch zu messen beansprucht“ (Lienert & Raatz 1994).

Die Überprüfung der Reliabilität einer Messung betrifft v. a. die Frage, wie sehr wir einem einmaligen Messergebnis vertrauen können.

Es geht um die formale Exaktheit der Merkmalerfassung, um die Zuverlässigkeit, mit der das Ergebnis richtig im Sinne von exakt ist. Unabhängig davon, was gemessen wird, sollen die unter gleichen Bedingungen gewonnenen Testwerte ein und derselben Testperson übereinstimmen (Kubinger & Wurst 1991). Hierbei muss beachtet werden, dass die Messung nicht zuverlässiger sein kann als die Stabilität des Merkmals. Wenn ein Merkmal sehr labil ist (wie z. B. die Stimmungen), dann kann die Messung nicht so genau sein, wie bei einem stabilen Merkmal (Rechtschreibkenntnis; Fried & Ingenkamp 1982).

Der Anspruch der theoretischen Reproduzierbarkeit ist allerdings für die psychologische Diagnostik allein wegen des Phänomens von Übungs- und Erinnerungseffekten schwer haltbar. Während bei physikalischen Messungen die Wiederholung unproblematisch ist, ist eine Testwiederholung psychologisch nicht so einfach vertretbar.

Um die Reliabilität zu bestimmen, wird der Zuverlässigkeitskoeffizient errechnet. Dies ist ein Korrelationskoeffizient, „ der angibt, in welchem Maße unter gleichen Bedingungen gewonnene Messwerte über ein und den selben Probanden übereinstimmen, in welchem Maße also das Testergebnis reproduzierbar ist“ (Lienert 1969). Bei den Aussagen über die Zuverlässigkeit wird davon ausgegangen, dass in jedem Messergebnis ein „wahrer“ und ein „verfälschender“ Anteil enthalten ist. Es wird versucht, das Verhältnis beider Anteile nach verschiedenen Methoden zu schätzen, die besonders im Aufbau der Testkonstruktion gebräuchlich sind. Am häufigsten kommt hier die Wiederholungsmethode, die Paralleltestmethode und die Halbierungsmethode zur Anwendung.

In der vorliegenden Studie wurde die Retest-Reliabilität (Wiederholungsmethode) verwendet.

Die Retest-Reliabilität besteht in dem Grad, wie die Ergebnisse mehrerer Testungen miteinander korrelieren. Die Voraussetzung ist, dass der gleichen Testperson derselbe Test unter vergleichbaren Bedingungen wenigstens zweimal vorgegeben wird. Beeinflusst werden die Ergebnisse von dem Zeitabstand, der zwischen den Testungen liegt. Je größer der Zeitabstand zwischen den Tests, desto stärker können sich Einflüsse auswirken, wie z. B. die Entwicklung, die nicht der mangelnden Zuverlässigkeit des Messinstruments zugeschrieben werden kann. Je kürzer der Zeitabstand, desto stärker können sich Effekte des Lernens und Erinnerns auswirken.

Es ist auch zu beachten, inwieweit es überhaupt situationüberdauernde Merkmale gibt. Hier kann es in kurzer Zeit zu Merkmalsfluktuationen kommen. Deshalb muss das Zielmerkmal relativ stabil sein. Weiter darf man auch nicht vergessen, dass jede Art von Gedächtniseffekten und Lernen eine Rolle spielen können. Auch kann es zu Übungseffekten kommen, die umso stärker auftreten, je leichter die Aufgaben zu behalten sind und je kürzer die Zeitabstände zwischen den beiden Tests sind.

Hier werden die gleichen Aufgaben zu verschiedenen Zeiten (im Abstand von vier Monaten), von denselben Versuchspersonen bearbeitet. Dann wird der Zusammenhang der Ergebnisse berechnet, der in einem Zuverlässigkeitskoeffizienten ausgedrückt wird.

Viele Autoren bemängeln eine fehlende Reliabilitätsuntersuchung bei Tests zur auditiven Wahrnehmung. So ist weder für den Test der Tondauer noch für den Test der Ordnungsschwelle, nach Wissen des Verfassers, die Retest-Reliabilität untersucht worden. Kornmann et al. (1982) postuliert, dass eine eingeschränkte Retest-Reliabilität bei Verfahren zur Überprüfung der auditiven Diskriminationsfähigkeit anzunehmen ist. Er schreibt dies einer mangelnden Standardisierung der Testbedingungen zu.

Die Zuverlässigkeit einer Messung bedeutet für sich allein nicht viel, denn sie sagt nur, wie genau, aber nicht, was gemessen wird. Doch sie ist Voraussetzung für die Gültigkeit, das wichtigste Gütekriterium.

## **Objektivität**

Ein weiteres wichtiges Testgütekriterium ist die Objektivität. Sie bezeichnet das Maß, wie weit in der diagnostischen Situation eine Standardisierung des Tests gelingt, ohne die Messpräzision und den Inhalt zu beachten. Diese Forderung ist theoretisch, da nie exakt identische Testbedingungen geschaffen werden können. Es geht nicht nur um die Objektivität des Ergebnisses, sondern auch um dessen Auswertung und Interpretation. Man unterscheidet (Lienert & Raatz 1994) verschiedene Arten der Objektivität.

Die Durchführbarkeitsobjektivität betrifft Untersucher, Raum und Zeit der diagnostischen Situation, kognitiv-emotionale Verfassung der Testperson und darüber hinaus die Instruktion, welche die Testvorgabe und den Verlauf der Anwendung regelt.

Sie bezeichnet also den Grad, in dem die Ergebnisse eines Tests unabhängig vom Untersucher sind, also nicht von systematischen oder zufälligen Verhaltensvariationen des Versuchsleiters abhängen. Wenn angenommen werden muss, dass ein anderer Versuchsleiter auf ein anderes Ergebnis kommt, dann können aus diesem Messergebnis keine Aussagen oder Folgerungen abgeleitet werden, die von über den Zufall hinausgehender Bedeutung sind.

In unserer Studie wurde versucht, die Objektivität maximal hoch zu halten, indem die Instruktion schriftlich so genau wie möglich festgelegt und die Untersuchungssituation so weit wie möglich standardisiert wurde. Dazu wurde die soziale Interaktion zwischen Testleiter und Testperson so weit wie möglich reduziert. Allerdings ist v. a. während der Instruktionssituation, aber auch als Reaktion auf (verbales) Verhalten der Testperson mit einem Testleiter-Effekt besonders bei Klein- und Vorschulkindern zu rechnen, weil bei diesen ein objektives Itembewusstsein noch nicht voll ausgebildet ist und sie daher in ihren Leistungen stark von emotionalen Bezügen abhängen.

Zudem muss man erwähnen, dass das hier eingesetzte Individualverfahren im Gegensatz zu Gruppenerfahren von vornherein gehandicapt ist, da hier ein situationsabhängiges Eingehen auf die Testperson unumgänglich ist (Kubinger & Wurst 1991). Will man jede Interaktion zwischen Testleiter und Testperson ausschalten, bleibt nur die Computerdiagnostik, doch auch hier muss die Testperson an den Computer eingewiesen werden.

Es ist also erforderlich, dass alle Testpersonen den gleichen Anforderungen unter gleichen Bedingungen unterzogen werden. Das bedeutet, dass in unserer Studie eine vereinheitlichte Aufgabenstellung, die Erläuterung der Aufgabe, die Räumlichkeiten, die Testmaterialien und die zulässigen Hilfsmittel so weit wie möglich identisch verwendet wurden. Das Arbeiten unter gleichen Bedingungen kann allerdings nur annäherungsweise erreicht werden, da unbeeinflussbare Eigenschaften, wie z. B. das Befinden oder Prüfungsangst der Testperson oder von außen verursachter Lärm nicht kalkulierbar sind. Man muss versuchen, die Durchführungsobjektivität so weit wie möglich einzuhalten.

Bei der Auswertungsobjektivität muss die Reglementierung, wie die einzelnen Testleistungen bzw. Reaktionen auf Items zu numerischen (oder kategorialen) Testwerten zu verrechnen sind, derart exakt festgelegt werden, dass jeder Auswerter zu denselben Ergebnissen kommt. Am einfachsten und besten lässt sich dies bewerkstelligen, indem die Testleistung nur nach Richtig oder Falsch bewertet wird, so wie es in der vorliegenden Studie der Fall war. Hier führte ein numerischer Wert zum Ergebnis, der nicht von der Interpretation des Testleiters abhängig war.



Die Interpretationsobjektivität ist dann gegeben, wenn aus denselben Auswertungsergebnissen verschiedene „Interpreten“ zu dem selben Schluss gelangen. Dies ist der Fall, wenn das Ergebnis nach vorliegenden Normentabellen ausgewertet werden kann. Da diese Normen für die hier genauer beschriebenen Tests der Ordnungsschwelle und Tondauerdiskrimination noch nicht bekannt sind, kann hierüber keine Aussage gemacht werden.

Die Forderung nach voller Standardisierung begründet sich aus dem Anliegen, ein Merkmal interaktionsfrei zu messen. Der Untersucher will in einem Test jenen Anteil eines Merkmales erfassen, der dem Probanden zukommt und nicht dem Anwender selbst. Diese Probanden-Komponente findet der Untersucher heraus, wenn er seinen eigenen Anteil an der Messung isolieren und eliminieren kann oder wenn er zeigen kann, dass nicht er selbst die Messung beeinflusst.

## **Normierung**

Darunter versteht man das „Berechnen einer Kennzahl, die das Verhältnis des einzelnen Testwertes zu den Ergebnissen einer Stichprobe zum Ausdruck bringt.“ (Wottawa 1980).

Normen liefern Vergleichswerte. Sie ermöglichen die Einordnung des individuellen Testergebnisses in ein Bezugssystem, sie geben also darüber Auskunft, welche Position eine Testperson bezüglich der Werte anderer Personen oder eigener Werte einnimmt.

Für die soziale und die individuelle Bezugsrichtung sind Vergleichsnormen die beste Interpretationshilfe. Sie sollen individuelle Leistungen durch Ziffern angemessen und möglichst anschaulich kennzeichnen. Mit dieser Kennzeichnung kann der Vergleich zu den Leistungen anderer Individuen ermöglicht werden und sie kann den Vergleich zu den Leistungen desselben Individuums zu anderen Zeiten erleichtern.

Für dieses Gütekriterium müssen einige Bedingungen erfüllt sein. Die Normen müssen gültig sein, d. h. nicht veraltet, die Population, für die die Normen gelten, muss definiert sein und die für die Erstellung der Normen herangezogene Stichprobe muss repräsentativ sein.

Es können Prozentränge oder Rohwerte angegeben werden. Die in unserer Studie bestimmten Rohwerte bestehen bei der Tondauerdiskrimination in der Zahl der Punkte, die für Lösungen gegeben werden, und für die Ordnungsschwelle in dem Wert des tatsächlich gemessenen Interstimulusintervalls. Hier ist die Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung möglich. Der Nachteil ist, dass Vergleiche erschwert werden, da verschiedene Tests unterschiedliche Messverteilungen aufweisen und darum unterschiedliche Mittelwerte und Standardabweichungen haben können (Kubinger & Wurst 1991).

## **Sonstige Testgütekriterien**

Neben der Normierung gibt es noch andere Nebentestgütekriterien, die zwar keiner näheren statistischen Berechnung unterzogen wurden, denen aber trotzdem so gut wie möglich Rechnung getragen wurde.

Hierzu zählen Ökonomie, Nützlichkeit, Zumutbarkeit, Unverfälschbarkeit und Fairness.

Bei der Ökonomie sollen, gemessen am diagnostischen Informationsgewinn, relativ wenig Ressourcen (Zeit, Geld) beansprucht werden (Lienert & Raatz 1994). Allerdings zählen dazu auch eine kurze Durchführungszeit, wenig Materialeinsatz, einfache Handhabbarkeit, Durchführbarkeit als Gruppentest und eine schnelle, bequeme Auswertung.

Dieses Testgütekriterium findet seine Anwendung v. a. durch das adaptive Verfahren bei der Ordnungsschwellenmessung, denn hier kann durch eine relativ kurze Testdurchführung ein genauer Wert erreicht werden.

Zur Untersuchung der Tondauerdiskrimination wurde ein relativ kurzer und einfacher Test entwickelt, der mit relativ geringem materiellen, personellen und energetischen Aufwand durchgeführt werden

kann. Die Tests wurden also so weit wie möglich nach dem Kriterium der Ökonomie zusammengestellt.

Die Nützlichkeit ist dann am größten, wenn ein hohes praktisches Bedürfnis zur Untersuchung des Verhaltens besteht und noch kein oder nur wenige Verfahren für diesen Zweck vorliegen. Ein Test ist also dann nützlich, wenn er durch keinen anderen ersetzt werden kann. Es steht hier auch die Frage, inwieweit es für eine bestimmte Fragestellung von Nutzen ist, diesen Test durchzuführen (Kubinger & Wurst 1991).

Da in der Zeitverarbeitung ein grundlegender Mechanismus für die Sprachverarbeitung gesehen wird und Störungen hier auch Störungen des Sprach- und Schrifterwerbs bedingen können und diese wiederum weit reichende Auswirkungen auf das spätere Leben der betroffenen Person haben können, stellt sich die Frage nach dem praktischen Bedürfnis, die zeitliche Verarbeitung zu testen wohl kaum. Auch gibt es in diesem Bereich wenige einfache nonverbale Tests. So sieht der Autor auch die Nützlichkeit der Tests bestätigt.

Die Zumutbarkeit bestimmt das Ausmaß, in dem die Testperson in zeitlicher, psychischer sowie körperlicher Hinsicht beansprucht wird (Testkuratorium 1986).

Deshalb dauern die Tests dieser Studie nicht länger als 20 Minuten, stellen zwar für die Motivation und Konzentration durch den monotonen Testablauf hohe Anforderungen gerade an jüngere Kinder, können aber nach der Auffassung des Verfassers trotzdem als zumutbar bezeichnet werden.

Die Unverfälschbarkeit gibt Auskunft über das Maß, mit dem ein Test die individuelle Kontrolle über Art und Inhalt der verlangten bzw. gelieferten Information ermöglicht (Testkuratorium 1986).

Da die Kinder keinen Einblick in den Testablauf bekommen und auch keine Möglichkeit besitzen, die Testergebnisse als richtig oder falsch zu erkennen, sind die Tests als unverfälschbar zu klassifizieren

Die Fairness bedingt, dass es nicht zu einer systematischen Diskriminierung bestimmter Testpersonen z. B. auf Grund ihrer ethischen, soziokulturellen oder geschlechtsspezifischen Gruppenzugehörigkeit kommt (Testkuratorium 1986).

Hier dürften keine kulturellen Unterschiede bestehen, da die Tests einfache Töne also nonverbale Reize verwenden. Auch sollten milieubedingte Defizite hier keine Rolle spielen, da hier keine besonderen Ansprüche an z. B. das Allgemeinwissen gestellt werden. Die Tests dürften allen Gruppen gegenüber fair sein.

So kann man abschließend sagen, dass den Nebengütekriterien eine ausreichende Beachtung zukam und sie für die hier untersuchten Testverfahren zur Bestimmung der Ordnungsschwelle und Tondauerdiskrimination zu gelten scheinen.

### 3. Fragestellung

Wie bereits ausführlich dargestellt, finden Tests zur Ordnungsschwelle und Tondauerdiskrimination in der Diagnose und teilweise auch in der Therapie von Teilleistungsstörungen eine weite Anwendung. Diesen Tests und ihren Items mangelt es jedoch an der Überprüfung der Regeln, die für die Konstruktion solcher Verfahren in Testtheorien formalisiert wurden. Es liegen also im Allgemeinen keine Erkenntnisse über die Güte dieser Verfahren vor.

Man muss Untersuchungsverfahren hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und Repräsentativität überprüfen, um v. a. eine fehldeutige Diagnostik der Kinder mit Verdacht auf zentrale auditive Wahrnehmungs- und Verarbeitungsstörungen zu vermeiden.

Dies führt uns zu folgenden Fragestellungen:

#### **Ist die Ordnungsschwelle bzw. die Fähigkeit zur Tondauerdiskrimination vom Alter oder dem Geschlecht des Kindes abhängig?**

Es liegen einige Untersuchungsergebnisse vor, die auf eine Altersentwicklung der auditiven Ordnungsschwelle und somit auf eine Abnahme der Ordnungsschwelle mit dem Alter hindeuten. Diese Entwicklung soll in der vorliegenden Studie nicht nur für die Ordnungsschwelle, sondern auch für die Tondauerdiskriminationsfähigkeit überprüft werden.

*Ab welchem Alter sind die Untersuchungen durchführbar?*

*Sind auch noch während des Schulalters Verbesserungen der Zeitdiskriminationsfähigkeit zu beobachten?*

Es müssen also Aussagen getätigt werden, ab wann der Test einsetzbar ist und welchen Verlauf die Testergebnisse über die Alterstufen nehmen.

*Besteht eine Abhängigkeit vom Geschlecht des Kindes?*

Bisher wurde nicht untersucht, ob hinsichtlich der Testergebnisse bzw. deren Entwicklungsverlauf im Kindesalter Geschlechtsdifferenzierungen bestehen. In der vorliegenden Studie wird auch das Geschlecht hinsichtlich seines Einflusses auf das Ergebnis überprüft.

#### **Wie stabil sind die Ergebnisse der Untersuchungen?**

Der Wert der Diagnostik wird maßgeblich von der Reproduzierbarkeit und damit der Zuverlässigkeit der Testmethoden bestimmt.

*Wie stabil sind die Ergebnisse über den Zeitraum von einer Woche?*

Um eine Aussage hierüber zu erhalten, wurden im Abstand von einer Woche zwei Messungen durchgeführt.

*Wie stabil sind die Werte über den Zeitraum von vier Monaten?*

Hierzu wurden im Abstand von vier Monaten zwei Messungen durchgeführt.

## Wie valide sind die Untersuchungsergebnisse?

Verlässliche Außenkriterien für auditive Wahrnehmungsfähigkeit bzw. Zeitverarbeitung sind nicht bekannt. In der Untersuchung können deshalb nur indirekte Hinweise auf die Validität der Tests gewonnen werden. Dabei wird zum einen untersucht, ob sie an Stelle spezifischer auditiver Fähigkeiten allgemeine kognitive Leistungen beurteilen, und zum anderen, ob Kinder, bei denen auf Grund der Anamnese sehr gute bzw. sehr schlechte auditive Fähigkeiten zu vermuten sind, im Test auch besonders gut bzw. schlecht abschneiden. Hierzu ist nochmals besonders zu betonen, dass diese Kriterien sehr „weich“ sind, da über deren Validität nichts bekannt ist.

*Besteht ein Zusammenhang zu anamnestischen Hinweisen auf eine bessere oder schlechtere auditive Fähigkeit?*

Hierbei wird der Zusammenhang der Tests der Ordnungsschwelle und Tondauerdiskrimination zur Musikalität, zu anderen Tests der auditiven Wahrnehmung, zu Hinweisen auf eine auditive Wahrnehmungsstörung und zum Verhalten des Kindes untersucht.

Besteht eine Abhängigkeit der Ergebnisse von der Musikalität der Kinder?

Es ist zu vermuten, dass musikalische Kinder über besonders gute auditive Fähigkeiten verfügen. Wenn die Zeitdiskrimination auditiver Reize einen Bereich der auditiven Wahrnehmung darstellt, ist zu erwarten, dass sich die erhobenen Testergebnisse von musikalischen und weniger musikalischen Kindern unterscheiden.

Korrelieren die Ergebnisse mit anderen Fähigkeiten der auditiven Wahrnehmung?

Unter der Annahme, dass die Zeitdiskrimination auditiver Reize einen Bereich der auditiven Wahrnehmung darstellt, ist eine Korrelation der Ergebnisse mit anderen Tests zur Bestimmung auditiver Fähigkeiten zu erwarten.

Korrelieren die Ergebnisse mit anamnestischen Hinweisen auf auditive Wahrnehmungsschwächen?

Bei Verdacht auf auditive Wahrnehmungsstörungen wird bei der Anamneserhebung nach Symptomen, die als spezifisch für die Störung angesehen werden, gefragt. Es ist zu erwarten, dass Kinder mit anamnestischen Hinweisen auf auditive Wahrnehmungsstörungen in den Tests zur Zeitdiskriminationsfähigkeit schlechter abschneiden.

Korrelieren die Ergebnisse mit Verhaltensauffälligkeiten?

In zahlreichen Publikationen wird die Vermutung geäußert, dass auditive Wahrnehmungsschwächen zu Konzentrations- und Aufmerksamkeitsstörungen führen. Bei Kindern mit Konzentrationschwäche ist deshalb ein schlechtes Abschneiden bei den Tests zu erwarten.

Erfassen die Untersuchungen spezifische Leistungen oder sind die Ergebnisse eher Ausdruck von Intelligenz, Konzentrationsfähigkeit bzw. allgemeiner Wahrnehmungsfähigkeit?

Während der Untersuchungen haben die Kinder die Aufgabe, über einen längeren Zeitraum auf akustische Reize zu achten und diese hinsichtlich zeitlicher Parameter zu analysieren. Bislang ist unklar, inwieweit allgemeine kognitive Fähigkeiten in das Ergebnis eingehen. Deshalb wird hier der Zusammenhang der Tests der Ordnungsschwelle und der Tondauerdiskrimination zur nonverbalen Intelligenz, zur Konzentrationsfähigkeit und zur allgemeinen Wahrnehmungsfähigkeit untersucht.

## 4. Methodik

### 4.1 Stichprobe

#### 4.1.1 Gewinnung der Stichprobe

Um Kinder für die Untersuchung zu gewinnen, wurden insgesamt sechs normale Kindergärten und sechs Regel-Grundschulen der Stadt München kontaktiert. Unter dem Motto „Kinder helfen Kindern“ (siehe Anhang 1) wurde die Schul- und Kindergartenleitung über Sinn, Zweck und Ablauf der geplanten Studie unterrichtet, mit der Bitte, Handzettel die über die Studie und ihre Ziele Auskunft gaben und zur Mitarbeit aufriefen, an interessierte Eltern zu verteilen. Alle angesprochenen Einrichtungen erwiesen sich als sehr hilfsbereit.

Die Eltern wurden aufgeklärt, dass Untersuchungsverfahren zum Nachweis von Wahrnehmungsstörungen gesucht werden, die eine frühzeitige Diagnosestellung erlauben, um eine Frühbehandlung der damit eventuell verbundenen Sprachentwicklungs-, Lese-, Rechtschreib- und Konzentrationsstörungen durchführen zu können. Da die Voraussetzung dafür der Vergleich der Ergebnisse von gesunden Kindern mit denen kranker Kinder ist, sollten an der Studie nur gesunde und altersentsprechend entwickelte Kinder teilnehmen.

Auch wurde über den Ablauf der Studie Auskunft gegeben, die aus zwei Einheiten von jeweils ca. zwei Stunden bestehen und an zwei verschiedenen Tagen stattfinden sollten, um das Kind nicht zu ermüden. Die Einheiten bestehen aus Tests zur Hörprüfung und zur akustischen Wahrnehmung, die den Eltern so erklärt wurden, dass ihre Kinder verschiedene Töne, Geräusche und Wörter erkennen müssen. Sie wurden auch darüber informiert, dass sie einen Fragebogen zum Stand der Entwicklung des Kindes ausfüllen müssen.

#### 4.1.2 Altersverteilung der Stichprobe

Insgesamt nahmen 126 normal entwickelte Kinder im Alter zwischen fünf und zwölf Jahren an dieser Studie teil. Davon waren 69 Jungen und 57 Mädchen. Tabelle 1 zeigt die Häufigkeitsverteilung in den einzelnen Altersstufen und die Geschlechtsverteilung. Der Mittelwert des Alters lag bei 102 Monaten bzw. bei acht Jahren.

**Tabelle 1** Gesamtzahl und Prozent der Testperson an den einzelnen Altersgruppen, nach dem Geschlecht getrennt.

Geschlecht	Alter in Jahren	männlich		weiblich		beide	
		Gesamtzahl	Prozent	Gesamtzahl	Prozent	Gesamtzahl	Prozent
	5	10	7,9	5	4,0	15	11,9
	6	6	4,8	5	4,0	11	8,8
	7	10	7,9	10	7,9	20	15,8
	8	15	11,9	10	7,9	25	19,8
	9	17	13,5	12	9,5	29	23,0
	10	7	5,6	10	7,9	17	13,5
	11	4	3,2	4	3,2	8	6,4
	12	—	—	1	0,8	1	0,8
<b>Gesamt</b>		69	54,8	57	45,2	126	100

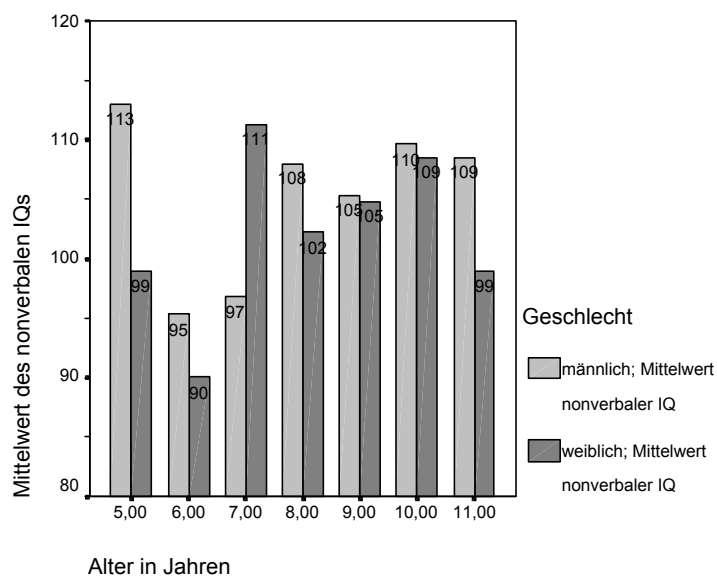
Da die Gruppe der Zwölfjährigen nur aus einem Mädchen besteht, wird sie in den weiteren Berechnungen nicht mehr berücksichtigt, da die Anzahl zu gering ist und zu Verfälschungen des Ergebnisses führen würde.

### 4.1.3 Intelligenzverteilung der Stichprobe

Mit 60 der teilnehmenden Kinder wurde ein Test zur Beurteilung der nonverbalen Intelligenz durchgeführt. Hierzu wurden die Anteile der Kaufman-Assessment-Battery for children (K-ABC) benutzt, die nonverbal durchgeführt werden können.

Die Auswertung erfolgte altersbezogen nach dem Handbuch zum K-ABC. In dieser Gruppe ergaben sich ein Median von 106,0, ein Minimum von 77,0 und ein Maximum von 129,0.

**Abbildung 2 Nonverbaler IQ der Stichprobe**



**Tabelle 2 Anzahl der Kinder in den verschiedenen Altersgruppen**

Alter in Jahren	5	6	7	8	9	10
Anzahl männlich	1	3	5	11	12	3
Anzahl weiblich	1	1	7	4	5	4

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die explorative Datenanalyse der nonverbalen Intelligenz.

**Tabelle 3 Nonverbale Intelligenz der Stichprobe; explorative Datenanalyse**

		Anzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	Min.	Max.
<b>Gesamt</b>		60	105	11	77	129
<b>männlich</b>		37	105	11	84	129
<b>weiblich</b>		23	106	12	77	122
<b>Alter in Jahren</b>	5	2	106	10	99	113
	6	4	94	7	87	103
	7	12	105	11	89	119
	8	15	107	11	87	122
	9	17	105	11	77	129
	10	7	109	10	96	122
	11	3	105	17	92	125

#### 4.1.4 Ausschlusskriterien

Die Kinder sollten zu Beginn der Studie nicht jünger als fünf oder älter als zwölf Jahre sein. Ein Kind war mit einem Alter von fünf Jahren angemeldet, es stellte sich jedoch heraus, dass es wesentlich jünger war. Dieses Kind konnte nicht in die Studie aufgenommen werden.

Eine weitere Voraussetzung war, dass es sich um normal entwickelte, gesunde, durchschnittlich intelligente und gut hörende Kinder handeln sollte. Daraus ergeben sich folgende Ausschlusskriterien, die teilweise durch Tests, teilweise aus dem Anamnese- und Erhebungsbogen eruiert werden konnten.

##### **Sprach- oder Lernstörungen, insbesondere Lese-Rechtschreibschwächen**

Informationen zu diesem Sachverhalt konnten aus dem Anamnesebogen gewonnen werden. Auf Grund einer vermuteten Lese-Rechtschreibschwäche musste ein Kind aus der Studie ausgeschlossen werden. Dieses Kind wurde zu weiteren Untersuchungen an das Institut verwiesen.

##### **Andere wesentliche Erkrankungen in der Vorgeschichte**

Diese genannten Störungen bzw. Erkrankungen wurden auch anhand des Anamnesebogens erhoben. Hierzu zählten Auffälligkeiten bei Schwangerschaft oder Geburt, bisherige Entwicklung des Kindes (Auffälligkeiten v. a. im motorischen und sprachlichen Bereich, Behandlungsbedürftigkeit) und momentaner Entwicklungsstand, auch im Vergleich zu Gleichaltrigen. Weiterhin hätten ernsthafte oder chronische Erkrankungen, Medikamenteneinnahme, Erkrankungen mit Bewusstlosigkeit bzw. epileptische Anfälle oder andere Erkrankungen des Kopfes, Sehstörungen, Ohrerkrankungen und Hörstörungen zu einem Ausschluss aus der Studie geführt. Aus diesen Gründen musste kein Kind aus der Studie ausgeschlossen werden.

##### **Hörstörungen**

Hörstörungen konnten durch ein Screening-Audiogramm, das bei jedem Kind durchgeführt wurde, ausgeschlossen werden. Bei Mehrfachtestung der Kinder mit größeren Zeitabständen wurde vor jeder Testung ein Audiogramm erstellt. Nur ein Kind wurde hier aus der Studie

ausgeschlossen, weil eine periphere Hörminderung nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnte. Es wurde zur Behandlung an einen Facharzt weitergeleitet.

#### **4.1.5 Beschreibung der Stichprobe über den sozialen Hintergrund**

Hier werden Aussagen aus dem Anamnese- und Erhebungsbogen einer näheren Betrachtung unterzogen, um so die Stichprobe besser charakterisieren zu können.

Um über den sozialen Hintergrund der Kinder eine Auskunft zu erhalten, sollte von den Eltern im Anamnesebogen zu den Sachverhalten Auskunft gegeben werden, in welchem Familienstand das Kind lebt, mit wem das Kind lebt, welchen Beruf die Eltern ausüben und welchen Berufsabschluss sie haben, wie viele Geschwister die Kinder haben und welche Sprachen zu Hause gesprochen werden.

Um eine Aussage über die Übereinstimmung unserer Stichprobe mit der Gesamtpopulation zu bekommen, wurden diese Angaben, so weit wie möglich mit Angaben des bayrischen Landesamtes für Statistik und Datenerhebung (1999), die im Rahmen des Mikrozensus für München erhoben wurden, verglichen (siehe Anhang 2).

Leider konnten nicht alle Sachverhalte genau mit dem Statistikamt verglichen werden, da hier gleiche Angaben teilweise nicht verfügbar waren. Andere Angaben wurden dem Alter und den Gegebenheiten unserer Population entsprechend angeglichen.

So waren in unserer Stichprobe mehr Eltern verheiratet (90 %, Statistikamt: 65 %) und kein Elternpaar war ledig (Statistikamt: 27 %). Auch der Anteil der allein Erziehenden in unserer Studie war mit einem Anteil von ca. 2 % (Statistikamt: 18 %) sehr gering.

Angaben darüber, wo das Kind lebt, konnten vom Statistikamt nicht gewonnen werden. In unserer Stichprobe lebten 100 % bei ihren biologischen Eltern, was sich für den Landesdurchschnitt sicher nicht bestätigen lässt.

Im allgemeinen bayrischen Durchschnitt sind im Vergleich zu unserer Stichprobe mehr Frauen erwerbstätig (Studie: 45 %, Statistikamt: 57 %) und der Anteil der Hausfrauen ist geringer (Studie: 41,5 %, Statistikamt: 33 %). Die Zahl der arbeitslosen Frauen dagegen ist etwas höher (Studie: 1 %, Statistikamt: 2 %) als in unserer Stichprobe. Der Anteil der Erwerbstätigen unter den Männern ist allerdings geringer (Studie: 95 %, Statistikamt: 80 %) als in unserer Studie und der Anteil der Arbeitslosen höher (Studie 2 %, Statistikamt: 5 %), wohingegen in der Stichprobe kein Mann als Hausmann fungierte, während dies im Landesdurchschnitt durchaus auf sieben Prozent der Männer zutrifft.

Zum Berufsabschluss konnten nur Angaben über den Hochschulabschluss gewonnen werden, der in unserer Stichprobe für Männer (Studie: 39 %, Statistikamt: 23 %) wie für Frauen (Studie: 27 %, Statistikamt: 18 %) deutlich höher liegt als dies beim Landesdurchschnitt der Fall ist.

Die an unser Studie teilnehmenden Familien hatten in der Regel mehrere Kinder. Während im Landesdurchschnitt die Einzelkinder 49 Prozent ausmachten, waren es in unserer Studie nur 14 Prozent.

Von den an der Studie teilnehmenden Familien waren neun Prozent zweisprachig. Über den Ausländeranteil in Bayern von ca. zehn Prozent wird hier die Zweisprachigkeit in den Familien auf ungefähr den gleichen Wert geschätzt.

Es stellte sich also heraus, dass sich die Werte des bayrischen Landesamts teilweise von den Werten der Stichprobe unterschieden. Woran dies liegen mag wird in der Diskussion einer näheren Betrachtung unterzogen.



## 4.2 Untersuchungsinstrumente

Im Folgenden wird unsere Testbatterie einer näheren Betrachtung unterzogen. In Abbildung 3 sind die einzelnen Testverfahren dargestellt. Rechts sind die Tests zur auditiven Wahrnehmung aufgeführt und links die Verfahren zur Erfassung kognitiver Leistungen und allgemein auditiver und visueller Wahrnehmung und Aufmerksamkeit.

**Abbildung 3 Die Testverfahren der verwendete Testbatterie**

Anamnese- und Erhebungsbogen	Tests zur Erfassung zeitlicher Diskriminationsleistung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tondauerdifferenzierung</li> <li>• Auditive Ordnungsschwelle (v. Steinbüchel)</li> </ul>
Audiogramm	Tests zur Erfassung der Differenzierungsfähigkeit von Tönen und Geräuschen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tonhöhendifferenzierung</li> <li>• Lautstärkendifferenzierung</li> <li>• Mustererkennung</li> <li>• Identifizieren von Alltagsgeräuschen (Heinemann)</li> </ul>
Tests zur Erfassung allgemeiner kognitiver Leistungen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nonverbale Intelligenz (K-ABC, Kaufman-Assessment Battery for Children)</li> <li>• Visuelle Wahrnehmung (MVP-T)</li> <li>• Auditive und visuelle Aufmerksamkeit (TAP)</li> </ul>	Tests zur Erfassung der Sprachwahrnehmung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Test mit zeitkomprimierter Sprache (Nickisch 1985)</li> <li>• Binaurale Summation (Matzker 1959)</li> <li>• Sprache im Störgeräusch (Göttinger Kindersprachtest)</li> <li>• Lautdifferenzierung (Audiolog)</li> </ul>
	Tests zur Bestimmung der auditiven Merkfähigkeit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zahlen nachsprechen (K-ABC)</li> <li>• Kunstwörter nachsprechen (Schöler)</li> </ul>

Um eine verminderte akustische Wahrnehmungsleistung auszuschließen, bedarf es zunächst des Ausschlusses einer peripheren Hörstörung, denn eine Schwerhörigkeit, also eine Hörstörung, die mit einem Hörverlust einhergeht, führt immer zu einer Einschränkung der auditiven Wahrnehmung (Affolter & Bischofberger 1982). Um also ein normales peripheres Gehör voraussetzen zu können, wird ein Audiogramm erstellt.

Zudem beinhaltet die Testbatterie unserer Studie auch Testverfahren zur Bestimmung der kognitiven Wahrnehmung und der allgemeinen auditiven und visuellen Wahrnehmung und Aufmerksamkeit. Mit ihnen soll überprüft werden, ob auditive Leistungen oder allgemeine Wahrnehmungs- oder Konzentrationsleistungen erfasst wurden.

Zur Klärung der Abhängigkeit der Testergebnisse von kognitiven Eigenschaften wurde auch die Intelligenz überprüft. Es wurde hier ein nonverbaler Intelligenztest gewählt, weil sich die Minderleistungen der psychischen Einzelbereiche, wie z. B. das verbale Verstehen, auch auf das Gesamtergebnis eines Entwicklungstests auswirken können. Darum soll das Ergebnis des zur Anwendung kommenden Verfahrens nicht wesentlich durch die jeweilige Störung beeinflusst werden (v. Suchodoletz 1994). Bei sprachlichen Störungen sollten also Tests angewendet werden, die möglichst ohne Sprache auskommen hier also ein nonverbaler Test.

Des Weiteren kommen auch neuropsychologische Testverfahren zur Anwendung, die speziell zur Erfassung kognitiver Einzelleistungen entwickelt wurden. Diese sind in der Regel recht zeitaufwändig, anstrengend und meist sind mehrere Sitzungen für ihre Durchführung nötig (Suchodoletz 1994). Die auditiven Testverfahren, die in unserer Studie zur Anwendung kamen, sollten nicht länger als 20 Minuten dauern. Die Gesamttestzeit wurde auf zweimal 45 Minuten festgelegt und die Tests sollten mit möglichst wenig Sprache und ohne Schrift auskommen, damit auch Vorschulkinder getestet werden konnten.

#### **4.2.1 Anamnese- und Erhebungsbogen**

Um über soziale Gegebenheiten und frühere Krankheiten Auskunft zu bekommen, war von den Eltern ein Anamnesebogen auszufüllen. Dies diente dazu, die Repräsentativität der Stichprobe zu prüfen und kranke Kinder aus der Studie auszuschließen, da sich die Untersuchung ausschließlich auf die Ergebnisse gesunder Kinder stützen sollte.

Hierzu wurde der „Elternfragebogen zur Entwicklung und zu früheren Erkrankungen“ verwendet. Dieser wurde in der Abteilung für Entwicklungsfragen des Instituts der Kinder- und Jugendpsychiatrie der Ludwig-Maximilian-Universität in München ausgearbeitet (siehe Anhang 3). Neben soziodemografischen Daten wurde auch die körperliche, geistige und sprachliche Entwicklung erfragt. Auch wurden hier Fragen zu Hinweisen auf eine zentrale Hörstörung, zur Musikalität und zum Verhalten der Kinder gestellt, die in der späteren Auswertung einer näheren Betrachtung unterzogen werden sollen.

#### **4.2.2 Audiogramm – zur Erfassung des peripheren Hörens**

Hier wurde die Hörschwelle in drei Frequenzbereichen gemessen. Diese lagen bei 0,25 KHz, 1 KHz und 6 KHz. Das rechte und linke Ohr wurden separat getestet.

Vor dem eigentlichen Test musste sichergestellt werden, dass das Kind die Aufgabe verstanden hatte und wusste, wie sich die Töne anhören, d. h. für jede Frequenz wurde ein Übungsdurchgang gemacht. Dem Kind wurden nun über Kopfhörer die Töne mit steigender Lautstärke vorgespielt, es sollte auf das entsprechende Ohr zeigen, sobald es einen Ton hörte.

Bei auffälligen Werten (> 30 dB) musste die Messung wiederholt bzw. überprüft werden. Unauffällige Werte gingen in die Tabelle mit einem Wert von 1 ein. Kinder mit auffälligen Werten wurden von der Studie ausgeschlossen.

Die Testung des peripheren Hörvermögens dauerte ca. drei Minuten.

### 4.2.3 Tests zur Erfassung allgemeiner kognitiver Leistungen

#### **K-ABC (Kaufman-Assessment Battery for children) – Zur Erfassung der nonverbalen Intelligenz**

Zur Erfassung der nonverbalen Intelligenz wurden Anteile der Kaufman-Assessment-Battery for children durchgeführt. Diese waren:

- Handbewegungen nachahmen
- Dreiecke zusammensetzen
- Bildhaftes Ergänzen
- Räumliches Gedächtnis
- Fotos erinnern

Für alle Untertests wird eine Einführungsaufgabe durchgeführt, mit der sichergestellt wird, dass die Aufgabe verstanden worden ist.

Es darf keine Rückmeldung über die Richtigkeit der Antworten gegeben werden. Die Zeitbegrenzung muss unbedingt eingehalten werden, andernfalls wird die Lösung als falsch gewertet. Der Anfangs- und Endpunkt eines Tests unterscheiden sich für die verschiedenen Altersgruppen. Im Allgemeinen dauert dieser Test ca. 40 Minuten.

Die Auswertung erfolgte altersbezogen nach dem Handbuch zum K-ABC.

#### **MVPT-Test (motor-free visual perception test) – Zur Erfassung der visuellen Wahrnehmung**

Der Test wird mit den MVPT-R Testunterlagen durchgeführt. Dabei werden dem Kind Karten vorgelegt, auf denen es sich aus vier Alternativen für eine entscheiden muss.

Bei Item 1-8 befinden sich auf derselben Karte die Zielfigur und die Reihe der vier Alternativfiguren, aus denen es sich für die Richtige entscheiden soll.

Item 9-13 geben die Zielfigur auch kleiner, größer, dunkler oder seitenverkehrt wieder.

Bei Item 14-21 gehören zu jeder Aufgabe zwei Seiten. Die erste zeigt die Zielfigur, während die zweite Seite die vier Antwortmöglichkeiten zeigt. Hierbei darf die Zielfigur dem Kind kein zweites Mal gezeigt werden.

Item 22-34 zeigen unvollständige Figuren die das Kind gedanklich „fertigzeichnen“ und wieder einer der vier Alternativen zuordnen soll.

Bei Item 35-40 muss das Kind eine Figur herausfinden, die nicht zu den anderen passt.

Der Versuchsleiter darf beim Zeigen der Items keine Hinweise auf die richtige Antwort geben. Vor jedem der insgesamt fünf Versuchsabschnitte wird ein Übungsbeispiel durchgeführt. Der Protokollbogen muss für das Kind uneinsichtig sein.

Die Summe der übereinstimmenden Antworten ergibt den Rohwert (raw score). Anhand des raw scores können der Wahrnehmungsquotient und das Wahrnehmungsalter bestimmt werden. In die Auswertung wird später der Wahrnehmungsquotient eingehen. Dieser Test dauert im Allgemeinen ca. 15 Minuten.

## **TAP (Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung; Zimmermann & Finn) – Zur Erfassung der auditiven und visuellen Aufmerksamkeit**

Test zur visuellen Aufmerksamkeit:

Auf einem Bildschirm leuchten in einem Feld gleichzeitig mehrere Kreuze auf. Wenn vier der Kreuze ein kleines Quadrat bilden, soll das Kind möglichst schnell eine Taste drücken.

Test zur auditiven Aufmerksamkeit:

Ein hoher und ein tiefer Ton werden über Lautsprecher alternierend dargeboten. Wenn der gleiche Ton zweimal hintereinander zu hören ist, soll das Kind möglichst schnell die Taste drücken.

In die Bewertung geht die Anzahl der ausgelassenen Quadrate bzw. Töne ein.

Dieser Test dauert ca. zehn Minuten.

### **4.2.4 Tests zur Erfassung der zeitlichen Diskriminationsfähigkeit auditiver Reize**

Wie bereits erläutert, fanden in der vorliegenden Studie die Tests zur Tondauerdifferenzierung und zur Ordnungsschwelle nähere Betrachtung.

#### **Tondauerdifferenzierung**

Dem Kind werden jeweils zwei Töne über Lautsprecher vorgespielt, die Tondauer der beiden Töne ist variabel. Es soll entscheiden, ob die Tonlänge des Tonpaares gleich oder unterschiedlich ist.

Zunächst werden dem Kind die Bilder zweier gleicher und zweier unterschiedlicher Würmer gezeigt und erklärt. Der Versuchsleiter lässt sich vom Kind die Unterschiede zeigen, um sicher zu gehen, dass das Antwortschema verstanden worden ist. Es soll bei gleicher Tondauer auf die gleichen und bei unterschiedlicher Tondauer auf die ungleichen „Würmer“ zeigen.

Dem Kind werden 60 Tonpaare vorgespielt. Nach 20 Paaren erfolgt eine Pause von 20 Sekunden. Es dürfen auch weitere Pausen gemacht werden, die einzelnen Tonpaare dürfen aber nicht wiederholt werden. Es darf auch keine Rückmeldung über die Richtigkeit der Antwort gegeben werden.

Die Übungsphase besteht aus vier Demonstrations- und vier Übungstonpaaren. Bei der Demonstration wird dem Kind direkt am Anschluss an jedes Tonpaar erklärt, was es hört. Begreift das Kind die Aufgabenstellung nach der Übung nicht, wird die Demonstration und die Übung noch einmal wiederholt. Selbst wenn die Übung beim zweiten Mal wieder falsch gemacht wird, kann mit dem Test begonnen werden.

Der DAT-Rekorder wird mit der DAT-Kassette bestückt und auf Track 3 gestellt. Der Lautstärke-regler des Lautsprechers steht auf Stufe 3 (65 dB), bei einer Frequenz von 1.000 Hz.

Das Zeitintervall zwischen Ende des ersten und Anfang des zweiten Tons beträgt 600 ms. Zwischen den Tonpaaren ist eine Pause von 5 s, nach 20 Trials gibt es eine Unterbrechung von 20 s. Die Tonpaare sind mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden ausgestattet. Eine kleine Abweichung zwischen den Tondauern der beiden Töne wird als schwierig (s) bezeichnet, eine mittlere Abweichung als mittel (m) und eine große Abweichung als leicht (l) bezeichnet.

Es gibt fünf Ausprägungen für die Tondauer des Grundtons:

175 ms, 250 ms, 325 ms, 400 ms, 475 ms.

Die Länge des zweiten Tons errechnet sich wie folgt:

$100 \text{ ms} + 25 \text{ ms} \times (i-j)$      $i$  = Name des Grundtones (1-5)

$j$  = Name der Abweichung (1 = kleine, 2 = mittlere, 3 = große Abweichung)

Von den 60 Tonpaaren sind 30 von gleicher Dauer. Von den 30 Tonpaare mit unterschiedlicher Dauer sind jeweils zehn von leichter, mittlerer und schwerer Ausprägung.

Abgebrochen wird der Test, wenn mehr als zehn Tonpaare nacheinander nicht erkannt werden.

Der Versuchsleiter kreuzt die jeweilige Antwort des Kindes auf dem Protokollbogen (Anhang 4) an, wobei das Protokollblatt für das Kind nicht sichtbar sein sollte, da hier die richtige Lösung schraffiert ist. Stimmen die Antworten des Kindes mit der Schraffierung überein, wird es als richtig gewertet. Zur Auswertung kommt die Summe der richtigen Antworten, deren Maximum bei 60 liegt.

Der Test dauerte im Schnitt neun Minuten, wobei ein Minimum bei fünf Minuten lag und ein Maximum bei 19 Minuten. Von insgesamt 126 Kindern nahmen 22 aus organisatorischen Gründen nicht teil. Bei fünf der teilnehmenden Kinder konnte der Test nicht ausgewertet werden, weil sie entweder den Test verweigerten oder keine Zeit verblieb, da die einzelnen Testblöcke nicht länger als 45 Minuten dauern sollten.

### **Auditive Ordnungsschwelle**

Die Ordnungsschwelle wurde von der auditiven Modalität gemessen, denn bei Patienten soll sie mehr Aussagekraft für eine zeitliche Verarbeitungsstörung haben als auf der visuellen Domäne (Farmer & Klein 1995).

Die zeitliche Ordnungsschwelle (Ordnungsschwellen-Messgerät mit Verstärker und Kopfhörer wurden vom Institut für Medizinische Psychologie in München zur Verfügung gestellt) wurde mittels Computer gestützter Programme mit einem IBM-PC (AM 486DX/100 MHz) erfasst. Der 8352-Timer misst die Zeitintervalle unabhängig von der Computerausstattung mit einer Auflösung von  $1.000 \mu\text{s}$  (1 ms). Für die Erzeugung einer konstanten Amplitude wurde zusätzlich eine standardisierte AD/DA-Karte eingebaut. Die Stimuli werden binaural, dichotisch über Kopfhörer (Philips SBC 3382) mit 100 dB SPL dargeboten. Der Lautstärkepegel am Kopfhörerausgang wurde von Dipl. Ing. W. Schmid von der Arbeitsgruppe Technische Akustik am Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation der TU München an einem künstlichen Ohr ermittelt und am Lautstärkeregel markiert. Die Stimuli sind rechteckige Klicks mit einer Dauer von 1 ms.

Die Messung der Ordnungsschwelle ist in eine Geschichte eingebunden:

*Du bist der Funker in einem Flughafen. Es herrscht dichter Nebel und es landen viele Flugzeuge. Du bist jetzt dafür verantwortlich, dass alle Flugzeuge landen können. Die Flugzeuge kommen mal von rechts und mal von links. Du musst jetzt immer darauf achten, von welcher Seite das Flugzeug kommt. Dafür hörst du folgende Signale. Du hörst immer zwei Klickgeräusche und immer das erste sagt dir, von welcher Seite das Flugzeug kommt. Davor hörst du drei „tik-Geräusche“, die dir sagen, dass das Flugzeug gleich kommt. Ich tippe deine Antwort immer ein und gebe sie so an den Piloten weiter. So weiß er, ob er sich auf dem richtigen Kurs befindet. Du sagst ihm also, wie er landen soll.*

Der Bildschirm darf für das Kind nicht einsehbar sein.

Zum Übungsdurchgang wird folgende Instruktion gegeben (test trial):

*„Du hörst gleich drei Geräusche, die wie tak, tak, tak, klingen. Danach hörst du zwei Klicks. Du sollst mir dann zeigen, auf welcher Seite du den ersten Klick gehört hast.“*

Das Kind soll die entsprechende Hand heben. Wenn es die Klicks gleichzeitig hört, soll es beide Hände heben. Dem Kind wird der einfachste Reiz (600 ms) so lange wiederholt bis es fünf Mal richtig geantwortet hat. Es ist sicher zu stellen, dass das Kind die Aufgabenstellung richtig verstanden hat. Im Übungsdurchgang wird vom Versuchsleiter eine Rückmeldung gegeben. Die Übungsphase findet mit drei unterschiedlichen Trials statt: 600 ms, 10 ms und 305 ms.

Es ist vom Versuchsleiter zu überprüfen, ob die Anzeige am Bildschirm mit den Reizen am Kopfhörer übereinstimmt. Gegebenenfalls müssen die Kanäle (links/rechts) vertauscht werden.

Die Zeiten der ersten zehn Reize sind vorgegeben und bei allen Kindern gleich. Hier erfolgt eine Rückmeldung des Versuchsleiters, ob die Antwort richtig ist. Aus den Werten der ersten zehn Trials wird der elfte Wert individuell, anhand eines adaptiven Algorithmus (YAAP; Treutwein 1997), berechnet.

Das Kind soll immer versuchen anzugeben, ob es den Reiz rechts oder links gehört hat. Es soll die Aussage „Gleichzeitig“ nur tätigen, wenn es ganz sicher ist. Der Reiz darf wiederholt werden. Wenn das Kind unkonzentriert erscheint (hebt die Hand immer abwechselnd links und rechts), wird der Kopfhörer abgenommen und eine Pause eingelegt.

Wenn der Eindruck besteht, das Kind hat die Übungsaufgabe nicht verstanden, muss der Durchgang wiederholt werden. Hat das Kind die Fragestellung dann immer noch nicht verstanden, muss der Test abgebrochen werden.

Sobald das Kind 75 Prozent richtige Antworten bei einem Ordnungsschwellenwert gegeben hat, stoppt der Test automatisch. Auf dem Bildschirm sind dann folgende Werte zu ersehen: linker Wert, rechter Wert und beide (both).

Die Werte für links, rechts, beide und die Anzahl der benötigten Klickpaare werden auf dem Testprotokoll (Anhang 5) festgehalten.

Der Test dauerte ca. zwölf Minuten, wobei das Minimum bei fünf Minuten und das Maximum bei 70 Minuten lag. 109 der Kinder nahmen an dem Ordnungsschwellentest teil. Von diesen war der Test bei zwölf Kindern nicht auswertbar, da sie entweder verweigerten, den Test nicht verstanden oder ein technisches Versagen der Apparatur auftrat. Bei siebzehn Kindern, das entspricht 6,4 Prozent, wurde er aus organisatorischen Gründen nicht durchgeführt. Eine Störung durch Lärm war nicht zu befürchten, da mit Kopfhörern gearbeitet wurde.

#### **4.2.5 Sonstige Tests zur Erfassung der auditiven Wahrnehmungsfähigkeit**

Da bei der Erfassung von auditiven Wahrnehmungsstörungen eine Testbatterie von Nöten ist, wurden die Kinder bei der vorliegenden Studie nicht nur Tests zur zeitlichen Diskriminierung, sondern auch Tests zur Differenzierungsfähigkeit von Tönen und Geräuschen, zur Erfassung der Sprachwahrnehmung und zur Klärung der auditiven Merkfähigkeit unterzogen. Diese anderen Tests, von denen angenommen wird, dass sie eine Aussage über die auditive Wahrnehmung machen, werden hier nur kurz dargestellt und finden an anderer Stelle eine nähere Betrachtung.

##### **Tests zur Erfassung der Differenzierungsfähigkeit von Tönen und Geräuschen**

Um die Differenzierungsfähigkeit von Tönen und Geräuschen zu testen, finden die Tonhöhen-differenzierung, die Lautstärkendifferenzierung, das Erkennen von Mustern und das Identifizieren von Alltagsgeräuschen Anwendung.

Bei der Tonhöhen- und Lautstärkendifferenzierung soll das Kind entscheiden, ob die Tonhöhe bzw. die Lautstärke eines Tonpaares gleich oder unterschiedlich ist.

Beim Mustererkennen werden dem Kind jeweils zwei Dreiklänge (kleine Melodien) über Lautsprecher vorgespielt. Das Kind soll nun entscheiden, ob die Dreiklänge gleich oder unterschiedlich sind.

Beim Erkennen von Alltagsgeräuschen (Einzelgeräusche und Figur-Grund-Wahrnehmung nach Heinemann) müssen zunächst einzelne Geräusche auf einem Bild identifiziert und danach eine Summe von Alltagsgeräuschen erkannt und der jeweiligen Situation zugeordnet werden.

### **Tests zur Erfassung der Sprachwahrnehmung**

Hierzu zählen der Hörtest mit zeitkomprimierter Sprache (Nickisch 1985), die Binaurale Summation (Matzker 1959), Sprache im Störgeräusch erkennen (Göttinger Kindersprachtest) und die Lautdifferenzierung (Audiolog).

Beim Hörtest mit zeitkomprimierter Sprache muss das Kind schnell vorgesprochene Worte korrekt in einer adäquaten Geschwindigkeit nachsprechen.

Bei der binauralen Summation soll die Testperson eine Wortreihe, die jeweils nur mit tiefer, hoher oder normaler Frequenz vorgespielt wird, nachsprechen.

Bei der Sprache im Störgeräusch sind vom Kind Wörter, die dem Göttinger Kindersprachtest entstammen, auf einer Bildtafel mit je vier Bildern zu identifizieren, die vorher mit einem Störgeräusch dargeboten wurden.

Bei der Lautdifferenzierung sollen zwei sehr ähnlich klingende Worte, wie z. B. Tanne und Kanne, erkannt werden, indem das richtige Wort auf einem Bild, mit den zwei jeweiligen Abbildungen, richtig identifiziert wird.

### **Tests zur Bestimmung der auditiven Merkfähigkeit**

Um die auditive Merkfähigkeit zu bestimmen, wurde zum einen ein Untertest aus dem K-ABC (Zahlen nachsprechen) verwendet, bei dem eine immer länger werdende Zahlenreihe richtig nachgesprochen werden soll.

Zum anderen wurde der Test „Kunstwörter nachsprechen“ (Schöler et al. 1998) verwendet, bei dem erfundene, sinnfreie Wörter, die immer länger werden, korrekt nachgesprochen werden müssen.

## **4.3 Ablauf der Studie**

Jedes Kind erhielt zwei, jeweils etwa zweistündige Termine, die in den Räumen der Ambulanz des Instituts für Kinder- und Jugendpsychiatrie der Ludwig-Maximilian-Universität München stattfanden.

Die Durchführung der Testung erfolgte von der Autorin und drei weiteren Doktorandinnen. Die Betreuung der Eltern und die Kontrolle des richtigen und vollständigen Ausfüllens des Anamnese- und Erhebungsbogens erfolgte über die EEG-Assistentinnen des Instituts. Sie sorgten auch für die Einverständniserklärungen der Eltern und die Rückerstattung des Fahrgeldes.

Über eine Codierung durch ID-Nummern wurde die Anonymität gewährleistet.

Die Studie wurde in zwei Teile gegliedert.

Der erste Teil der Studie fand im April statt. Hier absolvierten die Kinder an zwei verschiedenen Terminen, jeweils zwei Testblöcke à 45 Minuten. Vier Testleiter untersuchten insgesamt 84 Kinder, die zu diesem Zeitpunkt an der Studie teilnahmen.

Die Testblöcke der einzelnen Versuchsleiter unterschieden sich geringfügig, da eine möglichst gleichmäßige Aufteilung der einzelnen Tests gewährleistet werden sollte. Allerdings wurde nach 45 Minuten der Testblock abgebrochen, unabhängig davon, ob alle Tests durchgeführt wurden. Dies führte dazu, dass die Anzahl der Kinder bei den einzelnen durchgeführten Aufgaben doch teilweise erheblich variierten.

Es sollen im Folgenden die einzelnen Testblocks dargestellt werden.

Testblock 1:

1. TAP, Audiogramm, MVPT und Lautstärkenunterscheidung; von Versuchsleiter 2 und 4 durchgeführt.
2. TAP, Audiogramm, Geräusche erkennen und Tonhöhenunterscheidung; nur von Versuchsleiter 3 durchgeführt.
3. TAP, Audiogramm, Geräusche erkennen und Kunstwörter nachsprechen; von Versuchsleiter 1 durchgeführt.

Testblock 2:

Ordnungsschwelle, Zahlen nachsprechen, Mustererkennen und Tondauerunterscheidung; von allen vier Versuchsleitern durchgeführt.

Testblock 3:

Lautdifferenzierung, Sprache im Störgeräusch, binaurale Summation und Hörtest mit zeitkomprimierter Sprache; von allen vier Versuchsleitern durchgeführt.

Testblock 4:

1. K-ABC; nur von Versuchsleiter 1 und 3 durchgeführt.
2. Tonhöhenunterscheidung, Kunstwörter nachsprechen und Geräusche erkennen; von Versuchsleiter 2 und 4 durchgeführt.

Im August sollte der zweite Teil der Studie stattfinden. Um die Stabilität der Ergebnisse im Abstand von einer Woche zu untersuchen, wurden zusätzlich 42 Kinder rekrutiert. Sie wurden an zwei Terminen mit exakt den gleichen Tests, aber von verschiedenen Untersuchern getestet. Diese zwei Termine sollten ziemlich genau eine Woche auseinanderliegen (+/- 1 Tag).

K-ABC und MVPT werden bei diesen Kindern nicht erhoben, da hier nur die Stabilität über eine Woche getestet werden sollte. Das Audiogramm wurde unabhängig von den einzelnen Testblöcken erhoben.

Aus organisatorischen Gründen konnten hier nicht alle Kinder an allen Tests teilnehmen. Aus diesem Grunde wurden die Kinder zufällig in drei Gruppen geteilt, die unterschiedliche Tests absolvierten.

Gruppe A: Sie absolvieren Testblock 2 und 3 á 45 Minuten.

Gruppe B: Sie absolvieren Testblock 2 und 4 á 45 Minuten.

Gruppe C: Sie absolvieren Testblock 3 und 4 á 45 Minuten.



Testblock 2 beinhaltet Ordnungsschwelle, Tondauerunterscheidung, Mustererkennen und Zahlen nachsprechen.

Testblock 3 beinhaltet Lautdifferenzierung, Sprache im Störgeräusch, binaurale Summation, Hörtest mit zeitkomprimierter Sprache und Lautstärkenunterscheidung.

Testblock 4 beinhaltet Tonhöhenunterscheidung, Kunstwörter nachsprechen, Geräusche erkennen und TAP.

Des Weiteren sollte auch die Stabilität der Werte im Abstand von vier Monaten getestet werden. Dazu wurden 40 der schon im April teilnehmenden Kinder erneut vom gleichen Versuchsleiter untersucht. Jedes Kind musste die vier Testblöcke, die es schon im April absolviert hatte, noch einmal durchführen.

Insgesamt nahmen 126 Kinder an der Studie teil. Eltern wurden auf Wunsch über die Ergebnisse ihrer Kinder informiert.

## 4.4 Statistische Auswertung

Im Folgenden werden die verwendeten statistischen Verfahren zur Überprüfung der einzelnen Hypothesen dargestellt.

### Aussagen über Median und Mittelwert

Der Mittelwert fand Verwendung, wenn die Werte normalverteilt waren und die Anzahl der Probanden größer als 15 war, da bei geringerer Anzahl die Normalverteilung nicht mehr geprüft werden kann.

Der Median ist im Gegensatz zum Mittelwert gegenüber Ausreißern ein unempfindlicheres Lagemaß und findet deshalb hier bei kleinen Probandengruppen seine Anwendung

### Lineare Regression

Die Ermittlung der funktionalen Abhängigkeit verschiedener Variablen nennt man Regression. Hier wird nicht mehr der Unterschied zwischen Dingen festgestellt, sondern es werden deren Gemeinsamkeiten ermittelt. Es wird also berechnet, wie stark die Beziehung zwischen verschiedenen Variablen ist.

Wird dieser Zusammenhang durch eine Gerade beschrieben, was sowohl bei der Ordnungsschwelle als auch bei der Tondauerdiskrimination der Fall ist, spricht man von linearer Regression.

### Multiple lineare Regression

Die multiple lineare Regression dient dazu, die Abhängigkeit einer Variablen von einer Kombination mehrerer anderer Variablen zu bestimmen. So wird nicht nur die Abhängigkeit z. B. vom Alter, sondern gleichzeitig auch von Geschlecht, IQ usw. bestimmt.

### Die Variablen der Regressionsanalyse

R steht hier als einfacher Korrelationskoeffizient.

$R^2$  ist definiert als die Anzahl der Varianz, die beide Variablen gemeinsam haben. Je mehr gemeinsame Varianz besteht, desto größer ist der Zusammenhang der beiden Variablen. Bei einem Wert des  $R^2$  von z. B. 0,198 können nur 19,8 % der Varianz der Variablen durch die zweite Variable erklärt werden.

Der absolute Wert des  $\beta$ -Koeffizienten kann als relative Wichtigkeit der entsprechenden Variablen für die Vorhersage interpretiert werden.

### Korrelationen und ihre Interpretation:

Der Korrelationskoeffizient heißt r. Das Ergebnis einer Korrelation liegt zwischen -1 und +1. Wenn  $r = 1$ , dann ist die Regressionsgerade eine perfekte gerade Linie. Wenn  $r = 0$ , dann gibt es überhaupt keinen Zusammenhang zwischen den zwei Variablen.

Korrelationen von 0,00–0,25 sind klein oder es besteht so gut wie kein Zusammenhang. Liegen sie zwischen 0,26 und 0,5, besteht ein schwacher bis mittelmäßiger Zusammenhang. Betragen sie 0,51–0,75, besteht ein mittelmäßiger bis guter Zusammenhang. Werte größer als 0,75 stehen für einen guten bis exzellenten Zusammenhang (Portney & Watkins 1993).

### Die Signifikanz von r

Hier wird von einem 5%-Signifikanzniveau ausgegangen ( $\alpha = 0,05$ ), es sei denn, es ist ausdrücklich anders vermerkt.

Die statistische Auswertung erfolgte mithilfe des Programmpaketes SPSS for Windows, Version 10.0.

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Sind die Ordnungsschwelle bzw. die Fähigkeit zur Tondauerdiskrimination vom Alter oder dem Geschlecht des Kindes abhängig?

#### 5.1.1 Ab welchem Alter sind die Untersuchungen durchführbar?

Wir gehen davon aus, dass mindestens 80 Prozent der gesunden Versuchskinder eines Jahrgangs den Test verstanden haben müssen, damit er im entsprechenden Alter anwendbar ist.

#### Tondauer:

Das Balkendiagramm (Abb.4) stellt dar, ab welchem Alter 80 Prozent Verständnis erreicht werden.

Abbildung 4 Durchführbarkeit der Tondauertestung in Abhängigkeit vom Alter

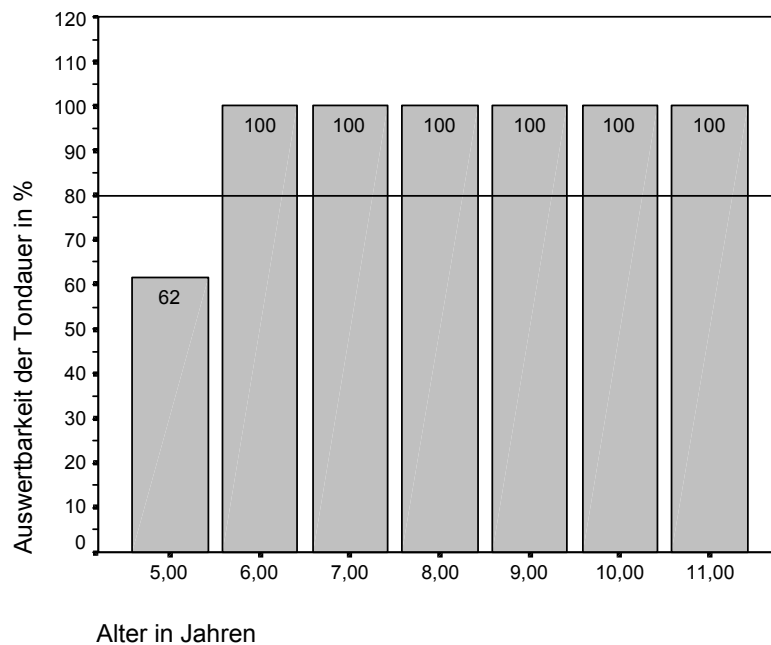


Tabelle 4 Anzahl der Kinder bei der Tondauertestung nach Alter getrennt

Alter in Jahren	6	7	8	9	10	11
Anzahl der Kinder	7	16	22	25	13	7

Dieser Test kann ab einem Alter von sechs Jahren durchgeführt werden. Von den dreizehn Fünfjährigen, die an diesem Test teilgenommen haben, konnten nur acht die Aufgabe durchführen. Doch schafften dies mit einem Alter von sechs Jahren bereits 100 Prozent.

### Ordnungsschwelle:

Das Balkendiagramm (Abb.5) soll für die einzelnen Altersgruppen das Verständnis der Tests darstellen. Bei 80 Prozent wird hier eine deutliche Abgrenzung gemacht. So ist sehr genau zu erkennen, ab welchem Alter die Tests durchführbar sind.

Abbildung 5 Durchführbarkeit der Ordnungsschwelle in Abhängigkeit vom Alter

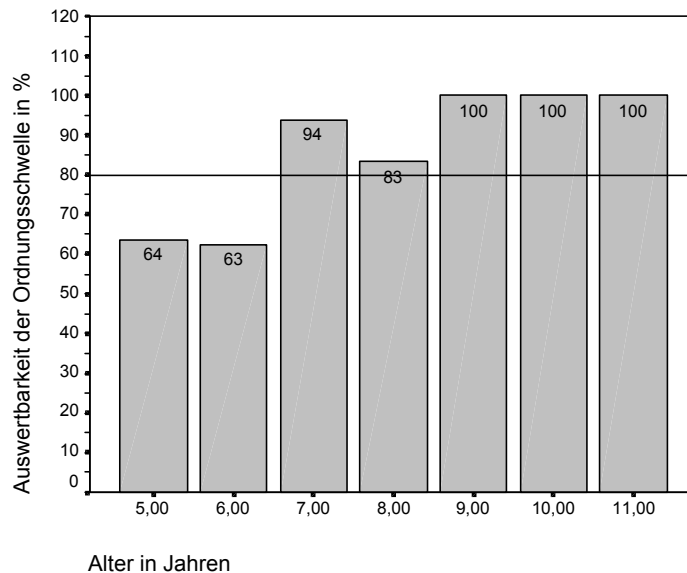


Tabelle 5 Anzahl der Kinder bei der Ordnungsschwellentestung nach Alter getrenn

Alter in Jahren	7	8	9	10	11
Anzahl der Kinder	15	20	22	14	7

Dieser Test ist ab einem Alter von sieben Jahren durchführbar. Zu beachten ist, dass der Test selbst von 17 Prozent der Achtjährigen nicht verstanden wurde.

#### 5.1.2 Sind auch noch während des Schulalters Verbesserungen der Zeitdiskriminationsfähigkeit zu beobachten?

Um diese Frage zu beantworten, muss der Verlauf der Testergebnisse über die Altersstufen betrachtet werden.

Zum Verlauf über die Altersstufen werden zunächst der Median, die Standardabweichung und das 95%-Konfidenzintervall, in dessen Bereich mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 Prozent der Mittelwert zum Liegen kommt, angegeben.

## Testung der Tondauerdiskrimination

Hier werden zunächst der Median, die Standardabweichung und das 95%-Konfidenzintervall angegeben.

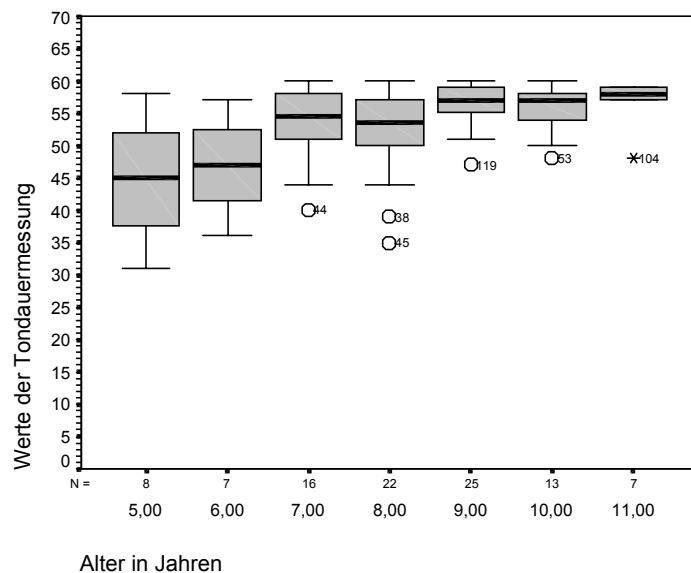
**Tabelle 6** Median, Standardabweichung und 95%-Konfidenzintervall für die abhängige Variable Tondauer in Bezug auf das Alter

Alter in Jahren	Anzahl	Median	Standardabweichung	Konfidenzintervall:	
				Untergrenze	Obergrenze
5	8	45	10	37	53
6	7	47	8	40	54
7	16	53	6	50	57
8	22	54	6	51	55
9	25	57	3	55	58
10	13	56	4	54	58
11	7	56	4	53	60

Es lässt sich hier eine Altersabhängigkeit vermuten, da mit dem Alter auch die Anzahl der richtig erkannten Tondauerunterschiede zunehmen.

Diese Vermutung soll durch ein Boxplot (Abb.6) verdeutlicht werden.

**Abbildung 6** Ergebnisse der Tondauertesting in Abhängigkeit vom Alter

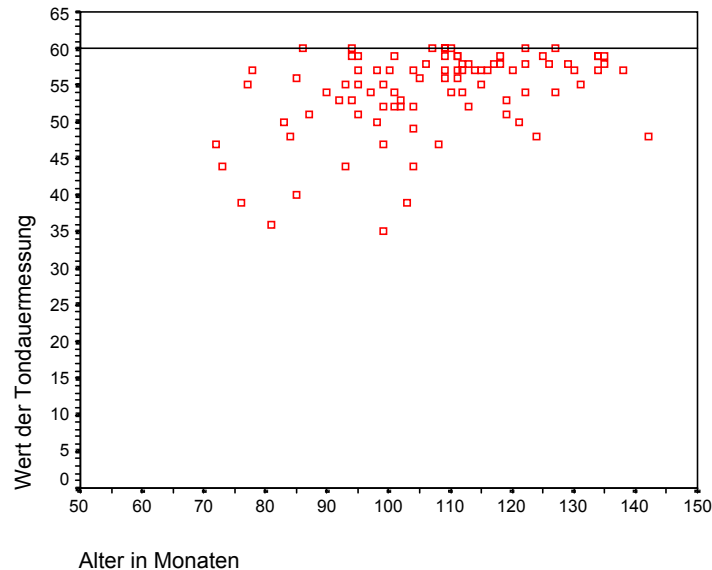


Ob sich hier eine Altersabhängigkeit statistisch nachweisen lässt, soll anhand einer Regressionsanalyse geprüft werden.

Regressionsanalyse:

Zunächst wird wieder das Streudiagramm (Abb.7) angegeben. Das Alter ist hier in Monaten angegeben, um eine bessere Aufteilung der Ergebnisse zu erzielen.

**Abbildung 7 Streudiagramm; Darstellung der Ergebnisse der Tondauermessung auf das Alter verteilt. Die Bezugslinie bei 60 stellt ein Maximum der zu erreichenden Punkte dar.**



Bei dem Streudiagramm lässt sich eine Abnahme der Streuung der Ergebnisse mit dem Alter erkennen.

Die nachfolgende Tabelle gibt die Variablen der Regressionsanalyse wieder.

**Tabelle 7 Regressionsanalyse der abhängigen Variablen Tondauer und der unabhängigen Variablen Alter**

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardisier- ter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	38,597		3,048			12,663	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	1,779	0,445	0,364	0,445	0,198	4,893	0,000

Das Alter zeigt hier nur eine schwache bis mittelmäßige Korrelation zur Tondauer ( $r = 0,45$  und  $p < 0,00$ ). Der Alterseffekt ist allerdings hoch signifikant, die Tondauer ist also vom Alter abhängig, aber nur 20 Prozent der Varianz der Tondauer werden über das Alter erklärt.

## Ordnungsschwellentestung

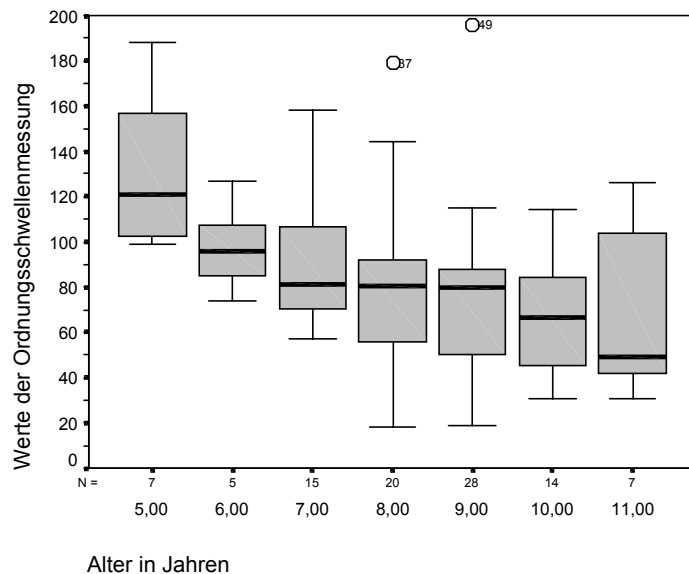
Über eine Tabelle wird der Median, die Standardabweichung und das 95%-Konfidenzintervall angegeben. Am Konfidenzintervall ist die breite Variabilität zu erkennen, in der der einzelne Wert zum Liegen kommt. Es ist hier also eine breite Streuung der Werte anzunehmen.

**Tabelle 8** Median, Standardabweichung und 95%-Konfidenzintervall für die abhängige Variable Ordnungsschwelle in Bezug auf das Alter

Alter in Jahren	Anzahl	Median	Standardabweichung	Konfidenzintervall:	
				Untergrenze	Obergrenze
5	7	132	37	98	167
6	5	98	20	72	123
7	15	90	29	74	106
8	20	82	38	64	100
9	28	74	35	61	88
10	14	68	27	53	84
11	7	71	40	34	108

Ein Boxplot (Abb.8) soll hier die Werte grafisch veranschaulichen. Kinder mit einem Alter von fünf und sechs Jahren sind nicht in diese Betrachtung einbezogen, da weniger als 80 Prozent den Test verstanden haben. Das zwölfjährige Mädchen wird, wie bereits früher beschrieben, von der Studie ausgeschlossen.

**Abbildung 8** Ergebnisse der Ordnungsschwellenbestimmung in Abhängigkeit vom Alter

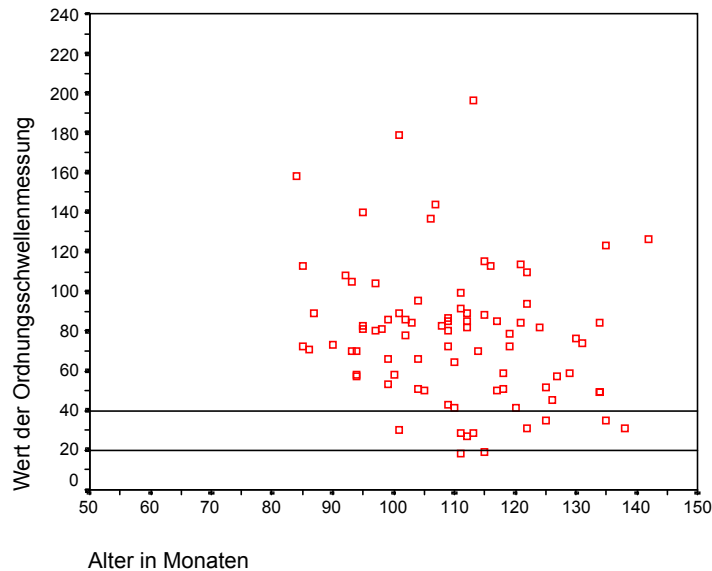


Eine Regressionsanalyse soll nun einen statistischen Zusammenhang klären.

Regressionsanalyse:

Hierzu wird zunächst wieder der Zusammenhang der Variablen über ein Streudiagramm (Abb.9) veranschaulicht.

**Abbildung 9** Streudiagramm; Darstellung der Ergebnisse der Ordnungsschwellenmessung auf das Alter verteilt. Die Bezugslinie bei 20 und 40 ms gibt den Bereich des normalen Ordnungsschwellenwerts an.



Die nachfolgende Tabelle stellt die Variablen der Regressionsanalyse dar.

**Tabelle 9** Koeffizienten der Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Ordnungsschwelle in Bezug auf das Alter

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardisier- ter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	153,725		18,335			8,384	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	-8,478	-0,374	2,154	0,445	0,140	-3,936	0,000

Das Alter und die Ordnungsschwelle korrelieren nur schwach bis mittelmäßige miteinander ( $r = 0,37$ ,  $p < 0,00$ ).

Der Alterseffekt ist allerdings hoch signifikant; die Ordnungsschwelle ist also vom Alter abhängig, aber nur 14 Prozent der Varianz der Ordnungsschwelle werden über das Alter erklärt.



### 5.1.3 Besteht eine Abhängigkeit vom Geschlecht?

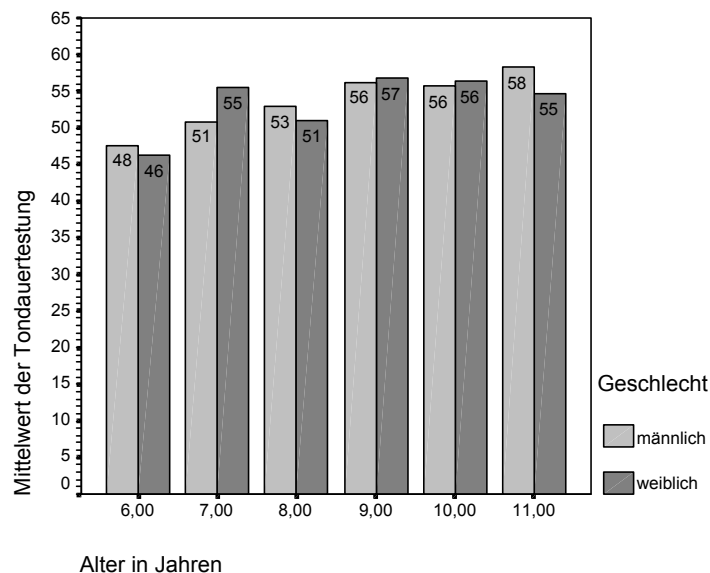
Hier steht die Frage im Vordergrund, ob die Tests vom Geschlecht abhängig sind, ob also z. B. männliche Testpersonen besser abschneiden als weibliche. Es muss zu Beginn der Einfluss des Alters auf die vier Rohwerte mittels einer Regressionsanalyse herauspartialisiert werden, da erwartungsgemäß ältere Kinder bessere Rohwerte erreichen (Willinger & Eisenwort 1999). Es ist unbedingt das Alter zu berücksichtigen, damit nicht durch ungünstige Verteilung der Geschlechter auf die verschiedenen Altersstufen ein falscher Wert zu Stande kommt.

Um dies zu bestimmen, bedient man sich der multiplen linearen Regressionsanalyse.

#### Tondauer:

Auch für den Test der Tondauer soll zunächst ein Balkendiagramm (Abb.10) eine Übersicht über die Verteilung der Ergebnisse nach Alter und Geschlecht geben.

**Abbildung 10** Balkendiagramme zur Darstellung der Geschlechtsverteilung der Mittelwerte der Tondauer.



**Tabelle 10** Anzahl der Kinder bei der Tondauerfestung nach Alter und Geschlecht getrennt

Alter in Jahren	6	7	8	9	10	11
Anzahl männlich	3	7	14	15	6	4
Anzahl weiblich	4	9	8	10	7	3

Hier lässt sich kein Trend beobachten – mal sind die Jungen, mal die Mädchen besser. Um festzustellen, ob sich dahinter nicht vielleicht doch ein statistischer Zusammenhang verbirgt, wird die multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt, um das Alter mit zu berücksichtigen.

## Multiple Regressionsanalyse

Zunächst werden die Variablen der linearen Regression angegeben. Außerdem geht hier noch der  $\beta$ -Koeffizient ein, weil mit seinem Verhältnis eine gute Aussage über die Abhängigkeit des Geschlechts gemacht werden kann.

**Tabelle 11** Regressionsanalyse der abhängigen Variablen Tondauer und den unabhängigen Variablen Alter und Geschlecht

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardisier- ter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	39,453		3,953			9,981	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	1,685	0,403	0,411	0,445	0,198	4,102	0,000
<b>Geschlecht</b>	0,252	0,022	1,115	0,019	0,0004	0,226	0,821

Die Korrelation des Geschlechts mit der Tondauer ist als sehr klein zu bezeichnen ( $r = 0,02$ ;  $p = 0,82$ ), wobei hier der hohe p-Wert zu beachten ist, der nahe eins liegt, also nicht für einen statistischen Zusammenhang spricht.

Auch der standardisierte Koeffizient  $\beta$  kann zu einer Interpretation herangezogen werden, denn das Verhältnis der absoluten Werte des  $\beta$ -Koeffizienten kann als relative Wichtigkeit der entsprechenden Variablen für die Vorhersage gedeutet werden: Dieser Wert liegt hier bei

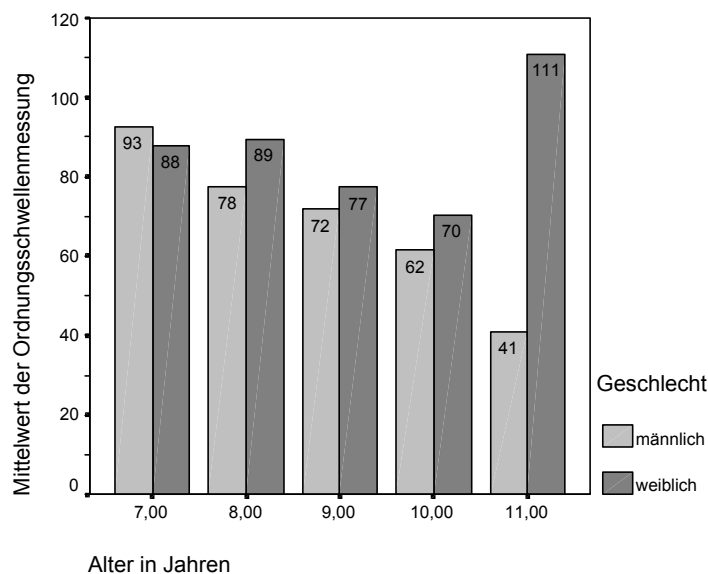
$$0,403/0,022 \approx 18$$

Dies bedeutet, dass bei der Durchführung der Tondauertestung das Alter eine 18-mal größere Wichtung hat als das Geschlecht.

### Ordnungsschwelle

In einem Balkendiagramm (Abbildung 11) soll zunächst bei der Ordnungsschwelle die Verteilung der Werte über das Alter getrennt nach weiblichen und männlichen Probanden angezeigt werden.

**Abbildung 11** Balkendiagramme zur Darstellung der Geschlechtsverteilung der Mittelwerte der Ordnungsschwelle.



**Tabelle 12 Anzahl der Kinder bei der Ordnungsschwellentestung nach Alter und Geschlecht getrennt**

Alter in Jahren	7	8	9	10	11
Anzahl männlich	6	13	11	7	4
Anzahl weiblich	9	7	11	7	3

Es ist zu erkennen, dass außer bei den Fünfjährigen die Jungen ein niedrigeres und somit besseres Ergebnis aufweisen als die Mädchen. Um einen eventuell statistischen Zusammenhang festzustellen, wurde eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt, da auf diese Weise der Effekt des Alters mit berücksichtigt werden kann.

#### Multiple lineare Regressionsanalyse

Hier werden die Variablen der linearen Regression mit dem  $\beta$ -Koeffizient angegeben.

**Tabelle 13 Multiple Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Ordnungsschwelle und den unabhängigen Variablen Alter und Geschlecht**

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardisier- ter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	143,291		20,050			7,147	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	-8,734	-0,386	2,157	-0,374	0,140	-4,050	0,000
<b>Geschlecht</b>	8,842	0,121	6,986	0,084	0,007	1,266	0,412

Die Korrelation des Geschlechts mit der Ordnungsschwelle ist als sehr klein zu bezeichnen ( $r = 0,08$ ;  $p = 0,41$ ), auch das 5%-Signifikanzniveau wird nicht eingehalten. Von einem Zusammenhang der Ordnungsschwelle mit dem Geschlecht kann nicht ausgegangen werden.

Der standardisierte Koeffizient  $\beta$  beträgt:

$$0,386/0,121 \approx 3$$

Bei der Durchführung der Ordnungsschwellentestung hat das Alter eine dreimal größere Wichtung als das Geschlecht.

In der Gesamtbetrachtung bestehen keinerlei Korrelationen des Geschlechts mit der Tondauer oder der Ordnungsschwelle, es wird deshalb eine Unabhängigkeit des Geschlechts von den Ergebnissen der Tests angenommen – zumindest für die in der vorliegenden Studie verwendete Stichprobe.

## 5.2 Wie stabil sind die Ergebnisse der Untersuchung?

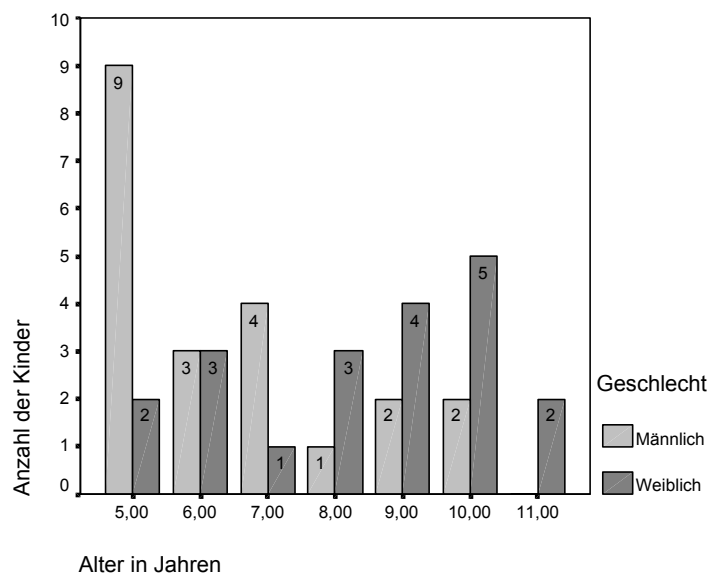
### 5.2.1 Wie stabil sind die Ergebnisse über den Zeitraum von einer Woche?

Um diese Frage zu klären, wurden im August 42 Kinder an zwei Terminen getestet, die jeweils nur eine Woche auseinander liegen durften (+/- 1 Tag). Am zweiten Untersuchungstag wurden exakt die gleichen Tests durchgeführt.

Es sollen nun die Ergebnisse der zwei verschiedenen Testungen miteinander verglichen werden.

Von den insgesamt 126 getesteten Kindern wurden nur mit 42 Testpersonen die gleichen Tests im Abstand von einer Woche durchgeführt. Die Gruppe teilte sich in 21 Jungen und 21 Mädchen auf.

**Abbildung 12** Balkendiagramm zur Alters- und Geschlechtsverteilung der Kinder, die bei der Testung im Abstand von einer Woche teilgenommen haben.

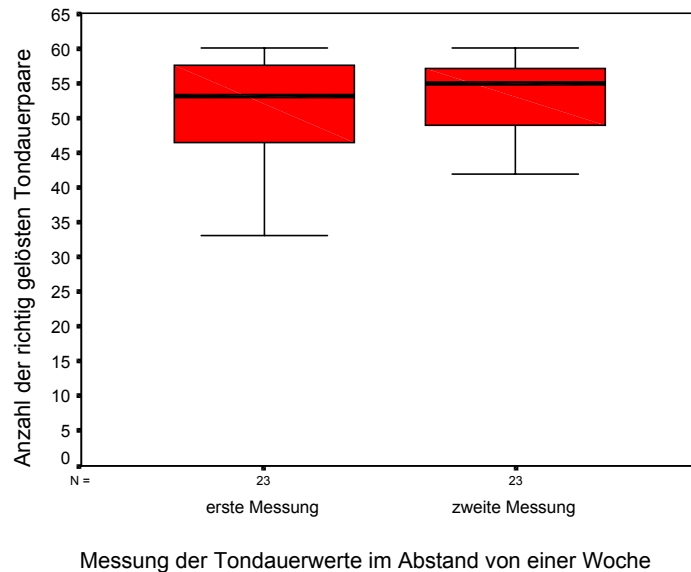


## Tondauer:

An den beiden Testungen der Tondauerdiskrimination im Abstand von einer Woche nahmen hier nur 23 Kinder teil. Dies erklärt sich dadurch, dass nicht mit allen Kindern alle Tests der Testbatterie durchgeführt wurden (siehe Kapitel 4.3).

Das Boxplotdiagramm (Abb.13) soll eine Auskunft über die Werte der ersten und zweiten Messung geben, die im Abstand von einer Woche stattfanden.

**Abbildung 13** Boxplot; Darstellung der Ergebnisse der Tondauermessung beim ersten Termin und beim zweiten Termin nach einer Woche



Die Tabelle gibt Auskunft über die Häufigkeitsverteilung der Tondauerwerte der beiden Messungen im Abstand von einer Woche. Hier ist noch einmal angegeben, wie viele Kinder an der Studie teilnahmen, das Minimum und Maximum der Tondauer und das 25-, 50- und 75-prozentige Perzentil.

**Tabelle 14** Angaben zur Häufigkeitsverteilung der Tondauer bei der Untersuchung der Zuverlässigkeit der Werte in einem Zeitraum von einer Woche

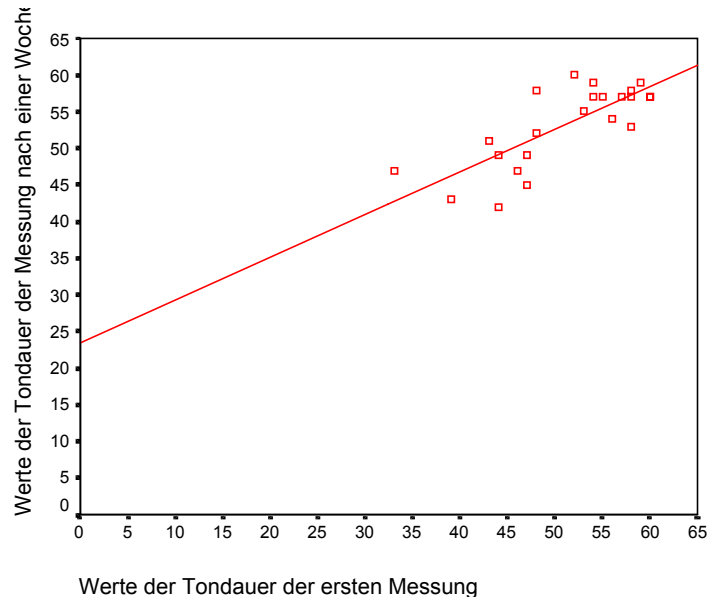
	Tondauer 1. Messung	Tondauer 2. Messung nach einer Woche
<b>Anzahl</b>	23	23
<b>Median</b>	53	55
<b>Minimum</b>	33	42
<b>Maximum</b>	60	60
<b>25. Perzentil</b>	46	49
<b>75. Perzentil</b>	58	57

Anhand einer Regressionsanalyse soll die Stärke des Zusammenhangs der beiden Werte eines Kindes geklärt werden.

Regressionsanalyse:

Hierzu wird zuerst ein Streudiagramm (Abb.14) erstellt. Dieses stellt zwei Variablen auf zwei Skalenachsen dar und kann somit zur Veranschaulichung eines Zusammenhangs dieser Variablen dienen.

**Abbildung 14 Streudiagramm; Darstellung der Verteilung der Ergebnisse der ersten Messung auf die Ergebnisse der Messung nach einer Woche bei der Tondauer, mit dazugehöriger Regressionsgeraden**



In der folgenden Tabelle sind die Werte für B,  $\beta$ , Standardfehler, R,  $R^2$ , T und p der Regressionsanalyse angegeben.

**Tabelle 15 Koeffizienten der Regressionsrechnung bei den beiden Messungen der Tondauer im Abstand von einer Woche**

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardisier- ter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	$R^2$	T	p
<b>Konstante</b>	23,561		5,362			4,394	0,000
<b>Tondauer 1. Messung</b>	0,581	0,773	0,104	0,773	0,597	5,577	0,000

Die erste und zweite Messung korrelieren mittelmäßig bis gut miteinander ( $r = 0,77$  und  $p < 0,001$ ).

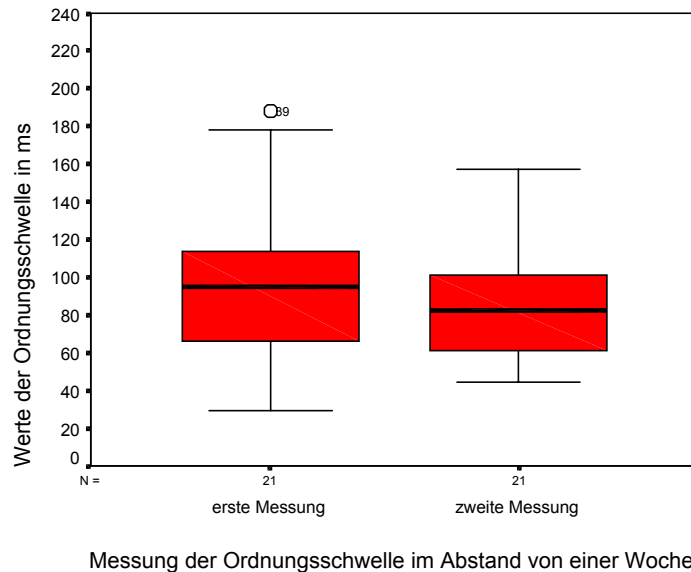
Das  $R^2$  besagt, dass sich ca. 60 Prozent der Varianz der zweiten Messung durch die erste Messung erklären lassen.

## Ordnungsschwelle

An den beiden Testungen der Ordnungsschwelle im Abstand von einer Woche nahmen nur 21 Kinder teil. Dies erklärt sich wieder dadurch, dass nicht mit allen Kindern alle Tests der Testbatterie durchgeführt wurden (siehe Kapitel 4.3).

Das Boxplotdiagramm (Abb.15) gibt die Werte der in der Gruppe erreichten ersten und zweiten Werte, die im Abstand von einer Woche erhoben wurden, an.

**Abbildung 15** Boxplot; Darstellung der Ergebnisse der Ordnungsschwellenmessung beim ersten Termin und beim zweiten Termin nach einer Woche



Die folgende Tabelle gibt Auskunft über die Häufigkeitsverteilung der Ordnungsschwellenwerte bei den beiden Messungen im Abstand von einer Woche.

**Tabelle 16** Angaben zur Häufigkeitsverteilung der Ordnungsschwelle bei der Untersuchung der Zuverlässigkeit der Werte in einem Zeitraum von einer Woche

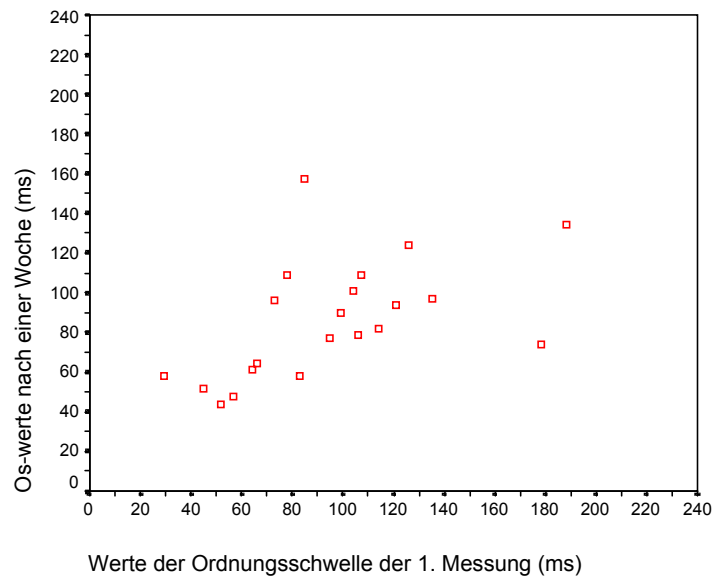
	Ordnungsschwelle 1. Messung	Ordnungsschwelle 2. Messung nach einer Woche
<b>Anzahl</b>	21	21
<b>Median</b>	95	82
<b>Minimum</b>	29	44
<b>Maximum</b>	188	157
<b>25. Perzentil</b>	65	49
<b>75. Perzentil</b>	118	105

Anhand einer Regressionsanalyse soll die Stärke des Zusammenhangs der Werte der ersten und zweiten Messung geklärt werden.

## Regressionsanalyse

Das nachstehende Streudiagramm (Abb.16) soll den Zusammenhang der beiden Variablen „erste Messung“ und „zweite Messung“, die nach einer Woche stattfand, darstellen.

**Abbildung 16 Streudiagramm; Darstellung der Verteilung der Ergebnisse der erste Messung auf die Ergebnisse der zweiten Messung nach einer Woche bei der Ordnungsschwelle**



Die in der Tabelle angegebenen Variablen der Regressionsanalyse sollen den Zusammenhang der Werte der beiden Messungen, die innerhalb einer Woche stattfanden, besser beschreiben.

**Tabelle 17 Koeffizienten der Regressionsrechnung bei den beiden Messungen der Ordnungsschwelle im Abstand von einer Woche**

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardisier- ter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	48,468		14,795			3,267	0,004
<b>Ordnungs- schwelle 1. Messung</b>	0,394	0,534	0,143	0,534	0,285	2,751	0,013

Die erste und zweite Messung korrelieren mittelmäßig bis gut miteinander ( $r = 0,53$  und  $p = 0,01$ ). Das  $R^2$  besagt, dass sich nur ca. 30 Prozent der Varianz der zweiten Messung durch die erste Messung erklären lassen.

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass sich beim Vergleich der Testergebnisse nach einer Woche ein statistischer Zusammenhang sowohl für die Tondauerunterscheidung als auch für die Ordnungsschwelle ergibt. Die Werte für die Ordnungsschwelle sind allerdings schlechter, was sich besonders an den stark unterschiedlichen  $R^2$ -Werten erkennen lässt.

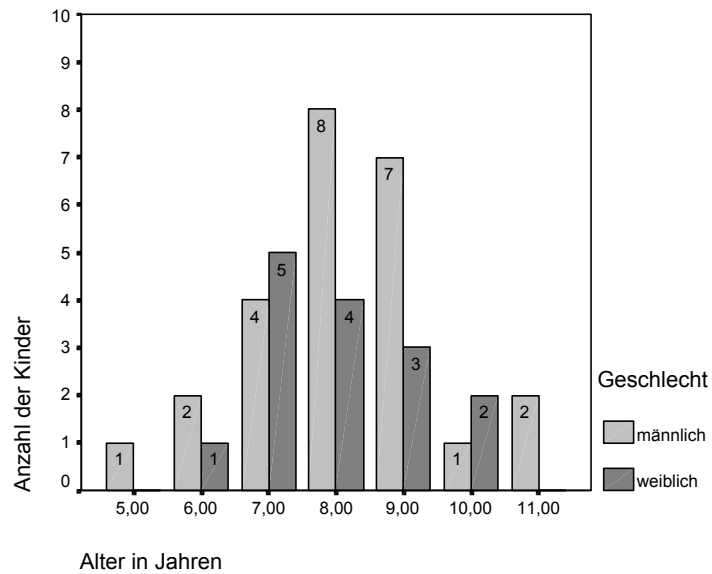


## 5.2.2 Wie stabil sind die Werte über den Zeitraum von vier Monaten?

Um die Stabilität über die Zeit von vier Monaten zu prüfen, wurden 40 Kinder im Abstand von vier Monaten vom selben Untersucher mit den gleichen Tests noch einmal getestet. Es sollen nun diese Werte miteinander verglichen werden.

Von den insgesamt 126 getesteten Kindern wurden nur mit 40 Testpersonen die gleichen Tests im Abstand von vier Monaten durchgeführt. Davon waren 25 Jungen und 15 Mädchen.

**Abbildung 17 Balkendiagramm zur Alters- und Geschlechtsverteilung der Kinder, die bei der zweiten Testung nach vier Monaten teilgenommen haben**

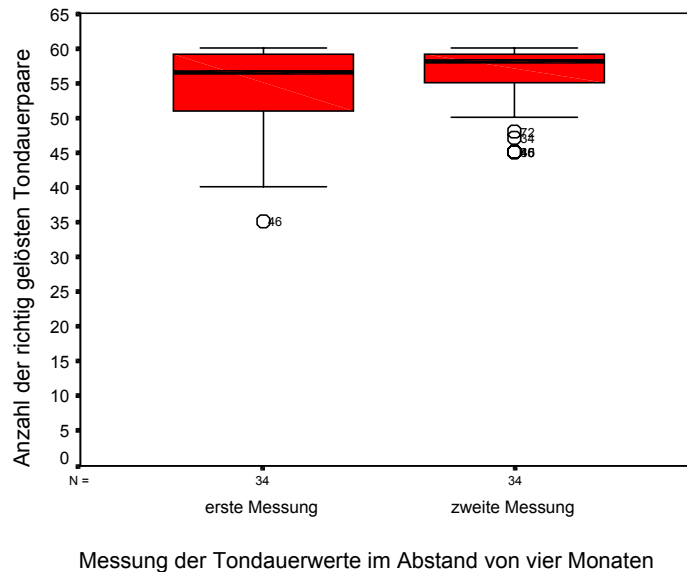


## Tondauer

An den beiden Testungen der Tondauerdiskrimination im Abstand von vier Monaten nahmen 37 der 40 Kinder teil, dies erklärt sich dadurch, dass nicht mit allen Kindern alle Tests der Testbatterie durchgeführt wurden (siehe Kapitel 4.3).

Der Boxplot (Abb.18) stellt wieder die Ergebnisse der ersten und zweiten Messung, die im Abstand von vier Monaten stattfanden, nebeneinander.

**Abbildung 18** Boxplot; Darstellung der Ergebnisse der Tondauermessung beim ersten Termin und beim zweiten Termin nach vier Monaten



Die nachfolgende Tabelle gibt Auskunft über die Häufigkeitsverteilung bei der Tondauertestung. Auch hier lässt sich erwartungsgemäß eine Verbesserung der zweiten Werte beobachten.

**Tabelle 18** Angaben zur Häufigkeitsverteilung der Tondauer bei der Untersuchung der Zuverlässigkeit der Werte in einem Zeitraum von vier Monaten

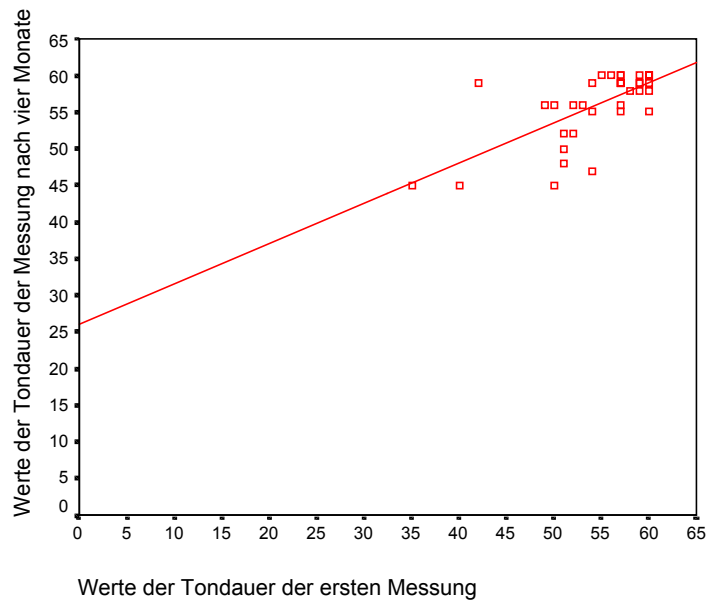
	Tondauer 1. Messung	Tondauer 2. Messung nach vier Monaten
<b>Anzahl</b>	37	37
<b>Median</b>	56	57
<b>Minimum</b>	35	45
<b>Maximum</b>	60	60
<b>25. Perzentil</b>	51	53,5
<b>75. Perzentil</b>	58,5	59

Anhand der Regressiosanalyse soll der statistische Zusammenhang der Ergebnisse aus den beiden Messungen untersucht werden.

## Regressionsanalyse

Das Streudiagramm (Abb.19) dient der Verdeutlichung des Zusammenhangs der beiden Messungen.

**Abbildung 19** Streudiagramm; Darstellung der Verteilung der Ergebnisse der ersten Messung auf die Ergebnisse der Messung nach vier Monaten bei der Tondauer; mit der dazugehörigen Regressionsgerade



Nachstehende Tabelle gibt die Werte der Regressionsanalyse wieder.

**Tabelle 19** Koeffizienten der Regressionsrechnung bei den beiden Messungen der Tondauer im Abstand von vier Monaten

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardisier- ter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	26,019		5,835			4,459	0,000
<b>Tondauer 1. Messung</b>	0,549	0,671	0,107	0,671	0,451	5,122	0,000

Die erste und zweite Messung korrelieren mittelmäßig bis gut miteinander ( $r = 0,67$  und  $p < 0,00$ ).

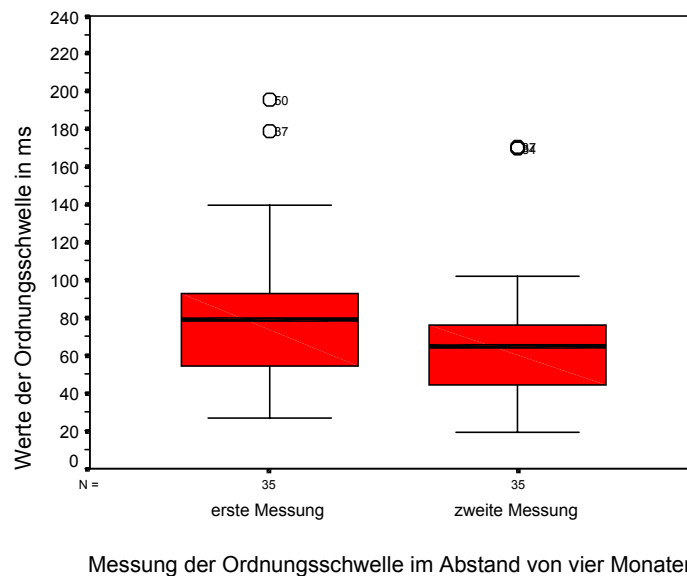
Das R<sup>2</sup> besagt, dass sich 54 Prozent der Varianz der zweiten Messung durch die erste Messung erklären lassen.

### Ordnungsschwelle:

An den beiden Testungen der Ordnungsschwelle im Abstand von vier Monaten nahmen 35 der 40 Kinder teil, dies erklärt sich wiederum dadurch, dass nicht mit allen Kindern alle Tests der Testbatterie durchgeführt wurden (siehe Kapitel 4.3).

Das Boxplot-Diagramm (Abb.20) stellt die Ergebnisse der beiden Testungen der Ordnungsschwelle nach vier Monaten gegenübergestellt.

**Abbildung 20** Boxplot; Darstellung der Ergebnisse der Ordnungsschwellenmessung beim ersten Termin und zweiten Termin nach einer Woche.



Auch hier soll die nachstehende Tabelle die Häufigkeitsverteilung bei diesem Test wiedergeben.

**Tabelle 20** Angaben zur Häufigkeitsverteilung der Ordnungsschwelle bei der Untersuchung der Zuverlässigkeit der Werte in einem Zeitraum von vier Monaten

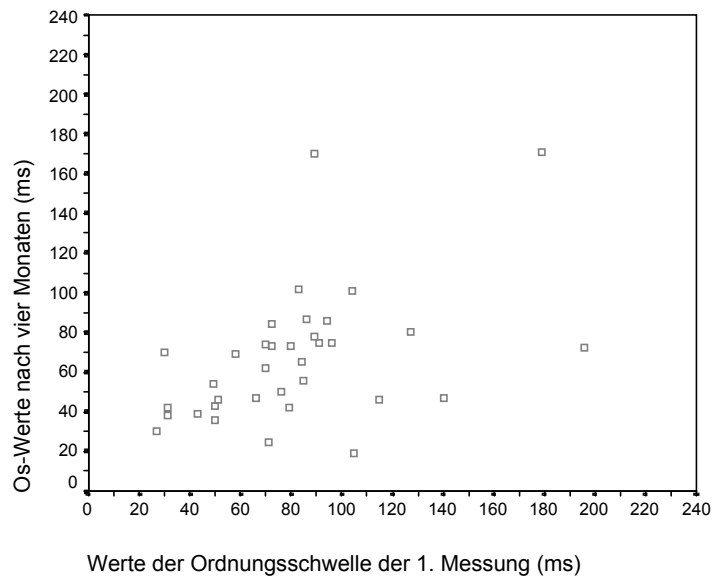
	Ordnungsschwelle 1. Messung	Ordnungsschwelle 2. Messung nach vier Monaten
<b>Anzahl</b>	35	35
<b>Median</b>	79	65
<b>Minimum</b>	27	19
<b>Maximum</b>	196	171
<b>25. Perzentil</b>	51	43
<b>75. Perzentil</b>	94	78

Um den statistischen Zusammenhang zu klären, soll eine Regressionsanalyse durchgeführt werden.

## Regressionsanalyse

Das Streudiagramm (Abb.21) verdeutlicht den linearen Zusammenhang der beiden Messungen und zeigt die Verbesserung bei der zweiten Messung.

**Abbildung 21 Streudiagramm; Darstellung der Verteilung der Ergebnisse der ersten Messung auf die Ergebnisse der Messung nach vier Monaten bei der Ordnungsschwelle**



Die Werte der Regressionsanalyse sind in folgender Tabelle dargestellt.

**Tabelle 21 Koeffizienten der Regressionsrechnung bei den beiden Messungen der Ordnungsschwelle im Abstand von vier Monaten**

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardisier- ter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	33,817		12,163			2,780	0,009
<b>Ordnungsschwelle 1. Messung</b>	0,403	0,404	0,136	0,457	0,209	2,955	0,006

Die erste und zweite Messung korrelieren nur schwach bis mittelmäßig miteinander ( $r = 0,46$  und  $p = 0,006$ ).

Das R<sup>2</sup> besagt, dass sich nur 21 Prozent der Varianz der zweiten Messung durch die erste Messung erklären lassen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei den Testungen im Abstand von vier Monaten generell niedrigere Korrelationen bestehen als bei der Testung nach einer Woche, wobei auch hier bei der Ordnungsschwelle der Wert schlechter ist als bei der Tondauer. Doch lässt sich auch hier ein statistischer Zusammenhang erkennen.

## 5.3 Wie valide sind die Untersuchungsergebnisse?

### 5.3.1 Besteht ein Zusammenhang zu anamnestischen Hinweisen auf eine bessere oder schlechtere auditive Fähigkeit?

#### Besteht eine Abhängigkeit der Ergebnisse zur Musikalität des Kindes?

Um die Musikalität zu eruieren, wurde gefragt, ob das Kind im Vergleich zu Gleichaltrigen gerne Musik hört, ob es gerne singt und ob es mit Erfolg und Spaß ein Musikinstrument spielt. Haben die Eltern alle diese Fragen positiv beantwortet, so wurde das Kind als musikalisch eingestuft. In der nachfolgenden Tabelle ist die Häufigkeitsverteilung der Musikalität in unserer Stichprobe angegeben.

**Tabelle 22** Häufigkeitsverteilung bei der Musikalität

	Häufigkeit	Prozent
<b>musikalisch</b>	27	21,4
<b>unmusikalisch</b>	91	72,2
<b>keine Angaben zur Musikalität</b>	8	6,4
<b>gesamt</b>	126	100,0

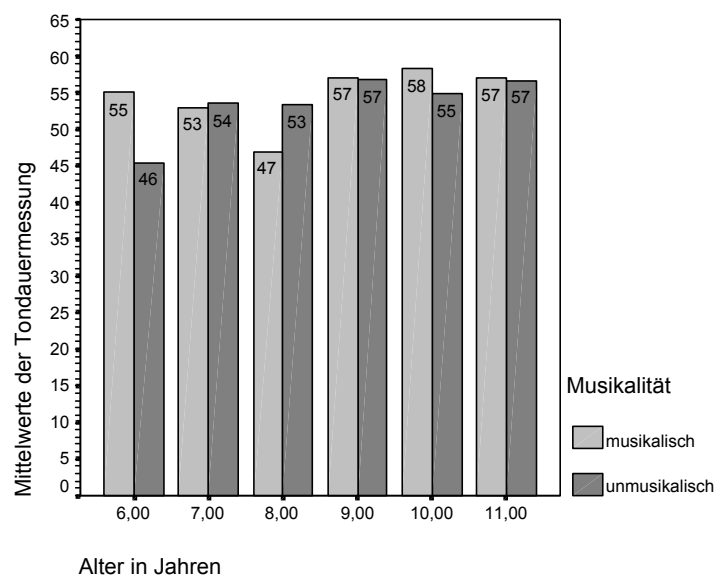
Es wurde hier bei acht Kindern von den Eltern keine Aussage zur Musikalität getätigt.

Allgemein wird davon ausgegangen, dass ein musikalisches Kind bessere auditive Fähigkeiten besitzt.

#### *Tondauer*

Das Balkendiagramm (Abb.22) zeigt bei dem Test der Tondauerdiskriminierung keinen grossen Unterschied zwischen den Ergebnissen der musikalischen und der unmusikalischen Kinder.

**Abbildung 22** Balkendiagramm; gibt die Tondauerwerte an, aufgeteilt nach Musikalität und Alter



**Tabelle 23** Anzahl der Kinder bei der Tondauertestung nach Alter und Musikalität getrennt

Alter in Jahren	6	7	8	9	10	11
Anzahl musikalisch	1	4	4	7	3	6
Anzahl unmusikalisch	6	12	18	17	9	7

In nachstehender Tabelle sind noch einmal Mittelwert und Standardabweichung der beiden Gruppen nebeneinander angegeben.

**Tabelle 24** Mittelwert und Standardabweichung der Tondauertestung bei musikalischen und unmusikalischen Kindern

	musikalisch	unmusikalisch
Anzahl der Kinder	25	69
Mittelwert	53,4	53,2
Standardabweichung	8,2	6,1

Die unterschiedliche Anzahl der musikalischen und unmusikalischen Kinder beim Test zur Tondauerdiskrimination im Vergleich zur gesamten Testbatterie erklärt sich daraus, dass nicht alle Kinder diesen Test absolviert haben und auch nicht alle Altersgruppen berücksichtigt wurden.

Aus dem Balkendiagramm und den Werten des Mittelwerts und der Standardabweichung lässt sich kein Unterschied von den musikalischen zu den unmusikalischen Kindern feststellen. Um dies näher zu beurteilen, soll eine multiple Regressionsanalyse angeschlossen werden.

#### Multiple Regressionsanalyse

Die Werte dieser Analyse sind in nachfolgender Tabelle angegeben.

**Tabelle 25** Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Tondauer und den unabhängigen Variablen Musikalität und Alter

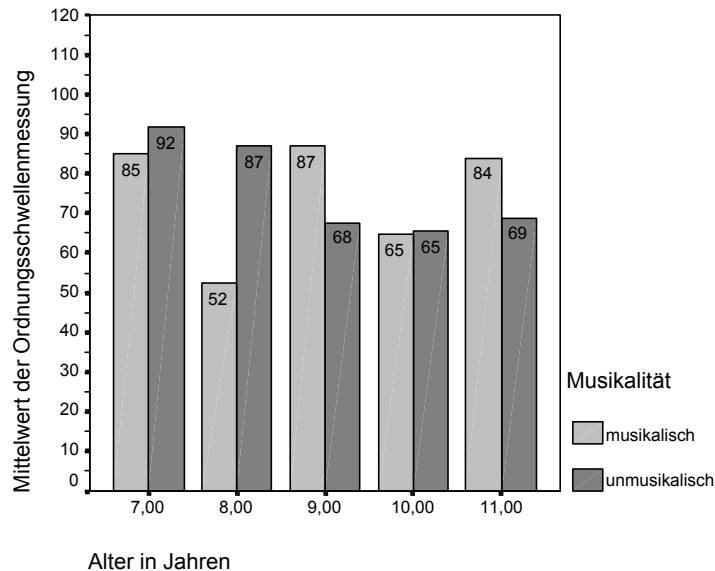
	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardisier- ter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	40,31		4,287			9,404	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	1,674	0,444	0,412	0,445	0,198	4,063	0,000
<b>Musikalität</b>	-0,197	0,019	1,333	0,031	0,001	-0,148	0,759

Der R-Wert (0,03), der nicht auf einem vernünftigen Signifikanzniveau ( $p = 0,76$ ) entstand, deutet auf einen nur sehr kleinen Zusammenhang der Musikalität und der Tondauer hin und man kann somit von der Unabhängigkeit des Tests von der Musikalität ausgehen.

## Ordnungsschwelle

Darstellung der Verteilung der Mittelwerte der Ordnungsschwellentestung für musikalische und unmusikalische Kinder in einem Balkendiagramm (Abb.23).

**Abbildung 23** Balkendiagramm; gibt die Werte der Ordnungsschwelle an, aufgeteilt nach Musikalität und Alter



**Tabelle 26** Anzahl der Kinder bei der Ordnungsschwellenbestimmung nach Alter und Musikalität getrennt

Alter in Jahren	7	8	9	10	11
Anzahl musikalisch	4	3	9	3	1
Anzahl unmusikalisch	11	17	18	9	6

Es lassen sich nur in den verschiedenen Altersgruppen Unterschiede erkennen, die aber keine Richtung andeuten. Um dies in Zahlen auszudrücken, liefert nachfolgende Tabelle den Mittelwert und die Standardabweichung der Testergebnisse für musikalische und unmusikalische Kinder.

**Tabelle 27** Mittelwert und Standardabweichung der Ordnungsschwellenmessung bei musikalischen und unmusikalischen Kindern

	musikalisch	unmusikalisch
Anzahl der Kinder	20	61
Mittelwert	79,9	83,3
Standardabweichung	40,1	36,2

Die unterschiedliche Anzahl der musikalischen und unmusikalischen Kinder beim Test zur Ordnungsschwellenbestimmung im Vergleich zur gesamten Testbatterie erklärt sich auch hier daraus, dass nicht alle Kinder diesen Test absolviert haben und hier auch nicht alle Altersgruppen berücksichtigt werden.

Das Balkendiagramm und die statistischen Aussagen über die Mittelwerte lassen keinen großen Unterschied erkennen. Um dies aber statistisch zu verifizieren, soll auch hier eine multiple Regressionsanalyse angeschlossen werden.



## Multiple Regressionsanalyse

Die Werte der Analyse sind in folgender Tabelle dargestellt.

**Tabelle 28** Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Ordnungsschwelle und den unabhängigen Variablen Musikalität und Alter

	Nicht standardisierte Koeffizienten B	Standardisierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	132,334		32,027			4,132	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	-6,185	-0,376	3,202	-0,374	0,140	-1,932	0,000
<b>Musikalität</b>	-0,672	-0,034	8,767	-0,018	0,000	-0,077	0,865

Hier wird nicht auf dem 5%-Signifikanzniveau gearbeitet. Die Signifikanz ist nahe eins und es kann somit nicht von einem statistischen Zusammenhang ( $r = -0,02$  und  $p = 0,87$ ) ausgegangen werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass weder für den Test der Tondauer noch für den Test der Ordnungsschwelle ein Zusammenhang zur Musikalität des Kindes festgestellt werden konnte.

### Korrelieren die Ergebnisse mit anderen Fähigkeiten der auditiven Wahrnehmung?

Es werden hier zunächst die beiden Tests der Ordnungsschwellenbestimmung und Tondauerdifferenzierung zueinander in Beziehung gesetzt.

Anschließend werden die Tests der Ordnungsschwelle und der Tondauer mit den anderen Tests zur auditiven Wahrnehmung unserer Studie in Beziehung gesetzt.

#### *Tondauer und Ordnungsschwelle*

Es werden zunächst die beiden Tests Ordnungsschwelle und Tondauer zueinander in Beziehung gesetzt. Die nachfolgende Tabelle gibt Auskunft über die Werte der Regressionsanalyse.

Regressionsanalyse

**Tabelle 29** Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Ordnungsschwelle und der unabhängigen Variablen Tondauer

	Nicht standardisierte Koeffizienten B	Standardisierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	156,786		34,532			4,540	0,000
<b>Tondauer</b>	-1,364	-0,225	0,635	0,225	0,050	-2,149	0,034

Es lässt sich hier ein schwacher Zusammenhang ( $r = 0,23$  und  $p = 0,03$ ), der aber auf dem 5%-Signifikanzniveau entstanden ist, erkennen.

Hier gibt es nur fünf Prozent gemeinsame Varianz.

### *Tondauerdifferenzierungsfähigkeit*

Zunächst wird jeder Test der Testbatterie mit der Tondauertestung in Beziehung gesetzt. Ergibt sich dabei ein Zusammenhang auf dem 10%-Signifikanzniveau, dann wird dieser Test durch eine multiple Regressionsanalyse erneut mit der Tondauer in Beziehung gesetzt.

Die nachstehende Tabelle gibt die Werte der Regressionsanalyse der einzelnen Tests mit dem Test der Tondauerdifferenzierung wieder.

**Tabelle 30** Die Werte von R, R<sup>2</sup> und p der verschiedenen Tests der Testbatterie im Zusammenhang mit der Tondauer

	<b>R</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>p</b>
<b>Lautstärke (richtige erkannt)</b>	0,188	0,035	0,217
<b>Tonhöhe (richtige erkannt)</b>	0,170	0,029	0,206
<b>Mustererkennen</b>	0,315	0,095	<b>0,004</b>
<b>Zahlen nachsprechen</b>	0,069	0,005	0,519
<b>Lautdifferenzierung</b>	0,245	0,060	<b>0,024</b>
<b>Sprache im Störgeräusch</b>	0,389	0,152	<b>0,000</b>
<b>binaurale Summation</b>	0,336	0,113	<b>0,002</b>
<b>zeitkomprimierte Sprache</b>	0,303	0,092	<b>0,005</b>
<b>Kunstwörter</b>	0,106	0,011	0,429
<b>Einzelgeräusche erkennen</b>	0,171	0,029	0,137
<b>Figur-Grundwahrnehmung</b>	0,015	0,000	0,899

Für die Tests Mustererkennen, Lautdifferenzierung, Sprache im Störgeräusch, binaurale Summation und zeitkomprimierte Sprache ist mindestens das 10%-Signifikanzniveau erreicht.

Multiple Regressionsanalyse:

Diese Tests werden nun gemeinsam einer multiplen Regressionsanalyse unterzogen, um auch den gegenseitigen Einfluss dieser Tests auf das Ergebnis der Tondauertestung zu erkennen.

Sollte nun einer der nachstehenden Tests auf dem 5%-Signifikanzniveau arbeiten, wird für diesen ein Zusammenhang zum Test der Tondauer angenommen.

**Tabelle 31** Multiple Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Tondauer und den unabhängigen Variablen Mustererkennen, zeitkomprimierte Sprache, Lautdifferenzierung, binaurale Summation und Sprache im Störgeräusch

	Nicht standardisierte Koeffizienten <b>B</b>	Standardisierter Koeffizient <b>β</b>	Standardfehler	<b>R</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>T</b>	<b>p</b>
<b>Mustererkennen</b>	0,232	0,179	0,195	0,310	0,096	1,189	0,131
<b>Lautdifferenzierung</b>	0,000	-0,276	0,122	-0,330	0,109	0,483	0,016
<b>Sprache im Störgeräusch</b>	0,256	0,078	0,210	0,268	0,072	1,220	0,513
<b>binaurale Summation</b>	0,195	0,237	0,079	0,359	0,129	2,475	0,033
<b>zeitkomprimierte Sprache</b>	0,116	0,120	0,176	0,216	0,047	0,657	0,275

Auf dem 5%-Signifikanzniveau ergibt sich ein schwacher bis mittelmäßiger Zusammenhang mit der binauralen Summation ( $r = 0,36$  und  $p = 0,03$ ) und der Lautdifferenzierung ( $r = -0,33$  und  $p = 0,02$ ).

#### *Ordnungsschwelle*

Hier wird genauso verfahren, wie schon bei der Tondauer beschrieben.

Zunächst werden die einzelnen Tests einer Regressionsanalyse, deren Werte in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind, unterzogen.

**Tabelle 32** Die Werte von **R**, **R<sup>2</sup>** und **p** der verschiedenen Tests der Testbatterie im Zusammenhang mit der Ordnungsschwelle

	<b>R</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>p</b>
<b>Lautstärke (richtige erkannt)</b>	0,048	0,002	0,774
<b>Tonhöhe (richtige erkannt)</b>	0,287	0,082	<b>0,034</b>
<b>Mustererkennen</b>	0,076	0,006	0,500
<b>Zahlen nachsprechen</b>	0,161	0,026	0,144
<b>Lautdifferenzierung</b>	0,166	0,027	0,144
<b>Sprache im Störgeräusch</b>	0,235	0,055	<b>0,038</b>
<b>binaurale Summation</b>	0,110	0,012	0,333
<b>zeitkomprimierte Sprache</b>	0,143	0,021	0,214
<b>Kunstwörter</b>	0,158	0,025	0,268
<b>Einzelgeräusche erkennen</b>	0,244	0,059	<b>0,039</b>
<b>Figur-Grundwahrnehmung</b>	0,277	0,077	<b>0,018</b>

Für die Tests Tönhöhe, Sprache im Störgeräusch, Einzelgeräusch erkennen und Figur-Hintergrundwahrnehmung ist mindestens das 10%-Signifikanzniveau erreicht.

Multiple Regressionsanalyse:

Sollte sich nun aus der nachstehenden Tabelle ein Test finden, der mindestens auf dem 5%-Signifikanzniveau basiert, kann auf einen Zusammenhang geschlossen werden.

**Tabelle 33 Multiple Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Ordnungsschwelle und den unabhängigen Variablen Tonhöhe, Einzelgeräusche erkennen, Sprache im Störgeräusch, Figur-Hintergrundwahrnehmung**

	Nicht standardisierte Koeffizienten B	Standardisierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Figur-Hintergrundwahrnehmung</b>	-1,423	-0,087	2,154	-0,245	0,060	-0,661	0,549
<b>Einzelgeräusche erkennen</b>	-7,925	-0,189	5,355	-0,234	0,055	-1,480	0,158
<b>Sprache im Störgeräusch</b>	-3,965	-0,276	2,035	-0,381	0,145	-1,948	0,058
<b>Tonhöhe</b>	-1,643	-0,186	1,544	-0,345	0,119	-1,064	0,230

Auf dem 5%-Signifikanzniveau ergibt sich kein Zusammenhang dieser Tests zur Ordnungsschwelle.

Man muss hier also von einer weit gehenden Unabhängigkeit dieser Tests zum Test der Ordnungsschwelle ausgehen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass kein Zusammenhang des Tests der Ordnungsschwelle zu den anderen Tests zur auditiven Wahrnehmung besteht. Für den Test der Tondauer existiert nur ein schwacher bis mittelmäßiger Zusammenhang mit dem Test der binauralen Summation ( $r = 0,36$  und  $p = 0,03$ ) und der Lautdifferenzierung ( $r = -0,33$  und  $p = 0,02$ ).

Allerdings stehen die beiden Tests zur Zeitdiskrimination nur in einem schwachen Zusammenhang ( $r = 0,23$  und  $p = 0,03$ ).

## Korrelieren die Ergebnisse mit anamnestischen Hinweisen auf auditive Wahrnehmungsschwächen?

Dies wurde anhand eines Erhebungsbogens ermittelt, der ebenfalls von den Eltern auszufüllen war.

Mittels folgender Fragen sollte dies ermittelt werden:

- Reagiert Ihr Kind auf bestimmte Geräusche auffallend empfindlich?
- Reagiert Ihr Kind auf bestimmte Geräusche auffallend wenig?
- Hält es sich bei lauten Geräuschen die Ohren zu?
- Wie reagiert Ihr Kind auf Ansprache in einer lärmgefüllten Umgebung?

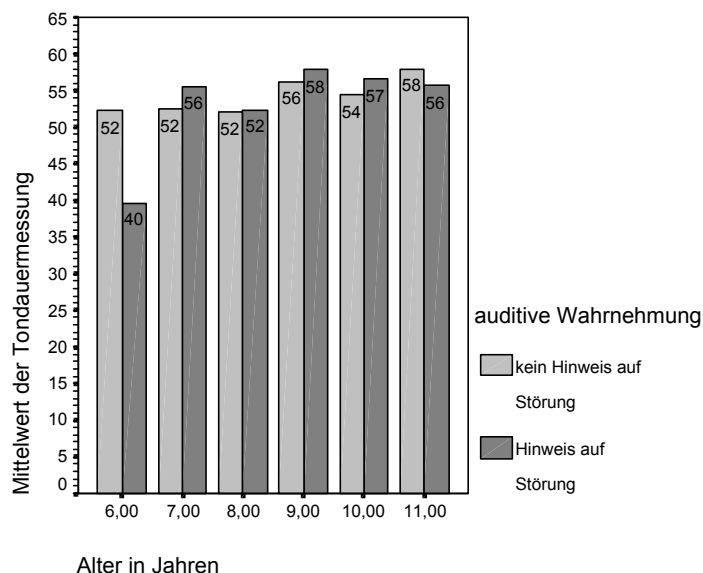
Wurden diese Fragen mit „mehr“ beantwortet, erhielten sie jeweils einen Punkt, auch wenn die Frage „Wie reagiert Ihr Kind auf Ansprache in einem lärmgefüllten Raum?“ damit beantwortet wurde, dass das Gesagte oft wiederholt werden muss oder oft falsch verstanden wird.

Je mehr Fragen positiv beantwortet wurden, desto schwächer wird hier die Wahrnehmung angenommen; erst bei vier positiven Antworten wird von einer tatsächlichen Wahrnehmungsschwäche ausgegangen. Von einem Hinweis auf eine Wahrnehmungsschwäche kann bereits ab einer positiv beantworteten Frage ausgegangen werden.

### Tondauer

Das Balkendiagramm (Abb.24) soll die Mittelwerte der Ergebnisse der Tondauertestung der Kinder mit und ohne Hinweise auf eine auditive Wahrnehmungsschwäche anzeigen.

**Abbildung 24** Balkendiagramm; gibt die Mittelwerte der Tondauertestung der Kinder mit und ohne Hinweis auf eine auditive Wahrnehmungsschwäche wieder; nach dem Alter getrennt



**Tabelle 34 Anzahl der Kinder bei der Tondauertestung nach Alter und Hinweis auf Wahrnehmungsschwäche getrennt**

<b>Alter in Jahren</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
kein Hinweis auf eine auditive Wahrnehmungsschwäche	4	11	13	15	6	3
Hinweis auf eine auditive Wahrnehmungsschwäche	3	5	9	9	6	4

Hier lässt sich kein Zusammenhang der Mittelwerte des Tests mit Hinweisen auf eine auditive Wahrnehmungsschwäche erkennen. Um dies näher zu verifizieren, wird eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt, die das Alter in die Betrachtung einbezieht.

#### Multiple Regressionsanalyse

In der nachfolgenden Tabelle sind die Werte der Regressionsanalyse angegeben.

**Tabelle 35 Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Tondauer und den unabhängigen Variablen Hinweis auf zentrale Hörstörung und Alter**

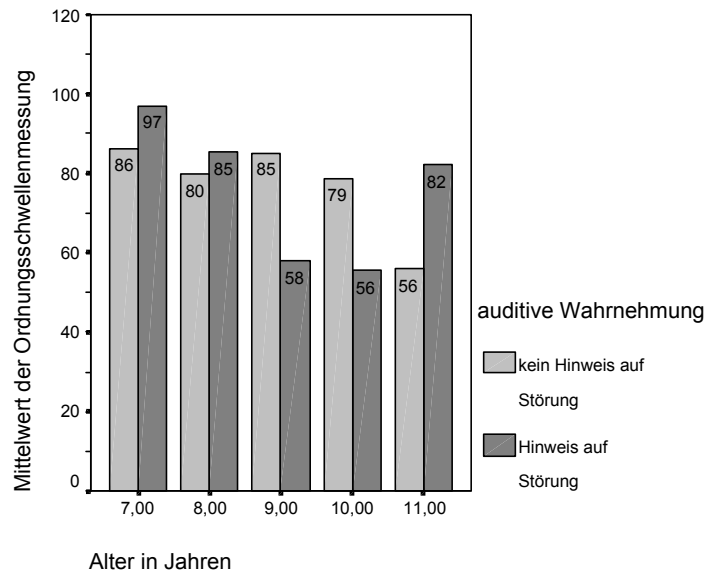
	<b>Nicht standardisier- te Koeffizienten B</b>	<b>Standardi- sierter Koeffizient <math>\beta</math></b>	<b>Standardfehler</b>	<b>R</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>T</b>	<b>p</b>
<b>Konstante</b>	39,931		3,535			11,296	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	1,682	0,408	0,420	0,404	0,163	4,003	0,000
<b>Hinweis auf zentrale Hörstörung</b>	0,000	-0,041	0,684	0,001	0,000	-0,078	0,990

Wiederum lässt sich kein Zusammenhang ( $r = 0,001$  und  $p = 0,99$ ) der Tondauertestung mit den Hinweisen auf eine zentrale Hörstörung erkennen. Der p-Wert liegt nahe eins, damit kann von einer Unabhängigkeit der beiden Variablen ausgegangen werden.

## Ordnungsschwelle

Mit dem Balkendiagramm (Abbildung 25) wird die Verteilung der Mittelwerte der Kinder mit und ohne Hinweise auf eine auditive Wahrnehmungsschwäche anschaulich dargestellt. Ein Zusammenhang lässt sich hier nicht erkennen.

**Abbildung 25** Balkendiagramm; gibt die Mittelwerte der Ordnungsschwellentestung der Kinder mit und ohne Hinweis auf eine auditive Wahrnehmungsschwäche wieder, getrennt nach Alter



**Tabelle 36** Anzahl der Kinder bei der Ordnungsschwellenbestimmung nach Alter und Hinweis auf Wahrnehmungsschwäche getrennt

Alter in Jahren	7	8	9	10	11
kein Hinweis auf eine auditive Wahrnehmungsschwäche	10	13	16	6	3
Hinweis auf eine auditive Wahrnehmungsschwäche	5	7	11	6	4

Zur statistischen Absicherung der Aussage, wird eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt, die das Alter in die Betrachtung mit einschließt.

## Multiple Regressionsanalyse

Die nachstehende Tabelle zeigt die Werte der Regressionsanalyse.

**Tabelle 37 Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Ordnungsschwelle und den unabhängigen Variablen Hinweis auf zentrale Hörstörung und Alter**

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardi- sierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	133,198		23,456			5,679	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	-5,977	-0,259	2,739	-0,261	0,068	-2,183	0,010
<b>Hinweis auf zentrale Hörstörung</b>	-5,629	0,051	4,036	0,062	0,004	-1,395	0,549

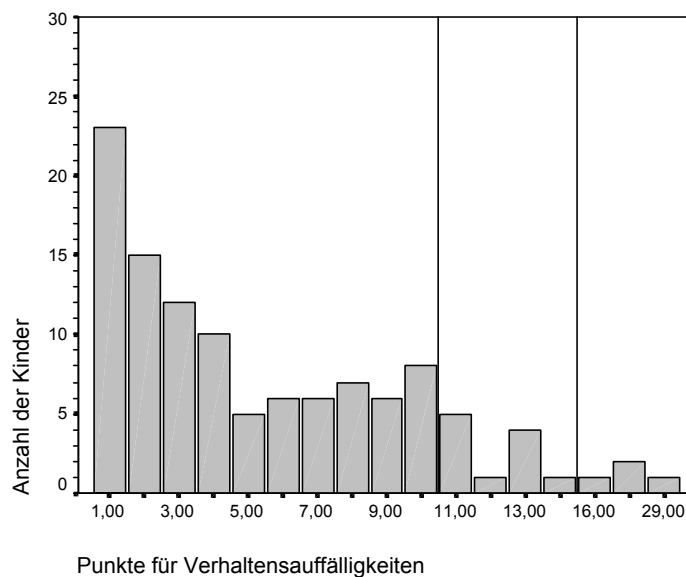
Es lässt sich kein statistischer Zusammenhang ( $r = 0,06$  und  $p = 0,55$ ) der Hinweise auf eine zentrale Hörstörung zum Test der Ordnungsschwelle feststellen. Auch das 5%-Signifikanzniveau wird nicht erreicht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass weder für den Test der Tondauer noch den der Ordnungsschwelle ein Zusammenhang zu Hinweisen auf zentrale Hörstörungen, die aus der Anamnese gewonnen wurden, zu erkennen sind.

### Korrelieren die Ergebnisse mit Verhaltensauffälligkeiten?

Verhaltensauffälligkeiten sollten über den Fragebogen abgeklärt werden. Wurden die Fragen zu Verhaltensauffälligkeiten mit mehr als zehn Punkten bewertet, liegt bereits ein Grenzbefund vor, bei dem ein auffälliges Verhalten des Kindes angenommen werden muss. Ab 15 Punkten wird bereits von einem pathologischen Verhalten ausgegangen. Das nachfolgende Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung für das Verhalten.

**Abbildung 26 Häufigkeitsverteilung der Bewertung auffälligen Verhaltens**





Im Folgenden soll hier nur zwischen auffälligem und unauffälligem Verhalten unterschieden werden. Um als auffällig im Verhalten zu gelten, müssen mehr als zehn Punkte erreicht sein.

### *Tondauer*

Um die Abhängigkeit der Tondauer vom Verhalten näher zu verifizieren, wird eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt, die das Alter in die Betrachtung einbezieht.

### Multiple Regressionsanalyse

Die nachstehende Tabelle gibt die Werte der Regressionsanalyse an.

**Tabelle 38** Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Tondauer und den unabhängigen Variablen Verhalten und Alter

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardi- sierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	40,435		3,674			11,005	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	1,657	0,520	0,414	0,520	0,270	4,008	0,000
<b>Verhalten</b>	0,000	0,002	0,133	0,004	0,000	-0,457	0,968

Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Verhalten und dem Test zur Tondauerdiskriminierung ( $r = 0,004$  und  $p = 0,97$ ).

### *Ordnungsschwelle*

Um die Abhängigkeit der Ordnungsschwelle vom Verhalten näher zu verifizieren, wird eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt, die das Alter in die Betrachtung einbezieht.

### Multiple Regressionsanalyse

Die nachstehende Tabelle liefert die Werte der Regressionsanalyse.

**Tabelle 39** Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Ordnungsschwelle und den unabhängigen Variablen Verhalten und Alter

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardi- sierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	141,486		28,406			4,981	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	-6,520	-0,419	3,157	-0,397	0,158	-2,065	0,000
<b>Verhalten</b>	-1,410	-0,187	0,876	-0,137	0,019	-1,609	0,199

Auch hier lässt sich kein Zusammenhang, der auf einem vernünftigen Signifikanzniveau entstanden wäre ( $r = 0,14$  und  $p = 0,20$ ), erkennen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich weder für die Ordnungsschwellen- noch für die Tondauererkennung ein Zusammenhang zum Verhalten erkennen lässt.

## Zusammenfassung

Ein Zusammenhang zu anamnestischen Hinweisen auf eine gute auditive Fähigkeit, die mit einer guten Musikalität, mit guten Ergebnissen zu anderen auditiven Wahrnehmungstests, ohne Hinweise auf auditive Wahrnehmungsstörung und mit einem unauffälligen Verhalten gedeutet werden soll, scheint weder für die Ordnungsschwellen- noch für die Tondauertestung gegeben zu sein.

### 5.3.2 Erfassen die Untersuchungen spezifische Leistungen oder sind die Ergebnisse eher Ausdruck kognitiver Eigenschaften wie Intelligenz, Konzentrationsfähigkeit und allgemeine Wahrnehmung?

#### Beziehung zur nonverbalen Intelligenz

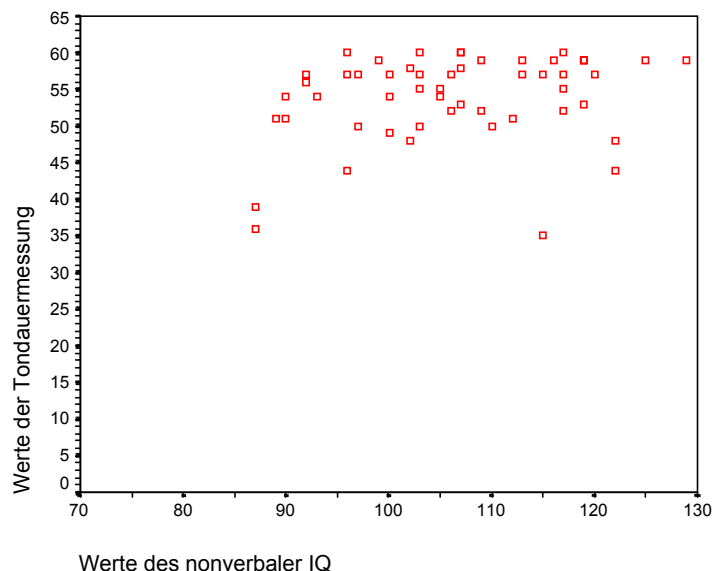
Die nonverbale Intelligenz wurde anhand des KAB-Cs getestet. Die Verteilung des Intelligenzquotienten unserer Stichprobe ist bereits im Kapitel 4.1.3 näher beschrieben. Ihr Zusammenhang mit den Ergebnissen der Tondauer- und Ordnungsschwellentestung soll anhand einer multiplen linearen Regressionsanalyse festgestellt werden, da hier wieder das Alter zu berücksichtigen ist.

#### *Regressionsanalyse bei der Tondauerdifferenzierungsfähigkeit*

Das Streudiagramm (Abb.27) soll den Zusammenhang grafisch darstellen. Eine Regressionsgerade wird nicht dargestellt, da nur durch wenige Werte eine Steigung der Geraden erzielt werden würde. Wenn Extremwerte außer Acht gelassen werden, kann wahrscheinlich ein paralleler Verlauf der Geraden zur X-Achse angenommen werden.

Die X-Achse beginnt mit einem Wert von 70, da keine niedrigeren Werte auftreten.

**Abbildung 27** Streudiagramm für die Tondauer in Abhängigkeit vom nonverbalen IQ



Um nun den tatsächlichen Zusammenhang des IQs mit der Tondauer zu erfahren, wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt. Da auch hier die Abhängigkeit vom Alter berücksichtigt werden muss, wird eine multiple Analyse mit den Variablen Alter und IQ durchgeführt.

In der Tabelle sind die Werte dieser Analyse angegeben.

**Tabelle 40** Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Tondauer und unabhängigen Variablen nonverbale Intelligenz und Alter

	Nicht standardisierte Koeffizienten B	Standardisierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	31,933		8,723			3,661	0,001
<b>Alter in Jahren</b>	1,258	0,349	0,621	0,373	0,139	2,027	0,006
<b>nonverbaler IQ</b>	0,108	0,160	0,076	0,212	0,045	1,426	0,127

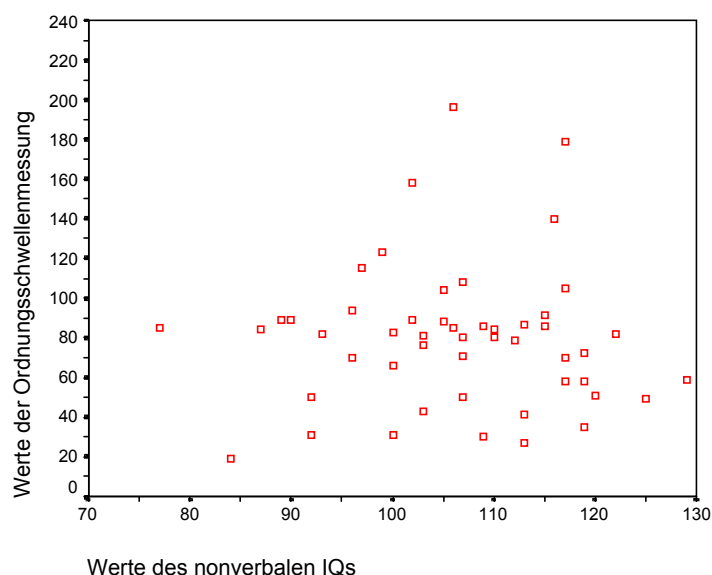
Der R-Wert (0,21) lässt keinen Zusammenhang zwischen Tondauer und nonverbaler Intelligenz vermuten. Auch das 5%-Signifikanzniveau ( $p = 0,13$ ) wurde nicht eingehalten.

Dieses Ergebnis spricht für eine Unabhängigkeit der Tondauerwerte vom Intelligenzquotienten.

*Regressionsanalyse für die Ordnungsschwellentestung:*

Auch für den Test der Ordnungsschwelle wurde ein Streudiagramm (Abb.28) erstellt. Eine Regressionsgerade würde unter Berücksichtigung der Extremwerte wahrscheinlich eine Waagrechte zur X-Achse ergeben, so spricht dieses Diagramm nicht für einen statistischen Zusammenhang der beiden Variablen Ordnungsschwelle und IQ.

**Abbildung 28** Streudiagramm; stellt die Werte der Ordnungsschwelle in Abhängigkeit vom nonverbalen IQ dar



Inwieweit sich diese Vermutung bestätigen lässt, wird anhand einer multiplen Regressionsanalyse eruiert. Die Werte hierzu sind in der nachstehenden Tabelle angegeben.

**Tabelle 41 Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Ordnungsschwelle und der unabhängigen Variablen nonverbaler IQ und Alter**

	Nicht standardisierte Koeffizienten B	Standardisierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	144,650		60,885			2,376	0,022
<b>Alter in Jahren</b>	-7,626	-0,277	4,367	-0,275	0,076	-1,746	0,042
<b>nonverbaler IQ</b>	0,000	0,017	0,454	-0,016	0,000	0,012	0,906

Es besteht praktisch kein Zusammenhang zwischen Ordnungsschwelle und nonverbalem IQ ( $r = 0,02$ ). Auch der Wert  $p$  ( $p = 0,91$ ), der Ausdruck für die Signifikanz ist, nimmt hier fast einen Wert von Eins an. Dies spricht mit einer großen Wahrscheinlichkeit für die Unabhängigkeit der Variablen Ordnungsschwelle und IQ.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich in unserer Studie zwischen den Ergebnissen der Tests zur Tondauer- und Ordnungsschwellenbestimmung kein Zusammenhang zur Intelligenz erkennen lässt.

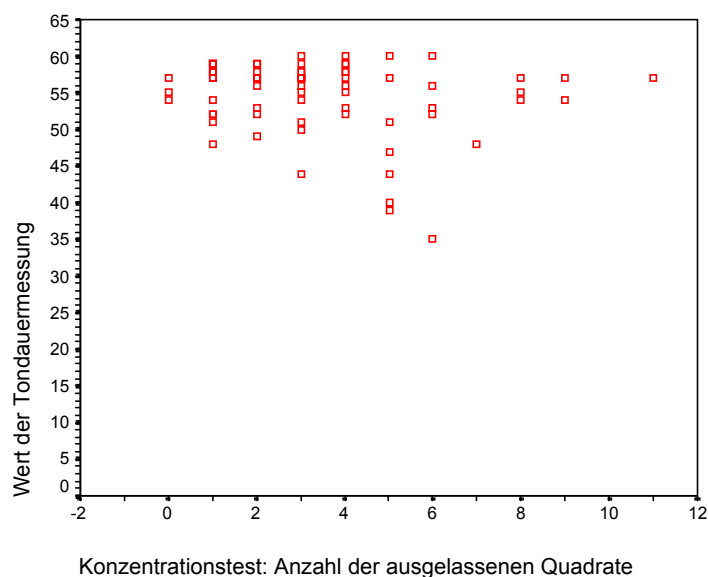
#### **Beziehung zur Konzentrationsfähigkeit:**

Die Konzentrationsfähigkeit wurde über den Test TAP gemessen (über die Anzahl der ausgelassenen Quadrate).

#### *Regressionsanalyse der Tondauerdifferenzierungsfähigkeit*

Um den Zusammenhang der Tondauer mit der Konzentration zu veranschaulichen, wurde ein Streudiagramm (Abb.29) der beiden Variablen erstellt. Hier lässt sich kein Zusammenhang der beiden Werte Konzentrationsfähigkeit und Tondauer erkennen.

**Abbildung 29 Streudiagramm; stellt die Werte der Tondauertestung in Abhängigkeit zur Konzentrationsfähigkeit dar**



Um nun tatsächlich einen statistischen Zusammenhang nachzuweisen, wurde eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt, deren Variablen in der nachstehenden Tabelle aufgeführt wurden.

**Tabelle 42** Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Tondauer und den unabhängigen Variablen Konzentration und Alter

	Nicht standardisierte Koeffizienten B	Standardisierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	45,026		4,733			9,513	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	1,269	0,214	0,501	0,273	0,075	2,532	0,018
<b>Konzentrationsfähigkeit</b>	-0,436	-0,135	0,248	-0,228	0,052	-1,761	0,049

Hier wird zwar das 5%-Signifikanzniveau ( $p = 0,05$ ) knapp erreicht, der niedrige R-Wert (0,23) lässt allerdings nicht oder nur auf einen schwachen statistischen Zusammenhang zwischen Tondauer und Konzentrationsfähigkeit schließen.

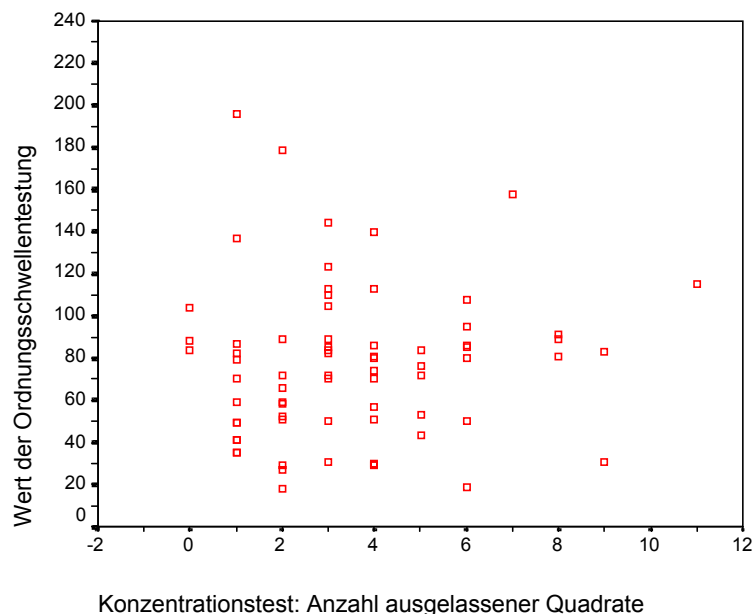
Es kann also nicht davon ausgegangen werden, dass die Konzentrationsfähigkeit den Test der Tondauer beeinflusst.

#### *Regressionsanalyse der Ordnungsschwellentestung*

Eine Regressionsgerade wird hier nicht eingezeichnet, da viele extreme Werte eine Verfälschung dieser Geraden ergeben würden.

Ein Zusammenhang der Variablen Konzentrationsfähigkeit und Ordnungsschwelle lässt sich im Streudiagramm (Abb.30) nicht erkennen.

**Abbildung 30** Streudiagramm; stellt die Werte der Ordnungsschwellenmessung in Abhängigkeit zur Konzentrationsfähigkeit dar



Zur statistischen Untermauerung, wird eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt. Die Werte hierzu sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

**Tabelle 43 Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Ordnungsschwelle und den unabhängigen Variablen Konzentrationsfähigkeit und Alter**

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardi- sierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	161,384		36,616			4,407	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	-9,441	-0,351	3,847	-0,318	0,101	-2,454	0,005
<b>Konzentra- tionsfähig- keit</b>	0,546	-0,073	1,883	0,088	0,008	-0,290	0,446

Es ist zu erkennen, dass praktisch kein Zusammenhang zwischen Ordnungsschwelle und der Konzentration ( $r = 0,09$  und  $p = 0,45$ ) besteht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Konzentration auf den Test der Tondauer sowie auf die Ordnungsschwellentestung keinen Einfluss auszuüben scheint.

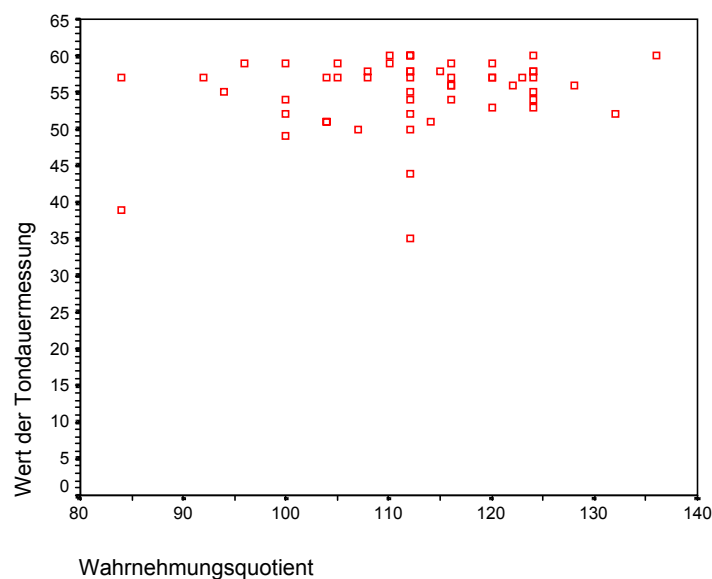
#### **Beziehung zur allgemeinen Wahrnehmungsfähigkeit:**

Die allgemeine Wahrnehmung wurde über den MVPT getestet. Welchen Einfluss sie auf die Ergebnisse der Tests hat, soll im Folgenden herausgefunden werden.

#### *Regressionsanalyse zur Tondauerdifferenzierungsfähigkeit*

Im nachfolgenden Streudiagramm (Abb.31) lässt sich kein Zusammenhang der Variablen Tondauer und allgemeiner Wahrnehmung erkennen.

**Abbildung 31 Streudiagramm; zeigt die Abhängigkeit der Tondauer von der allgemeinen Wahrnehmung**



Inwieweit dies der Fall ist, soll anhand einer Regressionsanalyse gezeigt werden, deren Werte in der nachfolgenden Tabelle angegeben sind.

**Tabelle 44** Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Tondauer und den unabhängigen Koeffizienten Wahrnehmung und Alter

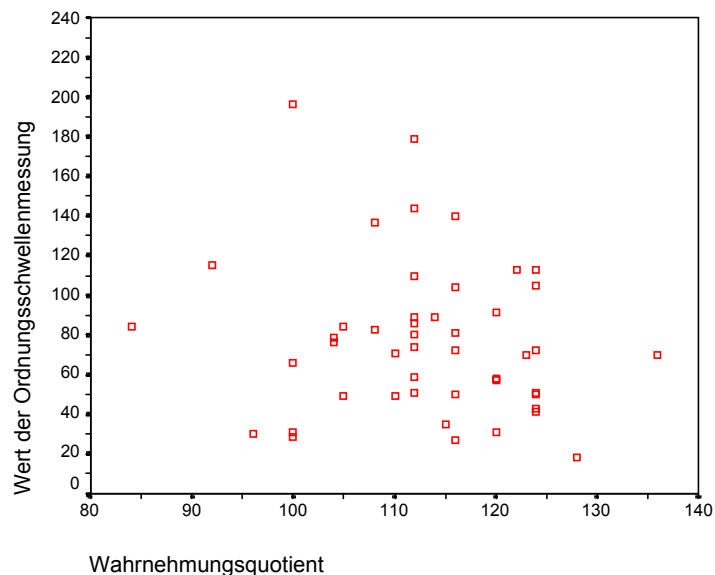
	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardi- sierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	37,295		7,886			4,129	0,000
<b>Alter in Jahren</b>	0,762	0,384	0,503	0,410	0,168	1,513	0,002
<b>Wahrneh- mung</b>	0,101	0,223	0,061	0,267	0,071	1,663	0,048

Es ergibt sich nur eine sehr schwache Korrelation ( $r = 0,27$  und  $p = 0,05$ ), die allerdings auf dem 5%-Signifikanzniveau basiert. Es kann trotzdem von einer weit gehenden Unabhängigkeit der Tondauer von der Wahrnehmung ausgegangen werden.

#### *Regressionsanalyse der Ordnungsschwellentestung*

Das Streudiagramm (Abb.32) zeigt keinen Zusammenhang der Ordnungsschwelle und der allgemeinen Wahrnehmung.

**Abbildung 32** Streudiagramm; für die Abhängigkeit der Ordnungsschwelle von der allgemeinen Wahrnehmung



Um dies statistisch zu klären, wird die multiple Regressionsanalyse herangezogen, deren Werte nachstehend angegeben sind.

**Tabelle 45** Regressionsanalyse mit der abhängigen Variablen Ordnungsschwelle und den unabhängigen Variablen Wahrnehmung und Alter

	Nicht standardisier- te Koeffizienten B	Standardi- sierter Koeffizient $\beta$	Standardfehler	R	R <sup>2</sup>	T	p
<b>Konstante</b>	255,031		80,051			3,186	0,003
<b>Alter in Jahren</b>	-10,093	-0,308	4,555	-0,323	0,104	-2,216	0,021
<b>Wahrneh- mung</b>	-0,799	-0,198	0,553	-0,222	0,049	-1,445	0,118

Ein Zusammenhang zwischen Ordnungsschwelle und der Wahrnehmung ( $r = 0,22$  und  $p = 0,12$ ) lässt sich nicht erkennen. Es kann also von einer Unabhängigkeit der Ordnungsschwelle von der Wahrnehmungsfähigkeit ausgegangen werden.

Zusammenfassend lässt sich weder zur Ordnungsschwelle noch zur Tondauer ein Zusammenhang zur allgemeinen Wahrnehmung erkennen.

### **Zusammenfassung**

Es lässt sich weder für die Tondauer noch für die Ordnungsschwelle ein Zusammenhang zur Intelligenz, zur Konzentrationsfähigkeit und zur allgemeinen Wahrnehmungsfähigkeit erkennen.

Die Ergebnisse unserer Studie lassen darauf schließen, dass die Tests zur Ordnungsschwellenbestimmung und Tondauerdiskrimination kein Ausdruck kognitiver Eigenschaften sind.



## 6. Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung erfolgte eine Analyse der Testgütekriterien zweier Tests zur zeitlichen Diskriminationsfähigkeit anhand gesunder Kinder im Alter von fünf bis elf Jahren. Die zeitliche Diskriminationsfähigkeit wurde hier anhand der Bestimmung der Ordnungsschwelle und der Tondauerdiskriminationsfähigkeit untersucht.

### 6.1 Reflexion der Stichprobe

Bevor die Ergebnisse inhaltlich diskutiert werden, soll die Stichprobe einer kritischen Betrachtung unterzogen werden, um Selektionskriterien, die eventuell zu einer Verzerrung geführt haben könnten, zu eruieren.

Die Kinder wurden aus Regelschulen und -kindergärten rekrutiert.

Bei der Auswahl der Schulen wurden keine Sonder- oder Förderschulen angesprochen, es ist also nur der gesunde, unauffällige Durchschnitt dieser Schüler repräsentiert.

Ähnliches gilt für die Kindergärten. Hier ist noch zu bedenken, dass nicht alle Kinder diesen besuchen. Doch kann man, bei einem Mindestalter in unserer Studie von fünf Jahren davon ausgehen, dass der größte Teil der Kinder in den Kindergarten geht. So stellt dies vermutlich kein Selektionskriterium dar.

Die Kinder stammten allesamt aus dem Großraum München. Sie repräsentieren also die städtische Bevölkerung und wie aus der Beschreibung der Stichprobe (Kapitel 4) zu sehen ist, hier v. a. die gehobene Mittelschicht. Da die Aufgaben jedoch nonverbal sind und sich auch nicht durch ein gutes Allgemeinwissen beeinflussen lassen, kann mit Recht davon ausgegangen werden, dass der soziale Hintergrund der Kinder keinen Einfluss auf die Ergebnisse der Tests nimmt.

Es ist allerdings eine Selektion dadurch zu erwarten, dass sich v. a. interessierte Elternhäuser und diejenigen, die bereits eine Teilleistungsschwäche ihrer Kinder vermuten und diese im Rahmen der Studie abklären lassen wollen, ihr Einverständnis für eine solche Untersuchung geben werden. Über dieses Kriterium kann keine genaue Aussage gemacht werden. Allerdings war die Zahl der Kinder, die die Einschlusskriterien nicht erfüllten, eher als niedrig zu betrachten.

Zu dieser Studie waren nur normal entwickelte, gesunde Kinder zugelassen. Über den Anamnese- und Fragebogen mussten Entwicklungsauffälligkeiten, Sprach- oder Lernstörungen, v. a. Lese-Rechtschreibstörungen, ernsthafte oder chronische Erkrankungen, v. a. neurologischer Art, sowie eine Medikamenteneinnahme ausgeschlossen werden. Des Weiteren mussten die Kinder eine durchschnittliche nonverbale Intelligenz und ein gutes peripheres Hörvermögen nachweisen. Somit erfolgte eine leichte Verzerrung in Richtung Ideallnorm.

Dies bedeutet, dass die Werte im Vergleich zu einer Durchschnittsnorm vermutlich besser sind, da beeinträchtigte Kinder ausgeschlossen waren, und die Einzelergebnisse dieser Studie nur für diese Ideallnorm Gültigkeit haben. Allerdings scheint eine Verallgemeinerung der auf Grundlage dieser Daten gewonnenen Ergebnisse durchaus legitim.

## **6.2 Einfluss des Alters und des Geschlechts auf die Ergebnisse der Tests zur zeitlichen Diskrimination**

### **Durchführbarkeitsalter der Tests**

#### **Tondauer**

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass der Test der Tondauerdiskrimination erst ab einem Alter von sechs Jahren durchführbar ist, da die Aufgabe von normal entwickelten Fünfjährigen zu fast 40 Prozent nicht verstanden wurde. Ab einem Alter von sechs Jahren konnten dann alle Kinder den Test durchführen; er ist also ab einem Alter von sechs Jahren anzuwenden.

#### **Ordnungsschwelle**

Die Ergebnisse stellen die Anwendbarkeit des Tests zur Ordnungsschwellenbestimmung im Vorschulalter sehr in Frage, denn nur ca. 60 Prozent der Fünf- und Sechsjährigen haben die Instruktion verstanden, eine Durchführung des Tests war nicht möglich. Selbst bei den Sieben- und Achtjährigen haben einzelne Kinder die Aufgabe nicht verstanden und erst ab einem Alter von neun Jahren konnten die Instruktionen von allen erfasst werden. Allerdings kann man generell sagen, dass der Test bereits ab einem Alter von sieben Jahren durchgeführt werden kann, da ein Nichtverstehen darüber hinaus nur einzelne Kinder betraf.

#### **Zusammenfassung**

Es scheint weder der Einsatz der Ordnungsschwellenmessung noch der Tondauerdiskrimination im Vorschulalter indiziert.

In der Literatur werden bereits Untersuchungen an Vorschulkindern beschrieben, es fehlen hier aber durchweg Angaben darüber, ob die Kinder die Versuchsinstruktion verstanden haben. Zwar werden schon für Fünfjährige Mittelwerte und Streuung angegeben, es ist aber fraglich, wie viele dieser Kinder den Test überhaupt korrekt durchführen konnten.

Unser Ergebnis stimmt mit Befunden anderer Untersuchungen überein. So berichten Thompson et al. (1999), dass kaum ein Kind in der Gruppe der Fünfjährigen die Trainingskriterien bei einem auditiven Diskriminationstest erfüllte.

Die meisten Studien zur Zeitverarbeitung wurden allerdings bisher nur an Kindern im Alter zwischen fünf bis zwölf Jahren oder Babys im Alter von bis zu sechs Monaten durchgeführt. Kinder der Altersgruppe von ein bis fünf Jahren scheinen hinsichtlich ihrer zeitlichen Verarbeitungsfähigkeit kaum untersucht worden zu sein. Dies liegt vermutlich an methodischen Schwierigkeiten, da die Untersuchung mittels klassischen Konditionierens, wie es im Säuglingsalter Anwendung findet, und auf Verhaltensebene, wie das ab dem Schulalter möglich ist, vermutlich keine verlässlichen Werte liefert. Nach Wissen des Autors gab allein Nickisch (1999) schon für die Fünfjährigen einen Mittelwert an, der bei ca. 160 ms zu liegen kommt. Allerdings liegen keine Aussagen darüber vor, wie viele der Kinder aus dieser Studie ausgefallen sind, weil sie den Test nicht verstanden haben.

So scheint auch der Vorschlag einiger Autoren hinfällig, ein Zeitverarbeitungstraining bereits im Vorschulalter durchzuführen. Auch die Aussage von Mies (2002), dass es eine zwingende Notwendigkeit wäre, die Ordnungsschwelle der Vorschüler und Erstklässler auf Werte von 30 Millisekunden zu trainieren, steht hier in einem klaren Widerspruch zu Befunden dieser Studie. Wenn wie aus unserer Studie ersichtlich die Ordnungsschwellenbestimmung schon bei Fünf- und Sechsjährigen nicht möglich ist, wie soll dann eine zuverlässige Erfassung einer verlängerten Ordnungsschwelle und damit der Nachweis von Zeitverarbeitungsdefiziten bei Kindern mit Entwicklungsrisiken realisierbar sein? Eine Indikationsstellung zur Diagnostik und Therapie entbehrt also im Hinblick auf die Ergebnisse dieser Studie im Vorschulalter jeder Grundlage.

## **Altersentwicklung der Tests**

### **Tondauer**

Für die Tondauerdiskrimination ist eine hoch signifikante Korrelation zum Alter, und somit eine Abhängigkeit von diesem, zu erkennen. Jedoch lassen sich nur 20 Prozent der Varianz der Tondauer über das Alter erklären.

Allgemein lässt sich beim Test der Tondauerdiskrimination mit dem Alter ein Rückgang der Streuung beobachten. Kinder ab neun Jahren erreichen hier relativ stabile Werte. Man kann zumindest bis zu einem Alter von neun Jahren eine Altersentwicklung beobachten. Bis dahin müssen also altersabhängige Normen angegeben werden. Vergleichbare Angaben aus der Literatur sind hier nicht zu nennen, da es keine Untersuchungen zur Altersentwicklung bei der Tondauerdiskrimination gibt. Allerdings gibt es sehr wohl Angaben darüber, dass die zeitliche Verarbeitungsfähigkeit mit dem Alter zunimmt.

Ab neun Jahren ist kaum eine Zunahme zu verzeichnen. Ob dieser Wert bereits Erwachsenenwerten entspricht, muss dahingestellt bleiben, da Untersuchungen an Erwachsenen mit dieser Fragestellung bislang nicht durchgeführt wurden. Man kann hier also nur feststellen, dass bei den jüngeren Kindern eine relativ hohe Streuung der Werte zu beobachten ist, die im Alter von neun bis elf Jahren ein gleich hohes Niveau erreichen.

### **Ordnungsschwelle**

Für die Messung der Ordnungsschwelle ist ebenfalls eine hoch signifikante Korrelation zum Alter zu erkennen, also scheinen auch hier die Ergebnisse davon abhängig zu sein. Doch lassen sich nur 14 Prozent der Varianz der Ordnungsschwelle über das Alter erklären.

Allgemein ist zu erkennen, dass die Ordnungsschwellenwerte auch im mittleren Schulalter noch abnehmen. Eine Erhöhung der Werte der Elfjährigen in unserer Studie entstand wohl auf Grund der geringen Zahl der teilnehmenden Kinder dieser Altersgruppe, von denen zwei auffällig schlechte Werte erzielten. Der Wert der Elfjährigen scheint hier also wenig aussagekräftig und muss vernachlässigt werden.

Allerdings ist bis zum zehnten Lebensjahr eine Abnahme der Schwellenwerte zu erkennen, die jedoch in jeder Altersstufe eine deutliche Streuung aufweisen. Man kann hier also feststellen, dass sich die Fähigkeit zur Zeitverarbeitung auch noch in der Schule entwickelt und deshalb altersabhängige Normwerte zu erstellen sind.

### **Zusammenfassung**

Für den Test der Tondauerdiskrimination kann mit Gewissheit eine Altersabhängigkeit bis zum neunten Lebensjahr verzeichnet werden. Auch für den Test der Ordnungsschwelle kann von einer Altersentwicklung bis mindestens zum zehnten Lebensjahr ausgegangen werden. Dies würde bedeuten, dass die zeitliche Diskriminationsfähigkeit auch noch im Schulalter einer deutlichen Entwicklung unterliegt. Diese Aussage steht im Einklang mit empirischen Befunden aus der Literatur. Es konnte bereits durch einige Studien, unter Verwendung unterschiedlicher Paradigmen, eine deutlich Altersentwicklung der zeitlichen Verarbeitung bestätigt werden (Davis & McCroskey 1980, Arnett & DiLollo 1979, Irwin et al. 1985, Werner et al. 1992, Kegel 1990, Veit 1992, Nickisch 1999, Morrongiello & Trehub 1987).

Eine Untersuchung von Irwin et al. (1985) über die Entwicklung der auditiven zeitlichen Verarbeitung bei Sechs- bis Zwölfjährigen gesunden Kindern und einer Gruppe Erwachsener mittels gap-detection lies erkennen, dass die Schwellenwerte signifikant mit dem Alter abnehmen und ab dem Alter von elf Jahren jenen der Erwachsenen entsprachen.

Auch Werner et al. (1992) konnte bei seiner Untersuchung eine deutliche Altersabhängigkeit der zeitlichen Diskriminationsfähigkeit verzeichnen. Hier wurden Babys im Alter von drei, sechs und zwölf Monaten sowie eine Erwachsenengruppe ebenfalls mittels gap-detection untersucht. Hierbei zeigten sich bei den Babys signifikant höhere Schwellen als bei den Erwachsenen. Dieses Ergebnis wird von den Autoren dahingehend erklärt, dass die Entwicklung der Fähigkeit zur zeitlichen Verarbeitung erst innerhalb des ersten Lebensjahres beginnt.

Auch andere Studien bestätigen eine Abnahme der auditiven Ordnungsschwelle mit dem Alter (Kegel 1990, Kegel et al. 1988, Veit 1992).

Kegel et al. (1988, Kegel 1990) stellte in seiner Untersuchung fest, dass die 20 unauffälligen Vorschulkinder eine deutlich höhere Ordnungsschwelle hatten als die 20 unauffälligen Schulkinder.

Auch Veit (1992) stellte in einer Längsschnittstudie, bei der sie die auditive Ordnungsschwelle an fünf unauffälligen und sieben sprachauffälligen Kindern über einen Zeitraum von drei Jahren untersuchte, fest, dass sich im Verlauf dieser drei Jahre sowohl in der Gruppe der sprachunauffälligen wie auch bei den sprachauffälligen Kindern eine deutliche Abnahme der Werte beobachten ließ. Doch auch sie musste eine große intra- und interindividuelle Streuung verzeichnen.

Vorläufige Normwerte für die auditive Ordnungsschwelle im Vorschul- und Grundschulalter erstellte Nickisch (1999) an insgesamt 120 unauffälligen Kindern im Alter zwischen fünf und neun Jahren. Auch hier war mit zunehmenden Kindesalter eine deutliche Abnahme der auditiven Ordnungsschwelle zu verzeichnen. Doch auch in der Gruppe der Neunjährigen lag der Wert noch weit über den für Erwachsene zu erwartenden Wert von 20–40 Millisekunden. Auch hier war für alle Altersgruppen eine große Streuung festzustellen.

Auch Morrongiello und Trehub (1987) konnten eine Verbesserung der auditiven Zeitverarbeitung mit dem Alter feststellen. Er untersuchte Babys im Alter von sechs Monaten sowie fünfjährige Kinder und Erwachsene. Ihnen wurde zunächst eine Reihe auditiver Stimuli mit konstanter Dauer und Interstimulusintervall präsentiert. Nun sollten sie auf einen Tempowechsel, der durch Veränderung der Stimulusdauer von 10 bis 100 Millisekunden erzeugt wurde, reagieren. Bei den Babys wurde der Versuch mittels operantem Konditionieren durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass bei den Säuglingen eine Veränderung der Stimulusdauer erst ab 20 Millisekunden registriert wurde, wohingegen Vorschulkinder bereits ab 15 Millisekunden und die Erwachsenen ab zehn Millisekunden auf den Tempowechsel reagierten.

Tewes et al. (2003) untersuchte bei 382 Kindern im Alter zwischen fünf und zwölf Jahren halbjährlich sieben Low-Level-Funktionen, zu denen unter anderem die auditive Ordnungsschwelle gehörte, und konnte auch hier eine eindeutige Altersentwicklung feststellen.

Ab wann die Werte von Erwachsenen erreicht werden, ist aus der vorliegenden Studie nicht ersichtlich. Hier konnten bis zum untersuchten Alter die Werte der Erwachsenen, die mit 20-40 Millisekunden (Hirsh 1959, Kegel & Tramnitz 1993, Lotze et al. 1999, Wittmann & Pöppel 1999) angegeben werden, nicht erreicht werden.

Irwin et al. (1985) konnte bei der Aufgabe zur gap-detection die Leistungen der Elfjährigen mit denen Erwachsener gleichstellen. Bei der Untersuchung von Nickisch (1999), die ja nur Kinder bis neun Jahre beinhaltete, konnte er bis zu diesem Alter nicht das Erreichen des Erwachsenenlevels angeben. Nach Angaben von Kegel (1996) erreicht die Ordnungsschwelle bei Kindern mit zehn Jahren das Niveau der Erwachsenen. Auch nach Angaben von Veit (1992) und Rosenkötter (1997) erreichen Kinder im Alter von neun bis zehn Jahren die Ordnungsschwellenwerte von Erwachsenen.

Da hier allerdings keine Erwachsenengruppe untersucht wurde, kann die Frage, ab welchem Alter ein Entwicklungsabschluss der zeitlichen Verarbeitung zu erwarten ist, auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht beantwortet werden.

Die Literatur liefert auch Daten, aus denen zu erkennen ist, dass sich die Zeitdiskriminationsleistungen bei älteren Menschen wieder verschlechtern. So hatten bei einer Studie von Fitzgibbons und Gordon-Salant (1998) ältere Probanden (65–76 Jahre) mit intaktem peripheren Gehör signifikant schlechtere Ergebnisse bei Aufgaben zur zeitlichen Diskrimination als dies bei den jüngeren Versuchspersonen (20–40 Jahre) der Fall war.

Die vorliegende Literatur sowie die eigenen empirischen Befunde zeigen, dass sich die verschiedenen Aspekte der Zeitverarbeitung im Laufe der Kindheit entwickeln. Absolute Werte für die Tondauerdiskrimination existieren nicht. Die absoluten Werte in unserer Studie für die Ordnungsschwellenbestimmung unterscheiden sich von Angaben aus der Literatur. So kommen Nickisch (1999) und v. Steinbüchel (1998) zu höheren Werten. Sie geben z. B. für die Achtjährigen einen Mittelwert von 126 Millisekunden bzw. 109 Millisekunden an, während er in unserer Studie nur bei 82 Millisekunden liegt. Diese Diskrepanz lässt sich durch unterschiedliche Erhebungsmethoden erklären. So sind diese absoluten Werte schwer vergleichbar, weil sie immer von der verwendeten Methode abhängig sind. Man kann jedoch sagen, dass sich sowohl die Tondauerdiskrimination als auch die Ordnungsschwelle, mit dem Alter entwickeln. Die Frage, ab welchem Alter ein Entwicklungsabschluss zu erwarten ist, wird recht widersprüchlich beantwortet, was auch hier durch die unterschiedlichen Untersuchungsparadigmen und Messmethoden erklärbar ist. Insgesamt ist wohl davon auszugehen, dass mit zehn bis 13 Jahren Werte des Erwachsenen erreicht sind. Ebenfalls existieren zahlreiche Hinweise darauf, dass sich die zeitliche Verarbeitungsfähigkeit mit höherem Alter wieder verschlechtert.

## **Abhängigkeit der Tests zur zeitlichen Diskrimination vom Geschlecht**

### **Tondauer**

Für die Tondauer findet sich kein Anhaltspunkt für eine Geschlechtsabhängigkeit. Weder im Balkendiagramm sind große Unterschiede zwischen den Jungen und den Mädchen zu erkennen, noch ergibt sich bei der Regressionsanalyse ein signifikanter Zusammenhang ( $r = 0,02$ ;  $p = 0,82$ ) des Geschlechts mit der Tondauer.

### **Ordnungsschwelle**

Für die Ordnungsschwelle ergibt sich ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang ( $r = 0,08$ ;  $p = 0,41$ ) zum Geschlecht, allerdings sind ab dem achten Lebensjahr auf dem Balkendiagramm durchwegs bessere, d. h. niedrigere Werte der Jungen zu erkennen, die allerdings bei der Regressionsanalyse keinen signifikanten Zusammenhang ergeben.

### **Zusammenfassung**

Ein möglicher Einfluss des Geschlechts auf die Zeitverarbeitung zeigt sich in mehreren Studien. So fand Wittmann (1997) bei einer Untersuchung der auditiven Ordnungsschwelle einen deutlichen Geschlechterunterschied. Hier waren die Ordnungsschwellen der Frauen im Mittelwert um etwa 20 Millisekunden, im Vergleich zu den Werten der Männer, erhöht.

Bei Untersuchungen von Lotze et al. (1999) erzielten Männer einen signifikant niedrigeren Ordnungsschwellenwert (19,69 ms) als Frauen (37,16 ms).

Rammsayer und Lustenauer (1989) fanden bei unterschiedlichen Zeitschätzaufgaben, dass Frauen die Zeitdauern signifikant ungenauer einschätzten als dies die Männer taten. Auch Hornstein und Rotter (1969) kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Sie fanden heraus, dass Frauen Zeitintervalle zwischen 2 bis 29 Millisekunden signifikant ungenauer schätzten als Männer.

Allerdings gab es auch Studien, die den Geschlechterunterschied hinsichtlich der auditiven zeitlichen Diskriminationsfähigkeit nicht bestätigen konnten. So fanden Brown et al. (1996) bei erwachsenen Männern und Frauen keinen Unterschied in ihrer Gesamtleistung bei der Aufgabe unterschiedliche Tonpaare mit variierendem Interstimulusintervall, die entweder dem rechten oder dem linken Ohr dargeboten wurden, zu diskriminieren. Allerdings wurde eine deutliche Geschlechterdifferenz bei der getrennten Auswertung für die Darbietung rechts oder links gefunden. Hier war bei den Männern eine signifikant bessere Diskriminationsleistung des rechten Ohres im Vergleich zum linken zu beobachten. Dieser Unterschied zeigte sich bei den Frauen nicht, sie erbrachten für beide Ohren gleiche Leistungen.

Tewes et al. (2003) konnte bei einer Studie mit 382 Kindern im Alter von fünf bis zwölf Jahren keine geschlechtsspezifischen Unterschiede erkennen.

Ein Geschlechtsunterschied bei der Zeitverarbeitung lässt sich bislang nur bei Erwachsenen nachweisen. Dabei sind die Leistungen der Männer, wie z. B. der Ordnungsschwellenwert, besser als die der Frauen. Darüber, welche Ebenen der Zeitverarbeitung hier betroffen sind, liegen allerdings keine Erkenntnisse vor. Aussagen zu geschlechtsspezifischen Leistungsdifferenzen bei Kindern sind widersprüchlich. So fand z. B. Irwin et al. (1985) keinen Geschlechtsunterschied zwischen den Leistungen der gap-detection-Aufgabe bei sechs- bis zwölfjährigen Kindern.

So weist also die Literatur auf einen Geschlechtsunterschied hinsichtlich der Ordnungsschwelle im Erwachsenenalter hin, für Kinder existieren dagegen keine eindeutigen Aussagen.

In der vorliegenden Studie lassen sich aus dem Balkendiagramm eindeutig bessere Ergebnisse der Ordnungsschwellentestung der Jungen gegenüber denen der Mädchen erkennen. Da man hier allerdings keinen signifikanten Zusammenhang erhält, kann spekuliert werden, dass die Stichprobe zu klein ist, um einen statistischen Effekt zu erzielen.

Für den Test der Tondauer lässt sich kein geschlechtsspezifischer Unterschied erkennen, allerdings deutet sich dieser Unterschied bei der Ordnungsschwellentestung an. Weitere Untersuchungen müssen sich also anschließen, um dieses näher zu verifizieren, und zu klären, ob für die Ordnungsschwelle evtl. geschlechtsspezifische Normen angegeben werden müssen.

## 6.3 Die Stabilität der Werte

### Stabilität nach einer Woche

Um die Stabilität zu beurteilen, wurde zunächst eine zweite Untersuchung nach einer Woche mit den gleichen Tests durchgeführt.

#### Tondauer

Die Ergebnisse der Tondauertestung der beiden Untersuchungen im Abstand von einer Woche zeigen eine mittelmäßige bis gute signifikante Korrelation ( $r = 0,77$  und  $p < 0,001$ ). Es kann bei der Tondauertestung von einer guten Stabilität im Zeitraum von einer Woche ausgegangen werden.

#### Ordnungsschwelle

Die Ergebnisse der Ordnungsschwellentestung der beiden Untersuchungen im Abstand von einer Woche zeigen einen schlechteren Zusammenhang als dies bei der Tondauertestung der Fall ist. Man kann aber auch hier von einem signifikanten, mittelmäßigen bis gutem Zusammenhang ausgehen ( $r = 0,53$  und  $p = 0,01$ ). Dementsprechend kann also von einem relativ guten Wert der Stabilität über den Zeitraum von einer Woche geschlossen werden.

#### Zusammenfassung

Bei der Tondauer lassen sich 60 % der Varianz durch die zweite Messung nach einer Woche erklären. Dies ist ein gutes Ergebnis und spricht hier für eine gute Stabilität der Tondauerwerte nach einer Woche.

Für die Ordnungsschwelle lassen sich nur 29 % der Varianz durch die zweite Messung erklären. Dies ist ein schlechter Wert und so ist trotz einer signifikanten, aber mittelmäßigen bis guten Korrelation, von einer eher schlechten Stabilität der Ordnungsschwellenwerte nach einer Woche auszugehen.

## **Stabilität nach vier Monaten**

Um die Stabilität nach vier Monaten zu messen, wurden mit den gleichen Untersuchern die gleichen Tests durchgeführt.

### **Tondauer**

Die Ergebnisse der Tondauertestung der beiden Untersuchungen im Abstand von vier Monaten zeigen hier immer noch einen mittelmäßigen bis guten signifikanten Zusammenhang ( $r = 0,67$  und  $p < 0,00$ ), der allerdings erwartungsgemäß niedriger liegt als bei der Messung nach einer Woche.

### **Ordnungsschwelle**

Die Ergebnisse der Ordnungsschwellentestung der beiden Untersuchungen im Abstand von vier Monaten zeigen wieder einen schlechteren Zusammenhang als dies bei der Tondauertestung der Fall ist. Doch ergibt sich im Vergleich zu der Testung nach einer Woche nur ein geringfügig schlechteres Ergebnis. Allerdings muss man hier von einem schwachen bis mittelmäßigen Zusammenhang ausgehen ( $r = 0,46$  und  $p = 0,006$ ).

### **Zusammenfassung**

Bei der Tondauer lassen sich 54 Prozent der Varianz durch die zweite Messung nach vier Monaten erklären. Dies ist in Anbetracht der langen Zeit ein gutes Ergebnis und spricht für eine gute Stabilität der Tondauerwerte nach vier Monaten.

Für die Ordnungsschwelle lassen sich nur 21 Prozent der Varianz durch die zweite Messung erklären. Dies ist zwar für sich gesehen kein guter Wert, da aber nur ein unwesentlich schlechterer Wert als bei der Messung nach einer Woche entstanden ist, kann man auch hier von einer zumindest mäßigen Stabilität der Werte im untersuchten Zeitraum von vier Monaten ausgehen.

## **Zusammenfassung der Stabilität der Tests zur zeitlichen Diskrimination über einen Zeitraum von einer Woche und vier Monaten**

Für den Test der Tondauerdiskrimination ergibt sich sowohl nach einer Woche als auch nach vier Monaten eine gute Stabilität der Werte, die anhand einer signifikanten, guten Korrelation zu erkennen ist. Dieser Test genügt als diagnostisches Mittel somit knapp den Anforderungen der Reliabilität.

Dieses Ergebnis kann leider nicht mit Angaben aus der Literatur verglichen werden, da hierzu nach Wissen des Autors bisher keine Untersuchungen getätigt wurden.

Für den Test der Ordnungsschwellenbestimmung ergeben sich zwar für die einzelnen Messungen nach einer Woche und nach vier Monaten nur mittelmäßige, aber signifikante Zusammenhänge. Allerdings kann man nur von einer mäßigen Reliabilität für die Ordnungsschwellenmessung ausgehen. So scheint es fraglich, ob dieser Test als diagnostisches Mittel den Anforderungen der Reliabilität genügt.

Über die Stabilität der Werte der Ordnungsschwellenmessung liegen bislang kaum Studien vor. Die wenigen Studien an Erwachsenen sprechen allerdings für eine hinreichende Zuverlässigkeit der Werte. Studien über die Verlässlichkeit mit Kindern liegen jedoch nach Wissen des Autors bislang nicht vor. Allerdings gibt es auch für das Erwachsenenalter keine exakten Werte für die Retest-Reliabilität.

Meister et al. (1998) untersuchte junge Erwachsene zwölfmal mit drei verschiedenen adaptiven Methoden. Die Standardabweichung war hierbei intraindividuell vier- bis fünfmal geringer als interindividuell.

Auch v. Steinbüchel et al. (1999a) führte mit Aphasiepatienten Wiederholungsmessungen der Ordnungsschwelle durch. Hierbei wurde die Ordnungsschwelle dreimal an aufeinander folgenden Tagen gemessen. Eine zweifaktorielle Varianzanalyse ergab intraindividuell keinen signifikanten Effekt des Faktors „session“. Dies spricht dafür, dass die Ordnungsschwellenwerte an den drei Messtagen nicht oder nur gering voneinander abwichen.

In einer Studie von Wightman et al. (1989) zur gap-detection, bei der er gesunde Kinder und Erwachsene untersuchte, hatten die Werte bei der Wiederholungsmessung der drei- bis fünfjährigen Kinder eine dreimal höhere intraindividuelle Streuung, als die der Sechsjährigen und der Erwachsenen. Daraus lässt sich schließen, dass bei jüngeren Kindern die Schwellenwerte instabiler und weit weniger zuverlässig sind als dies bei älteren Kindern und Erwachsenen der Fall ist.

Die Literatur gibt hier also nur über die Streuung der Werte, die mit dem Alter niedriger werden und dadurch die Werte zuverlässiger machen soll, eine Aussage. Über die Reliabilität bei Kindern sind allerdings keine Aussagen zu finden.

Die in unserer Studie mäßig ausfallende Stabilität der Werte sollte, da der Test eine rege Anwendung in Forschung, Diagnostik und Therapie teilleistungsgestörter Kinder findet, noch einmal zum Objekt weiterer Studien gemacht werden. Hierbei sollte auch die Frage der Objektivität geklärt werden.

Die vom Autor gewonnenen Ergebnisse hierzu lassen die Ordnungsschwellenmessung mit der hier verwendeten Methode und Gruppe der Kinder des späten Kindergarten- und frühen Schulalters (von fünf bis elf Jahren) als Diagnose- und Therapiemittel ungeeignet erscheinen. Auch zur Individualdiagnostik eignet sich diese Methode bei der Gruppe der Fünf- bis Elfjährigen nicht.

## **6.4 Die Validität der Tests zur zeitlichen Diskrimination**

Über die Validität der Untersuchungsergebnisse kann hier nur bedingt eine Aussage getroffen werden, da es weder für die auditive Wahrnehmung noch für die Zeitverarbeitung ein verlässliches Außenkriterium gibt, anhand dessen man die Validität bestimmen könnte. Es konnten hierzu nur indirekte Hinweise gewonnen werden, indem zum einen untersucht worden ist, ob Kinder, bei denen auf Grund der Anamnese sehr gute bzw. sehr schlechte auditive Fähigkeiten zu vermuten sind, im Test auch besonders gut bzw. schlecht abschneiden und zum anderen, ob die Tests an Stelle spezifischer auditiver Fähigkeiten allgemeine kognitive Leistungen beurteilen.

### **Zusammenhang zu anamnestischen Hinweisen auf eine gute oder schlechte auditive Fähigkeit**

Es wurde von der Hypothese ausgegangen, dass bei musikalischen Kindern, und bei guten Ergebnissen der anderen Tests auch die Tests zur Zeitdiskrimination, die ja ein Teil der auditiven Wahrnehmung darstellen soll, gute Ergebnisse erzielen.

Weiter sollen Hinweise auf Wahrnehmungsstörungen aus der Anamnese auf eine tatsächlich gestörte Wahrnehmung hinweisen. Ein gestörtes Verhalten wird oft als Folge einer auditiven Wahrnehmungsstörung angegeben. Hier steht die Hypothese, je gestörter das Verhalten und je größer die Hinweise auf eine auditive Wahrnehmungsstörung, desto schlechter sollten die Ergebnisse der Zeitdiskriminationsaufgaben sein. Diese Kriterien stellen kein hartes Außenkriterium dar, sie wurden aus Ermangelung an besseren gewählt und sollen lediglich als Hinweiszeichen auf die Güte der Bestimmung der auditiven Wahrnehmung dienen.



## **Musikalität**

Zur Tondauer lassen sich keine signifikanten Zusammenhänge zur Musikalität erkennen. Der p-Wert (0,76) liegt so hoch, dass nicht von einem Zusammenhang ausgegangen werden kann. Auch aus dem Balkendiagramm lassen sich keine Korrelationen erkennen.

Das Gleiche gilt für den Test der Ordnungsschwelle, wobei hier der p-Wert noch höher (0,87) liegt.

Dieses Ergebnis steht nicht im Einklang mit Angaben aus der Literatur. So ist nach Wissen des Autors zwar bisher noch kein Zusammenhang der Musikalität mit der zeitlichen Verarbeitung aufgedeckt worden, allerdings wird eine musikalische Begabung immer wieder in Zusammenhang mit einer besseren auditiven Verarbeitung gebracht (Epstein 1989, Pöppel 1988). Ein weiteres Indiz für den Zusammenhang zur zeitlichen Verarbeitung liefert die Tatsache, dass die Erfassung des Rhythmus und seine Verarbeitung in der linken Hirnhemisphäre geschieht, in der nicht nur die Sprach-, sondern auch die Zeitverarbeitung stattfindet (Gordon 1978, Piro 1993, Schlaug et al. 1995). So ist es nicht verwunderlich, dass die Musikalität mit der Sprachverarbeitung (British Dyslexic Association 1995, Chan et al. 1998, Ganschow et al. 1994) und hier indirekt auch mit der Zeitverarbeitung in Verbindung gebracht wird (Overy 2000). Es scheint vor diesem Hintergrund sinnvoll, in Lehrprogramme für Sonderschulen für lese-rechtschreibschwache und auch verhaltensgestörte Kinder musikalisch-rhythmische Übungsprogramme aufzunehmen (Suchodoletz 1994, Thomson 1993, Douglas & Willatts 1994).

Da ein direkter Nachweis eines Zusammenhangs einer guten Musikalität und der zeitlichen Verarbeitung allerdings bisher nicht zu finden ist, es aber doch Hinweise darauf gibt, sollten auf diesem Gebiet noch weitere Untersuchungen angeschlossen werden.

Unsere Ergebnisse stellen es in Frage, inwieweit die Musikalität geeignet ist, um ein Korrelat auf die auditive Wahrnehmung und deren Schwächen zu finden.

## **Andere Tests der auditiven Wahrnehmung**

### *Ordnungsschwelle und Tondauer*

Hier wurde zunächst der Zusammenhang der beiden Tests zur zeitlichen Diskriminationsfähigkeit untersucht. Es ergab sich eine geringe, aber signifikante Korrelation ( $r = 0,23$  und  $p = 0,03$ ) der beiden Tests untereinander. Allerdings lassen sich nur 5 % der Varianz der Ordnungsschwelle über die Ergebnisse der Tondauertestung erklären. Bei diesem Ergebnis scheint es fraglich zu sein, ob beide Tests das Gleiche untersuchen. Andererseits kann argumentiert werden, dass der Ordnungsschwellenbereich und der Bereich der Tondauer unterschiedliche Anforderungen der Zeitwahrnehmung messen, wie dies ja auch in der Literatur mehrfach beschrieben wird (Kegel 1991). So stellt die Ordnungsschwelle den Bereich der Ordnungsebene nach Kegel dar, wobei die Tondauer über diese Ebene hinausgeht und hier die Bildung von Ereignisketten stattfindet. Es muss also nicht nur die Reihenfolge erkannt werden, sondern hier spielen erstmals Erinnerungsleistungen eine Rolle (Jensen & Neff 1989, Musiek et al. 1990).

Zu beachten ist auch, dass die Zuverlässigkeit der Ordnungsschwellenmessung gering ist. Somit ist keine Korrelation zu anderen Faktoren zu erwarten.

### *Tondauer*

Bei den Einzelkorrelationen der zwölf Tests im Vergleich zur Tondauer konnte für fünf Testverfahren ein geringer, aber signifikanter Zusammenhang auf dem 5%-Signifikanzniveau erhalten werden. Hier waren allerdings nur zwischen 15 und neun Prozent der Varianz der Tondauertestung durch diese Tests erklärbar. Dieser sehr schlechte Zusammenhang sollte erneut mit einer multiplen Regression dieser fünf Tests untersucht werden. Es ergab sich allerdings nur noch zur binauralen Summation und zur Lautdifferenzierung ein signifikanter, wenn auch schlechter Zusammenhang. Inwieweit dieser Zusammenhang zufällig entstanden ist, muss offen gelassen werden, da es sich nur um einen Einzelwert handelt, welcher sich allerdings inhaltlich und logisch nicht erschließen lässt. Dieses Ergebnis bedarf also einer Bestätigung durch nachfolgende Untersuchungen, bevor hier weitere Interpretationen getätigt werden können.

### *Ordnungsschwelle*

Für die Einzelkorrelationen der zwölf Tests im Vergleich zur Ordnungsschwelle konnte für vier Testverfahren ein geringer, aber signifikanter Zusammenhang auf dem 5%-Signifikanzniveau erhalten werden. Hier waren allerdings nur zwischen fünf und neun Prozent der Varianz der Ordnungsschwellentestung durch diese Tests erklärbar. Dieser sehr schlechte Zusammenhang sollte erneut über eine multiple Analyse der vier Tests untersucht werden. Hier ergibt sich zu keinem der anderen Untersuchungsverfahren eine signifikante Beziehung. Wenn hier tatsächlich eine Beziehung bestehen sollte, so ist diese als gering und ohne Bedeutung zu erachten.

### *Zusammenfassung*

Die Tests zur Tondauerdiskrimination und Ordnungsschwellenbestimmung hängen nicht oder nur sehr gering mit den anderen Tests der auditiven Wahrnehmung zusammen. Dieser Zusammenhang ist so gering, dass er ohne Bedeutung ist und vernachlässigt werden kann.

Wie kommt es nun, dass sich die Tests zur zeitlichen Diskrimination, die hier ja einen Teilbereich der auditiven Wahrnehmung messen sollen, nicht mit den anderen Tests in Zusammenhang stehen? Dies kann mehrere Ursachen haben. Zum einen kann vermutet werden, dass weder die Ordnungsschwellen- noch die Tondauerbestimmung ein Maß für die auditive Wahrnehmung darstellen. Für den Test der Ordnungsschwelle kann angeführt werden, dass, durch dessen geringe Zuverlässigkeit, kein Zusammenhang zu den anderen Tests zu erkennen ist; dies hat allerdings keine Gültigkeit für die Tondauer. Es erscheint auch möglich, dass sich die auditive Wahrnehmung in unterschiedliche, unabhängig voneinander existierende Einzelbereiche unterteilt.

Alle drei dieser Erklärungsansätze müssen in Betracht gezogen werden. Schaut man sich allerdings die Korrelationen der anderen Tests untereinander an, so sind auch nur bei wenigen Tests zwar signifikante, dennoch schlechte Zusammenhänge festzustellen. Dies würde dafür sprechen, dass die auditive Wahrnehmung eben kein einheitliches Konstrukt ist, sondern sich in viele, separat nebeneinander existierende, Teilbereiche gliedert.

Angaben aus der Literatur waren hierzu nicht zu finden.

### **Hinweise auf eine auditive Wahrnehmungsschwäche aus der Anamnese und das Verhalten**

Weder die Tondauerdiskrimination noch die Ordnungsschwellenmessung ergeben einen signifikanten Zusammenhang zu Hinweisen auf auditive Wahrnehmungsstörungen aus der Anamnese. Es wäre aber ein positiver Zusammenhang zu erwarten gewesen, da gerade diese Tests die auditive Wahrnehmung messen sollen.

Wider Erwarten wurden auch zum Verhalten keine signifikanten Korrelationen beobachtet, obwohl dieses u. a. als Prädiktor für eine gestörte auditive Wahrnehmung angesehen wird (Warnke 1996).

Auch hier muss man wieder argumentieren, dass diese Tests vielleicht nur die zeitliche Wahrnehmung prüfen und aus diesem Grund kein Zusammenhang zu auditiven Wahrnehmungsschwächen aus der Anamnese und zum Verhalten erkennbar ist. Andererseits ist es möglich, dass durch die Befragung ein anderer Teilbereich der auditiven Wahrnehmung erfasst wurde als dies durch die Tests erfolgt. Weiter ist hier noch zu bedenken, dass die Angaben rein subjektive Aussagen der Eltern darstellen, die entweder zu kritisch oder zu gut bewertet haben könnten.

Angaben aus der Literatur sind hierzu nicht zu finden.

### **Zusammenfassung**

Es ergab sich in keinem Fall ein Zusammenhang zu anamnestischen Hinweisen auf eine gute oder schlechte auditive Fähigkeit. Man muss hier also schlussfolgern, dass die auditive Wahrnehmung nicht gemessen wird, zumindest nicht der Bereich, in dem die Tests der Tondauerdiskrimination und die Ordnungsschwellenbestimmung ansetzen.

Nun stellt sich die Frage, ob vielleicht andere kognitive Fähigkeiten wie die Intelligenz, Aufmerksamkeit oder Konzentration gemessen wurden.

### **Zusammenhang der Testverfahren zur zeitlichen Diskrimination zu anderen kognitiven Eigenschaften**

#### **Intelligenz**

Die Intelligenz zeigt hier weder mit dem Test der Tondauer ( $p = 0,13$ ) noch weniger mit dem Test der Ordnungsschwelle ( $p = 0,91$ ) einen signifikanten Zusammenhang.

In den meisten Studien zur Zeitverarbeitung wird die Variable Intelligenz nicht mitberücksichtigt. Die Autoren scheinen demnach von einer Unabhängigkeit der Tests zur Zeitverarbeitung von der Intelligenz auszugehen. So liegen auch nur wenige Studien vor, die diesen Zusammenhang untersucht hätten.

Studien von Raz et al. (1983) und Deary et al. (1989) bei einer erwachsenen Kontrollgruppe konnten einen deutlichen Zusammenhang zwischen Intelligenz und auditiv zeitlicher Diskriminationsfähigkeit finden. Hier zeigten Testpersonen mit einer hohen eine bessere zeitliche Diskriminationsleistung als diejenigen mit einer niedrigeren Intelligenz.

Zusätzlich konnte Deary et al. (1989) an einer Gruppe durchschnittlicher, unauffälliger Zwölfjähriger eine Intelligenzabhängigkeit der Leistungen der auditiven Zeitverarbeitung feststellen.

Ein indirekter Einfluss der Intelligenz auf die Zeitverarbeitung zeigte sich in einer Studie von Au und Lovegrove (2001). Hier konnten unter Einbezug der Intelligenz in die statistische Auswertung Effekte auf Gruppenunterschiede in der zeitlichen Diskriminationsleistung erkannt werden.

Auch Bishop et al. (1999) fand innerhalb einer Gruppe sprachentwicklungsgestörter Kinder einen deutlichen Zusammenhang zwischen nonverbaler Intelligenz und zeitlicher Diskriminationsfähigkeit.

Allerdings wurde auch mehrfach nachgewiesen, dass der IQ bei normal entwickelten Personen, weitgehend unabhängig vom Ordnungsschwellentest ist (Irwin 1984, Vernon 1986, Lubin & Fernandez 1986, Mackintosh 1986, Juhel 1991). Wurden allerdings geistig Behinderte in die Betrachtung miteinbezogen, wurde sehr wohl eine signifikante Korrelation gefunden (Brandt & Deary 1982, Nettelbeck et al. 1986).

Die Ergebnisse unserer Studie ließen hier keinen Zusammenhang der nonverbalen Intelligenz zu den Ergebnissen der Tests zur Tondauerdifferenzierung und Ordnungsschwellenbestimmung erkennen. Andere empirische Befunde weisen jedoch auf einen Zusammenhang zur Intelligenz hin. Dieser Widerspruch kann damit begründet werden, dass die Untersuchung der verschiedenen Bereiche der zeitlichen Verarbeitung unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden unterliegt. Möglicherweise stellt die Verwendung von Maskierungsreizen, wie sie von Deary et al. (1989), Bishop et al. (1999) und Raz et al. (1983) verwendet wurden, höhere kognitive Anforderungen an die Testperson als dies die von uns verwendeten Tests tun. Ein anderer Grund für diesen Widerspruch könnte auch der enge Rahmen sein, in dem sich die Intelligenz der Kinder in der vorliegenden Studie bewegen sollte. So nahmen nur normal intelligente Kinder an dieser Studie teil. Es bleibt also zu vermuten, dass die Aussage dieser Studie nur für Kinder mit einem durchschnittlichen IQ gilt, wobei die Ergebnisse der Kinder mit einer Intelligenzminderung wahrscheinlich deutlich schlechter ausfallen bzw. sie die Aufgabe nicht verstehen würden.

Man kann also nicht ausschließen, dass eine wenn auch nur geringe Beziehung zwischen Intelligenz und Zeitverarbeitung besteht, die wahrscheinlich je nach Methodik unterschiedlich ausfällt. Da ein Effekt der Intelligenz auf die Zeitverarbeitung nicht ausgeschlossen werden kann, sollte diese Variable bei der Auswertung prinzipiell unbedingt mitberücksichtigt werden.

### **Konzentration und visuelle Wahrnehmung**

Zu den beiden Tests zur Zeitdiskrimination besteht hier weder zur Konzentration noch zur visuellen Wahrnehmung ein signifikanter Zusammenhang.

Bei der Zeitverarbeitung, v. a. bei Aufgaben zur Zeitschätzung, wurde in mehreren Studien ein Zusammenhang zur Aufmerksamkeit, die v. a. durch Wahrnehmung bzw. Beurteilung von Dauer untersucht wurde (Übersicht bei Zakay & Block 1996), erkannt. Eine bedeutende Rolle spielt allerdings die Komplexität der Aufgabe, da bei zunehmender Anforderung an den Probanden mehr Aufmerksamkeit und Konzentration benötigt und damit schlechtere Testergebnisse erzielt wurden. Bei einer Untersuchung von Stelmach und Herdman (1994) wurde ein Einfluss der gerichteten Aufmerksamkeit auf die visuelle Ordnungsschwelle erkannt.

Dass in unserer Studie kein Zusammenhang zur Wahrnehmung und Konzentration gefunden werden konnte, kann daran liegen, dass die Anforderungen an diesen Test ab einem bestimmten Alter relativ simpel sind. Die Aufgaben der Tondauerunterscheidung und Ordnungsschwellenbestimmung sind nicht als komplex zu bezeichnen. Hier ist höchstens durch den monotonen Ablauf eine gewisse Ausdauer und Konzentration nötig, die aber im Normalfall gesunde Kinder ab dem angegebenen Alter nicht überfordern dürfte.

### **Zusammenfassung**

Es besteht weder ein Zusammenhang zur Intelligenz noch zur Konzentration und Wahrnehmung. Man kann also davon ausgehen, dass diese kognitiven Eigenschaften hier nicht gemessen wurden. Andererseits können die auffallend schlechten Werte der Ordnungsschwelle, deren p-Wert immer nahe eins liegt, auch auf Grund der schlechten Zuverlässigkeit dieses Tests entstanden sein.

## **Zusammenfassung der Ergebnisse zur Validität**

Die Tests zur Ordnungsschwellenbestimmung und Tondauerdiskrimination stehen hier nicht im Zusammenhang zu anderen Bereichen der auditiven Wahrnehmung, die anhand der Musikalität, der Beziehung zu anderen auditiven Tests, Hinweisen auf eine Wahrnehmungsstörung aus der Anamnese und durch das Verhalten eruiert werden sollten. Es ist hier allerdings auch kein Zusammenhang zu anderen kognitiven Eigenschaften wie der Intelligenz, der Konzentration und der Wahrnehmung zu finden. Diese Faktoren fanden in der vorliegenden Studie eine nähere Betrachtung, um einen Hinweis auf die Validität dieser Tests zu bekommen. Wie anfangs schon erwähnt, handelt es sich hier zwar nicht um ein hartes Außenkriterium, doch sollte sich zumindest eine Richtung andeuten. Auf Grund dieses Ergebnisses muss man wahrscheinlich davon ausgehen, dass die Tests zur zeitlichen Diskrimination, die in dieser Studie Verwendung fanden, spezifische Leistungen messen, deren Validität und klinische Relevanz in weiter gehenden Studien noch zu belegen sein werden.

## 7. Zusammenfassung

Auditive Wahrnehmung bezeichnet die Fähigkeit, Hörphänomene aufzunehmen und ihre Bedeutung zu verstehen. Ihre Verarbeitung geht über die zentrale Hörbahn bis in die tertiären Hörfelder und stellt somit eine hohe Leistung des Gehirns dar. Kommt es in diesem Bereich zu Störungen, ist bei Erwachsenen die Ursache meist ein umschriebenes neurologisches Problem. Häufig treten zerebrovaskuläre Ausfälle, Tumoren oder auch Verletzungen nach Unfällen auf. Im Gegensatz dazu findet man bei Kindern eher eine cortikale oder subcortikale Dysfunktion, seltener eine umschriebene morphologische Veränderung. Die Störung umfasst oft mehrere anatomische Strukturen und ist dadurch mit einzelnen Testverfahren kaum zu erfassen (Uttenweiler 1996).

Eine ungestörte auditive Wahrnehmung ist eine dringende Voraussetzung für eine einwandfreie Aufnahme und Verarbeitung der Sprache, also unausweichlich für ein ungestörtes Sprachverstehen und eine ungestörte Sprachfunktion. Eine Störung der auditiven Wahrnehmung kann somit zu Störungsbildern wie Sprachentwicklungsstörung, Lese-Rechtschreibstörung und Aphasie führen.

Einige Autoren machen hier für eine Untergruppe dieser Krankheitsbilder eine Störung der zeitlichen Verarbeitung verantwortlich (u. a. Kolk 1995, v. Steinbüchel et al. 1996a, Schwartz 1995, Schöler et al. 1998, Dames 1997, Klein 1999, Barth et al. 2000, Kolk 1995, Merzenich et al. 1996). Dies erklären sie daraus, dass bei der Sprachverarbeitung Störungen zeitlicher Verarbeitungsmechanismen dazu führen, dass in einem gesprochenen Wort die sequenzielle Lautfolge, die sich als rasch aufeinander folgende Änderung im Sprachsignal realisiert, schlechter wahrgenommen und analysiert werden kann. Es wird angenommen, dass bei der auditiven Verarbeitung von Informationen bestimmte elementare Operationen nicht nur in unzureichendem Maße zur Verfügung stehen, sondern auch Kapazitätsbegrenzungen die Verarbeitung akustischer Informationen nicht in der Vollständigkeit erlauben, die zum korrekten Erlernen der Sprache notwendig wären. Sprachliche Erkennensprozesse greifen somit auf defizitäre auditive Informationen zurück und führen nicht zu einem angemessenen Aufbau sprachlicher Fähigkeiten. Inwieweit dies nun tatsächlich der Fall ist, muss in weiteren Studien noch geklärt werden.

Die Störung der Zeitverarbeitung stellt einen wichtigen Teilbereich der auditiven Wahrnehmungsstörung dar, der allerdings nicht sprachspezifisch sein muss. So wird das Problem der zeitlichen Integration bei komplexen Prozessen, die eine Synchronisation zahlreicher Komponenten voraussetzen, in der neueren Literatur gleichermaßen für die Perzeption, die Motorik und die Kognition diskutiert (z. B. v. Steinbüchel 1995, v. Steinbüchel et al. 1996a). Eine korrekte Zeitverarbeitung ist somit von besonderer Bedeutung für die normale Entwicklung und Aufrechterhaltung sowohl der sensomotorischen Integrationssysteme als auch der phonologischen Systeme.

Die Zeit stellt allerdings keine physikalisch messbare Größe dar, sondern sie ist eine im persönlichen Empfinden des Menschen stehende relative Größe, die durch eine Vielzahl von Faktoren und vom subjektiven Empfinden beeinflusst wird.

So verwundert es nicht, dass zur Erfassung zeitlicher Verarbeitung nur wenige klinisch einsetzbare Testverfahren zur Verfügung stehen, die zudem mit dem Problem behaftet sind, dass sie oft nicht für Kinder angepasst und normiert sowie hinsichtlich ihrer Testgütekriterien untersucht wurden.

Zur Erfassung der zeitlichen Verarbeitungsfähigkeit scheinen sich v. a. die Tests der Ordnungsschwellenbestimmung und Tondauerdiskrimination zu eignen. So scheint die Ordnungsschwelle, die einen basalen Schwellenwert der Zeitverarbeitung darstellt, ein wichtiges Diagnosemittel bei der Störung der zentralen Hör- und Sprachverarbeitung zu sein. Eine einheitliche Erhebungsmethode besteht allerdings bisher noch nicht. In der vorliegenden Studie wurde das Erhebungsverfahren von v. Steinbüchel et al. (1998) mit der Erhebungsmethode von Treutwein (1997) gewählt.

Welche Ebene der auditiven Verarbeitung durch die Tondauerdiskrimination betroffen ist, ist noch nicht im Einzelnen geklärt. Es scheint jedoch klar, dass eine von mehreren Ebenen des komplexen Zeitverarbeitungssystems gemessen wird. Für die Erfassung stehen bisher nur wenige Methoden zur Verfügung, die recht kompliziert und zeitaufwändig sind. Deshalb wurde für unsere Studie ein einfach gestalteter Test mit Tonpaaren gleicher und ungleicher Dauer am Institut für Kinder- und Jugendpsychiatrie in München kreiert, der in Kapitel 4.2.4 näher beschrieben ist.

Um nun diesen Tests eine fundierte Basis für die wissenschaftliche Untersuchung zu geben, sollten in der vorliegenden Studie diese beiden Verfahren zur zeitlichen Diskrimination einer näheren Betrachtung der Stabilität nach einer Woche und nach vier Monaten, der Alters- und Geschlechtsabhängigkeit, der Abhängigkeit zu anamnестischen Hinweisen auf eine bessere oder schlechtere auditive Fähigkeit und des Zusammenhangs zu allgemeinen kognitiven Leistungen wie Intelligenz, Konzentrationsfähigkeit und Wahrnehmungsfähigkeit unterzogen werden.

An der Studie nahmen insgesamt 126 gesunde, normal entwickelte Kinder im Alter von fünf bis elf Jahren teil, die mit einer Testbatterie, die u. a. die Tests zur Ordnungsschwellenbestimmung und Tondauerdiskrimination beinhaltet, untersucht wurden.

Die untersuchte Stichprobenwahl bedingt eine leichte Verzerrung in Richtung Idealnorn. Wenn man dies beachtet, scheint eine Verallgemeinerung der auf Grundlage dieser Daten gewonnenen Ergebnisse durchaus legitim.

Der Test der Tondauerdiskrimination ist sowohl über einen Zeitraum von einer Woche als auch vier Monaten relativ stabil und genügt als diagnostisches Mittel knapp den Anforderungen der Reliabilität.

Für den Test der Ordnungsschwellenbestimmung muss eine eher mäßige Stabilität über den Zeitraum von einer Woche und vier Monaten angenommen werden. So kann für die Reliabilität nur von einem mäßigen bis schlechten Ergebnis ausgegangen werden, was die Erfüllung der Anforderung als diagnostisches Mittel als unzureichend erscheinen lässt. So müssen also die Ergebnisse der Kinder vorsichtig interpretiert werden und es ist fraglich, inwieweit man bei hohen Ordnungsschwellenwerten auf eine gestörte auditive Wahrnehmung schließen kann.

Für den Test zur Tondauerbestimmung kann festgestellt werden, dass er erst ab einem Alter von sechs Jahren einsetzbar ist, also für Vorschulkinder unbrauchbar erscheint. Ab neun Jahren stellen sich hier stabile Werte ein.

Der Test der Ordnungsschwellenbestimmung ist erst ab einem Alter von sieben Jahren einsetzbar. Auch hier ist eine Altersentwicklung, die sich durch eine Abnahme der Schwellenwerte bis mindestens zum zehnten Lebensjahr darstellt, zu erkennen. Die Werte weisen jedoch in jeder Altersstufe eine deutliche Streuung auf.

Das Ergebnis dieser Untersuchung lässt darauf schließen, dass die Testanordnung für jüngere Kinder nicht geeignet ist, obwohl auch sie unbestritten die Fähigkeit zur zeitlichen Differenzierung besitzen (Benasich 1998). Allerdings müssen hier Aussagen über diese Fähigkeit über indirekte Untersuchungstechniken wie z. B. Kopfturning erarbeitet werden. Um also Aussagen über die Ordnungsschwelle und die Tondauerdifferenzierung von jungen Kindern zu erhalten, müssen andere Prozeduren entwickelt werden.

Weiter kann man feststellen, dass sich die Fähigkeit zur Zeitverarbeitung auch noch in der Schule entwickelt und deshalb altersabhängige Normwerte zu erstellen sind. Absolute Werte sind hier nicht anzugeben, da sie je nach Erhebungsmethode stark variieren können.

Wann nun die Werte Erwachsener erreicht werden, muss dahingestellt bleiben, da Untersuchungen an Erwachsenen mit unseren Messparadigmen nicht durchgeführt wurden. Aus der Literatur existieren hierzu für die Tondauerdiskriminierung keine Aussagen. Die Ordnungsschwelle soll ihren Abschluss allerdings mit einem Alter zwischen zehn und 13 Jahren finden. Auch soll sie sich, nach Angaben aus der Literatur, mit höherem Alter wieder verschlechtern.

Für den Test der Tondauer lässt sich kein geschlechtsspezifischer Unterschied erkennen, allerdings deutet sich ein Unterschied bei der Ordnungsschwellentestung an. Auch Beispiele aus der Literatur sprechen für einen Geschlechterunterschied bei der zeitlichen Verarbeitung, der allerdings in weiteren Studien noch näher verifiziert werden müsste, um dann gegebenenfalls geschlechtsspezifische Normen angeben zu können.

Für die auditive wie die zeitliche Verarbeitung fehlt ein hartes Außenkriterium, über das eine Aussage über die Validität der Tests gemacht werden könnte. So wurde versucht, hierzu eine Aussage über indirekte Hinweise auf die Validität, wie etwa der Zusammenhang der Tests zu kognitiven Eigenschaften und auditiven Fähigkeiten, zu erhalten.

Es kann ausgeschlossen werden, dass die Tests an Stelle spezifischer auditiver Fähigkeiten allgemeine kognitive Leistungen wie Intelligenz, Konzentrationsfähigkeit und allgemeine Wahrnehmungsfähigkeit beurteilen. Auch ein Zusammenhang zu anamnestischen Hinweisen auf eine bessere oder schlechtere auditive Fähigkeit, die anhand der Musikalität, anderer Fähigkeiten auditiver Wahrnehmung, anamnestischer Hinweise auf eine auditive Wahrnehmungsschwäche und Verhaltensauffälligkeiten beurteilt wurde, kann hier nicht gefunden werden.

Die Frage, ob anhand der Tests zur Zeitdiskrimination die auditive Wahrnehmung tatsächlich gemessen wird, kann nicht beantwortet werden, denn es ist festzustellen, dass es sich hierbei nicht um ein einheitliches Konstrukt handelt, sondern vielmehr um eine Reihe von Teilbereichen.

Auf Grund der Ergebnisse dieser Studie muss der Einsatz der hier gewählten Verfahren zur Bestimmung der Ordnungsschwelle und der Tondauerdiskrimination bei Vorschulkindern noch einmal neu überdacht werden, da diese Tests für diese Altersgruppe nicht geeignet scheinen. Auch müssen altersbezogene Normwerte erstellt werden, da zumindest bis zu einem Alter von elf Jahren eine Entwicklung der zeitlichen Diskriminationsfähigkeit festgestellt werden konnte. Eine Geschlechtsabhängigkeit könnte man für den Test der Ordnungsschwelle vermuten, was einer näheren Betrachtung unterzogen werden sollte. Die Stabilität der Werte scheint für den Test der Ordnungsschwelle eher ungenügend zu sein und so müssen die Ergebnisse der Kinder sehr vorsichtig interpretiert werden. Über das Testgütekriterium der Validität kann hier leider keine Aussage getätigt werden, da es an harten Außenkriterien mangelt. Man kann zumindest feststellen, dass hier weder eine Abhängigkeit zu anamnestischen Hinweisen auf eine bessere oder schlechtere auditive Wahrnehmung und zu kognitiven Leistungen besteht.

Die Ergebnisse zum Einfluss der Intelligenz, die hier einen zwar geringen, aber dennoch existenten Einfluss auf die zeitliche Diskriminationsfähigkeit zu haben scheint, stehen im Widerspruch mit Angaben aus der Literatur (Deary et al. 1989, Bishop et al. 1999). Diesen Widerspruch könnte man damit erklären, dass die verschiedenen Bereiche zeitlicher Verarbeitung unterschiedliche Schwierigkeitsgrade aufweisen und in vorliegenden Literaturangaben höhere kognitive Anforderungen gestellt wurden. So könnte die Intelligenz in Abhängigkeit von der Methodik sehr wohl einen Einfluss auf die zeitliche Diskrimination aufweisen und sollte somit als Konfundierungsvariable bei der Auswertung immer mitberücksichtigt werden.

Vor dem Hintergrund der hier durchgeführten Studie sind noch einige Fragen und Bedenken offen, die auch den therapeutischen Einsatz des Ordnungsschwellentrainings sehr in Frage stellen. Auch die Aussage von Mies (2002), dass es eine zwingende Notwendigkeit wäre, die Ordnungsschwelle der Vorschüler und Erstklässler auf Werte von 30 Millisekunden zu trainieren, steht hier in einem klaren Widerspruch zu Befunden dieser Studie. Ähnlich verhält es sich mit Aussagen aus der Studie von Tewes et al. (2003), der eine Trainierbarkeit der Low-Level-Funktionen mit einer Verbesserung der Rechtschreibkompetenz und der sprachlichen Kompetenz in Verbindung bringt. Dies entbehrt nach Auffassung des Verfassers vor dem Hintergrund der Tatsache, dass die Erhebungsverfahren zur Bestimmung dieser Funktionen jegliche Überprüfung ihrer Validität und Stabilität missen lassen, jeder Grundlage einer intersubjektiv überprüfaren Diagnose. Es scheint also unbedingt erforderlich, weitere Studien anzuschließen, um noch offene Fragen und Widersprüche zu anderen Ergebnissen zu klären.



## 8. Literaturverzeichnis

**Affolter, F. & Bischofberger, W. (1982).** Psychologische Aspekte der Gehörlosigkeit. In: Handbuch der Sonderpädagogik, Band 3: Pädagogik der Gehörlosen und Schwerhörigen, hrsg. von H. Jussen, O. Kröhnert, Marhold, Berlin.

**Amorosa H. (1988).** Die Untersuchung kindlicher Sprechbewegungsstörungen mit Hilfe der akustischen Analyse. Habilitationsschrift zur Erlangung des Grades eines habilitierten Doktors der Medizin an der Ludwig-Maximilian-Universität München, vorgelegt 1988.

**Arnett, J. L. & DiLollo, B. (1979).** Visual information processing in relation to age and to reading ability. *Journal of Experimental Child Psychology* 27, 143-152.

### ASHA 1996

**Au, A. & Lovegrove, B. (2001).** Temporal processing ability in above average and average readers. *Perception & Psychophysics* 63,148-155.

**Babkoff, H. (1975).** Dichotic temporal interactions: Fusion and temporal order. *Perception and Psychophysics* 18, 267-272.

**Baddeley, A.D., Thomson, N. & Buchanan, M. (1975).** Word length and the structure of short-term memory. *J. Verbal Learning Verbal Behav.* 14, 575-589.

**Baer, v. K.E. (1864).** Welche Auffassung der lebenden Natur ist die Richtige? Und wie ist diese Auffassung auf die Entomologie anzuwenden? In H. Schmitzdorff (Ed.): Verlag der kaiserl. Hofbuchhandlung, St. Petersburg, 237-284.

**Barth, K. (1999).** Zur Prophylaxe von Lese-Rechtschreibstörungen: Zeitliche Verarbeitungsmechanismen und ihr Zusammenhang mit phonologischer Bewusstheit und der Entwicklung von Lese-Rechtschreibkompetenz. Inaugural-Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades an der Universität Dortmund, Fachbereich Sondererziehung und Rehabilitation.

**Barth, K., v. Steinbüchel, N., Wittmann, M., Kappert, H. & Leyendecker, C. (2000).** Zeitliche Verarbeitungsprozesse, „phonologische Bewusstheit“ und Lese- Rechtschreibkompetenz. *Forum Logopädie* 5, 7-16.

**Basar-Eroglu, C., Strüber, D. & Schürmann, M. (1996).** Gamma-band responses in the brain: a short review of psychophysical correlates and functional significance. *Int. J. Psychophysiol.* 24, 113-125.

**Bauer, H. (1988).** Die mehrdimensionale Untersuchung hör- und sprachgestörter Kinder. *Frühförderung inderdisziplinär*, 7, 49-56.

**Baum, S.R. (1993).** An acoustic analysis of rate of speech effects on vowel production in aphasia. *Brain and Language* 44, 414-430.

**Bayrisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (1999).** Statistisches Jahrbuch für Bayern. Gundelfing: Leo-Druck und Verlags-GmbH.

**Benasich, A.A. (1998).** Temporal integration as an early predictor of speech and language development. In C. von Euler, I. Lundberg & R. Llinas (Eds.): Basic mechanisms in cognition and language - with special reference to phonological problems in dyslexia, 123-142. Amsterdam: Elsevier Science.

**Berchinger, D., Kongehl, G. & Kornhuber, H.H. (1969).** Natural 2-second cycle in time perception and human information transmission. *Die Naturwissenschaften* 56, 419.

**Berg, K.M. & Boswell, A.E. (1995).** Temporal summation of 500-Hz tones and octave-band noise bursts in infants and adults. *Perception and Psychophysics* 57, 183-190.

**Berg, K.M. (1991).** Auditory temporal summation in infants and adults: Effects of stimulus bandwidth and masking noise. *Perception and Psychophysics* 50, 314-320.

- Berg, K.M. (1993).** A comparison of thresholds for 1/3-octave filtered clicks and noise bursts in infants and adults. *Perception and Psychophysics* 54, 365-369.
- Berger, F., Amorosa, H. & Scheibmann, G. (1990).** Psychiatrische Auffälligkeiten bei sprach-auffälligen Kindern mit und ohne minimale zerebrale Dysfunktion. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie* 20, 34-45.
- Biesalski, P. (1994).** Pädaudiologie. In: Biesalski, P. & Frank, F. (Hrsg.): *Pädaudiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- Billich, P., Kornmann, R., Hedtke, H.-J., Hörr, H. & Roscoe, I. (1976).** Erkundungsstudie über Zusammenhänge zwischen gestörter auditiver Diskriminationsfähigkeit und Schulversagen. *Heilpädagogische Forschung* 6, 166-175.
- Bishop, D.V. M., Carlyon, R. P., Deeks, J. M. & Bishop, S. J. (1999).** Auditory temporal processing impairment: neither necessary nor sufficient for causing language impairment in children. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 42, 1295-1310.
- Bishop, D.V.M. (1994).** Grammatical errors in specific language impairment: Competence or performance limitations? *Applied Psycholinguistics* 15, 507-550.
- Bishop, D.V.M. (1997).** Listening out for subtle deficits. *Nature* 387, 129-130.
- Borg, E. & Zakrisson, J.E. (1975).** The stapedius muscle and speech perception. In Bench, R.J., A. Pye, J.D.Pye (Eds.): *Sound Reception in Mammals*. Academic Press, New York.
- Borsellino, A., DeMarco, A. Allazetta, A., Rinesi, S. & Bartolini, B. (1972).** Reversal time distribution in the perception of visual ambiguous stimuli. *Kybernetik* 10, 139-144.
- Brandt, C.R. & Deary, I.J. (1982).** Intelligence and "inspection time". In H.J. Eysenck (Ed.): *A model for intelligence*. New York: Springer-Verlag.
- Brannan, J. R. & Williams, M. C. (1988).** Developmental versus sensory deficit effects on perceptual processing in the reading disabled. *Perception & Psychophysics* 44, 437-444.
- Breitenbach, E. (1989).** Material zur Diagnose und Therapie auditiver Wahrnehmungsstörungen. Würzburg: Verlag Maria-Stern-Schule des Marienvereins mit Marienheim e.V..
- Breitenbach, E. (1995).** Material zur Diagnose und Therapie auditiver Wahrnehmungsstörungen. CityDruck GmbH, Würzburg.
- British Dyslexic Association (1995).** Music and Dyslexia.
- Brown, C. P., Fitch, R.H. & Tallal, P. (1996).** Sex and hemispheric differences for rapid auditory processing in normal adults. *Laterality* 4, 39-50.
- Bryant, P.E., MacLean, M., Bradley, L.L. & Crossland, J. (1990).** Rhyme and alliteration, phoneme detection and learning to read. *Developmental Psychology* 26, 429-438.
- Buller, N. & Ptok, M. (2001).** Basale auditive Verarbeitungsfähigkeiten und phonologische Bewusstheit im Vorschulalter. Vortrag zur 1. Jahrestagung der Gesellschaft für Aphasieforschung und -behandlung in Bielefeld vom 1.-3.11.2001.
- Cacace, A.T., McFarland, D.J., Ouimet, J.R., Schrieber, E.J. & Marro, P. (2000).** Temporal processing deficits in remediation-resistant reading-impaired children. *Audiology & Neuro-Otology* 5, 83-97.
- Cantwell, D. P. & Baker, L. (1987).** Psychiatric symptomatology in language-impaired children: a comparison. *Journal of child neurology* 2, 128-133.
- Catts, H.W. & Jensen, P.J. (1983).** Speech timing of phonologically disordered children: voicing contrast of initial and final stop consonants. *Journal of Speech and Hearing Research* 26, 501-510.
- Chan, A.S., Ho, Y. & Cheung, M. (1998).** Music training improves verbal memory. *Nature* 396, 128.

- Chermak, G.D. & Schneiderman, C.R. (1986).** Speech timing variability of children and adults. *Journal of Phonetics* 13, 477-480.
- Clarke, M.G. & Leonard, L.B. (1996).** Lexical comprehension and grammatical deficits in children with specific language impairment. *Journal of Communication Disorders* 29, 95-105.
- Cramon, v. D.Y., Mai, N. & Ziegler, W. (Hrsg.) (1995).** *Neuropsychologische Diagnostik*. Chapman & Hall GmbH, Weinheim.
- Cranford, J., Igarashi, M. & Stramler J. (1976).** The effect of auditory neocortical ablation of pitch pattern perception in the cat. *J. Neurophysiol* 39, 143-159.
- Cranford, J.L. & Stream, R.W. (1991).** Discrimination of short duration tones by elderly subjects. *Journal of Gerontology* 46, 37-41.
- Cranford, J.L. (1984).** Brief tone detection and discrimination tests in clinical audiology with emphasis on their use in central nervous system lesions. *Seminars in Hearing* 5, 263-275.
- Cranford, J.L., Stream, R.W., Rye, C.V. & Slade, T.L. (1982).** Detection versus discrimination of brief duration tones: Findings in patients with temporal lobe damage. *Archives of Otolaryngology* 108, 350-356.
- Cranford, J.L., Thompson, N., Hoyer, E., & Faires, F. (1996).** Brief tone discrimination by children with histories of early otitis media. *Journal of the American Academy of Audiology* 8, 137-141.
- Crary, M.A. & Tallman, V.L. (1993).** Production of linguistic prosody by normal and speech-disordered children. *Journal of Communication Disorders* 26, 245-262.
- Curtiss, S., Katz, W. & Tallal, P. (1992).** Delay versus deviance in the language acquisition of language-impaired children. *Journal of Speech and Hearing Research* 35, 373-383.
- Dames, K. & Lautenbacher, S. (1989).** Die Zeitstruktur der Nachsprehleistungen bei sprachentwicklungsgestörten und sprachunauffälligen Kindern. In: Kegel, G. et al. (Ed.).
- Dames, K. (1986).** Einfluß der Syntax auf die Zeitstruktur der Nachsprehleistungen sprachentwicklungsgestörter und sprachunauffälliger Kinder. In: Kegel, G. et al. (Ed.).
- Dames, K. (1997).** Zeitliche Eigenschaften der Sprachproduktion von sprachentwicklungsgestörten Kindern: Entwicklungsverzögerung oder Störung? *Dissertationsarbeit*. Verlag: Lang Peter.
- Dames, K. (1999).** Zeitliche Eigenschaften der Sprachproduktion von sprachentwicklungsgestörten Kindern: Entwicklungsverzögerung oder Störung? *Frankfurt a. M.: Peter Lang*.
- Dannenbauer, F.M. (1992).** Grammatik. In S. Baumgartner & I. Fisseni. *Sprachtherapie mit Kindern*, 123-203. München: Ernst Reinhardt Verlag (UTB).
- Das, J.P. & Äysto, S.M. (1994).** Cognitive performance of dysphasic students. *European Journal of Psychology of Education* 9, 27-39.
- Davis, S. & McCroskey, R. (1980).** Auditory fusion in children. *Child Development* 51, 75-80.
- Deary, I. J., Head, B. & Egan, V. (1989).** Auditory inspection time, intelligence and pitch discrimination. *Intelligence* 13, 135-147.
- Deuse, A. (1995).** Zentrale Hör- und Sprachverarbeitung (Teil 1). *Die Sprachheilarbeit* 40, 163-172.
- Deuster, v. CH. (1984).** Über die Aussagemöglichkeiten einiger deutschsprachiger Tests zur Beurteilung der auditiven Wahrnehmung. – Versuch einer kritischen Bestandsaufnahme. *Die Sprachheilarbeit* 29, 213-219.
- Devyni, P. & Robinson, A. (1989).** Non-linguistic auditory capabilities in aphasia. *Brain Lang* 37, 326.

- Dewey, D., Roy, E.A., Square-Storer, P.A. & Hayden, D. (1988).** Limb and oral praxic abilities of children with verbal sequencing deficits. *Developmental Medicine and Child Neurology* 30, 743-751.
- Diamond, I.T. & Neff, W.D. (1957).** Ablation of temporal cortex and discrimination of auditory patterns. *J Neurophysiol* 20, 300.
- Dilling, H., Mombour, W. & Schmidt, M.H. (1991).** Internationale Klassifikation der Krankheiten – ICD 10, Kapitel V (F), Weltgesundheitsorganisation. Huber, Bern.
- Douglas, S. & Willatts, P. (1994).** The relationship between musical ability and literacy skill. *Journal of Research in Reading* 17, 99-107.
- Ebert, H. (1993).** Pädaudiologische Aspekte der Diagnose zentraler Störungen der auditiven Wahrnehmung. Axmann (Hrsg.), Fachtagung E-V-F, Hörgeschädigtenzentrum Würzburg.
- Efron, R. & Crandall, P.H. (1983).** Central auditory processing. II. Effects of anterior temporal lobectomy. *Brain Lang* 19, 237-253.
- Efron, R. (1963).** Temporal perception, aphasia and déjà vu. *Brain* 86, 403-424.
- Ehrenwald, H. (1931).** Störung der Zeitauffassung, der räumlichen Orientierung, des Zeichnens und des Rechnens bei einem Hirnverletzten. *Zeitschrift für Neurologie und Psychiatrie* 132, 518-569.
- Eisenwort, B. & Willinger, U. (1998).** Zur kindlichen Sprachentwicklungsstörung: Nonverbale Intelligenz und Sprachverständnis. *Klin. Pädiatr.* 211, 1-3.
- Elbert, T., Ulrich, T., Rockstroh, B. & Lutzenberger, W. (1991).** The processing of temporal intervals reflects by CNV-like brain potentials. *Psychophysiology* 28, 648-655.
- Ellis, P., Weismer, S. & Hesketh, L.J. (1996).** Lexical learning by children with specific language impairment: effects of linguistic input presented at varying speaking rates. *Journal of Speech and Hearing Research* 39, 177-190.
- Ensslen, S. & Bormann-Kischkel, C. (1983).** Das Behalten zeitlicher und räumlicher Reihen bei Kindern mit Lese- und Sprachstörungen. *Zeitschrift f. Entwicklungspsychologie u. pädagogische Psychologie*, Band XV, Heft 3, 196-206.
- Epstein, D. (1989).** Das Erlebnis der Zeit in der Musik. Struktur und Prozess. In : H. Gumin, H. Meier (Eds.): *Die Zeit*. 345-354, Piper, München.
- Esser, G. & Wurm-Dinse, U. (1994).** Fehlhörigkeit, Sprachwahrnehmungsstörung und LRS-Zusammenhänge. Unveröffentlichtes Manuskript.
- Esser, G., Anderski, Ch., Birken, A., Breuer, B., Cramer, E., Eisermann, H., Kulenkampff, M., Schröer, M., Schuhnicht, R. & Toro la Roche, M. (1987).** Auditive Wahrnehmungsstörungen und Fehlhörigkeit bei Kindern im Schulalter. *Sprache – Stimme - Gehör* 11, 10-19.
- Farmer, M.E. & Klein, R.M. (1995).** The evidence for a temporal processing deficit linked to dyslexia: A review. *Psychonomic Bulletin & Review* 2, 460-493.
- Fisseni, H.-J. (1990).** Lehrbuch der psychologischen Diagnostik. Hogrefe, Verlag für Psychologie, Göttingen, Bern, Toronto, Seattle.
- Fitch, R.H., Miller, S. & Tallal, P. (1997).** Neurobiology of speech perception. *Annual Review of Neuroscience* 20, 331-353.
- Fitzgibbons, P. J. & Gordon-Salant, S. (1998).** Auditory temporal order perception in younger and older adults. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 41, 1052-1060.
- Forrest, K., Weismer, G., Elber, M. & Dinnsen, D.A. (1994).** Spectral analysis of target-appropriate /t/ and /k/ produced by phonologically disordered and normally articulating children. *Clinical Linguistics & Phonetics* 8, 267-281.
- Fraisse, P. (1963).** *Psychology of Time*. Harper & Row, New York.

- Fraisse, P. (1984).** Perception and estimation of time. *Annual Review of Psychology* 35, 1-36.
- Fraisse, P. (1985).** *Psychologie der Zeit*. Reinhardt, München, Basel.
- Fraser, J.T. (1993).** Die Zeit. Auf den Spuren eines vertrauten und doch fremden Phänomens. München: Deutscher Taschenbuchverlag.
- Frederici, A. (1992).** Natürliche Sprachverarbeitung. Funktionen und Dysfunktionen, *KI*, 13-19.
- Frick, H., Leonhardt, H. & Starck, D. (1992).** Gleichgewichts- und Hörorgan. Innenohr. In: *Spezielle Anatomie II*, 4. Auflage, 419-413. Thieme Verlag.
- Fried, L. & Ingenkamp, K. (1982).** Vorbeugende Maßnahmen bei Kindergartenkindern – Diagnose und Förderung der Lautbildungs- und Lautunterscheidungsfähigkeit. *Die Sprachheilarbeit* 27, 184-196.
- Friederici, A.D. (1992).** Zeitliche Aspekte der Sprachverarbeitung und Broca-Aphasie. In: I.M. Ohlendorf, Th.A. Pollow, W. Widdig & D.B. Linke (Hrsg.): *Sprache und Gehirn*. Bochum: Hochschul-Verlag.
- Frumkin, B. & Rapin, I. (1980).** Perception of vowels and consonantvowels of varying duration in language impaired children. *Neuropsychologia* 18, 443-454.
- Galaburda, A.M. (1989).** Ordinary and extraordinary brain development: anatomical variation in developmental dyslexia. *Ann Dyslexia* 39, 67-80.
- Ganschow, L., Lloyd-Jones, J. & Miles, T.R. (1994).** Dyslexia and musical notation. *Annals of Dyslexia* 44, 185-202.
- Gathercole, S.E. & Baddeley, A.D. (1990).** Phonological memory deficits in language disordered children: Is there a causal connection? *Journal of Memory and Language* 29, 336-360.
- Gathercole, S.E. & Baddeley, A.D. (1993).** *Working memory and language*. Hollsdale, N.J.: Erlbaum.
- Gibbon, J., Malapani, C. & Dale, C. (1997).** Toward a neurobiology of temporal cognition: advances and challenges. *Curr. Opin. Neurobiol.* 7, 170-184.
- Goldman-Rakic, P.S. (1987).** Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. In: *The nervous system, higher functions of the brain*. Handbook of Physiology, V. V. Mountcastle and R. Plum (Eds.), American Physiological Society, Washington/DC, 373-417.
- Goldstein, K. (1913).** Über die Störungen der Grammatik bei Hirnkrankheiten. *Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie* 34, 540-568.
- Göllner, B. (1997).** Zentrale Hörstörung, zentrale Fehlhörigkeit, auditive Wahrnehmungsstörung: diagnostische Möglichkeiten. Hausarbeit am Institut für Kinder- und Jugendpsychiatrie an der Ludwig-Maximilian-Universität München.
- Gomez, C., Argandona, E.D., Solier, R.G., Angulo, J.C. & Vazquez, M. (1995).** Timing and competition in networks representing ambiguous figures. *Brain and Cognition* 29, 103-114.
- Goorhuis-Brouwer, S.M. & Wijnberg-Williams, B.J. (1996).** Specificity of Specific Language Impairment. *Folia Phoniatica Logopaedica* 48, 469-274.
- Gordon, H.W. (1978).** Left hemisphere dominance for rhythmic elements in dichotically presented melodies. *Cortex*. 6 387-398.
- Gordon, N. & Ward, S. (1995).** Abnormal Response to Sound and Central Auditory Processing Disorder. Review Article. *Developmental Medicine and Child Neurology* 37, 645-652.
- Grashey, P. (1885).** Über Aphasie und ihre Beziehungen zur Wahrnehmung. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten* 16, 654-688.
- Gray, C.M. & Singer, W. (1989).** Stimulus-specific neuronal oscillations in orientation columns of cat visual cortex. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 86, 1698-1702.

- Gray, C.M., König, P., Engel, A.K. & Singer, W. (1989).** Oscillatory responses in cat visual cortex exhibit intercolumnar synchronisation, which reflects global stimulus properties. *Nature* 338, 334-338.
- Green, D.M. (1993).** A maximum-likelihood method for estimating thresholds in a yes-no task. *Journal of the Acoustical Society of America* 93, 2096-2105.
- Grimm, H. (1994).** Sprachentwicklungsstörung: Diagnose und Konsequenzen für die Therapie. In: Grimm, H., Weinert, S. (Eds.): *Intervention bei sprachgestörten Kindern: Voraussetzungen, Möglichkeiten und Grenzen.* Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, 3-32.
- Groenen, P., Maassen, B., Crul, T. & Thoonen, G. (1996).** The specific relation between perception and production errors for place of articulation in developmental apraxia of speech. *Journal of Speech and Hearing Research* 39, 468-482.
- Grohnfeldt, M. (1982).** Störungen der Sprachentwicklung. Berlin: Ed. Marhold im Wiss.-Verl. Spiess.
- Grossgerge, H. (1995).** Zentrale Hörwahrnehmungsschwächen bei Kindern. *Ergotherapie und Rehabilitation* 5, 486-491.
- Günther, H. & Günther, W. (1991).** Auditive Dysfunktionen und Sprachentwicklungsstörungen - Theoretische Überlegungen und empirische Daten zu einem verborgenen Problemzusammenhang. *Sprache - Stimme - Gehör* 12.
- Günther, H., Holz, T., Günther, W. & Zeltigen-Rachtig, P. (1992).** Diagnose auditiver Störungen bei Sprachauffälligkeiten und Lese-Rechtschreibschwierigkeiten im Primärbereich. *Die Sprachheilarbeit* 37, 5-19.
- Hari, R. & Kiesilä, P. (1996).** Deficit of temporal auditory processing in dyslexic adults. *Neuroscience Letters* 205, 138-140.
- Hari, R., Valta, M. & Uutela, K. (1999).** Prolonged attentional dwell time in dyslexic adults. *Neuroscience Letters* 271, 202-204.
- Häring, M., Schakib-Ekbatan, K. & Schöler, H. (1997).** Zur Diagnostik und Differentialdiagnostik von Sprachentwicklungsauffälligkeiten. Ergebnisse einer Fragebogenerhebung in Deutschland. *Die Sprachheilarbeit* 42, 221-229.
- Harrington, D.L. & Haaland, K.Y. (1999).** Neural Underpinnings of Temporal Processing: A Review of Focal Lesion, Pharmacological and Functional Imaging Research. *Reviews in the Neurosciences* 10, 91-116.
- Harrington, D.L., Haaland, K.Y. & Knight, R.T. (1998).** Cortical networks underlying mechanisms of time perception. *J. Neurosci.* 18, 1085-1095.
- Harter, M.R. & White, C.T. (1968).** Periodicity within reaction time distributions and electromyograms. *Q.J. Exp. Psychol.* 20, 157-166.
- Hasselhorn, M. & Körner, K. (1997).** Nachsprechen von Kunstwörtern: Zum Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnis und syntaktischen Sprachleistungen bei Sechs- und Achtjährigen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 24, 212-224.
- Hay, G. (1983).** Präpositionalphrasen in der Dysgrammatismusdiagnose. Magisterarbeit Ludwig-Maximilian-Universität München.
- Heath, S.M., Hogben, J.H. & Clark, C.D. (1999).** Auditory temporal processing in disabled readers with and without oral language delay. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 40, 637-647.
- Heinz, R. (1986).** Nachsprechleistung und Sprachtherapieerfolg. In: Kegel, G. et al. (Ed.).
- Helenius, P., Uutela, K. & Hari, R. (1999).** Auditory stream segregation in dyslexic adults. *Brain* 122, 907-913.
- Hellbrück, J. (1993).** Hören. Physiologie. Psychologie und Pathologie. Göttingen.

- Hirsh, I. J. & Sherrick, C. E. (1961).** Auditory perception of temporal order. *Journal of Experimental Psychology* 62, 423-432.
- Hirsh, I. J. (1959).** Auditory perception of temporal order. *Journal of the Acoustical Society of America* 31, 759-767.
- Holt, G.L. & Matson, J.L. (1976).** The effects of age on perceptual changes using two new perspectives of the Necker cube. *Bull. Psychonomic Soc.* 8, 4-6.
- Hoppe, U., Delb, F. & Rosanowski, H. (1997).** Bestimmung des zeitlichen Auflösungsvermögens des Gehörs bei Kindern. Tagung der DGPP (Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie), Sept. 1997 in Hannover.
- Hornstein, A. & Rotter, G. (1969).** Research methodology in temporal perception. *Journal of Experimental Psychology* 79, 561-564.
- Hynd, G.W., Semrud-Clickman, M. & Lyytinen, H. (1991).** Brain imaging in learning disabilities. In: Obrzut J.E., Hynd, G.W. (Eds.): *Neuropsychological foundations of learning disabilities*. San Diego: Academic Press, 465-511.
- Ilmberger, J. (1983).** Zur Zeitwahrnehmung von hirnerkrankten Patienten. Dissertation, München.
- Ilmberger, J. (1986).** Auditory excitability cycles in choice reaction time and order threshold. *Naturwissenschaften* 73, 743-744.
- Irwin, R., Ball, A.K., Kay, N., Stillman, J.A. & Rosser, J. (1985).** The development of auditory temporal acuity in children. *Child Development* 56, 614,620.
- Irwin, R.J. (1984).** Inspection time and its relation to intelligence. *Intelligence* 8, 47-65.
- Ivry, R. (1996).** The representation of temporal information in perception and motor control. *Curr. Opin. Neurobiol.* 6, 851-857.
- Ivry, T.B., Keele, S.W. & Diener, H.C. (1988).** Dissociation of the lateral and medial cerebellum in movement timing and movement execution. *Experimental Brain Research* 73,167-180.
- Jacobson, C.F. (1935).** Functions of the frontal association area in primates. *Arch. Neurol. Psychiatry* 33, 558-569.
- Jaskowski, P. (1993).** Two-stage model for order discrimination. *Perception & Psychophysics* 50, 76-82.
- Javel, E. & Mott, J.B. (1988).** Physiological and psychophysical correlates of temporal processing in hearing. *Hearing Research*, 275-294.
- Jeffreys, J.G.R., Traub, R.D. & Whittington, M.A. (1996).** Neural networks for induced "40-Hz" rhythms. *Trends in Neuroscience* 19, 202-208.
- Jensen, J. & Neff, D. (1989).** Discrimination of intensity, frequency and duration differences in preschool children: Age effects and longitudinal data (abstract). *SRCD Biannual Meet, Kansas City*, p 276.
- Jerger, J., Weikers, N.J., Sharbrough, III F.W. & Jerger, S. (1969).** Bilateral lesions of the temporal lobe, *Acta Oto-Laryngol (Stockh) [Suppl]* 258.
- Jerger, S., Johnson, K. & Loiselle, L. (1988).** Pediatric central auditory dysfunction: comparison of children with confirmed lesions versus suspected processing disorders. *Am J Otolaryngol* 9, 63-71.
- Joliot, M., Ribary, U. & Llinás, R. (1994).** Human oscillatory brain activity near 40 Hz coexists with cognitive binding. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 91, 11748-11751.
- Jueptner, I.H., Rijntes, M., Weiller, C., Faiss, J.H., Timmann, D., Mueller, S.P. & Diener, H.C. (1995).** Localisation of a cerebellar timing process using PET. *Neurology* 45, 1540-1545.
- Juhel, J. (1991).** Relationships between psychometric intelligence and information-processing speed indexes. *Cahiers de Psychologie Cognitive* 11, 73-105.

- Jünemann, P. (1994).** Neuropsychologische Diagnostik: Entwicklungsstand und –perspektiven am Beispiel der klinischen Gedächtnisdiagnostik. In D. Bartussek & M. Amelang (Hrsg.): Fortschritte der Differentiellen Psychologie und Psychologischen Diagnostik. Bern: Huber, 287-305.
- Kaernbach, C. (1991).** Simple adaptive testing with the weighted up-down method. *Perception & Psychophysics* 49, 227-229.
- Kail, R. & Leonard, L.B. (1986).** Word findings in language impaired children (ASHA Monograph 25). Rockville, MD: American Speech Language Hearing Association.
- Kail, R. (1994).** A method for studying the generalized slowing hypothesis in children with specific language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research* 37, 418-421.
- Kegel, G. & Tramnitz, C. (1993).** Olaf – Kind ohne Sprache. Die Geschichte einer erfolgreichen Therapie. Düsseldorf: Econ.
- Kegel, G. (1981).** Zum Einfluss von Syntax und Semantik auf die Nachsprechleistungen agrammatischer Kinder. In: Forschungsberichte des Instituts für Phonetik und sprachliche Kommunikation der Universität München 13, 61-80.
- Kegel, G. (1990).** Sprach- und Zeitverarbeitung bei sprachauffälligen und sprachunauffälligen Kindern. In G. Kegel, T. Arnhold, K. Dahlmeier, G. Schmid & B. Tischer (Hg.): Sprechwissenschaft & Psycholinguistik 4. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Kegel, G. (1991).** The relationship between human time and speech processing. Eingereicht bei J. of Cognitive Neuroscience.
- Kegel, G. (1996).** Was kann die Spracherwerbsforschung aus der Sprachpathologieforschung lernen? – Das Beispiel der Zeitverarbeitung. In K. Ehlich (Hg.): Kindliche Sprachentwicklung. Konzepte und Empirie. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Kegel, G. (1998).** Störungen der Sprach- und Zeitverarbeitung. Konsequenzen für Diagnose und Therapie. [http://www.psycholinguistik.uni-muenchen.de/publ/stoer\\_sprach\\_zeit.html](http://www.psycholinguistik.uni-muenchen.de/publ/stoer_sprach_zeit.html).
- Kegel, G., Dames, K. & Veit, S. (1988).** Die zeitliche Organisation sprachlicher Strukturen als Sprachentwicklungsfaktor. In G. Kegel, T. Arnhold, K. Dahlmeier, G. Schmid & B. Tischer (Hg.): Sprechwissenschaft & Psycholinguistik 4. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Keidel, W.D. & Kallert, S. (1979).** Physiologie des afferenten akustischen Systems. In Berendes, J., Link, R., Zöllner, F. (Hrsg.): Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde in Praxis und Klinik. 2. Aufl., Bd. V. Ohr. Thieme, Stuttgart.
- Keith, R.W. (1981).** Tests of central auditory function. In: Roeser, R.J., M.P. Downs (Eds.): Auditory Disorders in School Children. Thieme-Stratton, Thieme, New York/Stuttgart.
- Kent, R.D. (1976).** Anatomical and neuromuscular maturation of the speech mechanism: Evidence from acoustic studies. *Journal of Speech and Hearing Research* 19, 421-447.
- Kent, R.D. (1993).** Infants and speech: seeking patterns. *Journal of Phonetics* 21, 117-123.
- Kent, R.D., Mitchell, P.E. & Sancier, M. (1991).** Evidence and role of rhythmic organization in early vocal development in human infants. In Fagard, J., Wolff, P.H. (Eds.): The development of timing control and temporal organization in coordinated action. Elsevier. Amsterdam, 135-149.
- Kinkel, M., Kollmeier, I. & Holube, I. (1991).** Binaurales Hören bei Normalhörenden und Schwerhörigen. *Audiologische Akustik* 30, 192-201.
- Kirchner, D.M. & Klatzky, R.L. (1985).** Verbal rehearsal and memory in language-disordered children. *Journal of Speech and Hearing Research* 28, 556-565.
- Klein 1999**
- Klein, R.M. & McMullen, P. (1995).** Converging methods for understanding reading and dyslexia. Cambridge, MA: MIT Press.



- Kleist, K. (1934).** Gehirnpathologie. Barth, Leipzig.
- Kolk, H.H.J. (1995).** A time-based approach to agrammatic production. *Brain and Language* 50, 282-303.
- Kollmeier, B. (1997).** Grundlagen der Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten. In: Kießling, J., Kollmeier, B. & Diller, G. (Hrsg.): *Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten*. Thieme, Stuttgart, 1-47.
- Kornmann, R., Billich, P., Gottwald, K., Hoffmann, P. & Rößler G. (1982).** Untersuchungen zum Versuchsleiter-Einfluß bei der Prüfung der auditiven Diskriminationsfähigkeit. *Diagnostica*, Band XXVIII, Heft 3, 273-284.
- Kubinger, K.D. & Wurst, E. (1991).** *Adaptives Intelligenz Diagnostikum*. Weinheim: Beltz.
- Landauer, N. (2000).** Zeitliche Verarbeitungsprozesse bei Kindern zweiter Grundschulklassen mit und ohne Lese-Rechtschreibschwäche. Doctoral thesis, Ludwig-Maximilian-Universität of Munich.
- Langenfeldt, H.-P. (1988).** Sonderpädagogische Diagnostik: Allgemeine Grundlagen und Funktionen. *Sonderpädagogik* 18, 67-76.
- Lashley, K.S. (1951).** The problem of serial order in behaviour. In L.A. Jeffries (Ed.): *Cerebral mechanisms of behaviour*. Wiley, New York, 112-136.
- Lauer, N. (1996).** Gezielte logopädische Diagnostik und Therapie bei Kindern mit zentral-auditiven Wahrnehmungsstörungen - 2 Fallberichte. *Aus der Praxis – Für die Praxis. Sprache-Stimme-Gehör* 20, 209-214.
- Lauth, G.W., Koch, R., Rebeschief, C. & Stemann, C. (1999).** Aufmerksamkeitsstörungen und Gedächtniskapazitäten bei sprachauffälligen und unauffälligen Kindern. *Prax. Kinderpsychol. Kinderpsychiat.* 48, 260-272.
- Lee, L., Chamberlain, L.G., Loudon, R.G. & Stemple, J.G. (1988).** Speech segment durations produced by healthy and asthmatic subjects. *Journal of Speech and Hearing Disorders* 53, 186-193.
- Lenneberg, E.H. (1967).** *Biologische Grundlagen der Sprache*. Frankfurt a. M., Suhrkamp.
- Levelt, W.J.M. (1989).** *Speaking*. Cambridge. MIT Press.
- Levitt, H. (1970).** Transformed up-down methods in psychoacoustics. *Journal of the Acoustical Society of America* 33, 467-476.
- Lienert, G.A. & Raatz, U. (1994).** *Testaufbau und Testpraxis*. Weinheim: Beltz.
- Lienert, G.A. (1969).** *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Beltz, 3. Aufl..
- Llinás, R., Ribary, U., Miller, S.L., Joliot, M., Kronberg, E., Capell, J. & Tallal, T. (1997).** Human oscillatory brain activity near 40 Hz: Correlation with cognitive temporal binding and alteration during dyslexia. Abstract. *International Symposium Rodin Remediation Academy*, Stockholm.
- Locke, J.L. (1994).** Gradual emergence of developmental language disorders. *Journal of Speech and Hearing Research* 37, 608-616.
- Lotze, M., Wittmann, M., von Steinbüchel, N., Pöppel, E. & Roenneberg, T. (1999).** Daily rhythm of temporal resolution in the auditory system. *Cortex* 35, 89-100.
- Lowe, A. & Campbell, R. (1965).** Temporal discrimination in aphasoid and normal children. *J. of Speech and Hearing Research* 8, 313-314.
- Lubert, N. (1981).** Auditory perceptual impairments in children with specific language disorders: a review of the literature. *Journal of Speech and Hearing Disorders* 46, 3-9.
- Lubin, M.-P. & Fernandez, J.M. (1986).** The relationship between psychometric intelligence and inspection time. *Personality and Individual Differences* 7, 656-657.

- Lutzenberger, W., Pulvermüller, F., Elbert, T. & Birbaumer, N. (1994).** Words and pseudo-words elicit distinct patterns of 30-Hz activity in humans. *Neuroscience Letters* 176, 115-118.
- Mach, G. (1865).** Untersuchungen über den Zeitsinn des Ohres. *Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften* K5, 51.
- Mackintosh, N.J. (1986).** The biology of intelligence? *British Journal of Psychology* 77, 1-18.
- Maier, R. & Sahler, N. (1995).** Ein rechnergestütztes Verfahren zur Zeitbewertung pathologischer Sprachproduktion: Speech-Time-Interrupted Intervallanalyse. *Sprache, Stimme, Gehör* 19, 182-185.
- Mates, J., Steinbüchel, v. N., Wittmann, M. & Treutwein, B. (1999).** A system for the assessment and training of temporal order discrimination. Abstract. Audiologentagung in München, März 1999.
- Matzker, J. (1959).** Two Methods for the Assessment of Neuro-Otological Diagnosis. *Ann. Otol.* 68, 1185.
- May, J.G., Williams, M.C. & Dunlap, W.P. (1988).** Temporal order judgements in good and poor readers. *Neuropsychologia* 26, 917-924.
- McGregor, K.K. & Schwartz, R.G. (1992).** Converging evidence for underlying phonological representation in a child who misarticulates. *Journal of Speech and Hearing Research* 35, 596-603.
- McGroskey, R.L. (1984).** Auditory timing: its role in speech-language pathology. In: Lass, N.J. (Ed.): *Speech and Language. Advances in Basic Research and Practice* 10, 141-183.
- McKenna, T., Weinberger, N. & Diamond, D. (1989).** Responses of single auditory cortical neurons to tone sequences. *Brain Research* 481, 142-153.
- Meck, W. (1996).** Neuropharmacology of timing and time perception. *Cogn. Brain Res.* 3, 227-242.
- Meister, H., Klüser, H., Dück, M., Walger, M. & Wedel, v. H. (1998).** Adaptive Verfahren zur Messung der Ordnungsschwelle. *Zeitschrift für Audiologie* 2, 110-120.
- Melchers, Preuß, Kaufman-Assament Battery for Children, Auswertungshandbuch, Swets & Zeitlinger, Frankfurt am Main.**
- Merzenich, M.M., Jenkins, W.M., Johnston, P., Schreiner, C., Miller, S.L. & Tallal, P. (1996).** Temporal processing deficits of language-learning impaired children ameliorated by training. *Science* 271, 77-81.
- Merzenich, M.M., Schreiner, C., Jenkins, W. & Xiaoquin, W. (1993).** Neuronal mechanism underlying temporal integration, segmentation and input sequence representation: some implications for the origin of learning disabilities. In: Tallal, P., Galaburda, A., Llinas, R., von Euler, C. (1993): *Temporal Information Processing in the Nervous System: Special References to Dyslexia and Dysphasia. Annals of the New York Academy of Science*, Vo. 682.
- Mies, B. (2002).** Warum Kinder bereits im Vorschulalter eine Ordnungsschwelle von 30 Millisekunden haben müssen. Berlin: Elternratgeber.
- Mills, L. & Rollmann, G.B. (1980).** Hemispheric asymmetry for auditory perception of temporal order. *Neuropsychologia* 18, 41-47.
- Minning, U. (1996).** Ordnungsschwellen-Test- und Trainingsgerät OVA 18 C. Bedienungsanleitung. Electronic Concept Minning 1996.
- Mody, M., Studdert-Kennedy, M. & Brady, S. (1997).** Speech perception deficits in poor readers: auditory processing or phonological coding? *Journal of Experimental Child Psychology* 64, 199-231.
- Monakow, v. C. (1914).** Die Lokalisation im Großhirn und der Abbau der Funktion durch cortikale Herde. Wiesbaden. Bergmann.

- Morris, R.J. & Brown jr., W.S. (1994).** Age-related differences in speech variability among women. *Journal of Communication Disorders* 27, 49-64.
- Morrongiello, B. A. & Trehub, S. E. (1987).** Age-related changes in auditory temporal perception. *Journal of Experimental Child Psychology* 44, 413-426.
- Moser, S. (1995).** Zeitverarbeitung und Sprachstörung – Zur Entwicklung eines diagnose-dienlichen Verfahrens, Hausarbeit zur Erlangung des Magistergrades an der Ludwig-Maximilian-Universität in München.
- Motomura, N., Yamadori, A., Mori, E. & Tamaru, F. (1986).** Auditory Agnosia. Analysis of a case with bilateral subcortical lesions. *Brain* 109, 379-391.
- Murdoch, B.E., Attard, M.D., Ozanne, A.E. & Stokes, P.D. (1995).** Impaired tongue strength and endurance in developmental verbal dyspraxia: a physiological analysis. *European Journal of Disorders of Communication* 30, 51-64.
- Musiek, F. E., Baran, J. A. & Pinheiro M. L. (1990).** Duration Pattern Recognition in Normal Subjects and Patients with Cerebral and Cochlear Lesions, *Audiology* 29, 304-313.
- Musiek, F.E. & Pinheiro, M.L. (1987).** Frequency patterns in cochlear, brainstem and cerebral lesions. *Audiology* 26, 79-88.
- Musiek, F.E. (1999).** Central auditory tests. *Scand. Audiol.* 28, Suppl 51, 33-46.
- Musiek, F.E., Gollegly, K. & Baran, J.A. (1984).** Myelination of the corpus callosum and auditory processing problems in children: Theoretical and clinical correlates. *Semin Hear* 5, 231-241.
- Musiek, F.E., Pinheiro, M.L. & Wilson, D. (1980).** Auditory pattern perception in split brain patients. *Arch Otolaryngol* 106, 610-612.
- Needham, E.C. & Black, J.W. (1970).** The relative ability of aphasic persons to judge the duration and intensity of pure tones. *Journal of Speech and Hearing Research* 3, 725-730.
- Neff, W.D. (1961).** Neural mechanisms of auditory discrimination, in Rosenblith W. (Hs.): *Sensory Communication*. Cambridge, MIT Press, 259-277.
- Nettelbeck, T., Edwards, C. & Vreugdenhil, A. (1986).** Inspection time and IQ: Evidence for a mental speed-ability association. *Personality and Individual Differences* 7, 633-641.
- Nicholls, M.E.R. (1996).** Temporal processing asymmetries between the cerebral hemispheres: Evidence and implications. *Laterality* 1, 97-137.
- Nickisch, A. (1985).** Ein zeitkomprimierter Hörtest für Kinder. Inauguraldissertation, Mainz.
- Nickisch, A. (1999).** Ordnungsschwellenwerte im Vor- und Grundschulalter. *Sprache – Stimme – Gehör* 23, 63-70.
- Olton, D.S. (1989).** Frontal cortex, timing and memory. *Neuropsychologia* 27, 121-130.
- Overy, K. (2000).** Dyslexia, Temporal Processing and Music: The Potential of Music as an Early Learning Aid for Dyslexic Children. *Psychology of Music* 28, 218-229.
- Peterson, L.R. & Peterson, J.P. (1959).** Short-term retention of individual verbal items. *J. Experimental Psychology* 58, 193-198.
- Phillips, D.P. & Farmer, M.E. (1990).** Acquired word deafness: the time frame of processing in the primary auditory cortex. *Brain Research* 40, 85-94.
- Pickles, J.O. (1982).** An introduction to the physiology of hearing. London, Academic Press, 194-227.
- Piro, J.M. (1993).** Laterality effects for music perception among differently talented adolescents. *Perceptual and Motor Skills* 76, 499-514.

- Pompino-Marschall, B. & Tillmann, H.G. (1984).** Dyslexia and Developmental Dysphasia: a Deficit in Processing Rapid Spectral Changes? In M.P.R. van den Broecke & A. Cohen (Eds.): Synergetics of Cognition. Berlin: Springer, 144-149.
- Pöppel, E. & Edinghausen, A.-L. (1994).** Geheimnisvoller Kosmos Gehirn. Bertelsmann Verlag, München.
- Pöppel, E. & Logothetics, N. (1986).** Neuronal oscillations in the brain. Discontinuous initiations of pursuit eye-movements indicate a 30- Hz temporal framework for visual information processing. *Naturwissenschaften* 73, 267-268.
- Pöppel, E. & Steinbüchel, v. N. (1996).** Time Perception. In G. Adelman (Ed.): *Encyclopedia of Neuroscience*. Amsterdam. Elsevier.
- Pöppel, E. (1968).** Desynchronisation circadianer Rhythmen innerhalb einer isolierten Gruppe. *Pflügers Archiv* 229, 364-370.
- Pöppel, E. (1970).** Excitability cycles in central intermittency. *Psychologische Forschung* 34, 1-9.
- Pöppel, E. (1978).** Time perception. In: Held, R., Leibowitz, H. W., Teuber, H.-L. (Eds.): *Handbook of Sensory Physiology*, Vol. III, Berlin.
- Pöppel, E. (1985).** Grenzen des Bewußtseins; über Wirklichkeit und Welterfahrung. Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt.
- Pöppel, E. (1988a).** The measurement of music and the cerebral clock: A new theory. *Leonardo* 22, 83-89.
- Pöppel, E. (1988b).** Grenzen des Bewusstseins. 2. unveränderte Auflage, DVA, Stuttgart.
- Pöppel, E. (1994).** Temporal mechanisms in perception intern. *Rev. Neurobiol.* 37, 185-202.
- Pöppel, E. (1997).** A hierachical model of temporal perception. *Trends in Cognitive Sciences* 1, 56-61.
- Pöppel, E., Schill, K. & v. Steinbüchel, N. (1990a).** Sensory Integration within temporally neural system states: A hypothesis. *Naturwissenschaften* 77, 88-91.
- Pöppel, E., Schill, K. & v. Steinbüchel, N. (1990b).** Multistable States in intrahemispheric learning of a sensorimotor task. *Neuroreport*, Vol. 1.
- Portney, L.G. & Watkins, M.P. (1993).** Foundations of clinical research: Applications to practice. Norwalk, Connecticut: Appleton & Lange.
- Preis, S., Bartke, S., Willers, R. & Müller, K. (1995).** Motor skills in children with persistent specific grammatical language impairment. *Journal of Human Movement Studies* 29, 133-148.
- Ptok, M. (2000).** Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen und Legasthenie. *Hessisches Ärzteblatt* 2, 52-54.
- Ptok, M. & Ptok, A. (1996).** Die Entwicklung des Hörens. Sprache – Stimme – Gehör 20. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- Ptok, M., Berger, R., Deuster, v. C., Gross, M., Lamprecht-Dinnesen, A., Nickisch, A., Radü, H.J. & Uttenweiler, V. (2000).** Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen. Konsensus-Statement. *HNO* 48, 657-360. Springer-Verlag.
- Raine, A., Hulme, C., Chadderton, H. & Bailey, P. (1991).** Verbal short-term memory span in speech-disordered children: implications for articulatory coding in short-term memory. *Child Development* 62, 415-423.
- Rammsayer, T. & Lustenauer, S. (1989).** Sex differences in time perception. *Perceptual and Motor Skills* 68, 195-198.
- Rammsayer, T. (1993).** Experimentelle Ergebnisse zur Schwelle für das Erleben von Dauer. *Psychologische Beiträge* 35, 244-260.

- Rammsayer, T. (1997).** Are there dissociable roles of the mesostriatal and mesolimbocortical dopamine systems on temporal information processing in humans? *Neuropsychobiology* 35, 36-45.
- Raz, N., Willerman, L., Ingmundson, P. & Hanlon, M. (1983).** Aptitude-related differences in auditory recognition masking. *Intelligence* 7, 71-90.
- Reed, M.A. (1989).** Speech perception and the discrimination of brief auditory cues in reading disabled children. *J. Experimental Child Psychology* 48, 270-292.
- Rescorla, L. & Ratner, N.B. (1996).** Phonetic profiles of toddlers with specific expressive language impairment (SLI-E). *Journal of Speech and Hearing Research* 39, 153-165.
- Rice, M.L., Oetting, J.B., Marquis, J., Bode, J. & Pae, S. (1994).** Frequency of input effects on word comprehension of children with specific language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research* 37, 106-121.
- Riedel, K. & Studdert-Kennedy, M. (1985).** Extending Formant Transitions May Not Improve Aphasics Perception of Stop Consonant Place of Articulation. *Brain and Language* 24, 223-232.
- Rosenkötter, H. (1997).** Praktische Diagnostik der auditiven Wahrnehmung. In: H. Rosenkötter, U. & S. Minning (Hrsg.): *Auditive Wahrnehmung und Hörtraining. 2. Arbeitstagung.* Lörrach: Audiva.
- Roth, E. (1992).** 100 Milliarden Zellen. Gehirn und Geist. Studieneinheit 5, Funkkolleg: Der Mensch. Anthropologie heute. Studienbrief 2, S. 1-60. Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen.
- Sams, M., Hari, R., Rif, J., Knutila, J. (1993).** The human auditory sensory memory trace persist about 10 sec: Neuromagnetic evidence. *J. Cognitive Neurosci.* 5, 363-370.
- Scharlock, D., Neff, W. & Strominger, N. (1965).** Discrimination of tone duration after bilateral ablation of cortical auditory areas. *J Neurophysiol.* 28, 673-681.
- Scheich, H. (1994).** Funktionelle Organisation, Plastizität und artefizielle Aktivität im auditorischen Kortex eines Cochlea-implantierten Tiermodells. In : Plath, P. (Hrsg.): *Zentrale Hörstörungen.* Materialsammlung zum 7. Interdisziplinären Kolloquium der Geers-Stiftung am 14. und 15. März 1994; Essen, 38-47.
- Scherg, M. & Cramon, v. D. (1986).** Psychoacoustic and electrophysiologic correlates of central hearing disorders in man. *Eur Arch Psychiatr Neurol Sci* 236, 56-60.
- Scherg, M. (1988).** Hören. In: *Neurophysiologische Rehabilitation,* Cramon (Hrsg.).
- Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y. & Steinmetz, H. (1995).** In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Science* 267, 699-701.
- Schleidt, M. & Kien, J. (1997).** Segmentation in behaviour and what it can tell us about brain function. *Human Nature* 8, 77-111.
- Schneider, W. & Näslund, J.C. (1992).** Cognitive prerequisites of reading and spelling: A longitudinal approach. In: Demetrio, A., Shayer, M. & Efklides, A. (Eds.): *Neo-Piagetian theories of cognitive development. Implications and applications for education.* London: Routledge, London, 256-274.
- Schöler, H. (1993).** Zur spezifischen Sprachentwicklungsstörung. Ein Zwischenbericht aus dem „Heidelberger Dysgrammatismus“-Projekt, L.O.G.O.S. *Inderdisziplinär* 1, 84-96.
- Schöler, H., Fromm, W. & Kany, W. (1998).** Spezifische Sprachentwicklungsstörungen und Sprachlernen. Heidelberg: Pädaudiologische Hochschule.
- Schouten, J.F., Ritsma, R.J. & Cardozo, B.L. (1962).** Pitch of the residue. *Journal of the Acoustical Society of America* 62, 1418-1424.
- Schugens, M.M. (1994).** Der Beitrag des Kleinhirns (Cerebellum) zur Zeitverarbeitung: Eine experimentelle Untersuchung. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der

Sozialwissenschaften in der Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.

**Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J. & Remschmidt, H. (1998).** Role of auditory temporal processing for reading and spelling disability. *Perceptual and Motor Skills* 86, 1043-1047.

**Schwartz, R.G. (1995).** Effect of familiarity on word duration in children's speech: a preliminary investigation. *Journal of Speech and Hearing Research* 38, 76-84.

**Semel, E. (1970).** *Sound, Order, Sense: A Developmental Program in Auditory Perception.* Follett Educational Corporation, Chicago, 11-18.

**Shelton, B.T., Picardi, M.C. & Green, D.M. (1982).** Comparison of three adaptive psychophysical procedures. *Journal of the Acoustical Society of America* 71, 1527-1533.

**Skowronek, H. & Marx, H. (1989).** The Bielefeld longitudinal study on early identification of risks in learning to read and write: Theoretical background and first results. In M. Branbring, F. Lösel & H. Skowronek (Eds.): *Children at Risk: Assessment, Longitudinal Research and Intervention.* Berlin: De Gruyter.

**Spoendlin H. (1972).** Innervation densities of the cochlea. *Acta Oto-Laryngology* 73, 235-248

**Spreng, M. & Rahn, K.-H. (1987).** Untersuchungen zur überschwelligigen Audiometrie; Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.), Forschung Fb 533. Dortmund.

**Spreng, M. (1994).** Physiologie des Gehörs. In P. Biesalski & F. Frank (Hg.): *Phoniatrie - Pädaudiologie.* Band 2: Pädaudiologie. Stuttgart: Georg Thieme.

**Spreng, M. (1997).** Lärm und seine Auswirkungen auf Wahrnehmung und Sprachentwicklung. In Rosenkötter, H., U. & S. Minning (Hrsg.): *Auditive Wahrnehmung und Hörtraining.* Lörrach: Audiva.

**Spreng, M. (Hrg.) (1980).** *Interaktion zwischen Artikulation und akustischer Perzeption.* Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

**Stark, R.E. & Tallal, P. (1979).** Analysis of stop consonant production errors in developmentally dyshasic children. *Journal of the Acoustical Society of America* 66, 1703-1712.

**Stark, R.E., Tallal, P. & Mellits, E.D. (1985).** Expressive language and perceptual and motor abilities in language-impaired children. *Human Communication Canada* 9, 23-28.

**Steffen, A. & Werani, A. (1994).** Ein Experiment zur Zeitverarbeitung bei der Sprachwahrnehmung. In G. Kegel, T. Arnold, K. Dahlmeier, G. Schmid & B. Tischer (Hrsg.): *Sprechwissenschaft & Psycholinguistik.* Band 6, 189-205. Opladen: Westdeutscher Verlag.

**Steffen, A. (1995).** Zur Bestimmung der Ordnungsschwelle: ein experimenteller Verfahrensvergleich. Hausarbeit zur Erlangung des Magistergrades an der Ludwig-Maximilian-Universität in München.

**Steinbüchel, v. N. & Pöppel, E. (1991).** Temporal order threshold and language perception. In V.P. Bhatkar & K. M. Rege (Eds.): *Frontiers in knowledge-based computing.* New Delhi: Narosa Publishing House.

**Steinbüchel, v. N. (1987).** Therapie der zeitlichen Verarbeitung akustischer Reize bei aphasischen Patienten. Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität München.

**Steinbüchel, v. N. (1995).** Temporal system states in speech processing: In H.J. Herrmann, D.E. Wolf, E. Pöppel (Eds.): *Supercomputing in brain research: from tomography to neural networks.* World Scientific, 75-81 Singapore.

**Steinbüchel, v. N. (1998).** Temporal ranges of central nervous processing: Clinical evidence. *Experimental Brain Research* 123, 220-230.

**Steinbüchel, v. N., Wittmann, M. & de Langen, E.G. (1996b).** Zeitliche Informationsverarbeitung und Sprache – ein integraler Ansatz in der Aphasietherapie. *Verhaltensmodifikation und Verhaltensmedizin* 4, 331-351.

- Steinbüchel, v. N., Wittmann, M. & Landauer, N. (1997).** Diagnose und Training der zeitlichen Verarbeitung von Hörreizen bei Grundschulern mit LRS. Bericht über den Fachkongress Legasthenie. Greifswald: Bundesverband Legasthenie e.V..
- Steinbüchel, v. N., Wittmann, M. & Pöppel, E. (1996a).** Timing in perceptual and moter tasks after disturbances of the brain. In M.A. Pastor, J. Artieda (Eds.): Time, internal clocks and movement. Elsevier Science, Amsterdam, 281-304.
- Steinbüchel, v. N., Wittmann, M. & Szelag, E. (1999b).** Temporal constraints of perceiving, generating and integrating information: Clinical indications. Restorative Neurology and Neuroscience 14, 167-182.
- Steinbüchel, v. N., Wittmann, M., & Landauer, N. (1998).** Diagnose und Training der zeitlichen Verarbeitung von Hörreizen bei Grundschulern mit LRS. In: Bericht über den Fachkongreß 1997 Greifswald, 82-90.
- Steinbüchel, v. N., Wittmann, M., Strasburger, H. & Szelag, E. (1999a).** Auditory temporal-order judgement is impaired in patients with cortical lesions in posterior regions of the left hemisphere. Neuroscience Letters 264, 168-171.
- Stelmach, L.B. & Herdman, Ch. M. (1994).** Directed and perception of temporal order, Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance 17, 539-550.
- Sternberg, S. (1966).** High-speed scanning in human memory. Science 153,652-654.
- Suchodoletz, v. W. (1994).** Teilleistungsstörungen – pathogenetische Bedeutung, Diagnostik und Therapie. Frühförderung interdisziplinär 13, 10-18. Ernst Reinhardt Verlag, München Basel.
- Suchodoletz, W.v. & Keiner, T. (1998).** Psychiatrische Aspekte bei sprachgestörten Kindern. Pädiatrische Praxis 54, 395-402.
- Summers, J.J. & Burns, B.D. (1990).** Timing in human movement sequences. In: Block R.A. (Ed.): Cognitive models of psychological time. Erlbaum. Hillsdale, N.Y., 181-206.
- Swisher, L. & Hirsh, I. (1972).** Brain damage and the ordering of two temporally successive stimuli. Neuropsychologia 10, 137-152.
- Tallal, P. & Newcomb, F. (1978).** Impairment of auditory perception and language comprehension in dysphasia. Brain and Language 5, 13-24.
- Tallal, P. & Piercy, M. (1973).** Developmental aphasia: impaired rate of nonverbal processing as a function of sensory modality. Neuropsychologia 11, 389-398.
- Tallal, P. & Piercy, M. (1974).** Developmental aphasia: Rate of auditory processing and selective impairment of consonant perception. Neuropsychologia 12, 83-93.
- Tallal, P. & Piercy, M. (1975).** Developmental aphasia: The perception of brief vowels and extended stop consonants. Neuropsychologia 13, 69-74.
- Tallal, P. & Stark, R.E. (1981).** Speech acoustic-cue discrimination abilities of normally developing and language-impaired children. J. Acoustical Soc. Am. 69, 568-574.
- Tallal, P. (1980).** Auditory temporal perception, phonic and reading diabilities in children: Brain and Language 9, 182-198.
- Tallal, P. (1990).** Letters to the Editor: Fine-grained discrimination deficits in language-learning impaired children are specific neither to the auditory modality nor to speech perception. Journal of Speech and Hearing Research 33, 616-619.
- Tallal, P., Merzenich, M., Miller, S. & Jenkins, W. (1998).** Language learning impairment: Integrating research and remediation. Scandinavian Journal of Psychology 39, 197-199.
- Tallal, P., Miller, S. & Fitch, R.H. (1993).** Neurobiological basis of speech: A case for the preeminence of temporal processing. In P. Tallal, A.M. Galaburda, R.R. Llinás & C. von Euler (Hrsg.): Temporal Information Processing in the Nervous System. Special Reference to Dyslexia and Dysphasia. New York: Academy of Sciences.

- Tallal, P., Miller, S.L., Bedi, G., Byma, G., Wang, X., Nagarajan, S.S., Schreiner, C., Jenkins, W. M. & Merzenich, M. M. (1996).** Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech. *Science* 271, 81-84.
- Tallal, P., Sainburg, R.L. & Jernigan, T. (1991).** The neuropathology of developmental dysphasia: Behavioral, morphological and physiological evidence for a pervasive temporal processing disorder. *Reading and Writing* 3, 363-377.
- Tallal, P., Stark, R., Kalman, C. & Mellits, D. (1980).** Developmental dysphasia: relationship between acoustic processing deficits and verbal processing. *Neuropsychologia* 18, 273-284.
- Tallal, P., Stark, R., Mellits, D. (1985a):** Identification of language-impaired children on the basis of rapid perception and production skills. *Brain and Language* 25, 314-322.
- Tallal, P., Stark, R.E. & Mellits, E.D. (1985b).** The relationship between auditory temporal analysis and receptive language development: evidence from studies of developmental language disorder. *Neuropsychologia* 23, 527-534.
- Tallal, P., Stark, T. & Curtiss, B. (1976).** Relation between speech perceptual impairments and speech production impairments in children with developmental aphasia. *Brain and Language* 3, 305-317.
- Testkuratorium (1986).** Der Föderation deutscher Psychologenverbände. Mitteilung. *Diagnostica*, 32, 358-360.
- Tewes, U., Steffen, S. & Warnke, F. (2003).** Automatisierungsstörungen als Ursache von Lernproblemen. *Theorie und Praxis, Forum Logopädie*, 1 (17), 24-30.
- Thompson & Abel 1992**
- Thompson, P., Cranford, J.L. & Hoyer, E. (1999).** Brief-tone frequency discrimination by children. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 42, 1061-1068.
- Thomson, M. (1993).** Teaching the dyslexic child: some evaluation studies. In: *Meeting Points in Dyslexia*.
- Treutwein, B. & Strasburger, H. (1999).** Adaptive psychophysische Verfahren: Eine Übersicht. Vortrag, Audiologentagung in München, März 1999.
- Treutwein, B. (1989).** Adaptive psychophysical procedures. *Perception (ECVP Supplement)*, 18, 554.
- Treutwein, B. (1991).** Adaptive psychophysical methods. In V.P. Bhatkar & K.M. Rege (Eds.): *Frontiers in knowledge-based computing*. Narosa, New Delhi.
- Treutwein, B. (1995).** Adaptive psychophysical procedures. *Vision Research* 17, 2503-2522.
- Treutwein, B. (1997).** YAAP: Yet another adaptive procedure. *Spatial Vision* 11, 129-134.
- Turner, T. & Pöppel, E. (1988).** Metered poetry, the brain and time. In I. Rentschler, B. Herzberger, D. Epstein (Eds.): *Beauty and the Brain. Biological Aspects of Aesthetics*. Birkhäuser, Basel, 71-90.
- Tyler, A.A. (1995).** Durational analysis of stridency errors in children with phonological impairment. *Clinical Linguistics & Phonetics* 9, 211-228.
- Uttenweiler, V. (1994).** Diagnostik zentraler Hörstörungen – Audiologische Verfahren. Tagungsprotokoll.
- Uttenweiler, V. (1996).** Diagnostik zentraler Hörstörungen, auditiver Wahrnehmungs- und Verarbeitungsstörungen. *Sprache-Stimme-Gehör* 20, 80-90.
- van der Lely, H.K. & Howard, D. (1993).** Children with specific language impairment: Linguistic impairment or short-term memory deficit. *Journal of Speech and Hearing* 36, 1193-1207.
- Veit, S. (1994).** Sprachentwicklung, Sprachauffälligkeit und Zeitverarbeitung. Eine Longitudinalstudie. In G. Kegel, T. Arnhold, K. Dahlmeier, G. Schmid & B. Tischer (Hrsg.): *Sprechwissenschaft & Psycholinguistik* 6, 125-187. Opladen, Westdeutscher Verlag.



- Veit, S. (1992).** Sprachentwicklung, Sprachauffälligkeiten und Zeitverarbeitung – eine Longitudinalstudie. Dissertation an der Ludwig-Maximilian-Universität in München.
- Vernon, P.A. (1986).** Inspection time: Does it measure intelligence? *Personality and Individual Differences* 7, 715-720.
- Visto, J.C., Cranford, J.L. & Scudder, R. (1996).** Dynamic temporal processing of nonspeech acoustic information by children with specific language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research* 39, 510-517.
- Wagner, R.K. & Torgesen, J.K. (1987).** The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin* 101, 192-212.
- Walker, J.F., Archibald, L.M.D., Cherniak, S.R. & Fish, V.G. (1992).** Articulation rate in 3- and 5-year old children. *Journal of Speech and Hearing Research* 35, 4-13.
- Walther-Müller, P.U. (1995).** Is there a deficit of early vision in dyslexia? *Perception* 24, 919-936.
- Warnke, F. (1995).** Neuartige Trainingsverfahren. Hörtraining für Aphasiker. In: Bundesverband für die Rehabilitation von Aphasikern (Hrsg.): *Aphasie und Schlaganfall*. Nr. 59, 2. Quartal, 14-16.
- Warnke, F. (1996).** Screeningverfahren zur Überprüfung der zentralen Hörverarbeitung. *Theorie und Praxis* 3, 10-12.
- Warnke, F., Remschmidt, H. & Henninghausen, K. (1994).** Verbal information processing in dyslexia – data from a follow-up experiment of neuro-psychological aspects and EEG. *Acta Paedopsychiatrica* 56, 203-208.
- Watson, B. U. & Miller, T. K. (1993).** Auditory perception, phonological processing and reading ability / disability. *Journal of Speech and Hearing Research* 36, 850-863.
- Watson, B.U. (1992).** Auditory temporal acuity in normally achieving and learning-disabled college students. *Journal of Speech and Hearing Research* 35, 850-863.
- Watson, C.S., Johnson, D.M., Lehman, D.M., Kelly, W.J. & Jensen, J.K. (1982).** An auditory discrimination test battery. *Journal of the Acoustical Society of America* 1, 71-73.
- Wedel v. & Opitz 1982**
- Wedel, v. H. & Walger M. (1999).** Ordnungsschwelle und binaurales Interaktion im Hinblick auf Diagnostik und Therapie. Deutsche Gesellschaft für Audiologie, Abstracts.
- Wedel, v. H. (1999).** Abstract. Audiologentagung in München, März 1999.
- Weinert, S. & Müller, C. (1996).** Erleichtert eine akzentuierte Sprachmelodie die Sprachverarbeitung? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie* 28, 228-256.
- Weinert, S. (1992).** Deficits in acquiring language structure: The importance of using prosodic cues. Special Issue: Memory in everyday settings. *Applied-Cognitive-Psychology* 6, 545-571.
- Weinert, S. (1996).** Prosodie – Gedächtnis – Geschwindigkeit: Eine vergleichende Studie zu Sprachverarbeitungsdefiziten dysphasisch-sprachgestörter Kinder. *Sprache & Kognition* 1-2, 46-69.
- Weinert, S. (2000).** Zusammenhänge zwischen Sprache und Kognition bei spezifisch-sprachgestörten Kindern: Ein entwicklungspsychologisches Puzzle. Informelles Manuskript eines Vortrags auf der Interdisziplinären Tagung über Sprachentwicklungsstörungen im Juni 2000 in München.
- Weismer, G., Tjaden, K. & Kent, R.D. (1995).** Can articulatory behavior in motor speech disorders be accounted for by theories of normal speech production? *Journal of Phonetics* 23, 149-164.

- Weltgesundheitsorganisation (1992).** Internationale Klassifikation psychischer Störungen. Verlag Hans Huber, Bern.
- Werner, L., Marean, G., Halpin, C., Spetner, N. & Gillenwater, J. (1992).** Infant auditory temporal acuity: gap-detection. *Child Development* 63, 260-272.
- Wettstein, P. (1995).** Psycholinguistischer Sprachverständnis- und Sprachentwicklungstest. Manual. Uster: Verlag BSSI.
- Wightman, F., Allen, P., Dolan, T., Kistler, D. & Jamieson, D. (1989).** Temporal resolution in children. *Child Development* 60, 611-624.
- Willinger, U. & Eisenwort, B. (1999).** Verbale und nonverbale Intelligenz bei sprachentwicklungsgestörten Kindern. *Klin. Pädiatr.* 211, 445-449.
- Wittmann, M. & Pöppel, E. (1999).** Neurobiologie des Lesens. In B. Franzmann, K. Hasemann, D. Löffler & E. Schön (Hg.): *Handbuch Lesen*. München: K. G. Saur.
- Wittmann, M. & Pöppel, E. (2000).** Hirnzeit. Wie das Gehirn Zeit macht. In: *Kunstforum International*, Band 151, 85-90.
- Wittmann, M. (1997).** Die zeitliche Organisation von Wahrnehmung und Motorik. Eine neuropsychologische Untersuchung an Patienten mit Hirnverletzungen nach Schlaganfall. Dissertation an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilian-Universität, München.
- Wolff, P.H., Melngailis, I. & Kotwica, K. (1990).** Family pattern of developmental dyslexia, Part III: Spelling errors as behavioral phenotype. *American Journal of Medical Genetics* 67, 378-386.
- Wottawa, H. (1980).** Grundriß der Testtheorie. München: Juventa.
- Wright, B.A., Lombardino, L.J., King, W.M., Puranik, C.S., Leonard, C.M. & Merzenich, M.M. (1997).** Deficits in auditory temporal and spectral resolution in language-impaired children. *Nature* 387, 176-178.
- Wurst, F. (1986).** Auditive Perzeptionsstörungen. *Die Sprachheilarbeit* 31, 74-82.
- Zakay, D. & Block, R. A. (1996).** The role of attention in time estimation processes. In M. A. Pastor & J. Artiedo (Eds.): *Time, internal clocks and movement*. Amsterdam: Elsevier.
- Zatorre, R.J. (1985).** Discrimination and recognition of tonal melodies after unilateral cerebral excisions. *Neuropsychologia* 23, 31-41.
- Zenner, H.-P. (1994).** Hören. Physiologie, Biochemie, Zell- und Neurobiologie. Stuttgart.
- Zenner, H.-P. (2002).** Beethovens Taubheit: „Wie ein Verbannter muss ich leben.“ *Deutsches Ärzteblatt* 42, 2208-2212.

## **Anhänge**

- Anhang 1 Kinder helfen Kindern (Elternrundbrief)
- Anhang 2 Sozialer Hintergrund unserer Studie im Vergleich zum Landesdurchschnitt
- Anhang 3 Elternfragebogen zur Entwicklung und zu früheren Erkrankungen
- Anhang 4 Testprotokoll Tondauer
- Anhang 5 Testprotokoll Ordnungsschwelle

## Kinder helfen Kindern (Elternrundbrief)



**Ludwig-Maximilians-Universität München**  
Institut und Poliklinik für  
Kinder- und Jugendpsychiatrie  
Direktor: Prof. Dr. J. Martinus

Anschrift: Waltherstraße 23,  
80337 München,  
Tel.-Nr.: 089 / 51 60 34 27,  
MVV: Goetheplatz U3/ U6  
oder Bus – Linie 58

### Münchener Studie zur psychischen Entwicklung

#### *Liebe Eltern!*

Wir sind ein Team von Ärzten und Psychologen an der Ludwigs-Maximilians-Universität München und beschäftigen uns seit einigen Jahren mit Kindern, die Probleme in ihrer Entwicklung aufweisen. Dies sind insbesondere Sprachentwicklungs-, Lese-Rechtschreib- und Konzentrationsstörungen, die zum Teil durch zentrale Wahrnehmungsschwächen bedingt sind. Wir suchen Untersuchungsverfahren zum Nachweis der Wahrnehmungsstörungen, um eine rechtzeitige Diagnose stellen und eine Frühbehandlung einleiten zu können. Voraussetzung für eine Bewertung der Untersuchungsergebnisse ist ein Vergleich mit gesunden Kindern.

#### Unter dem Motto

### *"Kinder helfen Kindern"*

bitten wir Sie deshalb um die Mitwirkung Ihres gesunden und altersentsprechend entwickelten Kindes.

#### Was erwartet Ihr Kind bei uns?

Die Untersuchung besteht aus zwei Einheiten von jeweils ca. 2 Stunden, die an zwei verschiedenen Tagen stattfinden, um Ihr Kind nicht zu ermüden.

Zunächst wird ein Hörtest, ähnlich der Einschulungsuntersuchung, durchgeführt. Bei den folgenden Aufgaben zur akustischen Wahrnehmung geht es darum, unterschiedlich hohe und lange Töne und unterschiedliche Geräusche und Wörter zu erkennen. Weitere Aufgaben bestehen darin, Bilder zu ordnen, zusammensetzen oder ähnliches.

Ihnen als Eltern möchten wir einen Fragebogen zu früheren Erkrankungen und zur Entwicklung Ihres Kindes geben, den Sie entweder zu Hause oder bei uns ausfüllen können.

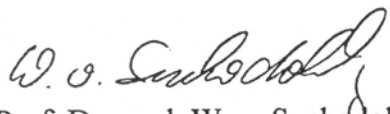
Selbstverständlich geben wir Ihnen im Anschluss an die Untersuchung gern eine Rückmeldung zu den Ergebnissen Ihres Kindes. Ebenso selbstverständlich werden alle Ergebnisse für die Auswertung verschlüsselt und unterliegen der Schweigepflicht.

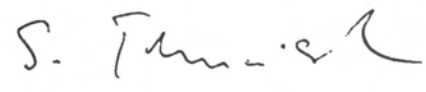
**Wenn Ihr Kind bei der Studie unter dem Motto "Kinder helfen Kindern" mitmachen darf, füllen Sie bitte die Rückantwort aus und geben Sie diese in der Schule (Klasserlehrer/in) ab. Die Studie findet schwerpunktmäßig im April statt. Wir melden uns dann und vereinbaren die Termine mit Ihnen. Sollte Ihr Kind im April keine Zeit haben, können wir uns gerne auf einen früheren bzw. späteren Termin verständigen. Fahrkosten, die Ihnen entstehen, werden selbstverständlich zurückerstattet.**

Wir hoffen, dass Sie sich nun den Inhalt und den Ablauf unserer Untersuchung vorstellen können.

**Falls noch Fragen offen sind, rufen Sie uns bitte unter der Tel.-Nr.: 51 60 - 34 27 an.**

Mit freundlichen Grüßen

  
Prof. Dr. med. W. v. Suchodoletz

  
Dipl. Psych. S. Thurisch

# Institut und Poliklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie

*Adresse:*

Waltherstraße 23, 80337 München

*Postanschrift:*

Nußbaumstraße 7, 80336 München

Telefon (0 89) 51 60 34 27

Telefax (0 89) 51 60 47 56

## R ü c k a n t w o r t !

Ich erlaube, dass mein Kind an der Münchner Studie zur psychischen Entwicklung teilnimmt.

Bitte setzen Sie sich mit mir wegen eines Termins in Verbindung.

*Name:* .....

*PLZ/Ort:* .....

*Straße:* .....

*Telefon-Nr.:* .....

*Schule:* ..... *Klasse:* .....

.....  
Unterschrift der(s) Sorgeberechtigten

Datum:

## Sozialer Hintergrund unserer Studie im Vergleich zum Landesdurchschnitt

	Ergebnisse unserer Studie (in %)		Angaben des bay- rischen Landesamt für Statistik und Daten- erhebung (in %)
<b>Familienstand</b>		<b>Familienstand</b>	
ledig	0	ledig	26,5
verheiratet	90,2	verheiratet	64,8
fester Partner	3,3	fester Partner	–
sonstige (verwitwet, geschieden)	4,1	sonstige (verwitwet, geschieden)	8,4
alleinerziehend*	1,6	alleinerziehend (*1)	18,4
<b>Das Kind lebt bei den</b>		<b>Das Kind lebt bei den</b>	
biologischen Eltern	100	biologischen Eltern	
Adoptiv-/-Pflegeeltern	–	Adoptiv-/-Pflegeeltern	keine Angaben
sonstige Erziehungspersonen	–	sonstige Erziehungspersonen	
<b>Berufstätigkeit der Mutter</b>		<b>Berufstätigkeit der Mutter</b>	
Vollzeit	8,9	erwerbstätig	56,5
Teilzeit	35,8		
arbeitslos	0,8	arbeitslos	3,2
Erziehungsurlaub	8,9		
Ausbildung	0,8		
Hausfrau	41,5	Angehörige	33,0
Rentner	1,6	Rentner	7,6
sonstige	1,6		
<b>Berufstätigkeit des Vaters</b>		<b>Berufstätigkeit des Vaters</b>	
Vollzeit	92,7	erwerbstätig	80,2
Teilzeit	2,4		
arbeitslos	1,6	arbeitslos	5,0
Erziehungsurlaub	0		
Ausbildung	0		
Hausmann	0	Angehörige	6,7
Rentner	0,8	Rentner	8,0
sonstige	2,4		

\* Die Angaben des Statistikamts zu den Alleinerziehenden ist unabhängig zu den Angaben über den Familienstand. Hier werden die Alleinerziehenden mit 18,4 % abgegeben und die Nicht-Alleinerziehenden mit 81,6 %.

	<b>Ergebnisse unserer Studie (in %)</b>		<b>Angaben des bay- rischen Landesamt für Statistik und Daten- erhebung (in %)</b>
<b>Berufsabschluss der Mutter</b>		<b>Berufsabschluss der Mutter *</b>	
keinen/keine Angaben	9,9	keinen/keine Angaben	–
Lehre	34,4	Lehre	–
Fachabschluss	18,9	Fachabschluss	–
Meister/Techniker	1,6	Meister/Techniker	–
Fachschule	5,7	Fachschule	–
gehobene Beamtenlaufbahn	2,4	gehobene Beamtenlaufbahn	–
Hochschul-/Ingenieurabschluss	27,0	Hochschul-/Ingenieurabschluss	18,0
<b>Berufsabschluss des Vaters</b>		<b>Berufsabschluss des Vaters *</b>	
keinen/keine Angaben	6,5	keinen/keine Angaben	–
Lehre	27,6	Lehre	–
Fachabschluss	11,4	Fachabschluss	–
Meister/Techniker	6,5	Meister/Techniker	–
Fachschule	4,1	Fachschule	–
gehobene Beamtenlaufbahn	4,9	gehobene Beamtenlaufbahn	–
Hochschul-/Ingenieurabschluss	39,0	Hochschul-/Ingenieurabschluss	23,0
<b>Anzahl der Geschwister</b>		<b>Anzahl der Geschwister</b>	
null	13,8	null	49,1
eins	52,0	eins	40,7
zwei	24,4	zwei und mehr	10,2
drei	5,7		
vier und mehr	4,1		
<b>Welche Sprachen werden gesprochen?</b>		<b>Welche Sprachen werden gesprochen?</b>	
deutsch	90,2	deutsch	–
zweisprachig	8,9	zweisprachig	–
eine andere	0,8	eine andere	–
<b>Ausländeranteil in der bayrischen Bevölkerung **</b>		<b>Ausländeranteil in der bayrischen Bevölkerung **</b>	
	–		9,8

\* Zum Berufsabschluss der weiblichen und männlichen Personen waren vom Statistikamt nur Angaben zum Hochschulabschluss zu finden.

\*\* Der Ausländeranteil in der bayrischen Bevölkerung soll Aufschluss geben, wie groß der Anteil an zweisprachigen Personen ist, da der Autor hier davon ausgeht, dass in diesen Familien mindestens zwei Sprachen gesprochen werden.



# Elternfragebogen zur Entwicklung und zu früheren Erkrankungen

## Studie zur Ursachenforschung von Sprachstörungen

### Elternfragebogen zur Entwicklung und zu früheren Erkrankungen

Datum: \_\_\_\_\_

1. Wer hat den Bogen ausgefüllt?

Mutter ① Vater ② beide Eltern ③  
andere: ⑧ \_\_\_\_\_

2. Name des Kindes: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

3. Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

4. Adresse: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die familiäre Situation des Kindes.

5. Wie ist Ihr Familienstand?

Verheiratet ①  
Fester Partner ②  
Alleinerziehend ③  
Sonstig: ⑧ \_\_\_\_\_

6. Das Kind lebt bei:

den biologischen Eltern ①  
Adoptiv- bzw. Pflegeeltern ②  
sonstigen Erziehungspersonen: ⑧ \_\_\_\_\_

7. Welcher Art ist die derzeitige (Berufs-) Tätigkeit der Mutter / des Vaters?

	a) Mutter	b) Vater
Vollzeit	①	①
Teilzeit	②	②
Arbeitslos	③	③
Mutterschutz / Erziehungsurlaub	④	④
Ausbildung	⑤	⑤
Hausfrau / Hausmann	⑥	⑥
RentnerIn / PensionärIn	⑦	⑦
Sonstiges: ⑧ _____		
keine Angabe	⑨	⑨

8. Welchen Berufsabschluß hat die Mutter / der Vater?

	a) Mutter	b) Vater
keinen beruflichen Ausbildungsabschluß	①	①
abgeschlossene Lehre	②	②
Berufsfachabschluß	③	③
Meister / Techniker	④	④
Fachschulabschluß	⑤	⑤
gehobene Beamtenlaufbahn	⑥	⑥
Fachhochschul-, Hochschul- oder Ingenieurabschluß	⑦	⑦
sonstiges: ⑧ _____		
keine Angabe	⑨	⑨

9. Anzahl der Geschwister: \_\_\_\_\_

10. Welche Sprache wird bei Ihnen zu Hause gesprochen?

- deutsch ①
  - zweisprachig ②
  - eine andere ③
- welche? 1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_  
welche? \_\_\_\_\_

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Entwicklung des Kindes.

11. Gab es während der Schwangerschaft oder Geburt Auffälligkeiten oder Komplikationen?

- ja ①                      nein ②                      Weiß ich nicht. ③

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

12. Geburtsgewicht: \_\_\_\_\_ g                      Weiß ich nicht. ③

13. In welchem Alter erlernte Ihr Kind folgende Fähigkeiten?

- freies Sitzen: \_\_\_\_\_ Lebensmonat                      Weiß ich nicht. ③
- freies Laufen: \_\_\_\_\_ Lebensmonat                      Weiß ich nicht. ③
- erste Worte: \_\_\_\_\_ Lebensmonat                      Weiß ich nicht. ③

**18. Hat Ihr Kind gegenwärtig Auffälligkeiten in der Sprache?**

nein ②

Weiß ich nicht. ⑨

**Wenn ja, welche?**

18. a1) Stottern ③

18. a2) Sprachhemmung ④

18. a3) überhastetes Sprechen ⑤

18. a4) undeutliches Sprechen ⑥

18. a5) Probleme mit Satzbildung ⑦

18. a6) Lispeln ⑧

18. a7) andere Sprachauffälligkeiten: ⑩ \_\_\_\_\_

**Welche Sprachauffälligkeiten bestanden früher?** \_\_\_\_\_

Bitte folgendes nicht ausfüllen.

18.b) ja ①

nein ②

	Ich weiß es nicht.	seinem Alter voraus	Altersentsprechend	hinter seinem Alter zurück
<b>19. Wie ist das Verständnis Ihres Kindes (z.B. beim Vorlesen einer Geschichte)?</b>	⑨	①	②	③
<b>20. Inwiefern gibt Ihr Kind Antworten, die nicht der Frage entsprechen?</b>	⑨	①	②	③
<b>21. Kann Ihr Kind sich einige Aufgaben merken und korrekt ausführen?</b>	⑨	①	②	③

**22. Haben oder hatten Eltern oder Geschwister Sprachschwierigkeiten oder eine Leserechtschreibschwäche?**

ja ①

nein ②

Weiß ich nicht. ⑨

Wenn ja, wer und welche?

\_\_\_\_\_

**18. Hat Ihr Kind gegenwärtig Auffälligkeiten in der Sprache?**

nein ②

Weiß ich nicht. ⑨

**Wenn ja, welche?**

18. a1) Stottern ③

18. a2) Sprachhemmung ④

18. a3) überhastetes Sprechen ⑤

18. a4) undeutliches Sprechen ⑥

18. a5) Probleme mit Satzbildung ⑦

18. a6) Lispeln ⑧

18. a7) andere Sprachauffälligkeiten: ⑩ \_\_\_\_\_

**Welche Sprachauffälligkeiten bestanden früher?** \_\_\_\_\_

Bitte folgendes nicht ausfüllen.

18.b) ja ①

nein ②

	Ich weiß es nicht.	seinem Alter voraus	Altersentsprechend	hinter seinem Alter zurück
<b>19. Wie ist das Verständnis Ihres Kindes (z.B. beim Vorlesen einer Geschichte)?</b>	⑨	①	②	③
<b>20. Inwiefern gibt Ihr Kind Antworten, die nicht der Frage entsprechen?</b>	⑨	①	②	③
<b>21. Kann Ihr Kind sich einige Aufgaben merken und korrekt ausführen?</b>	⑨	①	②	③

**22. Haben oder hatten Eltern oder Geschwister Sprachschwierigkeiten oder eine Leserechtschreibschwäche?**

ja ①

nein ②

Weiß ich nicht. ⑨

Wenn ja, wer und welche?

\_\_\_\_\_

**23. Besucht Ihr Kind derzeit eine Einrichtung?**

a) Schule wenn ja, welche: \_\_\_\_\_ nein ② nicht zutreffend ①

- Grundschule ①
- Hauptschule ③
- Realschule ④
- Gymnasium ⑤
- Orientierungsstufe ⑥
- Sprachheilschule ⑦
- Lernbehindertenschule ⑧
- Diagnose- Förderklasse ⑩

sonstige: \_\_\_\_\_

23. a1) Erfolgte jemals eine Umschulung:

ja ①: wann und welche: \_\_\_\_\_  
nein ②

23. b) Welche Klasse besucht Ihr Kind gegenwärtig?

Klasse: \_\_\_\_\_

23. b1) Erfolgte jemals eine Klassenwiederholung?

ja ① nein ②

Wenn ja, in welcher Klasse? \_\_\_\_\_

In welchem Fach gab es dabei besondere Probleme? \_\_\_\_\_

Gibt es gegenwärtig Besonderheiten in der Schule?  
\_\_\_\_\_

23. c) **Besuchte bzw. besucht Ihr Kind einen Kindergarten**

ja ① nein ② nicht zutreffend ③

Wenn ja, welchen?

- 23. c1) Regelkindergarten ③
- 23. c2) Sprachheilkindergarten ④
- 23. c3) Heilpädagogische Tagesstätte ⑤
- 23. c4) Schulvorbereitende Einrichtung ⑥

23. c5) sonstige: \_\_\_\_\_

Gibt bzw. gab es Besonderheiten im Kindergarten?  
\_\_\_\_\_

24. Erhält Ihr Kind außerhalb der Schule / des Kindergartens eine bestimmte Art von Förderung?

ja ①                      nein ②                      Weiß ich nicht. ③

Wenn ja, welche?

\_\_\_\_\_

Folgende Frage ist nur für Schulkinder zu beantworten.

25. Wie schätzen Sie die Leistungen Ihres Kindes in der Schule im Vergleich zu Gleichaltrigen ein

	Ich weiß es nicht.	besser	Gleich	schlechter	Nicht zutreffend.
a) Lesen	③	①	②	③	④
b) Rechtschreibung	③	①	②	③	④
c) Aufsätze	③	①	②	③	④
d) Mathematik (Rechnen)	③	①	②	③	④
e) Mathematik (Textaufgaben)	③	①	②	③	④
f) Zeichnen	③	①	②	③	④
g) Sport	③	①	②	③	④
h) Musik	③	①	②	③	④

26. Hatte Ihr Kind ernsthafte oder chronische Erkrankungen?

ja ①                      nein ②                      Weiß ich nicht. ③

Wenn ja, welche?

\_\_\_\_\_

Bestehen diese Erkrankungen noch?

\_\_\_\_\_

27. Bekommt Ihr Kind derzeit bzw. bekam es in den letzten drei Tagen Medikamente?

ja ①                      nein ②                      Weiß ich nicht. ③

Wenn ja, welche?

\_\_\_\_\_

28. Hatte Ihr Kind Erkrankungen mit Bewußtlosigkeit, Kopfunfälle, epileptische Anfälle, Hirnentzündungen oder andere Erkrankungen des Kopfes?

ja ①                      nein ②                      Weiß ich nicht. ③

Wenn ja, welche?

\_\_\_\_\_

29. Hatte Ihr Kind jemals Sehstörungen?

ja ①                      nein ②                      Weiß ich nicht. ③

Wenn ja, welcher Art?

\_\_\_\_\_

**30. Trägt Ihr Kind eine Brille?**

ja ①                      nein ②

Da das zentrale Hören untersucht werden soll, möchten wir Informationen über Hörstörungen und Ohrerkrankungen berücksichtigen.

**30. a) Hat oder hatte Ihr Kind ernsthafte Ohrerkrankungen (z.B. Mittelohrentzündung) oder Ohroperationen?**

ja ①                      nein ②                      Weiß ich nicht. ③

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

**31. Wurde bereits außerhalb der Reihenuntersuchungen ein Hörtest durchgeführt?**

ja ①                      nein ②                      Weiß ich nicht. ③

Wenn ja, wann und mit welchem Ergebnis? \_\_\_\_\_

**32. Hatte Ihr Kind jemals Hörstörungen?**

ja ①                      nein ②                      Weiß ich nicht. ③

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

Bitte folgendes nicht ausfüllen.

32.a)          ja ①                      nein ②

Im Vergleich zu Gleichaltrigen:	Ich weiß es nicht.	Weniger	durchschnittlich	Mehr
33. Reagiert Ihr Kind auf bestimmte Geräusche auffallend empfindlich?	⑨	①	②	③
34. Reagiert Ihr Kind auf bestimmte Geräusche auffallend wenig?	⑨	①	②	③
35. Hält es sich bei lauten Geräuschen die Ohren zu?	⑨	①	②	③
36. Versteht Ihr Kind in einer geräuschvollen Umgebung auffallend schlechter als sonst?	⑨	①	②	③
36.a) Reagiert das Kind prompt auf Ansprache, wenn es in ein Spiel vertieft ist?	⑨	①	②	③
36.b) Lehnt Ihr Kind Rummelplätze u.ä. ab, weil es ihm zu laut ist?	⑨	①	②	③
37. Haben Sie das Gefühl, Ihr Kind hört Sie oft nicht?	⑨	①	②	③
37.a) Versteht das Kind oft etwas anderes als gesagt wurde?	⑨	①	②	③
37.b) Muß das Gesagte oft wiederholt werden?	⑨	①	②	③

Fragen zum Verhalten des Kindes:

Das Kind	Ausmaß der Aktivität				
	Ich weiß es nicht.	überhaupt nicht	Ein wenig	Ziemlich	sehr stark
38. ist unruhig oder übermäßig aktiv	⑨	①	②	③	④
39. ist erregbar, impulsiv	⑨	①	②	③	④
40. stört andere Kinder	⑨	①	②	③	④
41. bringt angefangene Dinge nicht zu einem Ende -kurze Aufmerksamkeitsspanne	⑨	①	②	③	④
42. ist ständig zappelig	⑨	①	②	③	④
43. ist unaufmerksam, leicht abgelenkt	⑨	①	②	③	④
44. Erwartungen müssen umgehend erfüllt werden, ist leicht frustriert	⑨	①	②	③	④
45. weint leicht und häufig	⑨	①	②	③	④
46. zeigt schnelle und ausgeprägte Stimmungswechsel	⑨	①	②	③	④
47. hat Wutausbrüche, explosives und unvorhersagbares Verhalten	⑨	①	②	③	④



Fragen zur Musikalität des Kindes:

	Ich weiß es nicht.	weniger	gleich viel	mehr
48. Hört Ihr Kind, im Vergleich zu Gleichaltrigen, gerne Musik?	⑨	①	②	③
49. Singt Ihr Kind, verglichen mit Gleichaltrigen, gerne?	⑨	①	②	③
49.a) Singt Ihr Kind, verglichen mit Gleichaltrigen, melodisch?	⑨	①	②	③
49.b) Kann sich Ihr Kind, verglichen mit Gleichaltrigen, gut im Rhythmus bewegen?	⑨	①	②	③
49.c) Kann Ihr Kind, verglichen mit Gleichaltrigen, gut Melodien nachsingen?	⑨	①	②	③

50. Spielt Ihr Kind ein Musikinstrument?

- |       |   |  |   |
|-------|---|--|---|
| Nein. | ① | Ja, mit großem Erfolg.                       | ② |
|       |   | Ja, es hat viel Spaß dabei.                  | ③ |
|       |   | Ja, aber man muß es immer zum Üben anhalten. | ④ |

Bitte folgendes nicht ausfüllen.

50.a)            ja        ①                                nein     ②

Wenn wir in diesem Fragebogen etwas nicht gefragt haben, das Sie bezüglich der Entwicklung Ihres Kindes für wichtig halten, dann haben Sie hier Platz für Ergänzungen.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

Vielen Dank für Ihre Mühe!

# Testprotokoll Tondauer

ID-Nummer: \_\_\_\_\_

## Auswertungsprotokoll für den Test: Tondauerunterschiede

Untersuchungsdatum: \_\_/\_\_/\_\_

Name des Kindes: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum: \_\_/\_\_/\_\_

- 1) Alter in Jahren: \_\_\_\_\_
- 2) Alter in Monaten: \_\_\_\_\_
- 3) Geschlecht:   ① männlich   ② weiblich
- 4) Versuchsleiter: ①   ②   ③   ④
- 5) Termin:       ①   ②   ③   ④
- 6) Dauer des Tests: \_\_\_\_\_min
- 7) War der Test durchführbar?                   ① ja   ② mit Vorbehalt   ③ nein  
 Wenn nein, warum nicht: \_\_\_\_\_

### Untersuchungsbedingungen

- 8) Störung durch Lärm:                           ① nein  
                           ② unbedeutend   ③ leicht störend   ④ deutlich störend   ⑤ stark störend
- 9) Technisches Versagen:  
       ① nein                   ② ja, wenn ja, welcher Art: \_\_\_\_\_

	ja	fraglich	nein	Keine Angabe
10) Hat das Kind die Fragestellung verstanden?	①	②	③	④
Mitarbeit des Kindes:				
11) Verweigerung	①	②	③	④
12) konzentriert	①	②	③	④
13) ängstlich	①	②	③	④
14) müde	①	②	③	④
15) motiviert	①	②	③	④
16) Der Test ist auswertbar.	①	②	③	④

sonstige Bemerkungen (z.B. zusätzliche Hilfen, Probleme mit dem Bildmaterial, Unterbrechungen, Pausen) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Tondauerunterschiede**

- Demonstration: 1. Tonpaar: gleich  
 2. Tonpaar: verschieden  
 3. Tonpaar: verschieden  
 4. Tonpaar: verschieden

→ 20 Sekunden Pause

Übung:

	gleich	verschieden
l	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

gleich verschieden

g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
l	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
l	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

20 Sekunden Pause

gleich verschieden

g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
l	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

20 Sekunden Pause

gleich verschieden

m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
l	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

= richtige Antwort  
 = falsche Antwort

- 20)  $\Sigma l =$  \_\_\_\_\_  
 21)  $\Sigma m =$  \_\_\_\_\_  
 22)  $\Sigma s =$  \_\_\_\_\_

- 23)  $\Sigma$  verschieden = \_\_\_\_\_  
 24)  $\Sigma$  gleich (g) = \_\_\_\_\_

- 25)  $\Sigma$  gesamt = \_\_\_\_\_

# Testprotokoll Ordnungsschwelle

ID-Nummer: \_\_\_\_\_

## Auswertungsprotokoll für den Test: Ordnungsschwelle

Untersuchungsdatum: \_\_/\_\_/\_\_

Name des Kindes: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum: \_\_/\_\_/\_\_

- 1) Alter in Jahren: \_\_\_\_\_
- 2) Alter in Monaten: \_\_\_\_\_
- 3) Geschlecht: ① männlich ② weiblich
- 4) Versuchsleiter: ① ② ③ ④
- 5) Termin: ① ② ③ ④
- 6) Dauer des Tests: \_\_\_\_\_ min
- 7) War der Test durchführbar? ① ja ② mit Vorbehalt ③ nein

Wenn nein, warum nicht: \_\_\_\_\_

### Untersuchungsbedingungen

- 8) Störung durch Lärm: ① nein  
② unbedeutend ③ leicht störend ④ deutlich störend ⑤ stark störend
- 9) Technisches Versagen:  
① nein ② ja, wenn ja, welcher Art: \_\_\_\_\_

	ja	fraglich	nein	Keine Angabe
10) Hat das Kind die Fragestellung verstanden?	①	②	③	④
Mitarbeit des Kindes:				
11) Verweigerung	①	②	③	④
12) konzentriert	①	②	③	④
13) ängstlich	①	②	③	④
14) müde	①	②	③	④
15) motiviert	①	②	③	④
16) Der Test ist auswertbar.	①	②	③	④

sonstige Bemerkungen (z.B. zusätzliche Hilfen, Probleme mit dem Bildmaterial, Unterbrechungen, Pausen) \_\_\_\_\_

**Ordnungsschwelle**

- Filename = ID Nummer: \_\_\_\_\_
  
- Ordnungsschwellenwerte:
  - 20) Linker Wert der Ordnungsschwelle: \_\_\_\_\_ ms
  - 21) Rechter Wert der Ordnungsschwelle: \_\_\_\_\_ ms
  - 22) Gesamtwert der Ordnungsschwelle: \_\_\_\_\_ ms
  
- 23) Anzahl der benötigten Trials: \_\_\_\_\_

## Abkürzungsverzeichnis

AVWS	auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAEP	auditorisch evozierte cortikale Potenzial
COCB	gekreuzte olivocochleäre Bündel
d. h.	das heißt
dB HL	Dezibel hearing level
dB	Dezibel
EEG	Elektronen-Emissions-Tomographie
evtl.	Eventuell
Hz	Herz
ICD-10	Internationale Klassifikation psychischer Störungen
ID-Nr.	Identifikationsnummer
IQ	Intelligenzquotient
ISI	Interstimulusintervall
KHz	Kiloherz
LRS	Lese- und Rechtschreibschwäche
Max.	Maximum
MEG	Magnetresonanz-Tomographie
Min.	Minimum
MRG/MRT	Magnetresonanz-Tomographie
ms	Millisekunde
µs	Mikrosekunden
OS	Ordnungsschwelle
PEG	Positronen-Emissions-Tomographie
PEST	Parameter Estimation by Sequential Testing
PET	Psycholinguistischer Entwicklungstest
s	Sekunde
sog.	sogenannte
u. a.	unter anderem
UCOCB	ungekreuzte olivocochleäre Bündel
v. a.	vor allem
vgl.	vergleiche
VOT	voice onset time
YAAP	yet another adaptive procedure
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

## Danksagung

Diese Arbeit entstand im Rahmen eines Promotionsvorhabens an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilian-Universität München. Volle Unterstützung erfuhr ich dabei von allen Mitarbeitern der Abteilung. Zum weiteren Gelingen haben weitere Kollegen und Freunde beigetragen, bei denen ich mich hiermit bedanken möchte.

Besonderen Dank gilt dem Institutsleiter Prof. Dr. W. von Suchodoletz, der mir die Durchführung der Studie ermöglichte und mich in allen Phasen der Arbeit geduldig, engagiert und wohlwollend unterstützt hat.

Weiteren besonderen Dank gilt Dipl. Psych. Dagmar Berwanger. Zusammen mit Frau Brigitte Göllner übernahm sie nicht nur die Vorbereitung der Testdurchführung, sie stand mir auch immer bei Fragen und bei der Literaturrecherche zur Seite.

Ein weiterer Dank gilt den Mitarbeitern des Instituts Frau Greiner und Frau Hage, die einen Großteil der Kinder rekrutierten und sich um die Betreuung der Eltern und Kinder kümmerten. Die Doktorantinnen Brigitte Eberl, Ernestine Henger und Verena Pilger führten die Untersuchungen gemeinsam mit mir durch. Dr. Weitkunart stand mir im Rahmen der Statistikberatung des IBE Großhadern bei der statistischen Auswertung der Arbeit tatkräftig zur Seite. Mein Schwiegervater Gerhard Detlefsen, meine Schwester Martina Brem und meine Freundin Julia Hartleitner übernahmen das Korrekturlesen und halfen mir bei organisatorischen Schwierigkeiten. Herr Franz Sczepansky half mir diese Arbeit in eine ansehnliche Form zu bringen.

Meinen Eltern und Geschwistern sei für ihre stetige Förderung und Ermutigung gedankt. Für dieses und vieles mehr danke ich meinem Mann Markus.

Zu besonderem Dank verpflichtet bin ich allen Kindern, die an der Studie teilnahmen und ihren Eltern, die dies durch ihr Einverständnis ermöglichten.

# Lebenslauf

**Name:** Brem Annemarie

**Anschrift:** Brunnenweg 8  
86842 Irsingen

**Geburtsdatum:** 25. August 1971

**Geburtsort:** Buchloe

**Staatsangehörigkeit:** deutsch

**Familienstand:** verheiratet

**Schulbildung:** 1991 – 1992: allgemeine Hochschulreife, Joseph-Bernhard-Gymnasium Türkheim

**Studium:** 1992 – 1994: Chemie an der FH Aalen  
1994 – 1999: Zahnmedizin an der Ludwig-Maximilian- Universität München und der TU Dresden mit Abschluss durch die zahnärztliche Prüfung

**Berufsausübung:** 2000 – 2001: Assistentenstelle in der allgemein Zahnärztlichen Praxis Dr. Schneider, Haag  
2001 – 2002: Assistentenstelle in der KFO-Praxis Dr. Schwerbrock, Ingolstadt  
2002 – 2003: Assistentenstelle in der allgemein Zahnärztlichen Praxis Dr. Ritter-Geier in Buchloe