

Aus der Sektion für Phoniatrie und Pädaudiologie  
der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde  
der Universität zu Lübeck  
Leiter: Prof. Dr. med. Rainer Schönweiler

---

Langzeiteffekte der Versorgung mit FM-Anlagen im Schulunterricht bei Kindern mit  
Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS) und Subtyp  
„Auditive Selektionsstörung“

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde  
der Universität zu Lübeck

– **Aus der Sektion Medizin** –

vorgelegt von  
**Simone Braun**  
aus Gifhorn

Lübeck 2014



1. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Rainer Schönweiler
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Christian Schultz
Tag der mündlichen Prüfung:	31.07.2015
Zum Druck genehmigt. Lübeck, den	31.07.2015

– Promotionskommission der Sektion Medizin –

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung und Fragestellung</b>	<b>1</b>
1.1. Einführung . . . . .	1
1.2. Hintergrund . . . . .	3
1.2.1. Akustische Situation in Klassenräumen . . . . .	3
1.2.2. Neurophysiologische Grundlagen . . . . .	4
1.2.2.1. Hörnerv und zentrale Hörbahn . . . . .	4
1.2.2.2. Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsprozesse . . . . .	5
1.3. Begriffsklärung des Konstrukts „AVWS“ . . . . .	5
1.3.1. Historische Entwicklung der Begriffe und Definitionen . . . . .	5
1.3.2. Aktuelle Definitionen . . . . .	6
1.4. Ätiologie und Pathogenese . . . . .	7
1.5. Prävalenz . . . . .	8
1.6. Diagnostik . . . . .	8
1.7. Therapie . . . . .	9
1.7.1. Übende Verfahren . . . . .	9
1.7.2. Kompensation . . . . .	10
1.7.3. Verbesserung der akustischen Signalqualität . . . . .	10
1.7.3.1. Passive Verbesserung der akustischen Signalqualität . . . . .	10
1.7.3.2. Aktive Verbesserung der akustischen Signalqualität . . . . .	11
1.8. Vergleich von Sprachübungs- und FM-Therapie . . . . .	12
1.9. Verordnung von Therapieverfahren in Deutschland . . . . .	13
1.10. Fragestellung und Zielsetzung . . . . .	13
<b>2. Material und Methoden</b>	<b>15</b>
2.1. Studiendesign . . . . .	15
2.2. Patienten und Probanden . . . . .	17
2.2.1. Ein- und Ausschlusskriterien . . . . .	17
2.2.2. Phänotypisierung . . . . .	18

## *Inhaltsverzeichnis*

2.2.3. Rekrutierung der Probanden . . . . .	18
2.3. FM-System „EduLink“ . . . . .	19
2.4. Untersuchungsmethoden . . . . .	20
2.4.1. Sprachaudiometrie im Störschall . . . . .	20
2.4.2. Mottier-Test . . . . .	20
2.4.3. Psycholinguistischer Entwicklungstest . . . . .	20
2.4.3.1. Wörter Ergänzen . . . . .	21
2.4.3.2. Laute Verbinden . . . . .	21
2.4.3.3. Zahlenfolgen-Gedächtnis . . . . .	21
2.4.4. Diagnostischer Rechtschreibtest . . . . .	22
2.5. Auswertung . . . . .	22
2.5.1. Sprachaudiometrie im Störschall . . . . .	23
2.5.2. Mottier-Test . . . . .	23
2.5.3. Psycholinguistischer Entwicklungstest . . . . .	24
2.5.4. Diagnostischer Rechtschreibtest . . . . .	24
2.5.5. Einzelfallbetrachtung . . . . .	24
<b>3. Ergebnisse</b>	<b>25</b>
3.1. Sprachaudiometrie im Störschall . . . . .	25
3.2. Mottier-Test . . . . .	27
3.3. Psycholinguistischer Entwicklungstest . . . . .	28
3.3.1. Zahlenfolgen-Gedächtnis . . . . .	28
3.3.2. Wörter Ergänzen . . . . .	30
3.3.3. Laute Verbinden . . . . .	30
3.4. Diagnostischer Rechtschreibtest . . . . .	31
3.5. Einzelfallbetrachtung . . . . .	32
<b>4. Diskussion</b>	<b>34</b>
4.1. Kontext der Studie . . . . .	34
4.2. Interpretation der Ergebnisse . . . . .	34
4.3. Stärken und Schwächen der Arbeit . . . . .	37
4.4. Ausblick . . . . .	38
<b>5. Zusammenfassung</b>	<b>39</b>
<b>6. Literaturverzeichnis</b>	<b>40</b>

*Inhaltsverzeichnis*

<b>A. Anhang</b>	<b>47</b>
A.1. Patienteninformation und Ethikvotum . . . . .	47
A.2. Tabellen . . . . .	53
A.3. Publikationen . . . . .	55
<b>B. Danksagungen</b>	<b>56</b>
<b>C. Lebenslauf</b>	<b>57</b>



## Abkürzungsverzeichnis

AAA	American Academy of Audiology
AD(H)S	Aufmerksamkeitsdefizit-/ (Hyperaktivitäts)störung
AM	amplitudenmoduliert (Funkübertragung)
AVWS	auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung(en)
BIC	Binaural Interaction Component
BILD	Binaural Intelligibility Level Difference
BSA	British Society of Audiology
(C)APD	(Central) Auditory Processing Disorder
CERA	Cortical Evoked Response Audiometry
CMM	Columbia Mental Maturity Scale
DCL-HKS	Diagnose-Checkliste für Hyperkinetische Störungen
DGPP	Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie
DRT	Diagnostischer Rechtschreibtest
FM	frequenzmoduliert (Funkübertragung)
HdO	Hinter-dem-Ohr (Hörgeräte)
ICD-10	International Classification of Diseases, zehnte Revision
JND	Unterschiedsschwelle (engl. Just-noticeable difference)
MMN	Mismatch Negativity
OAE	Otoakustische Emissionen
PCM	Puls-Code-Modulation (Funkübertragung/Tonaufnahme)
PET	Psycholinguistischer Entwicklungstest
SES	Sprachentwicklungsstörung(en)
SNR	Signal-Rausch-Abstand (engl. signal-to-noise-ratio)
SP 2	Indikationsschlüssel des Heilmittelkatalogs für Übungstherapie bei AVWS
SVS	Sprachverstehensschwelle
TEOAE	transitorisch evozierte otoakustische Emissionen
UKW	Ultrakurzwellen
WRT	Westermann Rechtschreibtest

# Abbildungsverzeichnis

2.1. Studienablauf . . . . .	16
2.2. Sender „Campus SX“, Quelle: Phonak . . . . .	19
2.3. Empfänger „EduLink S“, Quelle: Phonak . . . . .	19
3.1. Boxplots: Sprachaudiometrie im Störschall, Nutzsinal 65 dB von vorne, Breitbandrauschen 60 dB von hinten, ohne FM-Anlage; Vergleich beider Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ ) . . . . .	25
3.2. Boxplots: Sprachaudiometrie im Störschall, Gruppe I ohne FM-Gerät, Nutzsinal 65 dB von vorne, Breitbandrauschen 65 bzw. 70 dB von hinten; prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ ) . . . . .	26
3.3. Sprachaudiometrie im Störschall, Gruppe I, ohne FM-Gerät, Nutzsinal 65 dB; prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ ) . . . . .	27
3.4. Mottier-Test, die rote Linie (Rohwert=15) markiert den Cut-Off-Wert zur Erreichung der Norm; beide Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ ) . . . . .	28
3.5. Boxplots: PET Zahlenfolgen-Gedächtnis; Vergleich beider Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ ) . . . . .	29
3.6. PET Zahlenfolgen-Gedächtnis; beide Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ ) . . . . .	29
3.7. Boxplots: PET Wörter Ergänzen; Vergleich beider Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ ) . . . . .	30
3.8. Boxplots: PET Laute Verbinden; Vergleich beider Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ ) . . . . .	31
3.9. PET Laute Verbinden; beide Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ ) . . . . .	31
A.1. Patienteninformation FM-Versorgung . . . . .	47
A.2. Patienteninformation Kontrollgruppe . . . . .	49
A.3. Einverständniserklärung . . . . .	51
A.4. Ethikvotum . . . . .	52

# Tabellenverzeichnis

1.1. AVWS: Leistungen und diagnostische Tests . . . . .	9
2.1. Silbenfolgen des Mottier-Tests . . . . .	21
2.2. Sprachverstehen im Störschall: Referenzbereiche . . . . .	23
A.1. Ergebnisse: Sprachverstehen im Störschall . . . . .	53
A.2. Ergebnisse: Mottiertest (Rohwerte) . . . . .	53
A.3. Ergebnisse: Psycholinguistischer Entwicklungstest (Prozentränge) . . . . .	54

# 1. Einleitung und Fragestellung

## 1.1. Einführung

Wenn Kinder das von ihnen erwartete Leistungsniveau im Schulunterricht nicht erreichen, wird dies heute nicht mehr kritiklos hingenommen. Eltern, Lehrer und (Kinder-) Ärzte hinterfragen die Gründe dafür; wenn sich eine therapierbare medizinische Begründung dafür herausstellt, wird sie freudig aufgegriffen. Beispiele sind Visusstörungen, die erfolgreich mit Brillen versorgt werden, Hörstörungen, die erfolgreich mit Mittelohroperationen beseitigt oder mit Hörgeräten ausgeglichen werden und Aufmerksamkeitsstörungen, die nach Gabe von Psychostimulantien zumindest vorübergehend verschwinden. Grenzen der ärztlichen Therapie erfahren Eltern und Kinder heute nur noch selten, wie zum Beispiel bei Intelligenzminderungen.

Der Begriff „Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung“ (AVWS) ist ein Konstrukt zur Beschreibung und Erklärung von Hörstörungen, die nicht durch Erkrankungen der Ohren, der zentralen Hörbahn oder durch Einschränkungen kognitiver Fähigkeiten erklärt werden können. AVWS wird auch als Hörentwicklungsstörung aufgefasst und seit den 1980er Jahren als Ursache von Lernstörungen ins Spiel gebracht. Heute gehört sie zu den international anerkannten und unstrittigen Hör- und Sprachentwicklungskrankheiten, die das vorschulische sowie schulische Lernen beeinträchtigen und somit verhindern, dass ein eigentlich mögliches Leistungsniveau erreicht wird. Die Prävalenz der AVWS bei Kindern wird auf zwei bis drei Prozent geschätzt, wobei doppelt so viele männliche wie weibliche Betroffene vermutet werden [5, 15, 53]. Es sind nicht nur Schulkinder betroffen, sondern auch Erwachsene, die im Privatleben von Beziehungsproblemen und Problemen im Arbeitsleben bedroht sind.

Eine AVWS sollte also unbedingt rechtzeitig erkannt und behandelt werden, um möglicherweise lebenslang nachteilige Folgen zu vermeiden. Als idealer Zeitpunkt einer Erstdiagnose, das heißt als Zeitpunkt, zu dem sich im Normalfall alle relevanten Leistungen entwickelt haben sollten, wird das Grundschulalter angesehen [1, 2, 14, 17]. Dabei gilt zu beachten, dass bei einer Diagnose „AVWS“ andere „naheliegendere“ medizinische Erklärungen für auditive Verhaltensstörungen, speziell Schwerhörigkeiten, Aufmerksamkeitsstörungen mit und

## 1. Einleitung und Fragestellung

ohne Hyperaktivität, d.h. AD(H)S, Einschränkungen der intellektuellen Begabung, rezeptive Sprachentwicklungsstörungen (rezeptive SES), Autismus und speziell das Asperger-Syndrom, entweder ausgeschlossen oder schon erfolgreich behandelt sein sollten. Im Verdachtsfall ist eine Differentialdiagnostik notwendig [1, 2, 6, 14, 17].

Obwohl sich eine generelle Subtypisierung von Patienten mit AVWS als wenig praktikabel herausgestellt hat, da zu viele Betroffene mehreren Subtypen zugeordnet werden können [1, 2, 14, 17], sind doch die Störungen des Sprachverstehens in binauralen Hörsituationen immer wieder besonders betont und als „Auditive Selektionsstörung“ benannt worden [53]. In allen publizierten AVWS-Screening-Verfahren, die zumeist auf Faktorenanalysen basieren, ist zumindest ein Test des Sprachverstehens im Störschall enthalten [42, 54, 72], was die besondere Bedeutung dieser auditiven Verarbeitungsleistung beweist. Die von dieser Leistungseinschränkung betroffenen Kinder haben im Schulalltag große Schwierigkeiten, im Störgeräusch der Klassenräume in Grundschulen die Lehrerstimmen ausreichend „herauszuhören“, sodass sie unkonzentriert erscheinen (ohne an ADHS zu leiden), nicht zuhören können (obwohl die Ohren normal funktionieren) und das Leistungsniveau der Klassenkameraden nicht erreichen (obwohl sie nicht „lernbehindert“ sind).

Da die Störungsprofile bei AVWS heterogen sind, sollten die Maßnahmen individuell angepasst werden [1, 2, 14, 17]. Als Säulen der Behandlung gelten die Übungstherapie, die Verbesserung des Signal-Störgeräuschabstandes am Ohr des Kindes und kompensatorische Maßnahmen. In Deutschland ist die Sprachübungstherapie nach Indikation „SP 2“ der Heilmittelrichtlinien [34] von den Krankenkassen zu erstatten. Nachdem FM-Anlagen international besonders für die „Auditive Selektionsstörung“ empfohlen wurden, ist nun auch in Deutschland eine Erstattung möglich. Diese wurde im April 2012 in einer aktualisierten Version der Hilfsmittelrichtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses festgelegt [25].

Dass FM-Systeme das Signal-Rausch-Verhältnis verbessern und bei Kindern mit AVWS positive Effekte bewirken, konnte bereits nachgewiesen werden [10, 32, 41, 49, 57, 58, 66, 69, 70], u.a. auch innerhalb der eigenen Arbeitsgruppe [61]. Bei der Evidenz dominieren aber zurzeit die Level 4-5 [55]. Deshalb führten wir, zur Vorbereitung einer Studie des Levels 2, die vorliegende Studie auf Level 3 durch.

## 1.2. Hintergrund

### 1.2.1. Akustische Situation in Klassenräumen

In Klassenzimmern, vor allem in Grundschulen, ist der Lärmpegel während der Unterrichtszeiten in der Regel zu hoch [8, 45]. Durch gewachsene Klassenstärken hat sich die Situation in den letzten Jahren weiter verschärft. Neben resultierenden Stimmproblemen der Lehrkräfte können Schüler schnell unkonzentriert wirken und womöglich dem Unterricht nicht mehr folgen. Der Lernprozess wird behindert [44]. Kinder mit AVWS sind von diesem Problem durch ihre zusätzlich vorliegenden auditiven Leistungseinschränkungen besonders betroffen.

Maßgeblich für die Qualität der akustischen Situation in Klassenzimmern ist die Sprachverständlichkeit. Sie beschreibt die Fähigkeit, verbale Botschaften klar und deutlich zu hören und im Kontext zu verstehen. Diese Größe ist von mehreren Faktoren abhängig [39]:

1. *Raumgeometrie*: Dieser Begriff umfasst Größe und Form des Raums sowie die Anordnung von Lehrkraft und Schülern innerhalb des Raumes.
2. *Signal-Rausch-Abstand* (engl. *SNR*, *Signal-to-noise-ratio*): Dieser Begriff beschreibt das Verhältnis von Nutzsignal, also im Unterricht der Stimme der Lehrkraft, zum Störsignal, also den Hintergrundgeräuschen. Diese entstehen zum einen durch Geräusche, die im Klassenraum durch Mitschüler oder sonstige Geräuschquellen verursacht werden, zum anderen aber auch durch Lärm außerhalb des Klassenraums, der bei schlechter Schallisolierung besonders ins Gewicht fällt. Im Allgemeinen wird angenommen, dass ein Signal-Rausch-Abstand von mindestens 15 dB vorherrschen muss, um eine gute Sprachverständlichkeit zu erreichen [39, 40]. Bradley und Sato gehen davon aus, dass für Erstklässler sogar noch höhere Werte notwendig sind [11]. Laut Klatt et al. liegen die tatsächlichen Mittelungspegel in Unterrichtsstunden in Grundschulen oft zwischen 70 und 77 dB(A) [45]. Solche Geräuschpegel, die in ihrer Intensität lautem Straßenlärm nahekommen, machen eine ungestörte verbale Kommunikation für Lehrer und Schüler nahezu unmöglich.
3. *Nachhallzeit*: Sie beschreibt den Zeitraum, in dem sich ein Schallsignal in einem Raum nach Abschalten seiner Quelle auf ein Millionstel seines ursprünglichen Pegels reduziert. Dies entspricht einem Abfall um 60 dB [39]. Dieser Wert ist vor allem abhängig von der Raumgröße und den baulichen Gegebenheiten. Durch Verwendung schallresorbierender Materialien an Boden, Decken und Wänden kann er erheblich reduziert werden. In

## 1. Einleitung und Fragestellung

der DIN 18041 zur „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“ (1968, überarbeitet 2004) [19] sind dazu geforderte Maximalwerte festgelegt. Demnach sollte die Nachhallzeit in einem Standardklassenraum nicht mehr als 0,55s betragen, für Schüler mit Aufmerksamkeits- und Wahrnehmungsstörungen sogar nicht über 0,45s, also etwa 20% niedriger. In der Praxis werden diese Werte oft überschritten [44, 45].

### 1.2.2. Neurophysiologische Grundlagen

Auditive Verarbeitung und Wahrnehmung wird durch neurale Verbindungen zwischen den beiden Ohren und dem Gehirn, durch neurale Verbindungen zwischen beiden Ohren und durch kortikale Verbindungen ermöglicht [17, 59], die im Folgenden skizziert werden.

#### 1.2.2.1. Hörnerv und zentrale Hörbahn

Der zentralnervöse Teil des auditorischen Systems wird als Hörbahn bezeichnet. Sie beginnt im Innenohr mit den äußeren Haarzellen, die die Schwingungen des ankommenden Schallsignals verstärken. So werden die inneren Haarzellen aktiviert, die das Signal über Rezeptorpotentiale und Transmitter an Nervenfasern weiterleiten, deren Zellkörper zusammen als Ganglion spirale bezeichnet werden [46].

Die Axone dieser Nervenzellen bilden den Hörnerv (Nervus vestibulocochlearis, VIII. Hirnnerv), der durch den inneren Gehörgang zum Hirnstamm zieht, wo er im Nucleus cochlearis anterior (ventralis) und posterior (dorsalis) endet. Deren afferente und efferente Anteile sind über das Corpus trapezoideum und die Nuclei olivares superiores mit den Fasern der Gegenseite verbunden. Eine zweite Kreuzung auf die Gegenseite gibt es auf Höhe des Colliculus inferior (untere Vierhügel). Über das Corpus geniculatum mediale gelangen die Signale schließlich zur primären Hörrinde, die im linken und rechten Temporallappen liegt. Nachgeschaltet ist die sekundäre Hörrinde, die zusätzlich Informationen direkt aus dem Corpus geniculatum mediale erhält [46, 64].

Durch die teilweise gekreuzt verlaufenden Fasern gelangt jeweils Information von beiden Ohren zu beiden Hirnhälften. Zusätzlich findet eine Verschaltung mit anderen zentralnervösen sensorischen und nicht-sensorischen Zentren statt, z.B. auf Höhe des Colliculus superior [64]. Auf Ebene des Hirnstamms können so Prozesse wie beispielsweise Lokalisation, Summation, Fusion, Separation, Diskrimination, Identifikation, Differenzierung und Integration stattfinden.

## 1. Einleitung und Fragestellung

In den Hörfeldern erfolgt die Wahrnehmung akustischer Signale in Form von Laut- und Geräuschempfindung, Klang- und Wortverständnis, akustischer Aufmerksamkeit und Speicherung von Wort-, Musik- und Sprachinhalten [17].

### 1.2.2.2. Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsprozesse

Bei der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung wurden unterschiedliche, hierarchisch organisierte Teilvorgänge formuliert, z.B. Schalllokalisation, Figur-Hintergrund-Wahrnehmung, Ergänzung unvollständiger oder qualitätsverminderter Muster, Lautunterscheidung, Sequenzierung und Integration mit visuellen und anderen Sinnesmodalitäten. Klinisch kann eine Störung dieser Funktionen beispielsweise durch Probleme mit dem Verstehen auditiver Informationen, eine gestörte Erkennung und Unterscheidung von Schallreizen oder Einschränkungen des Sprachverstehens und des Fokussierens im Störgeräusch auffallen [17].

Auditive Verarbeitung und Wahrnehmung gehört zu den Bottom-up-Prozessen, deren Informationsfluss „von unten nach oben“, also vom peripheren Gehör zu den zentralen Hörprozessen, gerichtet ist. Top-down-Prozesse, wie die Vigilanz, die Aufmerksamkeit und die Konzentration, können den Informationsfluss steuern. Beispielsweise ist ein im Verlauf einer Diagnostik übermüdetes Kind (das vielleicht am Nachmittag untersucht wird und am Vormittag fünf Unterrichtsstunden absolvierte) nicht mehr in der Lage, audioverbale Verarbeitungs- und Wahrnehmungsaufgaben an der Leistungsgrenze mitzumachen. Für ein Kind mit unbehandeltem AD(H)S gilt Ähnliches. Die Einflüsse von Top-Down-Prozessen sind also stets zu beachten.

## 1.3. Begriffsklärung des Konstrukts „AVWS“

Als internationale Entsprechung der Diagnose „AVWS“ gilt der Begriff „(Central) Auditory Processing Disorder“, (C)APD. Weitere historische Synonyme aus dem deutschsprachigen Raum sind „auditive Teilleistungsstörung“, „akustische Agnosie“ und „Fehlhörigkeit“. Liegen organische Defizite vor, verwendet man die Begriffe „Worttaubheit“ oder „Rindentaubheit“.

### 1.3.1. Historische Entwicklung der Begriffe und Definitionen

Ein wichtiger Schritt auf dem Weg zum heutigen Verständnis von Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen geschah im Jahr 1950, als G.E. Arnold die „Untersuchung zentraler

## 1. Einleitung und Fragestellung

Hörstörungen mit neuen Prüfungsmethoden“ publizierte [4]. Er fasste frühere Beobachtungen über zentrale Hörstörungen unter diesem Begriff zusammen und identifizierte charakteristische Befunde. Erstmals schien eine Abgrenzung zentraler Hörstörungen von peripheren Defiziten möglich.

Eine Weiterentwicklung erfolgte durch Esser et al., die im Jahr 1987 anhand einer audiometrischen und pädagogischen Testbatterie zwischen Störungen innerhalb der Hörbahn und solchen in nachgeordneten Zentren unterschieden [20].

Mitglieder einer Arbeitsgruppe der American Speech Language Hearing Association (ASHA) publizieren seit etwa 1992 regelmäßig zum Thema (Central) Auditory Processing Disorder, (C)APD. Der Technical Report 2005 [2] brachte eine Wende, denn Störungen sprachverarbeitungsnahe und kognitionsnahe Leistungen, wie Störungen des auditiven Arbeitsgedächtnisses und der phonologischen Bewusstheit, wurden als primäre, für die Definition des Krankheitsbegriffs maßgebliche Leistungen ausgegliedert. Dies bedeutete, dass solche Störungen nicht wie bisher zur Diagnosestellung beitragen durften, sondern nur noch als Folgeerscheinungen anerkannt wurden. Mit der Anwendung dieser Definition ist natürlich zu erwarten, dass sich die Inzidenzen zugunsten der Diagnose „rezeptive Sprachstörungen“ verringern werden.

Die Leitlinien der Californian Speech Language Hearing Association, CSHA [14], das Position Statement der British Society of Audiology, BSA [12], und die Leitlinie der American Academy of Audiology, AAA [1], folgen dieser „Verschärfung“ der Definition, nicht aber die Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie, DGPP [17, 53]. Die Ablehnung der theoretisch motivierten Verschärfung ist aus praktischer Perspektive durchaus nachvollziehbar, da keine wesentlichen Konsequenzen für die Indikation einer Therapie erkennbar sind.

In der ICD-10-Klassifizierung wird eine AVWS meist als F80.20 (Rezeptive Sprachstörung) kodiert. Eine Aufnahme in die Klassifikation als eigenständige Entität ist als H91.80 (Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung) vorgeschlagen, aber bislang nicht verwirklicht worden [18].

### 1.3.2. Aktuelle Definitionen

Im deutschsprachigen Raum hat sich der Begriff der Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS) durchgesetzt. Sie wurden seit 2006 von Nickisch et al. im Konsensus Statement „Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen“ der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie [53] wie folgt definiert:

## 1. Einleitung und Fragestellung

*“Eine Auditive Verarbeitungs- und/oder Wahrnehmungsstörung (AVWS) liegt vor, wenn bei normalem Tonaudiogramm zentrale Prozesse des Hörens gestört sind. Zentrale Prozesse des Hörens ermöglichen u.a. die vorbewusste und bewusste Analyse, Differenzierung und Identifikation von Zeit-, Frequenz- und Intensitätsveränderungen akustischer oder auditiv-sprachlicher Signale sowie Prozesse der binauralen Interaktion (z.B. zur Geräuschlokalisierung, Lateralisation, Störgeräuschbefreiung, Summation) und der dichotischen Verarbeitung.“*

Die Abweichung der deutschen Definition der AVWS vom international gebräuchlichen Begriff (C)APD besteht darin, dass dort ausschließlich Störungen der binauralen Interaktion und der Mustererkennung einbezogen werden. Leistungsdefizite im Bereich des auditiven Gedächtnisses, der phonologischen Bewusstheit, Analyse und Synthese werden als „higher order functions“ und „language related functions“ abgegrenzt [1, 2, 14, 17, 65].

### 1.4. Ätiologie und Pathogenese

Bei auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen sind afferente und efferente Anteile der zentralen Hörbahn gestört, wobei die einzelnen Abschnitte unterschiedlich stark betroffen sein können. Hiernach richtet sich, inwiefern einzelne Leistungsbereiche betroffen sind. Ebenso ist eine Beteiligung anderer zentralnervöser Strukturen nicht auszuschließen [53].

Die Ursachen von AVWS sind bislang nicht eindeutig geklärt. Lediglich vermutet werden eine verzögerte Hirnreifung, genetische Faktoren, eine frühkindliche Hirnschädigung, Umweltgifte, unzureichende Lernangebote sowie eine vorübergehende Schalleitungsschwerhörigkeit [12, 68].

Zu einigen Faktoren wie beispielsweise den frühkindlichen Mittelohrentzündungen, die mit einer transienten Schalleitungsschwerhörigkeit einhergehen, wurden bereits zahlreiche Daten veröffentlicht [22, 33], jedoch führten diese zu keiner einheitlichen Erkenntnis [63]. Zuletzt konnten Gravel et al. [27] und Wohlleben et al. [72] keinen ursächlichen Zusammenhang nachweisen.

Auch im Bereich der genetischen Faktoren blieb bislang ein Beweis aus. In einer von Bishop et al. veröffentlichten Zwillingsstudie [7] konnte zwar ein Hinweis auf eine genetische Komponente bei der auditiven Merkfähigkeit gefunden werden, jedoch nicht bei anderen Leistungen. Die Autoren vermuten zudem, dass der Einfluss der gemeinsamen Lebensumstände der Zwillinge dem der Genetik überlegen ist.

## 1.5. Prävalenz

Die Prävalenz von (C)APD wird im angloamerikanischen Raum mit 10-20% bei älteren Erwachsenen angegeben. Bei AVWS im Kindesalter liegt die Häufigkeit bei 2-3%, wobei Jungen doppelt so oft betroffen sind wie Mädchen [5, 15, 53]. In einer aktuellen Studie von Hind et al., Nottingham, lag die Prävalenz von (C)APD bei Kindern bei 5,1%, in der Allgemeinbevölkerung wurde sie auf 0,5 bis 1% geschätzt [36].

## 1.6. Diagnostik

Die Diagnostik einer AVWS ist durch Leitlinien konsentiert und hierarchisch aufgebaut [1, 2, 14, 17]. Sie besteht aus einer Anamnese (am besten ergänzt durch Fragebögen), einer Ohrmikroskopie (mit Abschätzung von Residuen vergangener Mittelohrentzündungen), einer Beurteilung des peripheren Hörvermögens (Tonschwellenaudiometrie, Tympanogramm, otoakustische Emissionen und Sprachverstehen in Ruhe), sowie einem Screening oder einer Diagnostik hinsichtlich der wichtigsten Differentialdiagnosen wie kognitive/intellektuelle Einschränkungen, Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom und psychosozialer Stress. Außerdem sollte eine komorbide Lese- und/oder Rechtschreibstörung erfragt und ggf. testdiagnostisch quantifiziert werden.

Für die Diagnostik einer AVWS werden Testbatterien empfohlen [1, 2, 14, 17]. Die Tests können nach Kriterien wie in Tab. 1.1 in Kategorien eingeteilt werden, aus denen eine repräsentative Zahl von Tests ausgewählt wird. Eine AVWS liegt vor, wenn in mindestens zwei Tests Ergebnisse mindestens zwei Standardabweichungen unter dem Altersmittelwert nachzuweisen sind.

Doch wird die AVWS nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ nachgewiesen: Eine AVWS ist trotz durchschnittlicher Ergebnisse eines Test anzunehmen, wenn während der Testdurchführung ein Vermeidungsverhalten, eine lange Antwortlatenz oder zunehmende Fehler zum Ende des Tests hin zu beobachten sind. Sollte eine auditive Leistung durch mehrere Tests repräsentiert sein, sollten die Ergebnisse übereinstimmen (positiver „Cross-check“) [1]. Ein Beispiel: Das Sprachverstehen im Störschall wird durch verschiedene Test wie das Sprachverstehen aus der Schallrichtung vorne mit 65 dB und Störschall von hinten mit 60 dB, die Binaural Intelligibility Level Difference (BILD) und die Sprachverstehensschwelle (SVS) im Oldenburger (Kinder-) Satztest gemessen. Mindestens zwei von diesen drei Tests

## 1. Einleitung und Fragestellung

sollten übereinstimmend pathologische Ergebnisse zeigen, um die Diagnose einer AVWS zu stützen.

**Tab. 1.1.:** AVWS: Leistungen und diagnostische Tests

<b>Leistung</b>	Auditory Processing (APD) (Auditive Verarbeitung)	Higher Order/ Language Related Functions (Auditive Wahrnehmung)
<b>Störungsbild</b>	Auditory Processing Disorder (APD) bzw. Auditive Verarbeitungsstörung	Auditive Wahrnehmungsstörung
<b>Funktionen</b>	Binaurale Interaktion, Mustererkennung (nonverbal oder verbal)	Auditives Gedächtnis, phonologische Bewusstheit, Analyse, Synthese (nonverbal/verbal)
<b>Psychoakustische Tests</b>	Lokalisation, BILD, Sprachverstehen im Störschall, JND, Gap Detection, Diskrimination, Competing and Degraded Speech	Mottier, ZFG, Phonemanalyse, -synthese, auditive Aufmerksamkeits-tests
<b>(Elektro-) Physiologische Tests</b>	Kontralateral Stapediusreflexe und OAE, BIC, CERA, MMN (Oddball Paradigma mit Phonemen und Silben)	P 300, P 400 (Oddball Paradigma mit Wörtern & Sätzen)

## 1.7. Therapie

Zur Behandlung einer AVWS gibt es verschiedene Therapieansätze, die einzeln oder in Kombination angewendet werden. Eine einheitliche Empfehlung gibt es bislang nicht, da die empirischen Nachweise über die Wirksamkeit nicht ausreichend sind, sodass weitere evidenzbasierte Studien gefordert werden [2, 21, 26, 35].

In den Leitlinien [1, 2, 13, 14, 17] werden übereinstimmend folgende drei Therapieansätze unterschieden:

1. Übende Verfahren
2. Kompensation
3. Verbesserung der akustischen Signalqualität

### 1.7.1. Übende Verfahren

Die übenden Verfahren zielen durch Training der defizitären Leistungen darauf ab, diese zu verbessern. Hierzu zählen im Fall einer AVWS vor allem Hörübungen, die als Sprachübungstherapie der Indikation SP 2 nach Heilmittelrichtlinien verordnet werden [34]. Typische Leistungen, die trainiert werden können, sind Lautunterscheidung, auditives Arbeitsgedächtnis und phonologische Bewusstheit, d.h. Leistungen, die der auditiven Verarbeitung (auditory

processing) oder der auditiven Wahrnehmung (higher order/ language related functions) zugeordnet werden. Diese Behandlungen beeinflussen vor allem Bottom-up-Prozesse.

### **1.7.2. Kompensation**

Bei Trainingsverfahren zur Verbesserung der Kompensation handelt es sich um Strategien, die teilweise das betroffene Kind selbst, teilweise die Lehrer und Erzieher anzuwenden haben. Beispielsweise kann ein Tafelanschrieb des Lehrers den Zugang zum Unterrichtsstoff erleichtern. Die von AVWS betroffenen Kinder selbst können kognitive, metakognitive und sprachliche Strategien anwenden, beispielsweise Selbstsuggestion und erlernte Problemlösestrategien. Diese Maßnahmen nutzen Top-down-Prozesse, weil die Wahrnehmung durch kognitive Prozesse beeinflusst wird.

### **1.7.3. Verbesserung der akustischen Signalqualität**

Einen weiteren Therapieansatz stellen Verfahren zur Verbesserung der akustischen Signalqualität dar. Diese Verfahren können nach verschiedenen Kategorien unterschieden werden: z.B. passive (energieneutrale) und aktive (elektroakustische, energieverbrauchende) Maßnahmen; Maßnahmen, die das betroffene Kind selbst durchführt und solche, die vom Lehrer bzw. der Umgebung vorgenommen werden.

#### **1.7.3.1. Passive Verbesserung der akustischen Signalqualität**

Eine passive Maßnahme der Lehrer ist eine bewusst langsame, laute und deutliche Aussprache mit ausreichenden Pausen, wobei Schlüsselwörter speziell betont werden. Durch Sprecherziehung im Lehrerstudium (leider nicht mehr in allen Bundesländern und für alle Schulformen vorgesehen) können diese Maßnahmen verbreitet werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Signalqualität zu verbessern, ist die Reduktion von Störschall. Dies kann zum einen durch Vermeidung von Störschall, also durch ruhiges Verhalten der Schüler erreicht werden, dessen Durchsetzung von Lehrern aber oft als Problem empfunden wird. Zum anderen ist dazu eine Reduktion der Echos dieses Störschalls sinnvoll, insbesondere des Rückwandechos und des Deckenechos, meist durch schallabsorbierende Paneelen zu erzielen. In Bildungseinrichtungen für Sprachbehinderte und auch in Bildungseinrichtungen für Schwerhörige/Hörbehinderte (Hörgeschädigte/Gehörlose) gelten solche Maßnahmen als Standard. Weitere passive Maßnahmen sind ein Sitzplatz in der Nähe des Lehrers - wobei

das dominante Ohr dem Lehrer zugewandt sein sollte - und die Vermeidung eines häufigen Sitzplatzwechsels.

### 1.7.3.2. Aktive Verbesserung der akustischen Signalqualität

Für eine aktive Verbesserung der Signalqualität ist eine elektroakustische Schallverstärkung notwendig. Dazu werden Mikrofone eingesetzt, beispielsweise als Ansteckmikrofone für die Sprecher (z.B. Lehrer). Die Verstärker können, wie Hi-Fi-Verstärker, durch Netzstrom oder, wie Hörgeräte, durch Batteriestrom betrieben werden. Als Schallwandler stehen Flat-Panel-Lautsprecher, omnidirektional abstrahlende Deckenlautsprecher, Tischlautsprecher, Kopfhörer, sowie offene Hinter-dem-Ohr-Versorgungen (HdO-Versorgungen) zur Verfügung [1, 16, 17].

Die Übertragung des Mikrofonsignals zum Hörer kann entweder durch Kabel oder durch Funkgeräte erfolgen. Funkgeräte ermöglichen dem Sprecher eine uneingeschränkte Bewegungsfreiheit, weswegen sich diese Übertragungsart allgemein durchgesetzt hat. FM-Übertragung bedeutet, dass die Trägerfrequenz des Funksignals, wie beim UKW-Rundfunk, frequenzmoduliert wird und nicht amplitudenmoduliert (AM) wie bei Langwellen-, Mittelwellen- und Kurzwellenrundfunk. Durch FM ist die Übertragung im Gegensatz zu AM auch bei schwankendem Sender-Empfänger-Abstand stets rauscharm, was hierbei eines der Hauptziele ist. Eine noch etwas rauschärmere Übertragung wäre die Puls-Code-Modulation (PCM), die aber einen so hohen Stromverbrauch hat, dass sie nicht in Hörgeräte mit herkömmlichen Zink-Luft-Batterien implementiert werden kann. Eine weitere Möglichkeit stellen digitale Technologien dar, die sich derzeit noch in Entwicklung befinden.

Bei AVWS bewirken FM-Übertragungen, dass Mikrofonsignale nur wenige Zentimeter vom Mund der Sprecher (Lehrer) entfernt aufgenommen werden und ohne die Beeinflussung einer akustischen Übertragungsstrecke das Ohr des versorgten Kindes erreichen können. Die akustische Übertragungsstrecke beträgt im Klassenraum oft viele Meter, mit „lärmenden“ Kindern dazwischen, die den Signal-Rausch-Abstand (engl. Signal-to-noise-ratio, SNR) drastisch reduzieren können. Diese Nachteile vermeiden FM-Anlagen.

Bei dem Einsatz von FM-Geräten im Rahmen des Schulunterrichts tragen also die Lehrer ein Mikrofon, dessen Signal per Kabel an einen Sender in Taschenformat geleitet wird. Die Empfänger können das verstärkte Ausgangssignal an Lautsprecher abgeben, die im Klassenraum installiert sind und alle Schüler erreichen; dann spricht man von Sound-Field-Anlagen. In Hörsälen von Hochschulen findet man oft solche Anlagen, allerdings ist so nie auf allen Sitzplätzen eine gleich gute und vor allem vorhersagbare Signalqualität erreichbar.

## 1. Einleitung und Fragestellung

Bei einem sogenannten Desktop-System ist an jedem Sitzplatz ein Lautsprecher angebracht, sodass der Schallpegel bei allen Schülern weitgehend konstant ist. Bei Kopfbewegungen verändert er sich allerdings, dadurch ist der Effekt ebenfalls nicht vorhersagbar. Ebenso können Störungen durch Nachbarlautsprecher auftreten.

Eine dritte Möglichkeit ist, dass der zu Versorgende den Empfänger direkt am Körper und den Schallwandler am Ohr trägt. Die Vorteile sind, dass der Schallpegel stets konstant und vorhersagbar ist und durch die geringe Abstrahlung außerhalb des Ohres keine störenden Auswirkungen für andere Zuhörer, z.B. Mitschüler, zu befürchten sind.

Solche Geräte durchliefen verschiedene Entwicklungsstadien. Die ersten Geräte weltweit brachte die Firma Sennheiser (Burgwedel bei Hannover, Deutschland) auf den Markt. Es handelte sich um FM-Taschengeräte, die über eine Kabelverbindung mit Kopfhörern oder einem Hörgerät in Verbindung standen. Eine Weiterentwicklung stellten Anstecksysteme für HdO-Geräte dar, die von der Firma Phonak (Stäfa bei Zürich, Schweiz) entwickelt wurden. Diese als Zubehör für HdO-Geräte entwickelten Systeme gelten für schwerhörige Kinder in Regelschulen als Standardversorgung und die Kosten werden von den Krankenkassen in Deutschland erstattet.

Für Kinder mit AVWS, aber ohne peripheren Hörverlust, die daher keine herkömmlichen HdO-Geräte benötigen, wurden spezielle HdO-Geräte ohne hohe Verstärkung, aber mit integriertem FM-Empfänger entwickelt. Diese Geräte wurden von der Firma Phonak unter dem Handelsnamen „EduLink“ und ab 2009, nahezu baugleich, unter dem Handelsnamen „iSense“ angeboten [56]. Wir verwendeten in der Studie Systeme der Serie „EduLink“.

### 1.8. Vergleich von Sprachübungs- und FM-Therapie

Stellt man das bislang übliche Therapieverfahren und den Einsatz von FM-Systemen gegenüber, ergeben sich verschiedene Vor- und Nachteile. Auf den ersten Blick scheint eine Sprachtherapie kostengünstiger. Allerdings ergibt sich gleichzeitig ein höherer Zeitaufwand, wenn wöchentlich eine Praxis aufgesucht werden muss. Bei den zumeist nachmittags nach der Schule stattfindenden Therapiestunden können zudem Konzentrationsschwierigkeiten im Wege stehen. Ein Vorteil der FM-Anlagen ist, dass ein Effekt sofort eintritt. Auf lange Sicht könnten sie sich zudem als ökonomischer erweisen.

## 1.9. Verordnung von Therapieverfahren in Deutschland

Nach den deutschen Heilmittelrichtlinien kann bei AVWS eine Verordnung von Sprachtherapie der Indikation SP2 erfolgen. Diese umfasst Behandlungen für Störungen der auditiven (Verarbeitung und) Wahrnehmung. Sie wird im deutschen Sprachraum durch Logopäden durchgeführt, im französischen Sprachraum durch Orthophonists und im englischen Sprachraum durch Speech-Language-Voice-Pathologists. In Deutschland sind im Regelfall 20 Therapieeinheiten à 45 Minuten vorgesehen [34]. Kompensatorische Strategien oder die Beratung dieser Strategien können in Deutschland nicht verordnet werden. Die Beratung obliegt den behandelnden Ärzten oder, über Steuergelder finanziert, der Beratung der Lehrer in Regelschulen durch Lehrer von Bildungseinrichtungen für Schwerhörige/Hörbehinderte/Gehörlose. FM-Systeme können seit April 2012 durch die gesetzlichen Krankenkassen erstattet werden: *„Verordnungsfähig sind Übertragungsanlagen, wenn nach differenzierter fachärztlich pädaudiologischer Diagnostik bei Bestehen einer auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung auch eine Einschränkung des Sprachverständnisses im Störschall besteht.“* (Hilfsmittelrichtlinie 2012, §25 (2), [25]). Die dafür geeigneten Geräte, wie die FM-Systeme „EduLink“ und „iSense“ der Firma Phonak, sind allerdings bislang nur als Zubehör registriert und somit noch nicht verordnungsfähig. Ein Antrag auf Zulassung als Hilfsmittel wurde bereits gestellt (eine mündliche Information der Fa. Phonak Deutschland).

## 1.10. Fragestellung und Zielsetzung

Für die Versorgung mit FM-Systemen bei Kindern, die von AVWS betroffen sind, gibt es stichhaltige Gründe [10, 32, 41, 49, 57, 58, 66, 69, 70], die auch in allen Leitlinien formuliert sind [1, 2, 14, 17]. Dennoch ist die evidenzbasierte Datenlage momentan unzureichend, um einen signifikanten Therapieeffekt zu beweisen. Die Durchführung weiterer Studien wird gefordert [2, 21, 26, 35], um auf der Grundlage fundierter Kenntnisse einen Therapiestandard entwickeln zu können. Während international der Einsatz von FM-Systemen seit Jahren etabliert ist, gibt es diese Möglichkeit in Deutschland erst seit April 2012 [25]. Zuvor galt lediglich die Sprachübungstherapie als von den Kassen anerkannte Therapie.

Die Kurzzeiteffekte der Therapie mit FM-Anlagen sind bereits in einigen Studien, auch in einer Studie der Arbeitsgruppe in Lübeck [61], nachgewiesen worden. Eigentliches Ziel der Versorgung mit FM-Anlagen ist aber nicht die augenblickliche Verbesserung des Signal-Störgeräusch-Abstandes, sondern die langfristige Verbesserung auditiver Wahrnehmungsleistungen bzw.

## *1. Einleitung und Fragestellung*

„higher-order / language related functions“, die bessere Lernerfolge ermöglichen. Deshalb wurden in der vorliegenden Arbeit die Langzeiteffekte der Therapie mit FM-Systemen bei Schulkindern mit der Diagnose AVWS und „Auditive Selektionsstörung“ untersucht. Dabei sollte geprüft werden, ob eine FM-Versorgung einen größeren positiven Effekt auf diese Leistungen hat als die „Standardtherapie“ Sprachübungstherapie nach Indikation SP2.

Ein weiteres Motiv für die Durchführung dieser Arbeit war, bei ermutigenden Ergebnissen eine Folgestudie der Evidenzstufe 2 zu begründen und deren Hypothesenbildung zu ermöglichen.

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Studiendesign

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Studie aus den Jahren 2006 bis 2007 fortgeführt und weiterentwickelt [61]. Als Outcome-Parameter wurden nicht nur kurzfristige, sondern auch langfristig zu erwartende Effekte einbezogen. Die Durchführung der Studie wurde durch die Ethik-Kommission der Universität zu Lübeck geprüft und genehmigt (A.4).

Angelegt wurde die Studie als Einzelfallstudie, wobei die Unterscheidung in zwei Gruppen stattfand. In Gruppe I erfolgte nach Diagnostizierung einer AVWS mit Subtyp „Auditive Selektionsstörung“ eine Therapie mit einem FM-System, das regelmäßig während der Unterrichtszeiten über einen Zeitraum von mindestens vier Monaten getragen wurde. Zuvor hatte keine Therapie der AVWS stattgefunden. Die Ergebnisse wurden mit denen einer Kontrollgruppe verglichen (Gruppe II), die zu Beginn der Vorläuferstudie innerhalb des vorangegangenen Jahres diagnostiziert und mit Sprachübungstherapie behandelt worden waren. Von ursprünglich elf Kindern je Gruppe [61] konnten in die vorliegende Studie sieben Kinder der Gruppe I und sechs der Gruppe II einbezogen werden. Der Zeitraum zwischen den Untersuchungszeitpunkten  $t_0$  (Erstuntersuchung nach Diagnosestellung im Rahmen der Vorläuferstudie) und  $t_1$  (Nachuntersuchung) betrug zwischen neun und 66 Monaten, im Mittel 32 Monate. In Gruppe I vergingen zwischen neun und 32 Monate, im Mittel 23 Monate, in Gruppe II zwischen 42 und 66 Monate, im Mittel 50 Monate. Einen Überblick über den Studienablauf gibt Abb. 2.1.

Die durchgeführten Untersuchungen erfolgten mittels normierter und standardisierter Tests. Sowohl zum Zeitpunkt  $t_0$  als auch zum Zeitpunkt  $t_1$  wurden das Sprachverstehen im Störgeräusch (mit dem Göttinger Kindersprachverständnistest II bzw. Freiburger Sprachverstehenstest), das auditive Arbeitsgedächtnis (mit Silbenfolgen- und Zahlenfolgentests), sowie die phonologische Bewusstheit (mit Tests der Sprachlautergänzung und des Lauteverbindens) durchgeführt. Bei Kindern der Gruppe I mit komorbiden Rechtschreibstörungen zu  $t_0$  wurde auch zu  $t_1$  ein Diagnostischer Rechtschreibtest durchgeführt, um eventuelle Wahrnehmungsfehler zu quantifizieren.

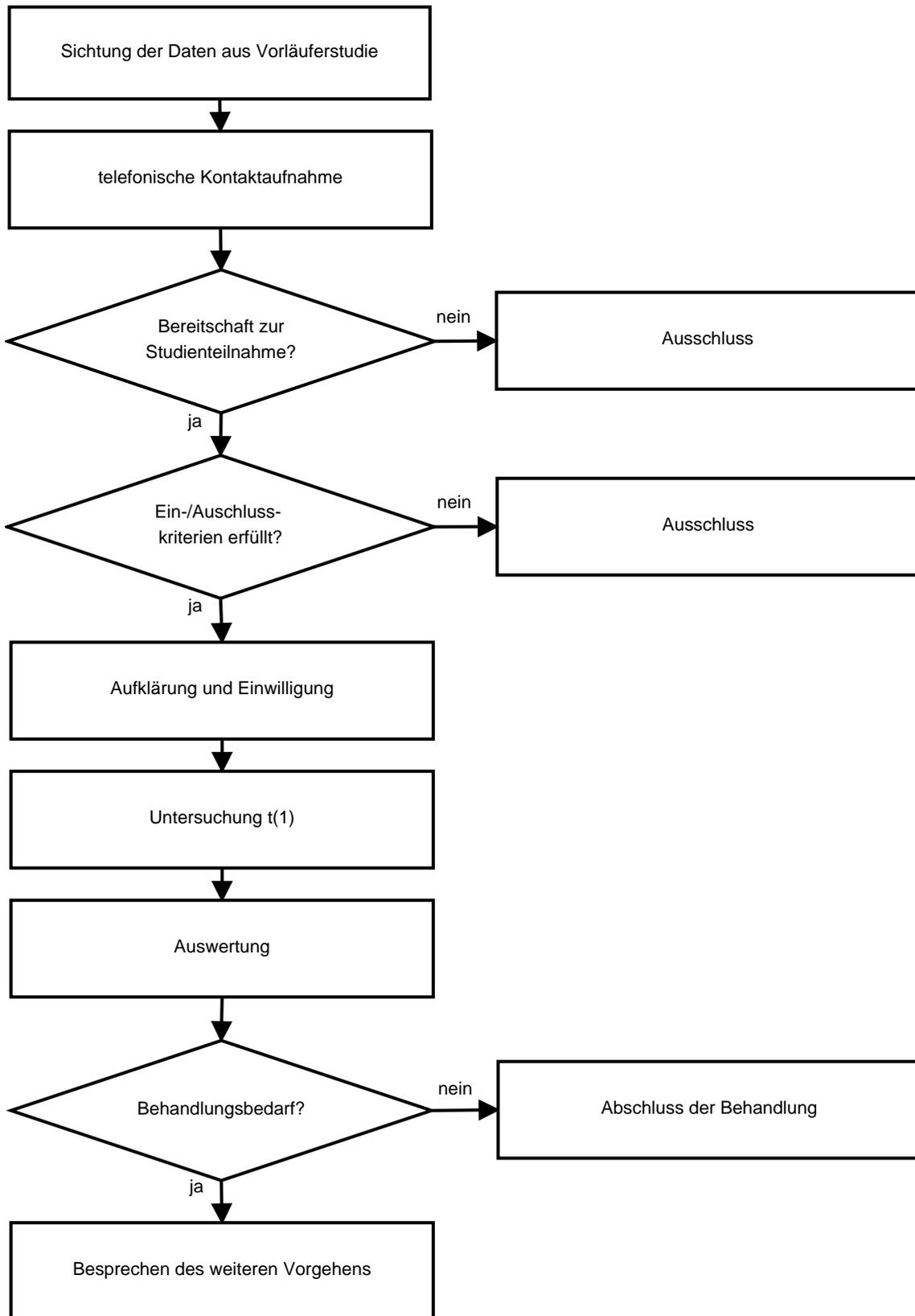


Abb. 2.1.: Studienablauf

## 2.2. Patienten und Probanden

Die Teilnehmer dieser Studie wurden, wie in Kapitel 2.1 beschrieben, aus der vorausgegangenen Studie von Röhl et al. rekrutiert [61]. Entsprechend der Fragestellung handelte es sich hierbei um Kinder im Schulalter, bei denen eine AVWS, Subtyp „Auditive Selektionsstörung“, diagnostiziert worden war. Hierzu fand eine Phänotypisierung statt, die in Kapitel 2.2.2 beschrieben wird. Die Ein- und Ausschlusskriterien sind im folgenden Abschnitt definiert.

### 2.2.1. Ein- und Ausschlusskriterien

Die Ein- und Ausschlusskriterien zur Studienteilnahme wurden nach dem Konsensus Statement der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie (DGPP) zu Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen [53] festgelegt, das in den entscheidenden Inhalten den Papieren der American Speech-Language-Hearing-Association (ASHA) [2] folgt. Um, der Fragestellung entsprechend, die Leistung von Schulkindern zu erfassen, wurde das Alter bei Studieneintritt auf sechs bis 14 Jahre beschränkt.

Audiologische Einschlusskriterien waren:

- beidseitige periphere Normakusis im Tonschwellenaudiogramm (Luftleitungsschwellen  $\leq 15$  dB in den Prüffrequenzen 0,5 bis 4 kHz)
- Schalleitungskomponente beidseitig  $\leq 10$  dB in diesen Prüffrequenzen
- beidseitige regelrechte Impedanzkurve (Tympanogramm) Typ A (mit einem Unterdruck von  $\leq 50$  dPa (Deka-Pascal); damit wurden periphere Hörstörungen ausgeschlossen)
- beidseits transitorisch evozierte otoakustische Emissionen (TEOAE) mit einem Signalrauschabstand  $\geq 3$  dB, einer Reproduzierbarkeit  $> 60\%$  sowie einer Stimulusstabilität  $\geq 90\%$ ; zum Ausschluss von Innenohrschwerhörigkeiten
- Sprachverstehen in Ruhe (d.h. ohne Störgeräusche)  $\geq 90\%$  bei 50 dB Sprachpegel im Göttinger Kindersprachverständnistest II oder im (gleichwertigen) Freiburger Sprachverstehenstest.

Um kognitive Störungen und Verhaltensstörungen, die die Mitarbeit beeinträchtigen könnten, auszuschließen, wurden als entwicklungspsychologische Ein- und Ausschlusskriterien definiert:

## 2. Material und Methoden

- nonverbal ermittelter Intelligenzquotient  $\geq 85$ , gemessen mit dem Columbia Mental Maturity Scale (CMM 1-3)
- Fehlender Anfangsverdacht auf ein AD(H)S im Fragebogen „Diagnose-Checkliste für Hyperkinetische Störungen“ (DCL-HKS)
- kein fachärztlich festgestelltes AD(H)S
- keine Einnahme psychotroper Medikamente.

### 2.2.2. Phänotypisierung

Zur Phänotypisierung des geforderten Subtyps wurde zum einen eine Sprachaudiometrie im Störschall als Freifeldmessung durchgeführt, zum anderen ein Binaural Intelligibility Level Difference-Test (BILD-Test) erhoben. Der geforderte Phänotyp lag vor, wenn beide Tests pathologisch ausfielen. Die Sprachaudiometrie im Störschall und der BILD-Test wurden, je nach Entwicklungsstand, mit dem Göttinger Kindersprachverständnistest II (Entwicklungsalter bis etwa acht Jahre) oder mit dem Einsilbertest aus dem Freiburger Sprachverstehenstest (Entwicklungsalter neun Jahre oder älter) durchgeführt. Beim Sprachverstehen im Störschall wurde ein Ergebnis als „pathologisch“ gewertet, wenn das Ergebnis 80% und weniger betrug. Aus Gründen der besseren Simulation von Alltagssituationen haben wir die Messung bewusst im Freifeld statt mit Kopfhörern durchgeführt. Bei einem konstanten Nutzschaallpegel von vorn mit 65 dB erfolgte die Untersuchung mit drei verschiedenen Störschallpegeln von hinten mit 60 dB, 65 dB und 70 dB. Der BILD-Test misst einen binauralen Verstehensgewinn gegenüber einer monauralen Hörsituation. Ein Ergebnis wurde als pathologisch gewertet, wenn in binauraler Hörsituation gegenüber der monauralen Situation rechts oder links kein Verstehensgewinn von 10% zu verzeichnen war, es sei denn, das Verstehen betrug schon monaural 100% (da dann ein weiterer Verstehensgewinn nicht möglich war, d.h. es war der Deckeneffekt des Tests erreicht).

### 2.2.3. Rekrutierung der Probanden

Die Studie wurde mit ursprünglich insgesamt elf mit FM-Anlagen versorgten Probanden begonnen. Die Rekrutierung erfolgte aus der laufenden Sprechstunde der Abteilung Phoniatrie und Pädaudiologie des Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck (Gruppe I). Zum Vergleich wurden elf Kinder als Kontrollgruppe einbezogen, bei denen ebenfalls AVWS

festgestellt wurden, die aber mit einer Sprachübungstherapie, Indikation SP2 [34], behandelt wurden (Gruppe II). Die beiden Gruppe wurden nach Geschlecht und Alter gematcht.

Für die Beurteilung von Langzeiteffekten kamen von den elf ursprünglich in Gruppe I einbezogenen Probanden nur jene in Frage, die die FM-Geräte über einen Zeitraum von mindestens vier Monaten regelmäßig im Schulunterricht getragen hatten. Von diesen waren insgesamt sieben zu einer weiteren Studienteilnahme bereit. Aus Gruppe II waren sechs der elf ursprünglichen Probanden mit einer Nachuntersuchung einverstanden. Die Bereitschaft dazu wurde telefonisch ermittelt. Die Aufklärung der Probanden und derer Erziehungsberechtigten erfolgte mündlich sowie schriftlich [A.1, A.2]. Die Einwilligung wurde anschließend schriftlich von den Erziehungsberechtigten eingeholt [A.3].

### 2.3. FM-System „EduLink“

Die für die Studie benötigten FM-Systeme wurden von der Firma Phonak (Stäfa, Schweiz) zur Verfügung gestellt. Dabei handelte es sich um das Modell „EduLink“ (Abb. 2.3), das in Kombination mit dem Sender „Campus SX“ (Abb. 2.2) eingesetzt wurde. Die Geräte sind nach Medizinproduktegesetz zugelassen, tragen das amtliche CE-Zeichen und waren im Handel („EduLink“ derzeit ersetzt durch das Nachfolgemodell „iSense“ [56]).



**Abb. 2.2.:** Sender „Campus SX“,  
Quelle: Phonak



**Abb. 2.3.:** Empfänger „EduLink S“,  
Quelle: Phonak

Die Anpassung des Gerätes umfasste die Einstellung der Verstärkung, die Anpassung des Ohrhakens an die individuelle Anatomie der Ohrmuschel sowie eine sogenannte Hörgerätegebrauchsschulung, die durch erfahrene Mitarbeiter der Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie durchgeführt wurde. Die mündliche Gebrauchsschulung wurde durch schriftliches Informationsmaterial der Firma Phonak ergänzt.

## 2.4. Untersuchungsmethoden

### 2.4.1. Sprachaudiometrie im Störschall

Die Sprachaudiometrie im Störschall prüft die auditive Diskrimination, das heißt die Fähigkeit, ähnlich klingende Laute voneinander abzugrenzen. Verwendet wurde bei den Kindern ab neun Jahren der Freiburger Sprachverstehenstest mit Einsilbern [31, 37], bei einem Alter bis einschließlich acht Jahre der Göttinger Kindersprachverständnistest II [24]. Dabei sollten einzelne Wörter verstanden und nachgesprochen werden. Die Untersuchung fand ohne Einsatz von FM-Anlagen statt. Das Sprachsignal wurde aus einem Lautsprecher von vorne ( $0^\circ$ ) mit einem Pegel von 65 dB präsentiert, zusätzlich ein Breitbandrauschen als Störschall aus einem rückwärtigen Lautsprecher ( $180^\circ$ ) mit einem Pegel von 60 dB. In der FM-versorgten Gruppe wurde die Untersuchung anschließend mit einem Störschallpegel von 65 dB und 70 dB wiederholt. Dabei wurden, um ein „Auswendiglernen“ zu vermeiden, stets Wörter einer anderen „Gruppe“ des Testmaterials verwendet, d.h. Wörter, die nicht schon zuvor vorkamen. In Gruppe II fand keine Untersuchung mit weiteren Störschallpegeln statt, da zum Zeitpunkt  $t_0$  keine Werte vorlagen. Die Ergebnisse wurden als Prozent der korrekten Antworten angegeben. Beim Göttinger Kindersprachverständnistest II wurden pro Lautstärkestufen zehn Wörter angeboten (Genauigkeit 10 %), beim Freiburger Sprachverstehenstest 20 Wörter (Genauigkeit 5 %).

### 2.4.2. Mottier-Test

Der Mottier-Test ist ein Untertest des Zürcher Lesetests (ZLT, [28]). Er prüft das auditive Arbeitsgedächtnis für sog. Silbenfolgen (Nicht-Wörter, Pseudowörter) und die Fähigkeit der Sprachlautunterscheidung [28, 43, 62, 71]. Der Test beginnt mit sechs Zweisilbern und endet mit sechs Sechssilbern (Tab. 2.1). Je richtig nachgesprochener Silbenfolge wird ein Rohpunkt vergeben, sodass maximal 30 Punkte erreichbar sind. Der Test wird nach drei aufeinanderfolgenden Fehlern beim Nachsprechen beendet.

### 2.4.3. Psycholinguistischer Entwicklungstest

Bei dem Psycholinguistischen Entwicklungstest (PET, [3]) handelt es sich um die deutsche Version des Illinois Test of Psycholinguistic Abilities (ITPA). Er dient der Quantifizierung

## 2. Material und Methoden

**Tab. 2.1.:** Silbenfolgen des Mottier-Tests, aus: Grissemann (2000) [28]

rela	kapeto	pikatura	katopinafe	pekatorisema
noma	giboda	gabodila	gebidafino	dagobilaseta
godu	lorema	monalura	ronamelita	leraminofeko
mera	tokipa	topakimu	tapikusawe	kapotilafesa
luri	dugabe	debagusi	degobesaro	bigadonafera
limo	nomari	relomano	muralenoka	nomalirakosa

auditiver und sprachlicher Fähigkeiten. Er besteht aus zwölf Untertests, von denen im Rahmen dieser Studie drei angewendet wurden: Mit den Untertests „Wörter Ergänzen“ und „Laute Verbinden“ wurde vor allem die phonologische Bewusstheit geprüft, d.h. die Bewusstheit für sprachliche Elemente. Mit dem Untertest „Zahlenfolgen-Gedächtnis“ wurde das auditive Arbeitsgedächtnis geprüft, ähnlich wie beim Silbenfolgengedächtnis. Bei allen Untertests wurden die Rohwerte in T-Werte und anschließend in Perzentilen (Prozentränge) umgerechnet.

### 2.4.3.1. Wörter Ergänzen

Der Test umfasst 36 Wörter, in denen ein oder mehrere Laute fehlen, wobei die Wörter dennoch verstanden werden müssen (Beispiel: -ord-ein-ante, meint: Bordsteinkante). Pro korrekter Antwort wird ein Punkt vergeben, maximal ist also ein Rohwert von 36 zu erreichen.

### 2.4.3.2. Laute Verbinden

Bei diesem Untertest werden die Laute eines Wortes getrennt vorgelesen und müssen zusammengesetzt nachgesprochen werden (Beispiel: Sch-uh, meint Schuh, s-o-b-e-r-n-o, meint das sinnleere Wort „Soberno“). Es ist maximal ein Rohwert von 29 erreichbar.

### 2.4.3.3. Zahlenfolgen-Gedächtnis

Dieser Test besteht aus 28 Zahlenfolgen (eigentlich: Ziffernfolgen), beginnend mit zwei Ziffern und endend mit acht Ziffern, die nach dem Vorlesen in der korrekten Reihenfolge wiederholt werden sollen. Bei korrekter Wiederholung beim ersten Versuch werden zwei Punkte vergeben, bei korrekter Wiederholung im zweiten Versuch ein Punkt. Es ist ein maximaler Rohwert von 56 erreichbar.

#### 2.4.4. Diagnostischer Rechtschreibtest

Zur Prüfung der Rechtschreibleistung und der Fehlerarten wurden, der Klassenstufe des Kindes entsprechend, die Diagnostischen Rechtschreibtests 1 bis 5 (DRT 1 bis DRT 5 [29, 30, 50, 51, 52]) verwendet. Es handelt sich um Lückendiktate, bei denen einzelne Wörter aus einem Satz geschrieben werden, nachdem dieser vorgelesen wurde. Die Prüfwörter wurden nach Fehlern analysiert, die vorkommenden Fehlerarten gezählt und in T-Werte und Prozentränge umgewandelt.

In dieser Studie interessierten die sog. Wahrnehmungsfehler, die durch „richtiges Hinhören“ vermeidbar sind. Wahrnehmungsfehler sind Wortdurchgliederungsfehler, d.h. Auslassungen, Hinzufügungen oder falsche Reihenfolgen von Buchstaben, sowie Worttrennschärfefehler, eigentlich Lautunterscheidungsfehler, d.h. Fehler mit Verwechslung „ähnlicher“ Laute.

Bei Studienteilnehmern, die zu (mindestens) einem Untersuchungszeitpunkt das Alter für die Durchführung eines DRT 5 überschritten, konnte die Rechtschreibleistung nicht einbezogen werden, da der für diese Altersgruppe geeignete Test, Westermann Rechtschreibtest (WRT 6+) [60], keine Normwerte (v.a. Prozentränge) für die Auswertung einzelner Fehlerarten bietet.

### 2.5. Auswertung

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte nach Beratung durch das Institut für Medizinische Biometrie und Statistik (IMBS) der Universität zu Lübeck, namentlich Frau Univ.-Prof. Dr. rer. biol. hum. König und Frau Dr. rer. hum. biol. Hemmelmann.

Die Sammlung und Auswertung der Daten erfolgte in Microsoft Office Excel sowie SPSS, Version 17.0.

Da es sich bei dieser Arbeit um eine Einzelfallstudie handelte, war der Umfang der statistischen Auswertung insgesamt vergleichsweise gering. Er beschränkte sich, neben der Umwandlung von Rohwerten in T-Werte und Prozentränge, auf Bestimmung der Mediane, Spannweiten und Quartilen. Aufgrund der geringen Fallzahlen wurde auf weitere Berechnungen, wie die Überprüfung auf signifikante Veränderungen, verzichtet. Zusätzlich wurden die Verläufe der einzelnen Fälle betrachtet und beide Gruppen gegenübergestellt. Eine vergleichende Einzelfallbetrachtung erfolgte bei zwei Fällen der Gruppe I.

### 2.5.1. Sprachaudiometrie im Störschall

Anhand der bei der Audiometrie gemessenen Prozentwerte erfolgte die Bestimmung von Medianen, Quartilen und Spannweiten sowie deren Veranschaulichung als Boxplots. Die Ergebnisse der Gruppe I bei einem Störschallpegel von 65 und 70 dB wurden zudem als Liniendiagramme der einzelnen Fälle dargestellt und die Verläufe verglichen.

Die Bestimmung der Referenzwerte erfolgte in Anlehnung an die Auswertung des Oldenburger Satztests [38]. Der Referenzbereich wurde als Sprachverständnisschwelle (SVS)  $\pm 2$  Standardabweichungen (engl. standard deviation, SD) definiert. Dabei ist die SVS der Signal-Rausch-Abstand (S/N), bei dem in einer zur Normierung herangezogenen Testgruppe 50% der Wörter verstanden wurden. Dieser Wert betrug 7,1 dB S/N mit einer Standardabweichung von 1,1 dB.

Zur Berechnung wurde folgende Formel verwendet:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-4m(x - SVS \pm 2SD)}}$$

$m$  ist die maximale Steigung, hier 17,1 %/dB.

Es ergaben sich die in Tabelle 2.2 aufgeführten Werte, die auf ganze Zahlen gerundet sind.

**Tab. 2.2.:** Sprachverstehen im Störschall (Nutzschallpegel 65 dB): Referenzbereiche

Signal-Rausch-Abstand	Störschallpegel	Referenzbereich
+5 dB	60 dB	100% - 100%
0 dB	65 dB	97% - 100%
-5 dB	70 dB	48% - 95%

### 2.5.2. Mottier-Test

Aufgrund des Mangels an aktuelleren Normen für die untersuchten Altersstufen fand die Auswertung nach den Normwerten von Bohny aus dem Jahr 1981 statt [9]. Dabei wurde anhand der Rohwerte beurteilt, ob zu beiden Untersuchungszeitpunkten die altersabhängige Norm erreicht war.

Zusätzlich wurden die Rohwerte anhand des Cut-Off-Wertes von 15 beurteilt, der für Schulkinder von Wohlleben et al. definiert wurde [72]. Demnach war bei einem Wert von mindestens 15 altersunabhängig die Norm erreicht.

### **2.5.3. Psycholinguistischer Entwicklungstest**

Bei den Untertests des PET wurden die Rohwerte anhand des Testmanuals [3] in Prozentränge umgewandelt. Da die Normwerte nur bis zu einem Alter von 9;11 Jahren vorhanden waren, wurden die Daten aller älteren Studienteilnehmer ebenfalls dieser Gruppe zugeordnet. Es erfolgte die Berechnung von Medianen, Quartilen und Spannweiten sowie deren graphische Darstellung als Boxplots. Die Rohwerte der PET-Subtests „Zahlenfolgen-Gedächtnis“ und „Laute Verbinden“ wurden zusätzlich als Liniendiagramme aufgearbeitet, um die Entwicklung der einzelnen Fälle darzustellen und zu vergleichen. Prozentränge von 16 bis 85 wurden als Referenzbereich zugrunde gelegt.

### **2.5.4. Diagnostischer Rechtschreibtest**

Im Rechtschreibtest wurden die Wahrnehmungsfehler, also die Wortdurchgliederungs- und Worttrennschärfefehler gezählt und die Prozentränge anhand einer visuellen Skala, dem Testmanual beiliegend, bestimmt [29, 30, 50, 51, 52].

### **2.5.5. Einzelfallbetrachtung**

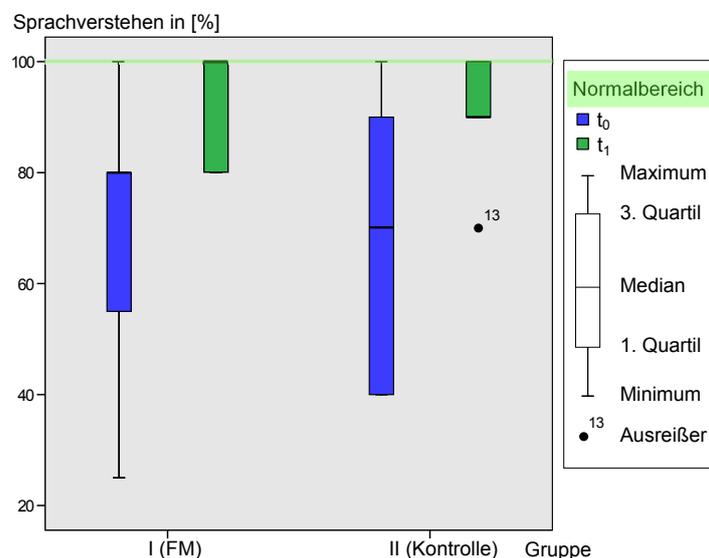
Zusätzlich wurden zwei Fälle der Gruppe I näher betrachtet und miteinander verglichen. Die Auswahl der Fälle fand anhand der Leistung im PET-Subtest „Zahlenfolgen-Gedächtnis“ statt, die in den beiden Fällen unterschiedlich verlaufen sein sollte. Dieses Vorgehen wählten wir in der Annahme, dass der angegebene Test ein gutes allgemeines Maß für eine Verbesserung der AVWS sei. Ziel war es, die Werte der anderen Tests mit denen des „Zahlenfolgen-Gedächtnis“ zu vergleichen und beide Fälle gegenüberzustellen. So sollte beispielhaft dargestellt werden, wie sich bei zwei sehr unterschiedlichen Verläufen im PET-Untertest die anderen Leistungen verhielten.

### 3. Ergebnisse

Die Ergebnisse umfassen die Auswertung der einzelnen Tests (3.1-3.4) sowie eine Einzelfallbeurteilung (3.5).

#### 3.1. Sprachaudiometrie im Störschall

Die Ergebnisse des Sprachverstehens im Störschall (Sprachpegel 65 dB, Breitbandrauschen 60 dB) sind in Abb. 3.1 dargestellt. In beiden Gruppen verbesserte sich das Sprachverstehen im Störschall nach Therapie ( $t_1$ ). In Gruppe I stieg der Median von 80% ( $t_0$ ) auf 100% ( $t_1$ ), in Gruppe II von 70% ( $t_0$ ) auf 90% ( $t_1$ ). Die Verbesserung betrug also in beiden Gruppen 20 Prozentpunkte, wobei die Werte im Mittel in Gruppe I zehn Prozentpunkte höher lagen. Hier wurde nach Therapie sogar ein Median von 100% erreicht.



**Abb. 3.1.:** Boxplots: Sprachaudiometrie im Störschall, Nutzsinal 65 dB von vorne, Breitbandrauschen 60 dB von hinten, ohne FM-Anlage; Vergleich beider Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ )

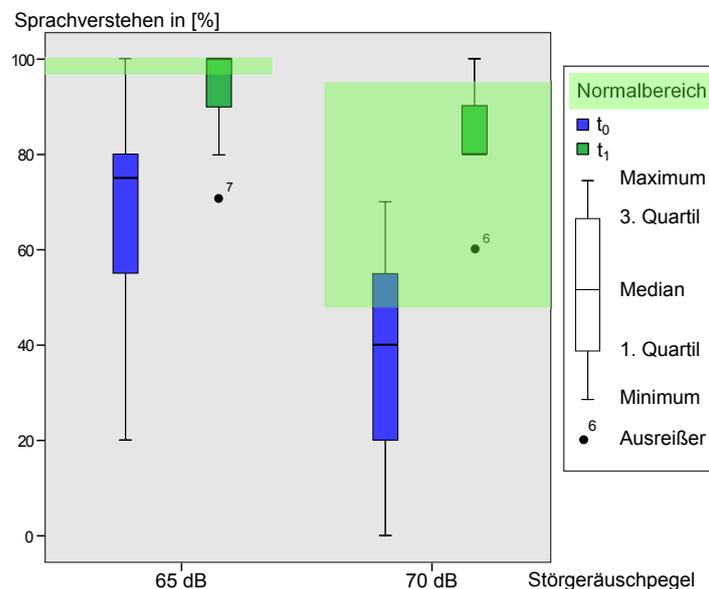
Die 1. und 3. Quartilen betragen in Gruppe I vor Therapie ( $t_0$ ) 55% bzw. 80%, nach Therapie ( $t_1$ ) 80% bzw. 100%, sie stiegen also sowohl deutlich an, als sich auch der Interquartilbereich leicht verringerte. In Gruppe II war diesbezüglich eine ähnliche Veränderung zu verzeichnen, die 1. und 3. Quartilen stiegen von 40% bzw. 90% ( $t_0$ ) auf 90% bzw. 100% ( $t_1$ ).

### 3. Ergebnisse

Die Spannweite war in beiden Gruppen zum Zeitpunkt  $t_1$  deutlich geringer als vor Therapie (75 und 60 ( $t_0$ ), 20 und 30 ( $t_1$ )), wobei einige Kinder beider Gruppen zu  $t_1$  den maximalen Wert von 100% erreichten und es somit zu einem Deckeneffekt kam.

Die berechnete Norm von 100% wurde in beiden Gruppen zum Zeitpunkt  $t_0$  in einem Fall erreicht. Zu  $t_1$  hingegen erreichten diesen Wert in Gruppe II nur zwei Kinder, während es in Gruppe I vier waren. Hier bewegte sich sogar der Median auf ein Sprachverstehen von 100%. Die Entwicklung war also insgesamt in Gruppe I positiver als in Gruppe II.

Die Ergebnisse der Gruppe I mit einem Störschallpegel von 65 und 70 dB sind in Abb. 3.2 dargestellt. Auch hier haben sich die Leistungen deutlich verbessert: Der Median steigerte sich bei 65 dB von 75% auf 100% und bei 70 dB von 40% auf 80%.



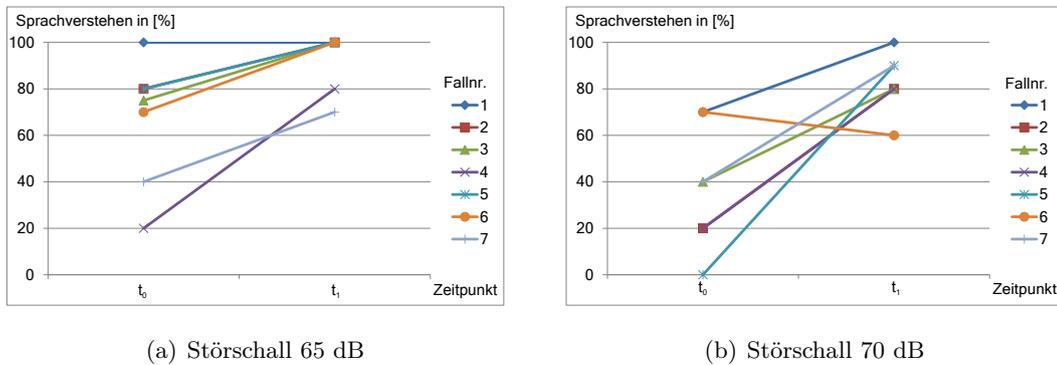
**Abb. 3.2.:** Boxplots: Sprachaudiometrie im Störschall, Gruppe I ohne FM-Gerät, Nutzsinal 65 dB von vorne, Breitbandrauschen 65 bzw. 70 dB von hinten; prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ )

Die erreichten Ergebnisse lagen somit sowohl vor als auch nach Therapie niedriger als beim Störschallpegel von 60 dB. Das Ausmaß der erreichten Verbesserung war hier jedoch mit 25 (65 dB) bzw. 40 (70 dB) Prozentpunkten am größten. Außerdem war die Spannweite zum Zeitpunkt  $t_1$ , wie auch bei 60 dB, deutlich geringer als zu  $t_0$  (80 (65 dB) und 70 (70 dB) ( $t_0$ ), 30 (65 dB) und 40 (70 dB) ( $t_1$ )), wobei einige Kinder den Maximalwert von 100% erreichten.

Die 1. und 3. Quartilen veränderten sich bei einem Störschallpegel von 65 dB ähnlich wie bei 60 dB: Zu  $t_0$  betragen sie 55% bzw. 80%, stiegen zu  $t_1$  auf 90% bzw. 100% an. Bei 70 dB Störschallpegel gab es eine Veränderung von 20% bzw. 55% ( $t_0$ ) auf 80% bzw. 90% ( $t_1$ ). Mit zunehmendem Störschallpegel wuchsen somit auch die Verbesserungen von  $t_0$  zu  $t_1$ , wobei die Interquartilbereiche prätherapeutisch stets größer waren als posttherapeutisch.

### 3. Ergebnisse

Die Normen erreichte bei 70 dB Störschallpegel prätherapeutisch nur ein Kind, die Zahl stieg zu  $t_1$  auf fünf an. Bei 75 dB war die Leistung zu  $t_0$  in einem Fall durchschnittlich, zu  $t_1$  war in allen sieben Fällen die Norm mindestens erreicht, in einem Fall zeigte sich sogar eine überdurchschnittliche Leistung von 100%.



**Abb. 3.3.:** Sprachaudiometrie im Störschall, Gruppe I, ohne FM-Gerät, Nutzsignal 65 dB; prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ )

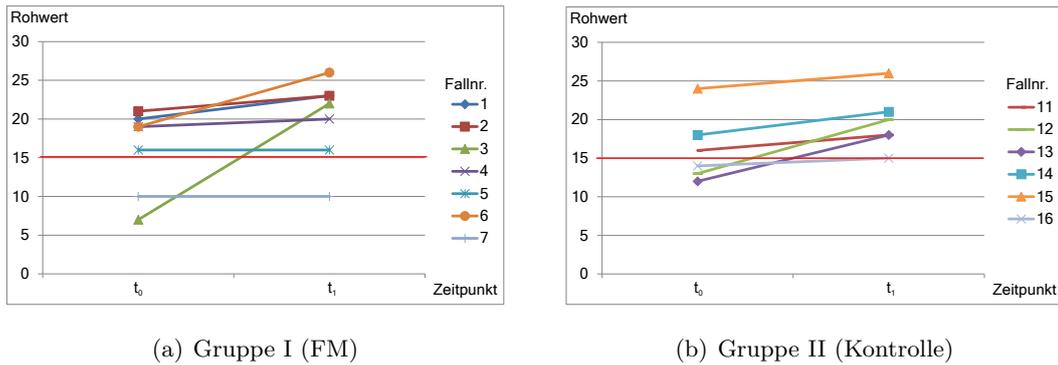
Bei Betrachtung der einzelnen Fälle in Gruppe I beim Störschallpegel von 65 und 70 dB (Abb. 3.3) zeigte sich, dass meist eine deutliche Steigerung des Sprachverstehens erreicht werden konnte. Eine Ausnahme war Fall 1 bei 65 dB, wobei hier zu beiden Zeitpunkten unverändert ein Sprachverstehen von 100% vorlag. Ebenso fiel Fall 6 auf, bei dem zwar bei 65 dB eine Verbesserung von 70% auf 100% erreicht wurde, bei einem Pegel von 70 dB aber paradoxerweise eine Verschlechterung von 10 Prozentpunkten vorlag, d.h. von 70% auf 60%. In allen anderen Fällen konnte bei beiden Pegeln eine Verbesserung von mindestens 20 Prozentpunkten erreicht werden, maximal 90 Prozentpunkte in Fall 5 bei 70 dB.

### 3.2. Mottier-Test

Bei der Auswertung des Mottier-Tests nach den altersspezifischen Normen [9] war in Gruppe I prätherapeutisch in keinem Fall die Norm erreicht, nach Therapie in zwei Fällen. In Gruppe II wurden lediglich in einem Fall die Normen erreicht, sowohl zu  $t_0$  als auch zu  $t_1$ . Ein Wechsel hin zu oder weg von einem normwertigen Ergebnis fand hier in keinem Fall statt. Insgesamt fiel auf, dass die Norm zu  $t_1$  nur in drei Fällen erreicht wurde, zehn Kinder blieben hinter den altersentsprechenden Normen zurück.

Bei Betrachtung anhand des von Wohlleben et al. [72] definierten Cut-Off-Wertes bei einem Rohwert von 15 (Abb. 3.4) erreichten oder übertrafen fünf Probanden der Gruppe I diesen Wert schon zu  $t_0$ , posttherapeutisch ( $t_1$ ) waren es sechs. In einem Fall dieser Gruppe blieb die

### 3. Ergebnisse



**Abb. 3.4.:** Mottier-Test, die rote Linie (Rohwert=15) markiert den Cut-Off-Wert zur Erreichung der Norm; beide Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ )

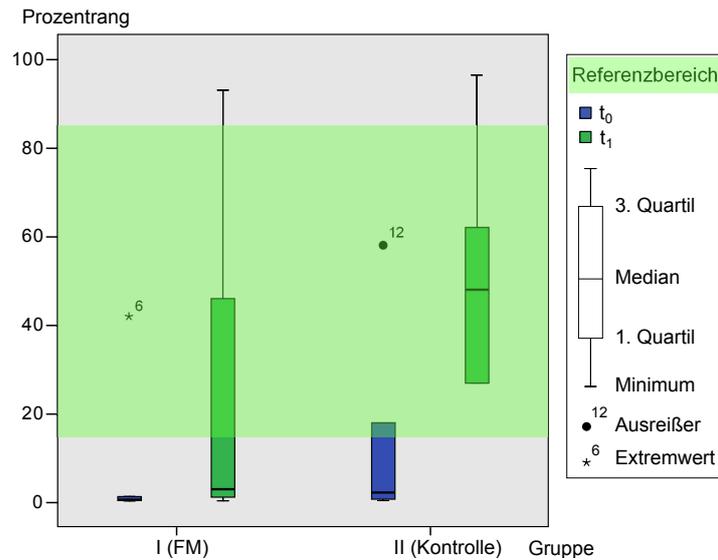
Leistung zu beiden Zeitpunkten unterhalb der Norm. In Gruppe II wurde der Cut-Off-Wert zu Beginn ( $t_0$ ) in 3 Fällen erreicht, zu  $t_1$  lagen die Werte aller Patienten in der Norm. Insgesamt gab es also unter den Studienteilnehmern mit prätherapeutisch unterschrittenem Cut-Off ein Kind der Gruppe I und drei Kinder der Gruppe II, die posttherapeutisch den Cut-Off erreichten oder überschritten. Nur in einem Fall der Gruppe I wurde der Cut-Off weder vor noch nach Therapie erreicht, eine Verschlechterung gab es in keinem Fall.

### 3.3. Psycholinguistischer Entwicklungstest

#### 3.3.1. Zahlenfolgen-Gedächtnis

Abb. 3.5 und 3.6 zeigen die Ergebnisse des PET Zahlenfolgen-Gedächtnis. Die Prozentränge lagen in Gruppe I insgesamt sehr niedrig, der Median der Prozentränge betrug 0,4 vor Therapie ( $t_0$ ) und 2,9 danach ( $t_1$ ). Die 1. und 3. Quartilen lagen bei 0,2 und 1,1 zu  $t_0$  und bei 1,1 und 46 zu  $t_1$ . Zu beiden Untersuchungszeitpunkten betrug die Prozentränge nicht mehr als 2,9. Ausnahmen waren Fall 6, bei dem der Prozentrang von 42 auf 93 anstieg, sowie Fall 1, bei dem der Prozentrang von 0,5 auf 46 anstieg. In Gruppe II lagen die Prozentränge zu  $t_0$  ebenfalls sehr niedrig, der Median lag bei 2, 1. und 3. Quartil bei 0,5 bzw. 18. Im Verlauf zeigte sich aber in allen Fällen eine deutliche Steigerung der Prozentränge, die absolut 26,5 bis 51,1 betrug. Der Median stieg auf 48, 1. und 3. Quartil auf 27 bzw. 62. Die Prozentränge stiegen also in Gruppe II stärker an als in Gruppe I. Die Werte waren insgesamt weit gestreut. Während die Spannweiten initial ( $t_0$ ) mit 41,87 in Gruppe I und 57,8 in Gruppe II noch annähernd gleich groß waren, wuchs sie in Gruppe I im Verlauf ( $t_1$ ) auf 92,7, also auf mehr als das Doppelte an, in Gruppe II steigerte sie sich nur mäßig auf 69,4.

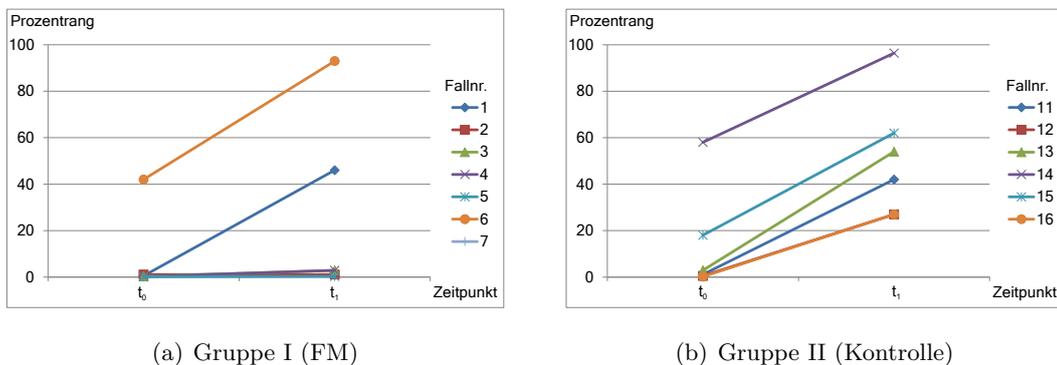
### 3. Ergebnisse



**Abb. 3.5.:** Boxplots: PET Zahlenfolgen-Gedächtnis; Vergleich beider Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ )

Bezüglich der Normen war in Gruppe I zu Beginn der Studie nur in einem Fall ein durchschnittlicher Wert erreicht, in diesem Fall war die Leistung im Verlauf überdurchschnittlich. In einem anderen Fall wurde zu  $t_1$  die Norm erreicht, alle anderen Ergebnisse dieser Gruppe blieben hinter den Erwartungen zurück. In Gruppe II hingegen stieg die Zahl der Fälle, die die Norm erreichten, von zwei ( $t_0$ ) auf sechs ( $t_1$ ). Hier waren also alle Ergebnisse mindestens durchschnittlich, in einem Fall sogar überdurchschnittlich. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich Gruppe II in diesem Test eindeutig positiver entwickelt hat als Gruppe I.

Der Fall 7 konnte nicht in die Auswertung einbezogen werden, da zu  $t_0$  keine Testergebnisse vorlagen.



**Abb. 3.6.:** PET Zahlenfolgen-Gedächtnis; beide Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ )

### 3.3.2. Wörter Ergänzen

Im Test „Wörter Ergänzen“ (Abb. 3.7) stieg der Median der Prozenträge in Gruppe I um 10 Prozentpunkte von 69 ( $t_0$ ) auf 79 ( $t_1$ ), in Gruppe II lag die Steigerung mit 50,5 Prozentpunkten von 22,5 ( $t_0$ ) auf 73 ( $t_1$ ) deutlich höher. Hervorzuheben ist allerdings, dass hier deutlich niedrigere Ausgangswerte als in Gruppe I vorlagen. Die nach Therapie erreichten Werte in beiden Gruppen lagen etwa gleich hoch. Das 1. und 3. Quartil stiegen in Gruppe I nur leicht von 65,5 und 81,5 ( $t_0$ ) auf 69 und 83,5 ( $t_1$ ). In Gruppe II verbesserten sich die Werte von 14 bzw. 34 ( $t_0$ ) auf 50 bzw. 92 ( $t_1$ ). In Gruppe II waren die Spannweiten deutlich größer: Sie betragen 85 ( $t_0$ ) und 78 ( $t_1$ ) gegenüber 57 ( $t_0$ ) und 42 ( $t_1$ ) in Gruppe I.

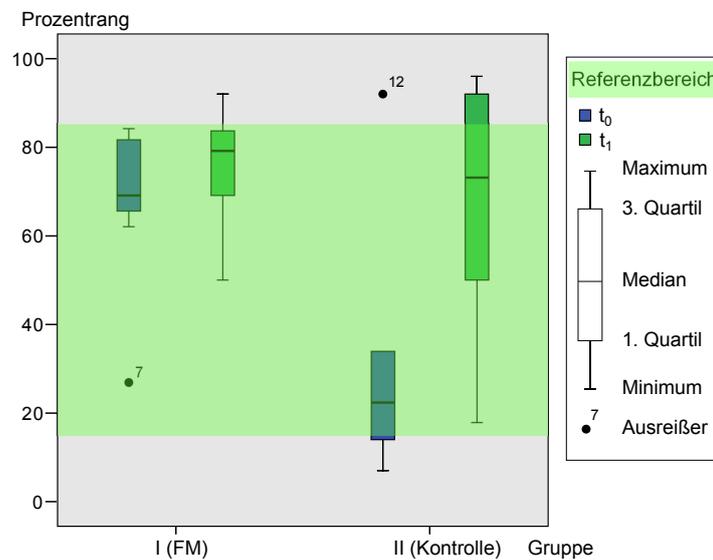


Abb. 3.7.: Boxplots: PET Wörter Ergänzen; Vergleich beider Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ )

Wie in Abbildung 3.7 ersichtlich, lagen fast alle Werte beider Gruppen im Normbereich oder darüber. Lediglich in zwei Fällen der Gruppe II blieben die Leistungen zu  $t_0$  darunter, in Gruppe I wurde der Referenzbereich durchweg erreicht oder überschritten.

### 3.3.3. Laute Verbinden

Im Test „Laute Verbinden“ war in Gruppe I kein eindeutiger Trend auszumachen. Der Median der Prozenträge stieg kaum von 31 ( $t_0$ ) auf 38 ( $t_1$ ), bei Spannweiten von 61 ( $t_0$ ) und 87 ( $t_1$ ) (Abb. 3.8). Bei den Quartilen gab es lediglich beim 3. Quartil eine Steigerung von 52 ( $t_0$ ) auf 76 ( $t_1$ ), das 1. Quartil blieb konstant bei 26. Abbildung 3.9(a) zeigt, dass die Entwicklungen insgesamt sehr unterschiedlich waren.

In Gruppe II stieg der Median deutlich von 17 auf 72,5 (Abb. 3.8), allerdings ebenfalls bei sehr großen Spannweiten (71,9 ( $t_0$ ) und 78 ( $t_1$ )). Die Entwicklungen waren in dieser Gruppe

### 3. Ergebnisse

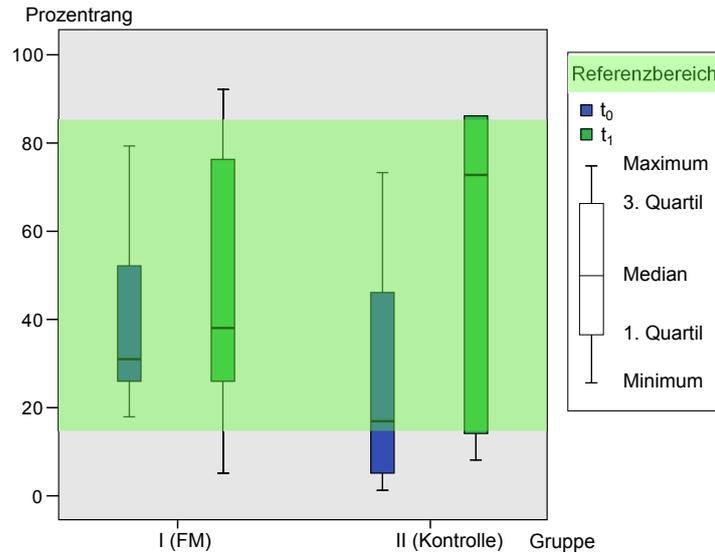


Abb. 3.8.: Boxplots: PET Laute Verbinden; Vergleich beider Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ )

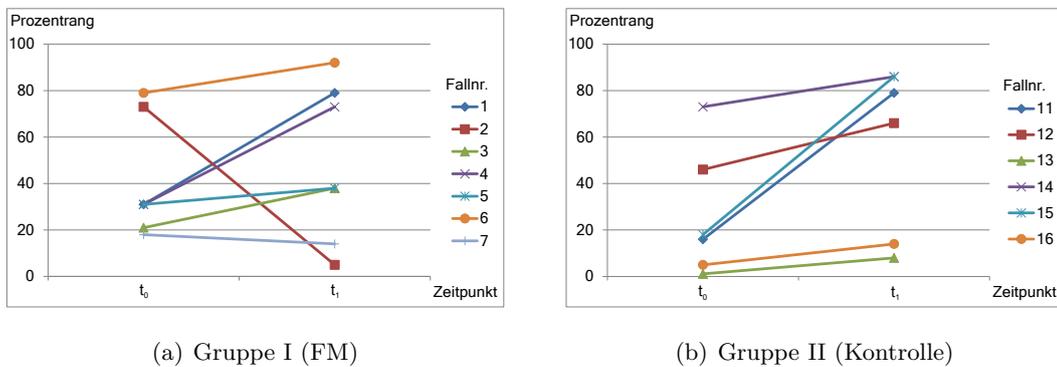


Abb. 3.9.: PET Laute Verbinden; beide Gruppen prä- ( $t_0$ ) und posttherapeutisch ( $t_1$ )

einheitlicher, die Werte verbesserten sich in allen Fällen, besonders deutlich aber nur in Fall 11 und 15 (Abb. 3.9(b)). Die 1. und 3. Quartilen stiegen von 5 und 46 ( $t_0$ ) auf 14 und 86 an ( $t_1$ ).

Bezüglich der Normwerte war in Gruppe I eine paradoxe Entwicklung zu beobachten: Während prätherapeutisch ( $t_0$ ) noch alle Kinder die Erwartungen erfüllten, lagen die Leistungen zu  $t_1$  in zwei Fällen darunter. In Gruppe II war diesbezüglich kein eindeutiger Trend auszumachen, zu beiden Zeitpunkten waren die Ergebnisse hier in vier Fällen durchschnittlich, in den übrigen beiden blieben sie niedriger.

### 3.4. Diagnostischer Rechtschreibtest

Das Fehlerprofil im Rechtschreibtest wurde bei den Fällen ausgewertet, bei denen dieser Test zum Zeitpunkt  $t_0$  durchgeführt worden war. Dies traf auf drei Fälle der Gruppe I zu. Hier

stiegen die Prozenträge bei den Worttrennschärfefehlern von 3,5, 12 und 77 auf jeweils 100 an. Bei den Wortdurchgliederungsfehlern steigerten sich die Prozenträge von 6 auf 35, von 6 auf 35, sowie von 48 auf 100. Es kam also in allen drei Fällen zu einer deutlichen Verbesserung.

#### 3.5. Einzelfallbetrachtung

Zur genaueren Betrachtung wurden aus Gruppe I die Fälle 1 und 5 ausgewählt. Im PET Zahlenfolgen-Gedächtnis lag der Prozentrang in beiden Fällen zu  $t_0$  sehr niedrig (Fall 1: 0,5, Fall 2: 0,13), jedoch war die Entwicklung sehr unterschiedlich: In Fall 1 besserte sich der Wert deutlich auf 46, in Fall 2 blieb er niedrig bei 0,3. Hier war also der Trend zu erkennen, dass sich in Fall 1 ein sehr schlechtes Ergebnis deutlich besserte, in Fall 5 hingegen nicht. Ob sich dieser Trend auch in anderen Leistungen fortsetzte, ließ sich durch genauere Betrachtung der übrigen Testergebnisse beantworten.

Im PET Wörter Ergänzen waren die Prozenträge vor Therapie mit 62 (Fall 1) und 69 (Fall 5) etwa gleich hoch. Diese Werte wichen stark von denen im PET Zahlenfolgen-Gedächtnis ab, die gemessene Leistung lag sehr viel höher. In Fall 1 stieg der Prozentrang im Verlauf auf 79 an, in Fall 5 änderte sich der Wert nicht. Dies spiegelte, wenn auch in abgeschwächter Form, die Verläufe im PET Zahlenfolgen-Gedächtnis wider.

Etwas deutlicher war die Entwicklung im PET Laute Verbinden. Dort stieg der Prozentrang in Fall 1 von 31 auf 79 an, in Fall 5 hingegen kaum, von 31 auf 38. Dieser Trend schien analog zu dem im PET Zahlenfolgen-Gedächtnis erkennbaren zu sein, wenn auch die Werte insgesamt im PET Laute Verbinden höher lagen.

Im Mottier-Test veränderten sich die Rohwerte kaum: Fall 1 zeigte Werte von 20 ( $t_0$ ) und 23 ( $t_1$ ), in Fall 5 blieb das Ergebnis mit 16 ( $t_0$ ,  $t_1$ ) konstant. Somit verhielten sich die Leistungen in Fall 2 ähnlich wie im PET Zahlenfolgen-Gedächtnis, in Fall 1 nicht.

Das Sprachverstehen im Störschall lieferte in Fall 1 Verläufe von 60% auf 80% (60 dB Störschallpegel), von 100% auf 100% (65 dB Störschallpegel) und von 70% auf 100% (70 dB Störschallpegel). In Fall 2 steigerten sich die Werte von 80% auf 100% (60 dB und 65 dB Störschall), sowie von 0% auf 90% (70 dB Störschall). Somit verbesserte sich das Sprachverstehen in beiden Fällen, es kam nahezu zu einer Normalisierung. Ein Zusammenhang zu den Werten im PET Zahlenfolgen-Gedächtnis ist nicht direkt erkennbar.

### *3. Ergebnisse*

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass sich die Entwicklungen der beiden Fälle im PET Zahlenfolgen-Gedächtnis deutlich nur im PET Laute Verbinden widerspiegeln. Alle anderen Tests zeigen in beiden Fällen keine auffälligen Veränderungen bzw. in der Sprachaudiometrie gleichgroße Verbesserungen. Insgesamt ist sichtbar, dass die Ausgangswerte im PET Zahlenfolgen-Gedächtnis sehr niedrig lagen, was sich in den übrigen Tests nicht zeigte.

## 4. Diskussion

### 4.1. Kontext der Studie

In der vorliegenden Arbeit wurde die Wirksamkeit von FM-Anlagen zur Behandlung von Kindern mit AVWS im Vergleich zur Sprachübungstherapie überprüft. Outcome-Parameter waren Ergebnisse in Tests der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung sowie der Rechtschreibung. Die auditive Verarbeitung wurde mit altersgerechten Tests des Sprachverstehens im Störschall und der Sprachlautunterscheidung überprüft (Freiburger Sprachverstehentest [31, 37] oder Göttinger Kindersprachverständnistest II [24]). Die Leistungen der auditiven Wahrnehmung wurden mit Untertests des Psycholinguistischen Entwicklungstest nach Angermeier, PET [3], überprüft, sowie mit dem Mottier-Test [28]. Die sog. Wahrnehmungsfehler beim Schreiben wurden mit Rechtschreibtests, der Klassenstufe angepasst, ermittelt [29, 30, 50, 51, 52].

### 4.2. Interpretation der Ergebnisse

Nach Einsatz der FM-Hörsysteme konnte bei den Patienten eine Verbesserung des Sprachverstehens im Störschall nachgewiesen werden, ebenso nach Sprachübungstherapie. Die Verbesserung nach der Behandlung im Vergleich zum Ausgangswert betrug für beide Gruppen etwa 20 Prozent. Für die kognitionsnahen audioverbalen Leistungen wurden ebenfalls Verbesserungen festgestellt, die in beiden Gruppe etwa gleichen Ausmaßes waren. Ein statistisch signifikanter Vorteil für eines der Therapieverfahren konnte nicht nachgewiesen werden. Bei beiden Therapieverfahren bestätigte sich eine Wirksamkeit; somit scheinen sie beide zur Behandlung von Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen bei Schulkindern geeignet.

Bereits 1987 wurden erste Untersuchungen zur Wirksamkeit von FM-Geräten bei auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung durchgeführt [67]. Die Akzeptanz der neuartigen Geräte war damals auf Grund von Bedienungsproblemen, optischen Mängeln und hohen Kosten gering. Eine audiometrische Verbesserung ergab sich nur bei 40% der Patienten. In der aktuellen Studie, mehr als 20 Jahre später, verbesserte sich das Sprachverstehen im

#### 4. Diskussion

Störschall (S/N 65/65 dB) bei 100% der Patienten. Als Erklärung kann vermutet werden, dass das mittlerweile aktuelle und modern erscheinende Design sowie die verbesserte individuelle Anpassung, ggf. auch die Schulung der Versorgten, entscheidende Gründe sind.

Tharpe et al. fanden im Jahr 2003 eine signifikante Verbesserung des Sprachverstehens im Störschall bei FM-Versorgung von 14 Kindern im Alter von fünf bis elf Jahren [69]. Hierbei zeigte sich die Überlegenheit einer binauralen Versorgung gegenüber einer monauralen. In der vorliegenden Studie wurde dieser Effekt nicht weiter betrachtet, jedoch fand eine beidseitige FM-Geräte-Anpassung in allen Fällen statt. Tharpe et al. hatten einen Behandlungszeitraum von nur zwei Wochen festgelegt, die Studie ließ also keine Schlüsse auf langfristige Effekte zu.

Eine Schweizer Forschungsgruppe veröffentlichte Langzeitergebnisse der FM-Versorgung bei AVWS, die über einen Behandlungszeitraum von vier Monaten erhoben wurden [57]. 28 Kinder im Alter von sechs bis zwölf Jahren wurden hierbei eingeschlossen, von denen die Hälfte zusätzlich zur Sprachübungstherapie mit einem FM-System ausgestattet wurde. Sowohl bezüglich des Sprachverstehens im Störschall als auch des auditorischen Gedächtnisses zeigte sich eine Überlegenheit bei FM-Versorgung. Dies konnte in der aktuellen Studie nicht nachvollzogen werden. Möglicherweise ist ein additiver Effekt bei gleichzeitiger FM- und Sprachübungstherapie zu erwarten.

Weitere Anhaltspunkte für langfristige Effekte der FM-Anlagen lieferten Friederichs und Friederichs im Jahr 2005 [23]. Hierbei fand eine Befragung von Eltern der Kinder mit AVWS statt, eine FM-Versorgung hatte über ein Jahr lang stattgefunden. Demnach hatten u.a. 94% der Patienten den Lehrer besser verstanden, bei 86% hatte sich die Konzentration gebessert und bei 70% war eine Leistungssteigerung in Diktaten zu verzeichnen. In unserer Studie fand sich eine Verbesserung der Rechtschreibung in allen Fällen, also bei 100%, allerdings wurden hier nur drei Fälle untersucht.

Bei den von Matulat et al. 2005 veröffentlichten Daten wurden drei Jungen mit AVWS über sechs Monate mit FM-Hörgeräten versorgt [49]. Hier zeigte sich eine Steigerung der Konzentration, Aufmerksamkeit und verbalen Lern- und Merkfähigkeit. Bezüglich der auditiven Selektionsfähigkeit waren die Ergebnisse uneinheitlich, welches sich nicht mit unseren Resultaten deckt. In der aktuellen Studie wurde in allen sieben Fällen eine Verbesserung erreicht. Eine mögliche Erklärung für diese Diskrepanz ist die geringe Gruppenstärke bei Matulat et al., auch die unterschiedliche Beobachtungsdauer ist vermutlich eine Einflussgröße. Matulat et al. fanden keine Veränderung bei Lautanalyse, -synthese, -differenzierung und

#### 4. Diskussion

Hörmerkspanne, in der vorliegenden Studie ergaben sich hier teils uneinheitliche Werte, in Einzelfällen waren allerdings auch deutliche Verbesserungen zu verzeichnen. Möglicherweise profitieren also bestimmte Subgruppen in diesem Bereich, weitere Untersuchungen sind hierzu zu fordern.

Ebenfalls über 6 Monate untersuchten Kuk et al. (2008) 14 Kinder mit AVWS im Alter von sieben bis elf Jahren [47]. Ähnlich wie in der aktuellen Studie ergab sich hier eine Steigerung des Hörverstehens im Störschall, ohne dass jedoch eine statistische Signifikanz erreicht wurde.

Ein niedriges Evidenzlevel beklagten Lemos et al. (2009) [48]. In ihrem Review wurden 19 Studien zur Wirksamkeit von FM-Systemen bei AVWS eingeschlossen. Es handelte sich vor allem um Expertenmeinungen und Fallstudien. Der Grund für diese Studiendesigns mit niedrigen Evidenzleveln dürften vor allem die durchweg niedrigen Fallzahlen sowie ethische Gesichtspunkte sein, die beispielsweise eine Randomisierung verhindern. Diese Limitationen lagen auch bei unserer Studie vor.

Johnston et al. (2009) fanden positive Langzeiteffekte nach FM-Versorgung bei AVWS innerhalb eines Beobachtungszeitraums von einem Schuljahr [41]. Dabei wurde ein verbessertes Sprachverstehen berichtet, auch wenn die FM-Systeme bei der Messung nicht getragen wurden. Dies deckt sich mit unseren Ergebnissen, wobei auf einen Vergleich mit einer Kontrollgruppe bei Johnston et al. verzichtet wurde.

Ein relativ großes Kollektiv, bestehend aus 66 Kindern, untersuchten Hanschmann et al. 2010 [32]. Hierbei wurde mit Hilfe des Oldenburger Satztests das Sprachverstehen im Störschall, jeweils mit und ohne FM-System, gemessen. In allen Gruppen zeigten sich Verbesserungen, aber bei Kindern mit AVWS und einer auditiven Selektionsstörung waren sie am größten. Dass gerade stark betroffene Kinder eine besonders große Verbesserung des Sprachverstehens im Störschall erfahren, konnte in unserer Studie bestätigt werden. Über eine Wirksamkeit über das Tragen der Geräte hinaus, so wie sie in unserer Studie beobachtet wurde, trafen Hanschmann et. al keine Aussage.

Umat et al. (2011) bestätigten die Verbesserung des Sprachverstehens ohne Tragen der FM-Geräte [70]. Sie untersuchten eine Gruppe von 53 Kindern mit Verdacht auf AVWS im Alter von 7-10 Jahren. Die Tragedauer der FM-Geräte betrug zwölf Wochen während der Schulzeit, Daten wurden zusätzlich ein Jahr nach Tragen der FM-Anlage erhoben. Auch in den Nachuntersuchungen war ein signifikanter Langzeiteffekt bezüglich des auditorischen Kurzzeitgedächtnisses festzustellen. Einen Unterschied zwischen uni- und bilateraler Versorgung

gab es dabei nicht. Auch wenn dieser Aspekt in der aktuellen Studie nicht betrachtet wurde, decken sich die anderen Erfahrungen mit den Ergebnissen der Autoren.

Der Vergleich von FM-Versorgung gegenüber Sprachübungstherapie, wie in der vorliegenden Studie, ist bislang kaum erfolgt. Zu nennen ist hier eine Studie von Sharma et al., veröffentlicht im Jahr 2012 [66]. 55 Kinder im Alter von 7-13 Jahren mit der Diagnose AVWS wurden über einen Zeitraum von sechs Wochen behandelt, Langzeiteffekte konnten so nicht erfasst werden. Eine Verbesserung bei beiden Therapieformen war bezüglich Lesen, Sprache und der auditiven Verarbeitung zu verzeichnen. Ein eindeutiger Vorteil einer der Methoden war, ebenso wie in der eigenen Studie, nicht auszumachen. Eine zusätzlich untersuchte Kontrollgruppe ohne Behandlung profitierte nicht.

### 4.3. Stärken und Schwächen der Arbeit

Die vorliegende Studie wurde aus einer Vorläuferstudie entwickelt, weil dies die einzige Möglichkeit war, Langzeiteffekte der Behandlung mit FM-Systemen zu untersuchen. Auf Grund der hohen Kosten für die Geräte und der begrenzten Verfügbarkeit bei, zum Zeitpunkt des Beginns der Studie, fehlender Verordnungsfähigkeit nach den Hilfsmittelrichtlinien gab es für unsere Fragestellung keine Alternative für unser Vorgehen.

Bereits in der Vorläuferstudie waren eine Fallgruppengröße nach statistischen Berechnungen, eine Randomisierung der Gruppenzugehörigkeit und die Verwendung einer therapiefreien Kontrollgruppe aus ethischen Gründen und wegen der begrenzten Verfügbarkeit der Geräte nicht möglich, so dass sich die Limitationen der Vorläuferstudie in dieser Studie fortsetzten.

Die begonnene Studie fortzuführen war die einzige Möglichkeit, die vermuteten Langzeiteffekte nachzuweisen. Dabei mussten wir den unvermeidlichen Schwund an Studienteilnehmern in Kauf nehmen und bei der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse mit berücksichtigen.

In der Vorläuferstudie waren die Teilnehmer in beiden Gruppen nach Alter und Geschlecht gematcht. Durch den Teilnehmerschwund war dies am Ende der Beobachtungszeit der vorliegenden Studie nur noch eingeschränkt gegeben. Die Datensätze einiger Teilnehmer konnten nicht vervollständigt werden, weswegen einige Aussagen zu Therapieeffekten nicht mit Signifikanz abgesichert werden konnten. Ein weiteres Problem war, dass zur Entlastung der Studienteilnehmer und ihrer Eltern Kompromisse bei den Terminen zur Nachuntersuchung eingegangen werden mussten, so dass die idealen Untersuchungszeitpunkte nicht immer eingehalten wurden.

Daher wurden die Ergebnisse (dem Rat biometrischer Experten der Universität zu Lübeck folgend) mit den Methoden der beschreibenden Statistik und der Einzelfallbetrachtung ausgewertet.

#### 4.4. Ausblick

Die Studie lieferte gute Argumente dafür, die Erfolgsaussichten einer Behandlung von AVWS mit FM-Hörsystemen erneut und mit größeren Kollektiven auch genauer zu untersuchen. Diese Untersuchungen sind notwendig, um die Behandlungsmethode dauerhaft in den Hilfsmittelrichtlinien zu verankern. Der Vorteil einer solchen Behandlung gegenüber dem Standardvorgehen mit Sprachtherapie wäre, dass den Kindern unmittelbar nach Anpassung der Hörsysteme eine Verbesserung des Sprachverstehens im Schulunterricht zugute kommt, die mit einer Sprachtherapie nicht möglich ist. Durch das Tragen der Geräte hätten die Kinder eine zusätzliche Chance auf allmähliche Verbesserung kognitionsnaher audioverbaler Leistungen, die im Niveau der bisherigen Sprachtherapie angesiedelt ist, welche so vermeidbar würde. Den Kindern würde dadurch der ein- bis zweimalige wöchentliche Besuch eines Logopäden und das tägliche Üben erspart. Dies nachzuweisen ist prospektiven Folgestudien vorbehalten, für die diese Studie viele Argumente liefern konnte.

## 5. Zusammenfassung

Etwa zwei bis drei Prozent aller Schulkinder leiden unter einer Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung (AVWS) [5, 15, 53]. Obwohl das periphere Hörvermögen dieser Kinder typischerweise normal ist, haben sie Probleme beim Zuhören und Erkennen sprachlicher Schlüsselinformationen [53]. Als Standardtherapie gilt Sprachübungstherapie. Da diese allerdings bei Kindern mit „auditiver Selektionsstörung“ oft nur unzureichende Erfolge zeigt, wurden FM-Systeme vorgeschlagen [1, 2, 14, 17]. Eine Reduktion des Signal-Störgeräuschabstands durch diese ist gut belegt [10, 32, 41, 49, 57, 58, 66, 69, 70]. Dies gilt nicht für die kognitionsnahen Leistungen, speziell für Lerneffekte der auditiven Wahrnehmung und Rechtschreibung. Deshalb sollten die positiven Effekte diesbezüglich weiter untersucht werden.

Hierzu wurde eine prospektive Einzelfallstudie fortgesetzt [61]. Es konnten sieben Kinder mit AVWS im Alter von sechs bis 14 Jahren nachuntersucht werden, die regelmäßig eine FM-Anlage im Schulunterricht getragen hatten. In der Kontrollgruppe erfolgte eine Sprachübungstherapie (sechs von sieben Kindern nahmen bis zum Ende der Studie teil). Die Outcomeparameter waren das Sprachverstehen im Störgeräusch, das auditive Arbeitsgedächtnis, die Lautunterscheidung, die phonologische Bewusstheit sowie Wahrnehmungsfehler im Rechtschreibtest. Die Outcomeparameter wurden vor und etwa 36 Monate nach Therapiebeginn gemessen.

Das Sprachverstehen im Störgeräusch besserte sich in beiden Gruppen im Mittel um 20% (SNR 65/60 dB), nach FM-Versorgung sogar um bis zu 40% (SNR 65/70 dB). Beim Silbenfolgedächtnis war allenfalls eine tendenzielle Verbesserung zu erkennen. In den Subtests des PET fiel insgesamt ein deutlicherer Zugewinn der Kontrollgruppe auf, bei allerdings weit gestreuten Ausgangswerten. Im Rechtschreibtest wurden nach FM-Therapie größtenteils überdurchschnittliche Werte erreicht. Bei der Einzelfallbetrachtung fiel auf, dass eine Verbesserung im Zahlenfolgedächtnis (PET-ZFG) nur teilweise oder gar nicht mit den Verläufen in anderen Tests einherging.

Die Ergebnisse sprechen für einen positiven Langzeiteffekt beider Therapieverfahren, allerdings ohne eine eindeutige Überlegenheit eines der Verfahren. Eine prospektive Studie mit dem Nachfolgegerät iSense befindet sich in Vorbereitung.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY: *Clinical Practice Guidelines: Diagnosis, Treatment and Management of Children and Adults with Central Auditory Processing Disorder*. Version: 2010. <http://www.audiology.org/resources/documentlibrary/Pages/CentralAuditoryProcessingDisorder.aspx>. – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [2] AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION: *(central) auditory processing disorders [Technical Report]*. Version: 2005. <http://www.asha.org/policy/TR2005-00043.htm>. – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [3] ANGERMAIER, M: *Psycholinguistischer Entwicklungstest [Manual]*. 2., korrigierte Auflage. Weinheim : Beltz Test GmbH, 1977
- [4] ARNOLD, GE: Die Untersuchung zentraler Hörstörungen mit neuen Hörprüfungsmethoden. In: *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* 157 (1950), S. 521–542
- [5] BAMIOU, DE ; MUSIEK, FE ; LUXON, LM: Aetiology and clinical presentations of auditory processing disorders - a review. In: *Arch Dis Child* 85 (2001), S. 361–365
- [6] BÖHME, G: *Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS)*. Bern : Huber, 2005
- [7] BISHOP, DV ; BISHOP, SJ ; BRIGHT, P ; JAMES, C ; DELANEY, T ; TALLAL, P: Different origin of auditory and phonological processing problems in children with language impairment: evidence from a twin study. In: *J Speech Lang Hear Res* 42 (1999), S. 155–168
- [8] BLAKE, P ; BUSBY, S: Noise levels in New Zealand junior classrooms: their impact on hearing and teaching. In: *N Z Med J* 107 (1994), S. 357–358
- [9] BOHNY, A: Verbale auditive Dysgnosie. In: *Der Sprachheilpädagoge* 13 (1981), S. 50–59
- [10] BOOTHROYD, A: Hearing aid accessories for adults: the remote FM microphone. In: *Ear Hear* 25 (2004), S. 22–33

## 6. Literaturverzeichnis

- [11] BRADLEY, JS ; SATO, H: The intelligibility of speech in elementary school classrooms. In: *J Acoust Soc Am* 123 (2008), S. 2078–2086
- [12] BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY: *Auditory Processing Disorder (APD) - Position Statement*. Version: 2011. [http://www.thebsa.org.uk/images/stories/docs/BSA\\_APD\\_PositionPaper\\_31March11\\_FINAL.pdf](http://www.thebsa.org.uk/images/stories/docs/BSA_APD_PositionPaper_31March11_FINAL.pdf). – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [13] BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY: *An overview of current management of auditory processing disorder (APD) - Practice Guidance*. Version: 2011. [http://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2014/04/BSA\\_APD\\_Management\\_1Aug11\\_FINAL\\_amended17Oct11.pdf](http://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2014/04/BSA_APD_Management_1Aug11_FINAL_amended17Oct11.pdf). – Online-Ressource, Abruf: 2014-07-09
- [14] CALIFORNIA SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION: *California Speech-Language-Hearing Association's Guidelines for the Diagnosis & Treatment for Auditory Processing Disorders*. Version: 2007. <http://www.csha.org/documents/positionpapers/CAPDJan2007.pdf>. – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [15] CHERMAK, GD ; HALL, JW ; MUSIEK, FE: Differential diagnosis and management of central auditory processing disorder and attention deficit hyperactivity disorder. In: *J Am Acad Audiol* 10 (1999), S. 289–303
- [16] CHERMAK, GD ; MUSIEK, FE: *Central auditory processing disorders - new perspectives*. San Diego : Singular, 1997
- [17] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR PHONIATRIE UND PÄDAUDIOLOGIE: *Leitlinie Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen*. Version: 2010. [http://www.dgpp.de/cms/media/download\\_gallery/DGPP-Leitlinie-AVWS-2010.pdf](http://www.dgpp.de/cms/media/download_gallery/DGPP-Leitlinie-AVWS-2010.pdf). – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [18] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR PHONIATRIE UND PÄDAUDIOLOGIE (DGPP): *Neuaufnahme einer ICD-Ziffer für Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung*. Version: 2006. <http://www.dimdi.de/dynamic/de/klassi/downloadcenter/icd-10-gm/vorschlaege/vorschlaege2006/001-avws.pdf>. – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [19] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: *DIN 18041 zur "Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen"*. Ausgabe 2004-05. – Norm
- [20] ESSER, G ; ANDERSKI, C ; BIRKEN, A ; BREUER, E ; CRAMER, B ; EISERMANN, E ; KUHLENKAMPFF, H ; SCHRÖER, M ; SCHUNICHT, R ; ROCHE, M Toro l.: Auditive

## 6. Literaturverzeichnis

- Wahrnehmungsstörungen und Fehlhörigkeit bei Kindern im Schulalter. In: *Sprache Stimme Gehör* 11 (1987), S. 10–16
- [21] FEY, ME ; RICHARD, GJ ; GEFFNER, D ; KAMHI, AG ; MEDWETSKY, L ; PAUL, D ; ROSS-SWAIN, D ; WALLACH, GP ; FRYMARK, T ; SCHOOLING, T: Auditory processing disorder and auditory/language interventions: an evidence-based systematic review. In: *Lang Speech Hear Serv Sch* 42 (2011), S. 246–264
- [22] FLEXER, C: *Facilitating Hearing and Listening in Young Children*. San Diego : Singular, 1999
- [23] FRIEDERICHS, E ; FRIEDERICHS, P: Clinical and auditory findings after one year application of a personal ear-level FM-device in children with symptoms of an auditory processing disorder: Challenge of a possible new perspective? In: *Journal of Educational Audiology* 12 (2005), S. 31–36
- [24] GABRIEL, P ; CHILLA, R ; KIESE, C ; KABAS, M ; BÄNSCH, D: Der Göttinger Kindersprachverständnistest II. In: *HNO* 24 (1976), S. 399–402
- [25] GEMEINSAMER BUNDESAUSSCHUSS: *Hilfsmittelrichtlinie (Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung)*. Version: 2012. [http://www.g-ba.de/downloads/62-492-599/HilfsM-RL\\_Neufassung\\_2011-12-21\\_2012-03-15.pdf](http://www.g-ba.de/downloads/62-492-599/HilfsM-RL_Neufassung_2011-12-21_2012-03-15.pdf). – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [26] GILLAM, RB ; FROME LOEB, D ; FRIEL-PATTI, S: Looking Back: A Summary of Five Exploratory Studies of Fast ForWord. In: *Am J Speech Lang Pathol* 10 (2001), S. 169–273
- [27] GRAVEL, J S. ; ROBERTS, J E. ; ROUSH, J ; GROSE, J ; BESING, J ; BURCHINAL, M ; NEEBE, E ; WALLACE, I F. ; ZEISEL, S: Early otitis media with effusion, hearing loss, and auditory processes at school age. In: *Ear Hear* 27 (2006), S. 353–368
- [28] GRISSEMANN, H: *Zürcher Lesetest. Förderdiagnostik bei gestörtem Schriftspracherwerb. Manual. 6. Auflage mit neuer deutscher Rechtschreibung*. Bern : Huber, 2000
- [29] GRUND, M ; HAUG, G ; NAUMANN, CL ; INGENKAMP, K (Hrsg.): *Diagnostischer Rechtschreibtest für 5. Klassen : DRT 5 - Beiheft mit Anleitungen und Normtabellen*. Göttingen : Beltz Test GmbH, 1995
- [30] GRUND, M ; HAUG, G ; NAUMANN, CL ; INGENKAMP, K (Hrsg.): *Diagnostischer Rechtschreibtest für 4. Klassen : DRT 4 - Beiheft mit Anleitungen und Normtabellen*. Göttingen : Beltz Test GmbH, 1998

## 6. Literaturverzeichnis

- [31] HAHLBROCK, KH: Über Sprachaudiometrie und neue Wörterteste. In: *Archiv Ohr- usw. Heilk. u. Z. Hals- usw. Heilk.* 162 (1953), S. 394–431
- [32] HANSCHMANN, H ; WIEHE, S ; MÜLLER-MAZZOTTA, J ; BERGER, R: Sprachverständnis im Störgeräusch mit und ohne Frequenzmodulationsanlage. In: *HNO* 58 (2010), S. 674–679
- [33] HARTLEY, DEH ; MOORE, DR: Effects of otitis media with effusion on auditory temporal resolution. In: *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 69 (2005), S. 757–769
- [34] HEILMITTELKATALOG: *SP2 Störungen der Sprache vor Abschluss der Sprachentwicklung: Störungen der auditiven Wahrnehmung*. Version: 2011. <http://www.heilmittelkatalog.de/logo/sp2.htm>. – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [35] HESSE, G ; NELTING, M ; BREHMER, D ; LEMMERMANN, E ; PŁOK, M: Benefit-, Effektivitäts- und Effizienznachweis therapeutischer Verfahren bei zentral-auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen. In: *Sprache-Stimme-Gehör* 22 (1998), S. 194–198
- [36] HIND, SE ; HAINES-BAZRAFISHAN, R ; BENTON, CL ; BRASSINGTON, W ; TOWLE, B ; MOORE, DR: Prevalence of clinical referrals having hearing thresholds within normal limits. In: *Int J Audiol* 50 (2011), S. 708–716
- [37] HÖRTECH: *Bedienungsanleitung „Freiburger Sprachtest“*. Version: 2011. <http://www.hoertech.de/web/dateien/Bedienungsanleitung.frei.pdf>. – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-26
- [38] HÖRTECH: *Handbuch "Oldenburger Satztest"*. Version: 2011. [www.hoertech.de/web/dateien/HT.OLSA\\_Handbuch\\_Rev01.0\\_mitUmschlag.pdf](http://www.hoertech.de/web/dateien/HT.OLSA_Handbuch_Rev01.0_mitUmschlag.pdf). – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-26
- [39] HUBER, L ; KAHLERT, J ; KLATTE, M: *Die akustisch gestaltete Schule - Auf der Suche nach dem guten Ton*. Göttingen : Vandenhoeck & Ruprecht, 2002
- [40] JACOBSEN, A ; RUHE, C: Klassenraumgestaltung für die integrative Beschulung hörgeschädigter Kinder. In: *Hörgeschädigte Kinder - Erwachsene Hörgeschädigte (hk)* 2 (2003), S. I–XII
- [41] JOHNSTON, KN ; JOHN, AB ; KREISMAN, NV ; HALL, JW ; CRANDELL, CC: Multiple benefits of personal FM system use by children with auditory processing disorder (APD). In: *Int J Audiol* 48 (2009), S. 371–383
- [42] KIESE-HIMMEL, C: Diagnosestellung „AVWS“. In: *HNO* 59 (2011), S. 603–604

## 6. Literaturverzeichnis

- [43] KIESE-HIMMEL, C ; RISSE, T: Normen für den Mottier-Test bei 4- bis 6-jährigen Kindern. In: *HNO* 57 (2009), S. 943–948
- [44] KLATTE, M ; HELLBRÜCK, J ; SEIDEL, J ; LEISTNER, P: Effects of Classroom Acoustics on Performance and Well-Being in Elementary School Children: A Field Study. In: *Environment and Behavior* 42 (2010), S. 659–692
- [45] KLATTE, M ; MEIS, M ; NOCKE, C ; SCHICK, A: Akustik in Schulen: Könnt ihr denn nicht zuhören?! In: *Einblicke (Carl von Ossietzky Universität Oldenburg)* 35 (2002), S. 4–8
- [46] KLINKE, R ; PAPE, H-C ; SILBERNAGL, S: *Physiologie*. 5., komplett überarbeitete Auflage. Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2005. – S. 662–666
- [47] KUK, F ; JACKSON, A ; KEENAN, D ; LAU, CC: Personal amplification for school-age children with auditory processing disorders. In: *J Am Acad Audiol* 19 (2008), S. 465–480
- [48] LEMOS, IC ; JACOB, RT ; GEJAO, MG ; BEVILACQUA, MC ; FENIMAN, MR ; FERRARI, DV: Frequency modulation (FM) system in auditory processing disorder: an evidence-based practice? In: *Pro Fono* 21 (2009), S. 243–248
- [49] MATULAT, P ; SCHMIDT, CM ; TCHORZ, J ; DINNESEN, A ; GROSS M, Kruse E. (Hrsg.): *Das Phonak EduLink-System bei Schulkindern mit auditiven Selektionsstörungen*. Version: 2005. <http://www.egms.de/en/meetings/dgpp2005/05dgpp058.shtml>. – S. 302–305. – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [50] MÜLLER, R ; INGENKAMP, K (Hrsg.): *Diagnostischer Rechtschreibtest für 3. Klassen : DRT 3 - Beiheft mit Anleitungen und Normtabellen*. Göttingen : Beltz Test GmbH, 2000
- [51] MÜLLER, R ; M HASSELHORN, W S. (Hrsg.): *Diagnostischer Rechtschreibtest für 1. Klassen: DRT 5 - Beiheft mit Anleitungen und Normtabellen*. 2., aktualisierter Auflage. Göttingen : Beltz Test GmbH, 2003
- [52] MÜLLER, R ; M HASSELHORN, W S. (Hrsg.): *Diagnostischer Rechtschreibtest für 2. Klassen: DRT 5 - Beiheft mit Anleitungen und Normtabellen*. 4., aktualisierte Auflage. Göttingen : Beltz Test GmbH, 2003
- [53] NICKISCH, A ; GROSS, M ; SCHÖNWEILER, R ; UTTENWEILER, V ; DINNESEN, AG ; BERGER, R ; RADÜ, HJ ; PTOK, M: *Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen - Konsensus Statement der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie*.

## 6. Literaturverzeichnis

- Version: 2006. [http://www.dgpp.de/Profi/Sources/cons\\_avws.pdf](http://www.dgpp.de/Profi/Sources/cons_avws.pdf). – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [54] NICKISCH, A ; HEUCKMANN, C ; BURGER, T ; MASSINGER, C: Münchner Auditiver Screeningtest für Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (MAUS). In: *Laryngorhinootologie* 85 (2006), S. 253–259
- [55] PHILLIPS, B ; BALL, C ; SACKETT, D ; BADENOCH, D ; STRAUS, S ; HAYNES, B ; DAWES M, J: *Levels of Evidence*. Version: 2009. <http://www.cebm.net/index.aspx?o=1025>. – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [56] PHONAK: *Phonak iSense FM-Receiver*. [www.iSense.Phonak.com](http://www.iSense.Phonak.com). – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [57] PHONAK FIELD STUDY NEWS: *EduLink: Improves speech understanding in noisy classrooms*. Version: 2004. [http://www.phonakpro.com/content/dam/phonak/b2b/C\\_M\\_tools/Library/Field\\_Study\\_News/en/fsn\\_EduLink\\_may04.pdf](http://www.phonakpro.com/content/dam/phonak/b2b/C_M_tools/Library/Field_Study_News/en/fsn_EduLink_may04.pdf). – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [58] PHONAK FIELD STUDY NEWS: *Ear-level FM receiver stimulates auditory neural plasticity in children with APD*. Version: 2006. [http://www.phonakpro.com/content/dam/phonak/b2b/C\\_M\\_tools/Library/Field\\_Study\\_News/en/fsn\\_ear\\_level\\_FM\\_mar06.pdf](http://www.phonakpro.com/content/dam/phonak/b2b/C_M_tools/Library/Field_Study_News/en/fsn_ear_level_FM_mar06.pdf). – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [59] PTOK, M ; ZEHNHOFF-DINNESEN, A ; NICKISCH, A: Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen - Definition. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. In: *HNO* 58 (2010), S. 617–620
- [60] RATHENOW, P ; VÖGE, J ; LAUPENMÜHLEN, D: *Westermann Rechtschreibtest 6+ (Handanweisung)*. Braunschweig : Westermann, 1981
- [61] RÖHRL, V: *FM-Hörsysteme zur Behandlung von Kindern mit Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS), Subtyp "Auditive Selektionsstörung"*, Fachhochschule Lübeck, Diplomarbeit, 2007
- [62] RISSE, T ; KIESE-HIMMEL, C: Der Mottier-Test. In: *HNO* 57 (2009), S. 523–528
- [63] ROBERTS, J ; HUNTER, L ; GRAVEL, J ; ROSENFELD, R ; BERMAN, S ; HAGGARD, M ; HALL, J ; LANNON, C ; MOORE, D ; VERNON-FEAGANS, L ; WALLACE, I: Otitis media, hearing loss, and language learning: controversies and current research. In: *J Dev Behav Pediatr* 25 (2004), S. 110–122

## 6. Literaturverzeichnis

- [64] SCHIEBLER, TH ; KORF, HW: *Anatomie - Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie, Topographie*. 10., vollst. überarbeitete Auflage. Darmstadt : Steinkopff Verlag, 2007
- [65] SCHÖNWEILER, R: *AVWS/(C)APD - Konsens und Dissens*. Version: 2011. [www.schoenweiler.de/avws-konsens-dissens-2011.pdf](http://www.schoenweiler.de/avws-konsens-dissens-2011.pdf). 77. Kongress der Deutsche Gesellschaft für Sprach- und Stimmheilkunde e.V. (DGSS). – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [66] SHARMA, M ; PURDY, SC ; KELLY, AS: A randomized control trial of interventions in school-aged children with auditory processing disorders. In: *Int J Audiol* 51 (2012), S. 506–518
- [67] STACH, BA ; LOUISELLE, LH ; JERGER, JF ; MINTZ, SL ; TAYLOR, CD: Clinical experience with personal FM assistive listening devices. In: *Hear J* 40 (1987), S. 24–30
- [68] SUCHODOLETZ, W: Neue Studien zeigen: Training auditiver Funktionen für sprachgestörte Kinder ohne Nutzen. In: *Forum Logopädie* 5 (2006), S. 18–23
- [69] THARPE, AM ; RICKETTS, T ; SLADEN, DP: *FM Systems for Children with Minimal to Mild Hearing Loss*. Version: 2003. [http://www.phonakpro.com/content/dam/phonak/b2b/Events/conference\\_proceedings/1st\\_fm\\_conference\\_2003/2003proceedings\\_\\_chapter20.pdf](http://www.phonakpro.com/content/dam/phonak/b2b/Events/conference_proceedings/1st_fm_conference_2003/2003proceedings__chapter20.pdf). – Online-Ressource, Abruf: 2012-11-22
- [70] UMAT, C ; MUKARI, SZ ; EZAN, NF ; DIN, NC: Changes in auditory memory performance following the use of frequency-modulated system in children with suspected auditory processing disorders. In: *Saudi Med J* 32 (2011), S. 818–824
- [71] WELTE, V: Der Mottier-Test, ein Prüfmittel für die Lautdifferenzierungsfähigkeit und die auditive Merkfähigkeit. In: *Sprache Stimme Gehör* 5 (1981), S. 121–125
- [72] WOHLLEBEN, B ; ROSENFELD, J ; GROSS, M: Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS) - Erste Normwerte zur standardisierten Diagnostik bei Schulkindern. In: *HNO* 55 (2007), S. 403–410

# A. Anhang

## A.1. Patienteninformation und Ethikvotum

Abb. A.1.: Patienteninformation FM-Versorgung



UNIVERSITÄTSKLINIKUM Schleswig-Holstein  
Campus Lübeck Ratzeburger Allee 160 D-23538 Lübeck

An die  
Eltern des Kindes

---

(kleiner Aufkleber)

UNIVERSITÄTSKLINIKUM  
Schleswig-Holstein

**Campus Lübeck**

HNO-Klinik / Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie

**Ansprechpartner:**

Ärztlicher Leiter Prof. Dr. med. Rainer Schönweiler

**Tel.:** +49-(0)451 - 500 - 3485

**Fax:** +49-(0)451 - 500 - 6792

**E-Mail:** rainer.schoenweiler@phoniatrie.uni-luebeck.de

**Internet:** www.uk-sh.de

**Datum:** 05.10.2012

**Datei:** Patienteninformation-fm.doc / Schö

## Patienteninformation

### Forschungsstudie über FM-Hörsysteme zur Behandlung von Kindern mit Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen, Subtyp mit auditiver Selektionsstörung

Im Rahmen einer Forschungsstudie der Abteilung Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, werden pädaudiologische Untersuchungen zu Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS) durchgeführt, um die Behandlung zu verbessern.

Bei einer AVWS handelt es sich um Störungen zentraler Prozesse des Hörens bei normaler Funktion des Innenohres. Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen stellen eine im Kindesalter häufig vorkommende Problematik dar, die als „Teilleistungsstörung“ oft unerkannt bleibt. Die Kinder haben u. a. Mühe, Sprache vor einem Hintergrundgeräusch zu verstehen, Schall zu lokalisieren, Laute zu unterscheiden oder sich Gehörtes zu merken. Schulunterricht ist für sie mit einer enormen Höranstrengung verbunden. So kann es vorkommen, dass Kinder mit Vorwürfen wie Mangel an Fleiß, geistiger Minderbegabung, Konzentrations- und Verhaltensstörungen kämpfen müssen, und es trotz Anstrengungen nicht schaffen, den gestellten schulischen Anforderungen zu entsprechen. Es kann ein Teufelskreis aus Misserfolg, zunehmender Verweigerungshaltung und Schulunlust entstehen, der es dem Kind unmöglich macht, seine schulischen Ressourcen und damit späteren beruflichen Chancen voll auszuschöpfen.

### **1. Zweck der Studie**

Die Studie soll prüfen, ob sich bestimmte Symptome Auditiver Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen durch das Tragen von FM-Hörsystemen im Schulunterricht verbessern lassen. Das hätte zur Konsequenz, dass diese FM-Hörsysteme als Heilmittel in Deutschland zugelassen und regelhaft verordnet werden könnten, was gegenwärtig nicht möglich ist.

### **2. Ablauf der Studie**

Nachdem Ihr Kind auf das Vorhandensein der Diagnose AVWS geprüft und andere Krankheiten ausgeschlossen wurden, wird festgestellt, ob Ihr Kind zur Teilnahme an der Studie in Frage kommt. Falls ja, vereinbaren wir einen Termin zur Anpassung der FM-Hörsysteme, für jedes Ohr eines. Dabei werden die Hörsysteme auf die Hörprobleme Ihres Kindes eingestellt und der Ohrbügel an die Form der Ohrmuschel angepasst. Dies wird nicht mehr als etwa eine Stunde in Anspruch nehmen. Etwa 3 sowie 6 Monate nach dieser Anpassung werden audiometrische und sprachliche Kontrollmessungen durchgeführt, für die Sie ebenfalls Termine erhalten. Diese Termine werden jeweils etwa 90 Minuten in Anspruch nehmen. Nach Abschluss der Studie - etwa ein halbes Jahr nach der Anpassung - wird geklärt, ob ihr Kind die Geräte behalten kann oder ob sie zur Aufbereitung und Weiterverwendung abgeben müssen. In diesem Fall werden wir uns bemühen, eine alternative Therapiemöglichkeit für Sie zu finden.

### **3. Risiken**

Die verwendeten FM-Hörsysteme sind ungefährlich und insbesondere nicht zu laut bzw. hörschädigend.

### **4. Vertraulichkeit**

Die ärztliche Schweigepflicht bleibt gewahrt. Die Bestimmungen des Datenschutzes werden eingehalten. Alle von uns erhobenen Daten werden, sofern außerhalb der Krankenunterlagen verwendet, pseudonymisiert. Damit ist sichergestellt, dass nur durch die Studienleitung - und auch nur zur Beantwortung von Nachfragen im Zusammenhang mit der Studie - eine Verbindung zwischen den Untersuchungsdaten und Ihrem Kind hergestellt werden kann.

### **5. Freiwilligkeit**

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Sie können Ihre Zusage jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne, dass Sie Nachteile befürchten müssen, zurückziehen.

Falls Sie Fragen oder Anmerkungen haben sollten, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.

Gez.

Prof. Dr. R. Schönweiler  
Leiter der Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie  
Universität zu Lübeck

Abb. A.2.: Patienteninformation Kontrollgruppe



UNIVERSITÄTSKLINIKUM Schleswig-Holstein  
Campus Lübeck Ratzeburger Allee 160 D-23538 Lübeck

An die  
Eltern des Kindes

---

(kleiner Aufkleber)

UNIVERSITÄTSKLINIKUM  
Schleswig-Holstein

### Campus Lübeck

HNO-Klinik / Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie

**Ansprechpartner:**

Ärztlicher Leiter Prof. Dr. med. Rainer Schönweiler

**Tel.:** +49-(0)451 - 500 - 3485

**Fax:** +49-(0)451 - 500 - 6792

**E-Mail:** rainer.schoenweiler@phoniatrie.uni-luebeck.de

**Internet:** www.uk-sh.de

**Datum:** 05.10.2012

**Datei:** Patienteninformation-fm.doc / Schö

## Patienteninformation

### Forschungsstudie über FM-Hörsysteme zur Behandlung von Kindern mit Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen, Subtyp mit auditiver Selektionsstörung

Im Rahmen einer Forschungsstudie der Abteilung Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, werden pädaudiologische Untersuchungen zu Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS) durchgeführt, um die Behandlung zu verbessern.

Bei einer AVWS handelt es sich um Störungen zentraler Prozesse des Hörens bei normaler Funktion des Innenohres. Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen stellen eine im Kindesalter häufig vorkommende Problematik dar, die als „Teilleistungsstörung“ oft unerkannt bleibt. Die Kinder haben u. a. Mühe, Sprache vor einem Hintergrundgeräusch zu verstehen, Schall zu lokalisieren, Laute zu unterscheiden oder sich Gehörtes zu merken. Schulunterricht ist für sie mit einer enormen Höranstrengung verbunden. So kann es vorkommen, dass Kinder mit Vorwürfen wie Mangel an Fleiß, geistiger Minderbegabung, Konzentrations- und Verhaltensstörungen kämpfen müssen, und es trotz Anstrengungen nicht schaffen, den gestellten schulischen Anforderungen zu entsprechen. Es kann ein Teufelskreis aus Misserfolg, zunehmender Verweigerungshaltung und Schulunlust entstehen, der es dem Kind unmöglich macht, seine schulischen Ressourcen und damit späteren beruflichen Chancen voll auszuschöpfen.

### **1. Zweck der Studie**

Die Studie soll prüfen, ob sich bestimmte Symptome Auditiver Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen durch das Tragen von FM-Hörsystemen im Schulunterricht verbessern lassen. Das hätte zur Konsequenz, dass diese FM-Hörsysteme als Heilmittel in Deutschland zugelassen und regelhaft verordnet werden könnten, was gegenwärtig nicht möglich ist.

### **2. Ablauf der Studie**

Ihr Kind wurde von uns per Zufall aus unserem Patientenbestand mit der Diagnose Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen ausgewählt und für die Kontrollgruppe eingeteilt. Voraussetzung für die Studienteilnahme ist, dass Ihr Kind bereits eine Übungstherapie erhalten hat. Nach Ausschluss anderer Krankheiten wird nun an einem vereinbarten Termin eine Verlaufskontrolle durchgeführt. Die Untersuchungen werden an diesem Tag nicht mehr als 45 Minuten in Anspruch nehmen. Sollte sich zeigen, dass weiterhin Behandlungsbedarf besteht, werden wir uns um die bestmögliche Weiterbehandlung Ihres Kindes bemühen.

### **3. Risiken/Versicherung**

Bei den geplanten Untersuchungen sind keine besonderen Risiken bekannt.

Tritt im Rahmen der Studiendurchführung ein Schaden auf, der den Studienteilnehmern durch das schuldhafte Verhalten eines Beschäftigten des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein (UK SH) zugefügt wurde, haftet die gesetzliche Haftpflicht des UK SH.

### **4. Vertraulichkeit**

Die ärztliche Schweigepflicht bleibt gewahrt. Die Bestimmungen des Datenschutzes werden eingehalten. Alle von uns erhobenen Daten werden, sofern außerhalb der Krankenunterlagen verwendet, pseudonymisiert. Damit ist sichergestellt, dass nur durch die Studienleitung - und auch nur zur Beantwortung von Nachfragen im Zusammenhang mit der Studie - eine Verbindung zwischen den Untersuchungsdaten und Ihrem Kind hergestellt werden kann.

### **5. Freiwilligkeit**

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Sie können Ihre Zusage jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne, dass Sie Nachteile befürchten müssen, zurückziehen.

Falls Sie Fragen oder Anmerkungen haben sollten, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.

Gez.

Prof. Dr. R. Schönweiler  
Leiter der Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie  
Universität zu Lübeck

Abb. A.3.: Einverständniserklärung



UNIVERSITÄTSKLINIKUM Schleswig-Holstein  
Campus Lübeck Ratzeburger Allee 160 D-23538 Lübeck

An die  
Eltern des Kindes

\_\_\_\_\_  
(kleiner Aufkleber)

UNIVERSITÄTSKLINIKUM  
Schleswig-Holstein

**Campus Lübeck**

HNO-Klinik / Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie

**Ansprechpartner:**

Ärztlicher Leiter Prof. Dr. med. Rainer Schönweiler

**Tel.:** +49-(0)451 - 500 - 3485

**Fax:** +49-(0)451 - 500 - 6792

**E-Mail:** rainer.schoenweiler@phoniatrie.uni-luebeck.de

**Internet:** www.uk-sh.de

**Datum:** 05.10.2012

**Datei:** Patienteninformation-fm.doc / Schö

## Einverständniserklärung

### Forschungsstudie über FM-Hörsysteme zur Behandlung von Kindern mit Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen, Subtyp mit auditiver Selektionsstörung

Mir wurden im Gespräch mit dem Arzt/der Ärztin alle Fragen im Zusammenhang mit der Studie beantwortet.

Ferner bleibt die ärztliche Schweigepflicht selbstverständlich gewahrt.

Die Bestimmungen des Datenschutzes werden eingehalten.

Ich bin mit der Hörprüfung bei meinem Kind einverstanden.

Ich bin damit einverstanden, dass die Krankheitsdaten zu wissenschaftlichen Zwecken aufgezeichnet werden.

Ich bin darüber aufgeklärt, dass ich mein Einverständnis jederzeit, ohne Angabe von Gründen und nachteilige Folgen widerrufen kann.

Ich habe ein Exemplar des Aufklärungsformulars zum Mitnehmen erhalten.

Lübeck, den \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Arzt/Ärztin

\_\_\_\_\_  
Erziehungsberechtigte(r)

Abb. A.4.: Ethikvotum



# Universität zu Lübeck

## Medizinische Fakultät - Der Vorsitzende der Ethikkommission

Dekanat der Medizinischen Fakultät der Universität zu Lübeck  
Ratzeburger Allee 160, D-23538 Lübeck

Herrn  
Prof. Dr. med. Schönweiler  
Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde  
im Hause

Bearbeiter: Frau Erdmann  
Telefon: (0451) 500- 4639  
Fax: (0451) 500- 3026  
email: erdmann@zuv.uni-luebeck.de

Datum: 17.05.2007

Aktenzeichen:

( immer angeben ! ) 07-020

nachrichtlich:

Frau Prof. Wollenberg  
Direktorin der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde

**Sitzung der Ethik-Kommission am 13. Februar 2007 – Ihre Nachbesserungen aus dem Mai 2007**

**Antragsteller: Herr Prof. Schönweiler / Frau Prof. Wollenberg**

**Titel: FM-Hörsysteme zur Behandlung von Kindern mit Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen, Subtyp mit auditiver Selektionsstörung**

Sehr geehrter Herr Prof. Schönweiler,

der Antrag wurde unter berufsethischen, medizinisch-wissenschaftlichen und berufsrechtlichen Gesichtspunkten geprüft.

Die Kommission hat keine Bedenken mehr.

Bei Änderung des Studiendesigns sollte der Antrag erneut vorgelegt werden. Über alle schwerwiegenden oder unerwarteten und unerwünschten Ereignisse, die während der Studie auftreten, muß die Kommission umgehend benachrichtigt werden.

Nach Abschluß des Projektes bitte ich um Übersendung eines knappen Schlussberichtes (unter Angabe unseres Aktenzeichens), aus dem der Erfolg/Misserfolg der Studie sowie Angaben darüber, ob die Studie abgebrochen oder geändert bzw. ob Regressansprüche geltend gemacht wurden, ersichtlich sind.

Die ärztliche und juristische Verantwortung des Leiters der klinischen Prüfung und der an der Prüfung teilnehmenden Ärzte bleibt entsprechend der Beratungsfunktion der Ethikkommission durch unsere Stellungnahme unberührt.

Mit freundlichem Gruß und den besten Wünschen für den weiteren Verlauf Ihrer Forschung bin ich

Ihr

Prof. Dr. med. Dr. phil. H. Raspe  
Vorsitzender

anwesende Kommissionsmitglieder:

Prof. Dr. Dr. H.-H. Raspe  
(Sozialmedizin, Vorsitzender der EK)  
 Prof. Dr. Schweiger  
(Psychiatrie)  
 Prof. Dr. Dendorfer  
(Pharmakologie)

Frau H. Müller  
(Pflege)  
Prof. Wessel  
(Kinderchirurgie, Stellv. Vorsitzender der EK)  
 Herr Dr. Fieber  
(Richter am Landgericht Lübeck)  
Prof. Schwinger  
(Humangenetik)

Herr Prof. Dr. Klein  
(Medizinische Klinik I)  
 Frau Prof. Dr. M. Schrader  
(Plastische Chirurgie)  
 Herr Dr. Schultz  
(Pädiatrie)  
 Herr D. Stojan  
(Präsident des Amtsgerichtes Lübeck)

## A.2. Tabellen

**Tab. A.1.:** Ergebnisse: Sprachverstehen im Störschall in [%] unter Angabe des Störschallpegels in [dB]; t0 = prätherapeutisch, t1 = posttherapeutisch; Fall 1-7: Interventionsgruppe, Fall 11-16: Kontrollgruppe

Fall	60 t0	60 t1	65 t0	65 t1	70 t0	70 t1
1	60	80	100	100	70	100
2	100	100	80	100	20	80
3	80	80	75	100	40	80
4	25	100	20	80	20	80
5	80	100	80	100	0	90
6	80	100	70	100	70	60
7	50	90	40	70	40	90
11	70	100	-	-	-	-
12	40	90	-	-	-	-
13	90	90	-	-	-	-
14	55	100	-	-	-	-
15	40	70	-	-	-	-
16	100	90	-	-	-	-

**Tab. A.2.:** Ergebnisse: Mottiertest (Rohwerte); t0 = prätherapeutisch, t1 = posttherapeutisch; Fall 1-7: Interventionsgruppe, Fall 11-16: Kontrollgruppe

Fall	Rohwert t0	Rohwert t1
1	20	23
2	21	23
3	7	22
4	19	20
5	16	16
6	19	26
7	10	10
11	16	18
12	13	20
13	12	18
14	18	21
15	24	26
16	14	15

## A. Anhang

**Tab. A.3.:** Ergebnisse: Psycholinguistischer Entwicklungstest (Prozenträge); ZFG = „Zahlenfolgen-Gedächtnis, WE = „Wörter Ergänzen“, LV = „Laute Verbinden“; t0 = prätherapeutisch, t1 = posttherapeutisch; Fall 1-7: Interventionsgruppe, Fall 11-16: Kontrollgruppe

Fall	ZFG t0	ZFG t1	WE t0	WE t1	LV t0	LV t1
1	0,50	46,00	62,00	79,00	31,00	79,00
2	1,10	1,10	79,00	88,00	73,00	5,00
3	0,30	2,90	84,00	69,00	21,00	38,00
4	0,20	2,90	69,00	79,00	31,00	73,00
5	0,13	0,30	69,00	69,00	31,00	38,00
6	42,00	93,00	84,00	92,00	79,00	92,00
7	-	-	27,00	50,00	18,00	14,00
11	1,10	42,00	18,00	62,00	16,00	79,00
12	0,50	27,00	34,00	50,00	46,00	66,00
13	2,90	54,00	7,00	18,00	1,10	8,00
14	58,00	96,40	92,00	92,00	73,00	86,00
15	18,00	62,00	27,00	84,00	18,00	86,00
16	0,20	27,00	14,00	96,00	5,00	14,00

### A.3. Publikationen

- 1) Braun S, Schönweiler R (2010): Langzeiteffekte der FM-Versorgung bei Kindern mit AVWS, Subtyp „Auditive Selektionsstörung“. In: Gross M, am Zehnhoff-Dinnesen A (Hrsg): Aktuelle Phoniatriisch-Pädaudiologische Aspekte 2010, Bd 18. Darpe, Warendorf, S. 96-99. <http://www.egms.de/static/en/meetings/dgpp2010/10dgpp25.shtml> - Online-Ressource, Abruf: 2014-07-09.
- 2) Braun S, Schönweiler R (2011): Langzeiteffekte von FM-Systemen bei Kindern mit eingeschränkten binauralen Hörfunktionen. Poster anlässlich des 77. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Sprach- und Stimmheilkunde (DGSS). Göttingen, 24.-26.03.2011.
- 3) Braun S, Schönweiler R (2013): Langzeiteffekte von FM-Systemen bei Kindern mit AVWS. Poster anlässlich der Veranstaltung „Uni im Dialog - 7. Lübecker Doktorandentag“, Lübeck, 19.06.2013.

## B. Danksagungen

Zuallererst danke ich Herrn Prof. Dr. med. R. Schönweiler für die Überlassung des Themas und die Betreuung der Arbeit.

Weiterhin gilt mein Dank allen Mitarbeitern der Sektion für Phoniatrie und Pädaudiologie des UKSH, Campus Lübeck. Ohne ihre Hilfestellung wäre für mich die Planung und Durchführung der Untersuchungen nicht möglich gewesen.

Für die statistische Beratung danke ich Frau Professor König sowie Frau Hemmelmann, die mir seitens des Instituts für Medizinische Biometrie und Statistik (IMBS) der Universität zu Lübeck bei der Planung und Auswertung der Daten behilflich waren.

Mein besonderer Dank gilt den beteiligten Kindern und deren Eltern für ihre Bereitschaft zur Studienteilnahme.

Ich danke meinen Eltern dafür, dass sie mir mein Medizinstudium und die Durchführung dieser Arbeit ermöglicht haben. Meiner Schwester sei gedankt für Korrekturlesungen und hilfreiche Anregungen, ebenso Lena und Nicola für ihre Motivation und Hilfestellung.

Schließlich danke ich Renato, der mich zu jeder Zeit unterstützt und mir Mut zugesprochen hat.

## C. Lebenslauf

Name	Simone Braun
Alter	28 Jahre
Hochschulstudium	
04/2006-03/2008	Humanmedizin, Charité Berlin
04/2008-06/2012	Humanmedizin, Universität zu Lübeck
02/2011-01/2012	Praktisches Jahr in Lübeck, Itzehoe, Alicante (Spanien); Wahlfach: Psychosomatik
06/2012	Ärztliche Prüfung
Beruflicher Werdegang	
seit 02/2013	Assistenzärztin, Innere Medizin, Städtisches Klinikum Wolfenbüttel
Zeitraum der Dissertation	
01/2009-09/2010	Datenerhebung
02/2011-06/2012	Unterbrechung der Verfassung der Arbeit (Praktisches Jahr, Prüfungsvorbereitung)