
3 Material und Methoden

Die Studie wurde im Rahmen des Teilprojektes 5 (Prof. Manfred Gross / Dr. med. Karsten Nubel) der DFG-Forschergruppe „Frühkindliche Sprachentwicklungsstörungen und spezifische Sprachentwicklungsstörungen“ durchgeführt. Die Bewilligung des Gesamtprojekts erfolgte durch die Ethikkommission der Charité der Humboldt Universität zu Berlin am 09.12.1999 durch den Vorsitzenden der Ethikkommission Prof. Dr. med. Uebelhack.

3.1 Stichprobe

3.1.1 Rekrutierung der Versuchspersonen

Die Kinder wurden zum größten Teil auf der Gynäkologie und Geburtshilfe Station des „Oskar-Ziethen-Krankenhaus“ in Berlin Lichtenberg rekrutiert. Damit war die räumliche Nähe zu dem in Berlin Lichtenberg gelegenen EKP-Labor gewährleistet. Weiterhin wurden durch Aushänge in Arztpraxen und in anderen Krankenhäusern weitere Teilnehmer für diese Studie gewonnen. Die Erwachsenen wurden an verschiedenen Berliner Universitäten rekrutiert.

Die Eltern der Kinder sowie die erwachsenen Kontrollpersonen wurden über die Untersuchungen und den Ablauf aufgeklärt, und gaben ihr schriftliches Einverständnis für die wissenschaftliche Nutzung der erhobenen Daten. Eine Anonymität der Daten wurde durch Vergabe einer Kodierungsnummer gesichert. Für die Mitarbeit an diesem Projekt erhielten die Teilnehmer eine finanzielle Aufwandsentschädigung.

3.1.2 Einschlusskriterien

Um an der Studie teilnehmen zu können, mussten die Kinder folgende Kriterien erfüllen:

- Gestationsalter zwischen 36+0 und 41+6 Schwangerschaftswochen
- Mindestens 5 Vorsorgeuntersuchungen während der Schwangerschaft (SS), ohne längere oder gravierende Erkrankungen oder Komplikationen während der SS
- Spontan- oder Schnittgeburt aus mütterlicher Indikation oder bei Fehllage
- Ein- sowie Mehrlingsgeburten
- Eutrophie (Größe und Körpergewicht innerhalb der 10. und 90. Perzentile nach Voigt)
- Prä- und perinatal unauffälliger Verlauf (APGAR 5' \geq 8, 10' \geq 9, Nabelschnur-pH $>$ 7,20, O₂-Gabe \leq 5 min., Bilirubin $<$ 360 μ mol/l, keine symptomatische Hypoglykämie, kein Verdacht auf Intelligenzdefekte, Thyroidea Stimulierendes Hormon $<$ 20 mU/l)

- Ausschluss einer gravierenden peripheren Hörstörung (Messung Transitorisch Evozierter Otoakustischer Emissionen, TEOAE)
- Unauffällige neurologische Erstuntersuchung mit 3–5 Lebenstagen (nach Prechtl)
- Entwicklungsneurologische Untersuchung mit 4 Monaten unauffällig (nach Prechtl)
- Entwicklungsverlaufsuntersuchung mit 3, 6, 9, 12 und 18 Monaten unauffällig (Griffiths–Entwicklungsskalen)
- Beide Eltern deutsche Muttersprachler
- Ausschluss einer positiven Familienanamnese hinsichtlich Sprachentwicklungsstörungen bzw. Lese– oder Rechtschreibstörungen (siehe Elternfragebogen, im Anhang S 90)

Für die Erwachsenen–Kontrollgruppe (Hahnemann, 2005) galten folgende Kriterien:

- Deutsche Muttersprachler
- Keine positive Eigen– und Familienanamnese hinsichtlich Sprachentwicklungsstörungen
- Ausschluss einer gravierenden peripheren Hörstörung (Messung TEOAE)
- Keine Hirnerkrankungen (z.B. Schädel–Hirn–Trauma, Enzephalitis, Anfallsleiden)
- Rechtshändigkeit

3.1.3 Beschreibung der Stichprobe

In die vorliegende Studie wurden Probanden aufgenommen, die den vorgegebenen Einschlusskriterien (siehe Abschnitt 3.1.2) entsprachen. Die Datenerhebung der kindlichen Kohorte fand im Alter von 13 und 18 Monaten statt. Daraus ergab sich bei den 13 Monate alten Kindern eine zufällige Stichprobe von 61 Kindern in der Bedingung mit kurzer Pause (mittleres Lebensalter: $387,54 \pm 4,60$ Tage) bzw. 56 Kindern in der Bedingung mit langer Pause (mittleres Lebensalter: $387,96 \pm 4,47$ Tage). Im Alter von 18 Monaten gingen 52 Kinder in der Bedingung mit kurzer Pause (mittleres Lebensalter: $550,37 \pm 10,91$ Tage) sowie 54 Kinder in der Bedingung mit langer Pause (mittleres Lebensalter: $548,48 \pm 7,06$ Tage) in die Auswertung ein. Kinder bei denen im Verlauf der Studie ein medizinisches Risiko festgestellt wurde, wurden im Nachhinein von der Auswertung ausgeschlossen. Während der Messung wurde identisches Stimulusmaterial und ein gleicher Messaufbau benutzt.

Hahnemann (2005) untersuchte 24 Erwachsene im Alter von 20–35 Jahren ein. Das Kollektiv bestand aus 12 weiblichen und 12 männlichen Versuchspersonen. Eine Wiederholungsmessung fand nach 4 Monaten mit 13 Probanden statt.

Tabelle 1: Übersicht über das Probandenkollektiv

	13 Monate alte Kinder		18 Monate alte Kinder	
	Bedingung mit kurzer Pause	Bedingung mit langer Pause	Bedingung mit kurzer Pause	Bedingung mit langer Pause
Teilnehmer	73	74	64	68
Wache Probanden	64	58	56	58
Med. Risiko	3	2	4	4
Kohorte	61	56	52	54

3.1.4 Pädiatrische Begleituntersuchungen

Neben denen in der Gynäkologie und Geburtshilfe sowie in der Pädiatrie üblichen Routineuntersuchungen (z.B. Vorsorgeuntersuchung, APGAR-Index, etc.) wurden für das Probandenkollektiv im Rahmen des Gesamtprojekts zusätzliche Untersuchungen, wie die neurologische Untersuchung nach Prechtl sowie der Griffith-Test, durchgeführt. Damit konnten Sprachentwicklungsphänomene zuverlässig beurteilt und neurologische Auffälligkeiten, mentale Entwicklungsstörungen und psychosoziale Probleme bei den Kindern ausgeschlossen werden.

Die neurologische Untersuchung nach Prechtl beinhaltet die Erhebung eines umfassenden neurologischen Status des Kindes. Sie umfasst eine Beobachtungsperiode und eine aktive Untersuchungsmethode, in der durch standardisierte Tests die Körperhaltung, die Augenbewegung, die spontane Motilität, der Widerstand gegen passive Bewegungen sowie der Reflexstatus des Kindes quantitativ und qualitativ bewertet werden. Zusätzlich geht das Verhalten des Kindes während der Untersuchung mit ein, wie ruhiger Schlaf, Rapid Eye Movement-REM-Schlaf, Non-REM-Schlaf, ruhiger Wachzustand, aktiver Wachzustand, Weinen u.s.w. Die Einschätzung erfolgte durch die die Studie betreuenden Kinderärzte/-innen mit den Kategorieneinteilungen in „unauffällig“, „Verdacht auf Schädigung“ oder „pathologisch“.

Der Griffith-Test bietet eine Möglichkeit zur standardisierten Beurteilung der frühkindlichen Entwicklung. Mit diesem Test sollen die quantitativen Leistungen eines Kindes mit anderen Kindern der entsprechenden Altersstufe verglichen werden. Somit können Verzögerun-

gen, Abweichungen oder Störungen in der frühkindlichen Entwicklung aufgedeckt werden. Der Test ist in 5 Teile gegliedert, welche die Überprüfung der motorischen Entwicklung, der persönlich-sozialen Anpassung, des Hör- und Sprachvermögens, der Entwicklung der Handbewegung sowie der Anwendung von Fähigkeiten in einer neuen Situation beinhaltet. Für die unterschiedlichen Bereiche stehen standardisierte Untersuchungen zur Verfügung, die je nach Leistung des Kindes mit Punkten bewertet werden, aus denen sich dann ein bestimmter Entwicklungsquotient errechnen lässt. Testwerte, die zwei Standardabweichungen unter dem Mittelwert liegen, können als Hinweis auf ein Entwicklungsdefizit gewertet werden.

3.1.5 Überprüfung der Hörfunktion

Grundvoraussetzung für eine normale Sprachentwicklung ist unter anderem ein gesundes Hörvermögen. Aus diesem Grund wurde sowohl nach der Geburt sowie vor jeder EKP-Ableitung die Hörfunktion jedes Studienteilnehmers mittels einer TEOAE-Messung überprüft. Dieses Verfahren ist seit mehr als 10 Jahren weltweit im Einsatz und gewinnt auch in Deutschland zunehmend an Bedeutung (Pröschel et al., 1995; Gross et al., 2002). Diese objektive Screeningmethode ermöglicht es, gravierende periphere Hörstörungen auszuschließen. Ein Hörverlust ab 30 dB (z.B. durch eine Otitis media mit Paukenhöhlenerguss) kann so erkannt werden. Die TEOAE beinhaltet dabei die objektive Überprüfung der Funktion der äußeren Haarzellen. Die Stimulation erfolgt meist mit Klickreizen (Rechteckimpulse definierter Größe, Reizdauer ca. 100µs), die mit einer Sonde im äußeren Gehörgang präsentiert werden. Über das äußere Ohr gelangt der Schall zum Innenohr, wo er die äußeren Haarzellen erregt. Diese sind innerhalb des Hörvorganges zur mechanischen Kontraktion fähig, woraus sich eine Verstärkung der Wanderwelle ergibt. Gleichzeitig kommt es dabei zu einer retrograden Schallwelle, welche als otoakustische Emissionen bezeichnet werden. Die TEOAE werden mittels eines Messmikrophons im äußeren Gehörgang registriert. Aufgrund der geringen Intensität und um das Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern wurde von einem Messcomputer eine Mittelung von ca. 250 Messungen vorgenommen. In dieser Studie wurde ein automatisiertes Screeninggerät (Echoscreen TE SW- rev.6.8, Fischer-Zoth) verwendet. Im Vergleich zu anderen Verfahren konnten nach Baumann et al. (2001) mit diesem Gerät die zuverlässigsten Ergebnisse erzielt werden.

3.1.6 Untersuchungsablauf

Die Datenerhebung des Kleinkinder-Kollektivs fand in der Zeit zwischen Februar 2002 und Dezember 2003 im EKP-Labor der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin in Berlin Lichtenberg statt. Nach Terminabsprache wurden die Eltern mit ihren Kindern wochentags in der Zeit zwischen 8.00 Uhr und 18.00 Uhr einberufen. Das Labor wurde von einer Medizinisch-Technischen Assistentin und einem wissenschaftlichen Mitarbeiter betreut. Vor der eigentlichen Messung wurde dem Kind eine Anpassungsphase ermöglicht (z.B. zum Spielen oder Essen), um sich besser an die neue Umgebung zu gewöhnen. Währenddessen wurde den Eltern das Prinzip der Durchführung der Messung erläutert. Dabei wurde auch auf die Harmlosigkeit des Experiments hingewiesen und auf die Möglichkeit, den Versuch jederzeit abubrechen. Nach der Messung der TEOAE folgte, anschließend an die Vorbereitungen, die EKP-Ableitung, deren Messzeit 20 min. betrug. Innerhalb dieser Sitzung wurden zusätzlich noch weitere Daten für das Teilprojekt 5 erhoben. Um der kindlichen Belastbarkeit gerecht zu werden, gab es während der Messung die Möglichkeit zu kurzen Pausen z.B. zum Spielen, Essen etc. Jede Untersuchung richtete sich nach den individuellen Bedürfnissen des Kindes. So wurde für den Besuch im EKP-Labor eine Messzeit von 90–120 min. pro Kind eingerechnet, um genügend Zeit für die Vorbereitungen, die EKP-Ableitung und Nachbereitungen zu haben. Mit einer kurzen Nachbesprechung endete der Besuch im EKP-Labor. Die erste Ableitung der Erwachsenen-Kontrollgruppe erfolgte im Juli 2001, die zweite Messung wurde im Dezember 2001 von Hahnemann durchgeführt.

3.2 Durchführung des EKP-Experiments

3.2.1 Messaufbau

Nach den Vorbereitungen zur Untersuchung nahmen die Kinder in Begleitung eines Elternteils in der schallisolierten Kabine Platz. Die Kinder saßen meist auf dem Schoß der Eltern. Um eine standardisierte Stimuluspräsentation zu gewährleisten, wurden die Kinder in einem definierten Abstand von der Reizquelle (100 cm) entfernt positioniert. Der verwendete Messplatzaufbau orientiert sich in seinem Aufbau an anderen Arbeitsgruppen, die schon seit längerem Erfahrungen mit EKP-Ableitungen bei Erwachsenen und Kindern sammeln. (z.B. Lepänen, Finnland; Benasich, Newark, USA; Friederici, Leipzig, Deutschland) Der Aufbau ist in Abbildung 7 schematisch dargestellt.

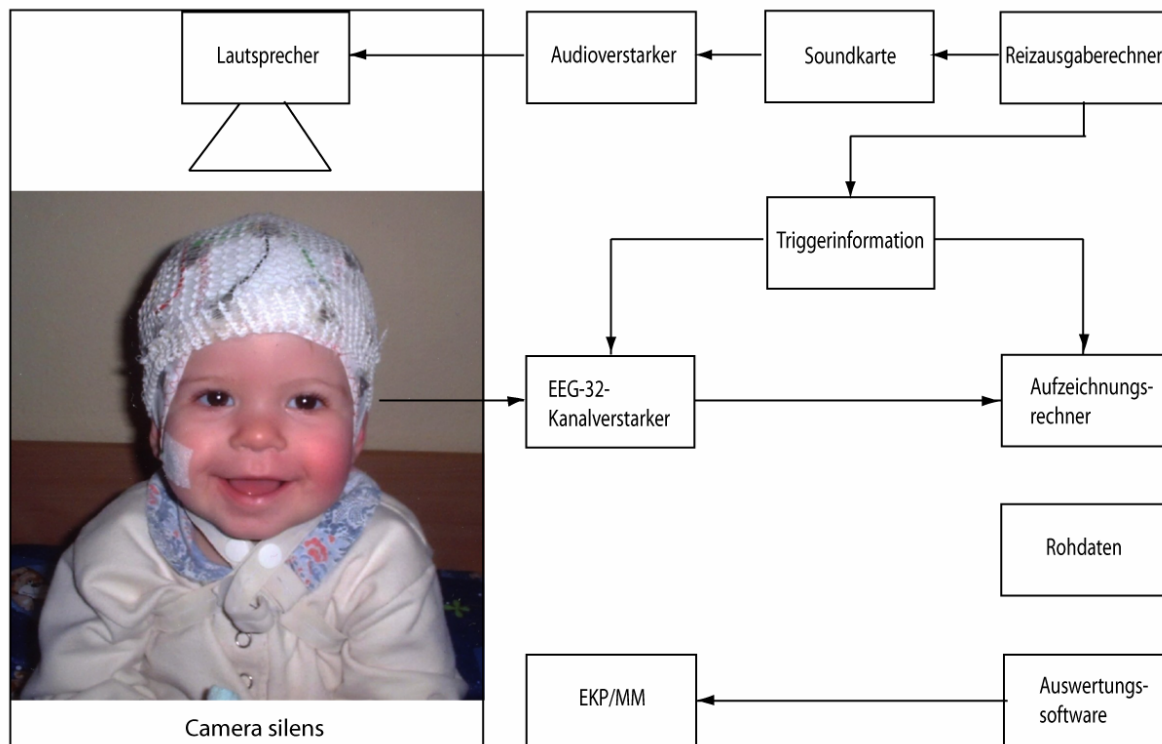


Abbildung 7: Schematische Darstellung des Messplatzaufbaus

Die Verwendung der Elektroden für die Hirnstrommessung und die Ableitung der Augenbewegungen ist an Hahnemann 2005 angelehnt. Allerdings wurden für die 13 und 18 Monate alten Kinder entsprechend dem Kopfumfang auch größere Kappen verwendet. Die Ableitungsorte befanden sich frontal, zentral, parietal und okzipital. Abgeleitet wurde an 23 Kanälen F3, FZ, F4, F7, F8, FC3, FC4, C3, CZ, C4, CP5, CP6, P3, PZ, P4, P7, P8, O1, O2 sowie am rechten (A2) und am linken (A1) Mastoid. Da entsprechend den Ergebnissen anderer Veröffentlichungen (Allho et al., 1995) die maximale Reizantwort an folgenden Elektroden zu erwarten war, wurde den frontalen (F3, FZ, F4,) den zentralen (C3, CZ, C4) und den parietalen (P3, PZ, P4) Regionen besondere Beachtung geschenkt. Als Voraussetzung für die Durchführung des Experiments galt ein Übergangswiderstand von $<10\text{ k}\Omega$.

Hardware und Software wurden wie bei Hahnemann (2005) beschrieben, verwendet. Die mittels eines Computers abgespielten Reize wurden den Probanden in einer schalldichten Kammer präsentiert und die abgeleiteten EEG-Daten reizsynchron aufgezeichnet und gespeichert. Alle Elektroden wurden während der Messung monopolar gegen die Referenzelektrode CZ abgeleitet. Die Messdatenverarbeitung umfasste eine Rereferenzierung, Artefaktbereinigung, Filterung, reizsynchroner Mittelung und schließlich die Differenzbildung von Standard-

und Deviantantwort. Anschließend wurde die statistische Auswertung, mittels des Programms Statistical Package for Social Science (SPSS) durchgeführt.

3.2.2 Vigilanzkontrolle

Während der EKP-Ableitung wurde eine möglichst geringe motorische Aktivität angestrebt, vor allem im Kopf- und Halsbereich, um die Artefaktrate so niedrig wie möglich zu halten. Da die Kinder im Alter von 13 und 18 Monaten während der Messung meist wach waren, wurde ihnen ein Videofilm („Baby Einstein“, „Bob der Baumeister“) gezeigt, Spielzeug gegeben oder auch Essen und Trinken. Die Erfahrung zeigte, dass die Kinder so am ehesten ruhig saßen und die Artefakte minimiert werden konnten. Während des Versuchs wurden die Probanden über einen Monitor überwacht, um so in einem Protokoll (siehe Abschnitt 8.2 im Anhang) das Vigilanzstadium des Kindes genau festzuhalten. Die Beurteilung erfolgte alle 2 Minuten mit einer Skala von 1–6. Zum einen wurde dabei auf das subjektive Verhalten des Kindes wie Zustand der Augen (offen, geschlossen, verschieden), Augenbewegungen (vorhanden, nicht vorhanden), sowie Extremitätenbewegungen (fein, grob, ruckartig, keine) und andere Vorkommnisse (Weinen, Nuckeln, Schluckauf) und Interventionen (Trösten, Spielen, Essen, Trinken) eingegangen. Zum anderen diente das EEG-Signal bezüglich der Wellenkonformation (z.B. Theta-, Delteawellen), vigilanzspezifischer Besonderheiten im EEG-Signal (Schlafspindeln, Trace alternants, High Voltage Slow Aktivitäten (HVS) oder Low Voltage Irregular Aktivitäten (LVI)) zur Beurteilung des Vigilanzstadiums und wurde im Protokoll dokumentiert (siehe dazu auch Niedermeyer et al., 1999 und Turnball et al., 2001).

In der Auswertungsphase erfolgte anhand des Untersuchungsprotokolls und der Durchsicht des EEG-Signals die Einteilung des Studienkollektivs in 5 Gruppen. Diese Klassifikation wurde von drei Mitarbeitern des Teilprojekts 5 (Dr. med. Nubel, Dr. med. Lange, Dr. med. Hahnemann) entwickelt (siehe Tabelle 17 im Anhang). Da nur ein sehr geringer Anteil der 13 und 18 Monate alten Kinder schlief, wurden diese aus der Auswertung herausgenommen und nur die wachen Kinder betrachtet. Die Übereinstimmung der Rahmenbedingungen in den Klassifikationen galt als Voraussetzung für den Eingang der Daten in die Analyse. Die erwachsene Kontrollgruppe wurde von Hahnemann (2005) untersucht und beschrieben.

3.2.3 Stimulusmaterial

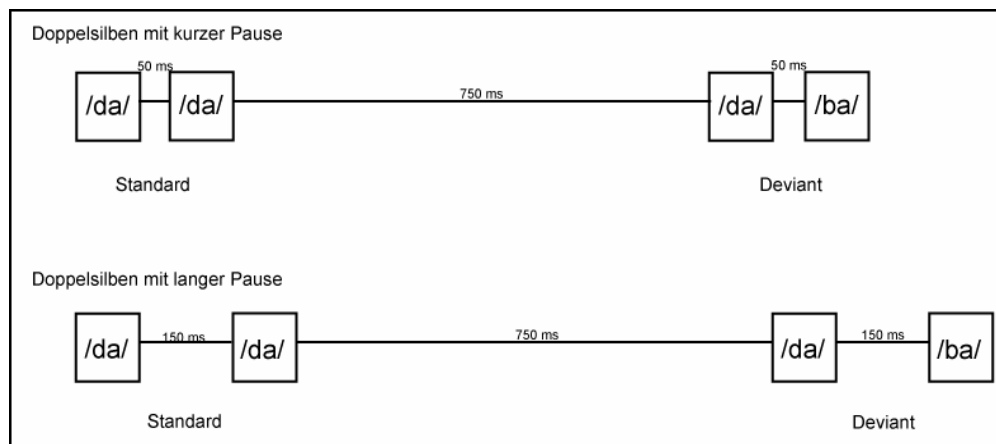


Abbildung 8: Schema des Stimulusmaterials

Die Stimuli in diesem Versuch bestanden aus zwei Bedingungen (kurzer und langer Pausenabstand), die sich in ihrer zeitlichen Struktur unterschieden. Für beide Konditionen wurden Doppelsilben als Stimulusmaterial verwendet. Die gewählten Zeitabstände von 50 ms für die Bedingung mit kurzer Pause, und 150 ms für die Bedingung mit langer Pause, basieren auf unterschiedlichen Arbeiten (Tervaniemi et al., 1994; Yabe et al., 1997; Paavilainen et al., 2003), die ein Integrationszeitfenster von ca. 150 ms beschreiben. Hierbei werden zwei Reize als eine Einheit zusammengefasst und als eine solche verarbeitet. Die unterschiedlichen Pausenlängen (50 ms bzw. 150 ms) in diesem Experiment liegen innerhalb dieses Fensters und sollen diesen Effekt deutlich machen. Weiterhin wurde in zahlreichen Arbeiten (Überblick siehe Cowan, 1984) ein Maskierungseffekt beschrieben, der besagt, dass sich zwei rasch aufeinander folgende Reize in ihrer Verarbeitung beeinflussen.

Zur Darstellung des Einflusses der verschiedenen Zeitabstände wurden Mismatch Paradigmen für die jeweiligen Bedingungen entwickelt. Hierbei war die gewählte Doppelsilbe /da/50 ms/da/ (bzw. /da/150 ms/da/) der Standardreiz und die Doppelsilbe /da/50 ms/ba/ (bzw. /da/150 ms/ba/) galt als Deviantreiz. Es wurden die Phoneme /d/ und /b/ gewählt, da sie zu den Verschlusslauten gehören, die häufig bei einer Diskriminationsschwäche betroffen sind (Wirth, 1990). Die Gesamtlänge einer Silbe betrug 100 ms. Ein männlicher deutscher Muttersprachler hat diese Silben ausgesprochen, im Anschluss wurden die Auslaute digital nachbearbeitet. Damit wurde sichergestellt, dass sich die konsonantischen Anlaute der Silben /da/ und /ba/ nur in den ersten 38 ms unterscheiden. In Abbildung 31 im Anhang ist der Zeit- und Pegelverlauf, sowie Frequenz- und Formantenverlauf dargestellt.

Alho et al. (1990), Cheour–Luhtanen et al. (1995, 1996), Cheour et al. (2002a) hatten gezeigt, dass mit einem Interstimulusintervall (ISI) von 610 ms und 800 ms eine MMN bei Säuglingen sicher ausgelöst werden kann. Die Doppelreize wurden daher in einem ISI von 750 ms zwischen Ende des ersten und des darauf folgenden zweiten Stimulus präsentiert. Die Standard– und der Deviantreiz wurden pseudorandomisiert dargeboten. Hierbei wurden 100 Deviantreize in die homologe Sequenz der 500 Standardreize eingestreut. Während der Auswertung wurde darauf geachtet, dass jedem Devianten mindestens zwei Standards folgten. Stimuli die direkt nach einem Deviantreiz auftraten wurden dabei von der Auswertung ausgeschlossen. Um Trainingseffekte zu vermeiden und um die zunehmende Unruhe des Probanden und daraus resultierende Artefakte gleichmäßig auf die beiden Reize zu verteilen, wurden die Bedingungen „Kurz“ und „Lang“ in wechselnder Reihenfolge dargeboten. Die Reizpräsentation erfolgt mit einem definierten Schalldruckpegel (SPL) von 64 dB, da Voruntersuchungen bereits ergeben hatten, dass ein Lautstärkepegel über 64 dB SPL die Kinder erschreckt und sie kaum wieder zu beruhigen sind. Die Kalibrierung erfolgte mittels eines digitalen Schallpegelmessers (Brüel und Kjaer, Typ 2233).

Aufgrund der besseren Messbedingungen bei den Erwachsenen wurde nur der Standardreiz vor einem Devianten in die Auswertung einbezogen.

3.3 Datenauswertung

In der anschließenden Auswertung folgte die Rereferenzierung, Filterung, Artefaktbereinigung, sowie Mittelung und Differenzbildung der Datensätze. Die statistische Analyse der Daten konnte daraufhin durchgeführt werden.

3.3.1 Rereferenzierung

Die EEG–Daten wurden auf „linked“ rereferenziert, d.h. es wurden die Elektroden A1 und A2 als Referenz genutzt. Es fand eine Mittelung auf beide Mastoide statt. Diese Referenzelektroden befinden sich in einer relativ inaktiven Zone, was als Voraussetzung für eine Referenz gilt. Elektroden der rechten Hemisphäre (F4, C4, P4) wurden demnach auf das linke Mastoid (A1) und Elektroden der linken Hemisphäre (F3, C3, P3) auf das rechte Mastoid (A2) rereferenziert. Dieses Verfahren wurde gewählt, da somit alle Elektroden denselben Abstand zur Referenz aufweisen. Mit der Anwendung der Mastoide („linked“) als Referenz wird eine Asymmetrie der Amplituden verhindert (Invanitzky et al., 1999).

3.3.2 Filterung

Um das Signal–Rausch–Verhältnis zu optimieren wurden die Kinderdaten offline mit einem Remez Bandpassfilter gefiltert. Dieser bestand aus einem digitalen Hochpassfilter von 1 Hz (Dämpfung 2,9 dB) und einem Tiefpassfilter von 15 Hz (Dämpfung 3 dB) und wurde mit Matlab erstellt. Über 1001 Punkte wurden mit einer 250 Hz Samplerate digitalisiert. Bei der Wahl des Bandpassfilters wurden frühere Arbeiten berücksichtigt (Cheour et al., 1998; Kushnerenko et al., 2001; für eine Übersicht siehe Weber et al., 2003).

Die Auswertung der Erwachsenenendaten ist bei Hahnemann (2005) beschrieben.

3.3.3 Artefaktbereinigung

Artefakte, die während der Messung z.B. durch Muskelanspannung, Lidschläge und Augenbewegungen, oder auch durch technische Probleme und defekte Elektroden entstanden, wurden aus dem entsprechenden EEG–Abschnitt entfernt. Die absolute Artefaktschwelle (AFS) betrug 100 μ V und wurde mit einem gleitenden Zeitfenster von 200 ms bestimmt. Ergab sich aus dieser Artefaktbereinigung eine Anzahl der Devianten unter 50, wurde diese Messung verworfen. Wie bereits in anderen Arbeiten beschrieben wurde, ist mindestens eine Anzahl von 50–60 Devianten notwendig um ein hinreichendes Signal–Rausch–Verhältnis zu erreichen und somit ein stabiles Ergebnis zu erhalten (Pang et al., 1998). Aufgrund des Alters der Kinder entstand eine hohe Artefaktanzahl. Um möglichst viele Kinder in die Studie einfließen zu lassen wurde eine Mindestdeviantenzahl von 50 festgelegt.

Die Deviantgrenze der Erwachsenen–Messung konnte auf 55 Devianten erhöht werden.

3.3.4 Mittelung und Differenzbildung

Die Baseline beschreibt einen Abschnitt vor dem Ereignis, auf welches das EKP gemittelt wurde (aus EKP Uni Trier, 2003). Zur Vorbereitung der Mittelung erfolgte eine Baselinekorrektur, wofür die Messwerte im Bereich von –100 bis 0 ms relativ zum Stimulus gleich Null gesetzt wurden. Die Messabschnitte von 900 ms (Bedingung mit kurze Pause) und 1000 ms (Bedingung mit lange Pause) nach Reizbeginn wurden entsprechend dem Stimulus (Standard, Deviant) sortiert und gemittelt. Eine Mismatch–Antwort ergab sich aus der Differenz zwischen Deviant– und der Standardantwort.

3.3.5 Parametrisierung

Für die spätere Berechnungen der mittleren Amplitude von Standard und Deviant wurden die Daten zunächst in 50 ms Zeitfenstern Schritten von 0 bis 850 ms betrachtet. Dafür wurde an 9 Elektroden (F3, F4, FZ, C3, C4, CZ, P3, P4, PZ) der Deviant- und Standardwert der positiven und negativen Gipfel für insgesamt 17 Zeitfenstern eingelesen. In der vorliegenden Arbeit wurden nach visueller Auswertung der Daten, sowie einer Signifikanzanalyse zwischen Standard und Deviant innerhalb der 50 ms Zeitfenster, die Zeitfenster um die Gipfel des grand average festgelegt.

Ereigniskorrelierte Potenziale lassen sich mittels Amplitude (Höhe des Ausschlages in μV) und Latenz (Zeit bis zum jeweiligen Auftreten der Amplitude in ms) beschreiben. Die Amplitude wird dabei als Messwert am maximalen Gipfelpunkt einer Kurve beschrieben (EKP Uni Trier, 2003) Innerhalb dieser Zeitfenster wurde für jeden Probanden jeweils die mittlere Amplitude und Latenz bestimmt. Für jeden Probanden erfolgte die Festlegung der maximalen Amplitude und der Latenz innerhalb der vorgegebenen Zeitabschnitte. Mittels einer univariaten Varianzanalyse (Analysis of Variance, ANOVA) konnten danach weitere Signifikanzanalysen durchgeführt werden.

3.3.6 Statistische Auswertung

Die Analyse erfolgte mit dem Software-Programm SPSS Version 12.0. Mögliche Zusammenhänge zwischen den EKP-Daten (z.B. Region) wurden durch eine univariate Varianzanalyse (Analysis of Variance, ANOVA) durchgeführt. Voraussetzung war eine Varianzhomogenität zwischen den einzelnen Faktoren. Zur Prüfung dieser Bedingung kam der Levene-Test zum Einsatz. Ergebnisse dieser Berechnungen werden im laufenden Text oder tabellarisch mit Hilfe des F-Wertes und der Irrtumswahrscheinlichkeit p (Signifikanz p) angegeben. Die Untersuchung der Alterseffekte, der topographischen Unterschiede sowie des Einflusses des Stimulusmaterials erfolgte mit einer entsprechenden Varianzanalyse mit der Funktion Messwiederholung. Voraussetzung für dieses Verfahren war die Homogenität der Korrelation zwischen den einzelnen Faktoren. Zur Kontrolle erfolgte der Mauchly-Sphärizitätstest. Bei einer Verletzung der Sphärizitätsannahme wurde eine Epsilon-Korrektur der Freiheitsgrade nach Greenhouse und Geisser durchgeführt. Die tabellarischen oder im Text angegebenen Signifikanzniveaus werden mit bereits korrigierten Freiheitsgraden angegeben.