

Zusammenhang zwischen der Lateralisation aufgrund interauraler Zeit- und Pegeldifferenzen und kortikal evozierten Potenzialen (MMN)

Jörg Damaschke, Michael Granzow, Helmut Riedel, Birger Kollmeier

AG Medizinische Physik Oldenburg

email: joerg@medi.physik.uni-oldenburg.de

Zusammenfassung:

Mit Hilfe von psychoakustischen und elektroenzephalographischen Messverfahren wird der Zusammenhang zwischen der wahrgenommenen Lateralisation (aufgrund interauraler Pegeldifferenz (ILD) und interauraler Zeitdifferenz (ITD)) einerseits und der elektroenzephalographischen Größe der Mismatch Negativity (MMN) andererseits untersucht. Dabei stellt sich die Frage, inwiefern diese interauralen Parameter bei den hier erfassten Stationen der Hörbahn unabhängig voneinander verarbeitet werden oder nicht, d.h. bereits miteinander verrechnet werden. Dazu wurden bei den Messungen unterschiedliche Kombinationen aus interauralen Zeit- und Pegeldifferenzen verwendet, die jeweils dieselbe wahrgenommene Lateralisation hervorrufen.

Die Ergebnisse zeigen, dass psychoakustisch gleich beurteilte Stimuli unterschiedliche Potenzialverläufe generieren können. Es deutet sich demnach eine abhängige Verarbeitung interauraler Zeit- und Pegeldifferenzen an. Eine völlig unabhängige Verarbeitung der Parameter ILD und ITD kann durch die Ergebnisse ausgeschlossen werden. Der psychoakustisch gemessene Lateralisationseffekt scheint daher auf einer späteren Station der Hörbahn zu entstehen, als durch die MMN erfasst wird.

Zur genaueren Bestimmung der Art der Abhängigkeiten zwischen den Parametern sind weitere Messungen notwendig.

Einleitung

Interaurale Pegel- (ILD) und Zeitdifferenzen (ITD) sind die wesentlichen physikalischen Parameter, die das auditorische System auf zentraler Ebene zur Lokalisation von Signalen auswertet. Bei der Darbietung akustischer Stimuli über Kopfhörer werden die Signale auf einer Linie zwischen den Ohren lateralisiert [1], [2]. Bietet man einer Versuchsperson (VP) ein Signal auf dem linken Ohr etwas lauter (ILD) und/oder etwas früher an (ITD), verschiebt sich die Wahrnehmung zur linken Seite. Die Wirkungen von ILD und ITD können sich entweder einander unterstützen oder einander entgegenwirken. Die den dargestellten psychoakustischen Versuchen zugrundeliegende Fragestellung war, welche ITD und ILD dieselben Lateralisationen bewirken (Das Verhältnis zwischen sich entsprechenden ILDs und ITDs wird im Allgemeinen mit dem time-intensity-ratio (TIR) angegeben.) und welche intra- und interindividuellen Unterschiede dabei auftreten. Mit den aus diesen Ergebnissen konstruierten Stimuli wurden EEG-Messungen unter Verwendung des sogenannten Mismatch-Paradigmas durchgeführt. Dabei wurde der VP eine Sequenz, bestehend aus einem sich oft wiederholenden sogenannten Standardreiz und einem ab und zu den Standardreiz ersetzenden sogenannten devianten (abweichenden) Reiz, angeboten. Das Gehirn generiert bei der Erkennung eines von einem Standardreiz abweichenden Reizes eine Potenzialkomponente (die Mismatch Negativity (MMN), die man nach [3] erhält, wenn man die Antworten auf den Standardstimulus von denen auf den devianten Stimulus subtrahiert), die unter anderem anzeigt, zu welchem Zeitpunkt die vom Standard abweichende Signaleigenschaft verarbeitet wird [4]. Bei diesen elektroenzephalographischen Untersuchungen wurde insbesondere die Fragestellung berücksichtigt, inwiefern die Informationen bezüglich ILD und ITD zum Zeitpunkt der Mismatch-Negativity (MMN: ca. 100 bis 200 ms nach Stimulus-onset) unabhängig voneinander verarbeitet werden oder nicht, bzw. ob zu diesem Zeitpunkt bereits eine Integration über diese Informationen stattgefunden hat.

Psychoakustik

Methoden

Versuchspersonen: Es nahmen fünf männliche, audiologisch unauffällige (d.h. normalhörende; Audiogramm im Bereich zwischen 0,125 und 8 kHz unter 20 dB Hörverlust) Versuchspersonen im Alter von 25 bis 35 Jahren an den Messungen teil. Alle hatten Erfahrungen mit psychoakustischen Experimenten.

Stimuli: Gemessen wurde mit einer Druckpulsfolge von insgesamt 950 ms Länge und einem Pegel von 50, 60 bzw. 70 dB nHL (normal hearing level). Diese enthielt 20 Rechteckpulse von etwa 0.1 ms Länge (die genaue Länge eines Einzelpulses beträgt 4 samples, was bei einer Abtastfrequenz von 48 kHz einer Dauer von 83 μ s entspricht), die jeweils 50 ms voneinander getrennt waren. Ein Schema dieser Pulsfolge ist in Abb. 1 zu sehen.

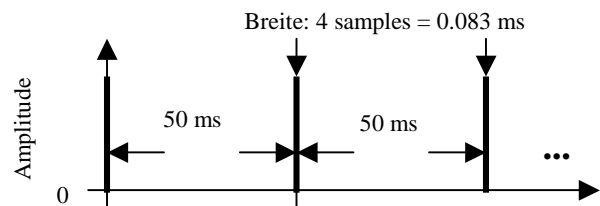


Abb. 1: Schema des Stimulus der psychoakustischen Versuche.

Messparadigmen: Es wurden zwei unterschiedliche Messmethoden zur Ermittlung des TIR angewendet:

matching: Dem Referenzsignal wird eine ITD von 400 μ s (eine ILD von 10 dB) aufgeprägt. Die VP prägt durch ihre Antworten eines 2-AFC-Verfahrens dem Testsignal eine so große ILD (ITD) auf, dass sich die Wahrnehmungen von Test- und Referenzsignal bezüglich der Lateralisation entsprechen (rechts lateralisiert).

trading: Dem Testsignal wird eine ITD von 400 μ s (ILD von 10 dB) aufgeprägt. Die VP prägt durch ihre Antworten eines 2-AFC-Verfahrens dem Testsignal zusätzlich eine ILD (ITD) auf, so dass sich die Wirkungen von ILD und ITD kompensieren und Test- und Referenzsignal bezüglich der Lateralisation dieselbe Wahrnehmung hervorrufen (aus der Mitte).

Ergebnisse:

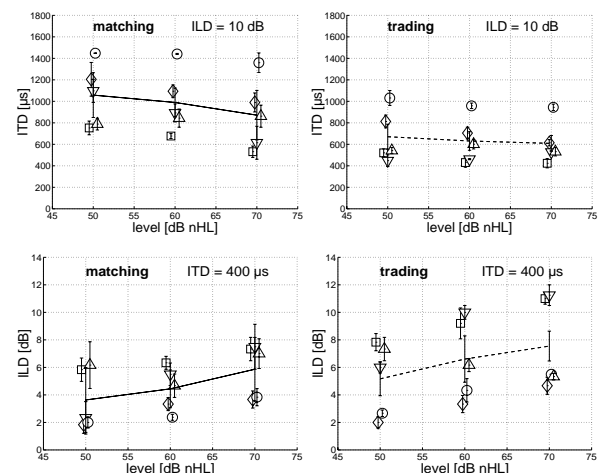


Abb. 2: Dargestellt sind die individuellen Daten der matching- und trading-Versuche sowie deren Mittelwert und Standardabweichung.

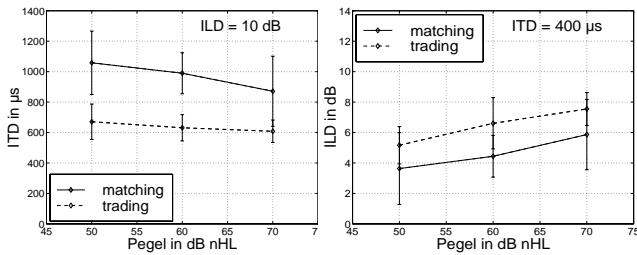


Abb. 3: Vergleich der Mittelwerte der matching-Versuche (durchgezogene Linie) und der trading Versuche (gestrichelte Linie). **Links:** Vorgabe der IL. **Rechts:** Vorgabe der ITD.

Die Ergebnisse der psychoakustischen Versuche sind in den Abb. 2 bis 4 dargestellt. Abb.2 zeigt vor allem die großen *interindividuellen* Unterschiede im Gegensatz zu den vergleichbar geringen *intraindividuellen* Unterschieden der Messwerte. Die Messwerte der einzelnen VPen sind demnach gut reproduzierbar, weichen aber untereinander stark voneinander ab. Es zeigt sich bei der Vorgabe einer IL von 10 dB eine Abwärtstendenz mit zunehmendem Pegel sowohl bei den trading- als auch bei den matching-Versuchen. Diese wird bei der Vorgabe einer ITD von 400 µs zur Aufwärtstendenz. Abb.3 zeigt den Vergleich der jeweiligen Mittelwerte und somit die Unterschiedlichkeit der beiden Bestimmungsmethoden des TIRs. Dieser Unterschied wird insbesondere in Abb. 4 durch die Darstellung der aus den Messwerten resultierenden TIRs verdeutlicht.

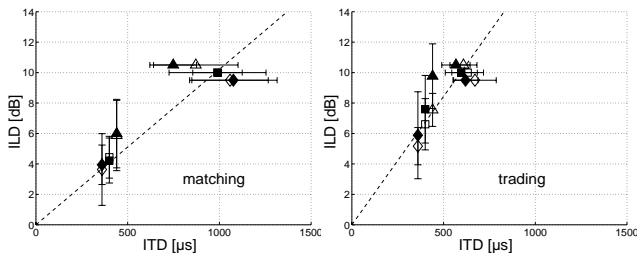


Abb. 4: Darstellung der aus den Messwerten resultierenden time-intensity-ratios.

Akustisch evozierte Potenziale

Methoden

Versuchspersonen: Es nahmen die gleichen fünf Versuchspersonen der psychoakustischen Versuche teil.

Stimuli: Es wurde mit einem binauralen Puls gemessen, dem eine ILD und/oder ITD aufgeprägt ist (vgl. Abb. 5).

Datenaufnahme: Es wurden die Daten an 32 Punkten des Kopfes (10-20-System) mit einer Abtastrate von 50 kHz erhoben. Sämtliche Berechnungen wurden offline durchgeführt. Vor der Mittelung wurden die Epochen mit einer Amplitude von mehr als 25 µV aussortiert, die übrigen Epochen wurden anschließend mit einem IIR-Filter 4. Ordnung von 2 bis 20 Hz bandpassgefiltert.

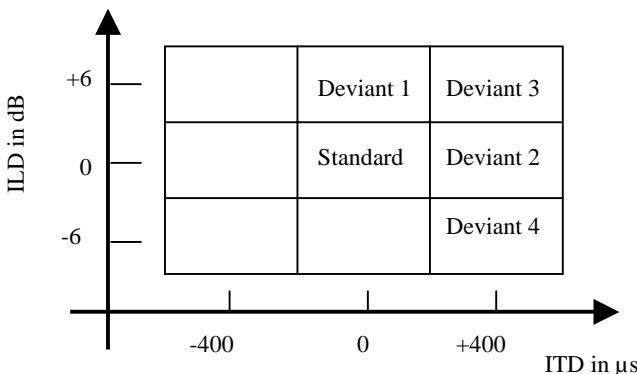


Abb. 5: Schema der Parameter ILD und ITD der fünf Stimuli der psychoakustischen Versuche.

Ergebnisse

In Abb.6 sind die durch die unterschiedlichen Devianten zustande kommenden MMN-Komponenten des Kanals P₇ (linker Hinterkopf) dargestellt. Die beiden oberen MMN-Komponenten (Deviant 1: ILD-MMN und Deviant 2: ITD-MMN) zeigen deutliche Abweichungen voneinander, obwohl die verwendeten Stimuli in den psychoakustischen Versuchen gleich beurteilt wurden. Aus der Tatsache, dass sich die MMN-Komponenten des 3. und 4. Devianten unterscheiden und die MMN nur eine absolute Abweichung kodiert, lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass zum Zeitpunkt der MMN die Parameter ILD und ITD nicht unabhängig voneinander verarbeitet werden. Würden die Informationen bezüglich ILD und ITD unabhängig voneinander verarbeitet werden, wären MMN Komponenten der Devianten 3 und 4 gleich, da sie sich nur durch das Vorzeichen der ILD unterscheiden, was die MMN nicht kodiert. Außerdem würden sich die MMN-Komponenten des 3. und 4. Devianten durch die Summe der MMN-Komponenten des 1. und 2. Devianten ergeben, was offensichtlich nicht der Fall ist.

Es gibt demnach eine Abhängigkeit bei der Verarbeitung der Parameter ILD und ITD zum Zeitpunkt der MMN. Der psychoakustisch gemessene Lateralisationseindruck scheint zu einem späteren Zeitpunkt als dem der MMN zu entstehen, da sich die MMN-Komponenten psychoakustisch gleich beurteilter Stimuli unterscheiden.

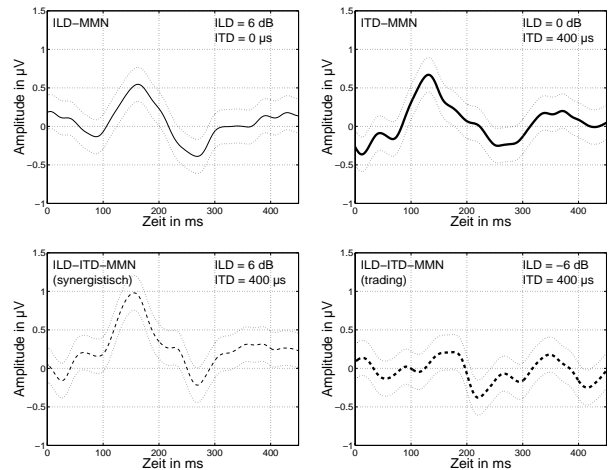


Abb. 6: Einzelkanaldarstellung der aus den vier Devianten folgenden MMNs mit Standardabweichung. **Links oben:** MMN des ILD Devianten. **Rechts oben:** MMN des ITD Devianten. **Links unten:** MMN des ILD-ITD Devianten (Wirkungen unterstützen sich). **Rechts unten:** MMN des ILD-ITD Devianten (Wirkungen heben sich auf - trading). Eine genaue Beschreibung der Devianten zeigt Abb. 5.

Literatur

- [1] Algom, D., Adam, R. und Cohen-Raz, L. (1988). Binaural summation and lateralization of transients: A combined analysis. *J. Acoust. Soc. Am.*, 84(4): 1302-1315.
- [2] Kinkel, M. (1990). Zusammenhang verschiedener Parameter des binauralen Hörens bei Normal- und Schwerhörigen. *Dissertation*, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fachbereiche der Georg-August-Universität zu Göttingen.
- [3] Näätänen, R., Gaillard, A. W. K. und Mäntysalo, S. (1978). Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, 42:313:329.
- [4] Erich Schröger, C. Wolff (1997). Fast preattentive processing of location: a functional basis for selective listening in humans. *Neuroscience Letters*, 232: 5-8.