



---

Year: 2010

---

## Elektrophysiologische Korrelate von beeinträchtigtger musikalischer Klang-Wahrnehmung bei Cochlea-Implantat-Trägern

Sandmann, P; Kegel, A; Eichele, T; Dillier, N; Lai, W K; Bendixen, A; Debener, S; Jäncke, Lutz;  
Meyer, Martin

**Abstract:** Viele Träger eines Cochlea-Implantats (CI) können Sprache gut diskriminieren, während die Musik-Wahrnehmung mit einem CI oftmals beklagt wird. Schlechte Musik-Wahrnehmung bei CI-Trägern kann durch den defizitären Input des CIs erklärt werden, weil Informationen zur Frequenz und zeitlichen Feinstruktur nur begrenzt durch das CI übermittelt werden (Drennan und Rubinstein, 2008). Die Wirksamkeit des CIs hängt jedoch nicht nur von der Qualität des CI-Signals ab, sondern auch von der Anpassung des zentralen auditorischen Systems an den Input des CIs. Nach der Implantation müssen die neuen, elektrischen Signale des CIs vom Gehirn verstanden werden, was oftmals ein intensives Hörtraining voraussetzt. Die Prozesse dieser neuronalen Adaptation sind insbesondere im Hinblick auf den musikalischen Input erst wenig erforscht (Sandmann et al., 2009). Es ist bis heute nicht bekannt, ob die technische Beschränkung des CIs die einzige Ursache für limitiertes Hören bei CI-Trägern ist, oder ob schlechtes Empfinden bei Musik-Wahrnehmung auch eine messbare Entsprechung im Gehirn hat. Könnte es sein, dass sich Musik für CI-Träger nicht allein deshalb so schlecht anhört, weil sie mit ‚schlechteren‘ Reizen auskommen müssen, sondern eben auch, weil ihre Gehirne die Reize anders verarbeiten? Um eine Antwort auf diese Frage zu bekommen, untersuchten wir in unserer Studie CI-Träger und Normalhörende mit Elektroenzephalographie (EEG) und Verhaltenstests. Wir verwendeten ein Mismatch-Negativity (MMN) Paradigma um die auditorische Diskriminations-Fähigkeit der Probanden unabhängig von ihrer Aufmerksamkeit zu untersuchen (Pakarinen et al., 2007).

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-46014>

Conference or Workshop Item

Originally published at:

Sandmann, P; Kegel, A; Eichele, T; Dillier, N; Lai, W K; Bendixen, A; Debener, S; Jäncke, Lutz; Meyer, Martin (2010). Elektrophysiologische Korrelate von beeinträchtigtger musikalischer Klang-Wahrnehmung bei Cochlea-Implantat-Trägern. In: 13. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Audiologie, Frankfurt, 17 March 2010 - 20 March 2010.

# Elektrophysiologische Korrelate von beeinträchtiger musikalischer Klang-Wahrnehmung bei Cochlea-Implantat-Trägern

*Pascale Sandmann<sup>1,2</sup>, Andrea Kegeß<sup>3</sup>, Tom Eichele<sup>4</sup>, Norbert Dillier<sup>3</sup>, Waikong Lai<sup>3</sup>, Alexandra Bendixen<sup>5</sup>, Stefan Debener<sup>2</sup>, Lutz Jäncke<sup>1</sup>, Martin Meyer<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Universität Zürich, Psychologisches Institut, Abteilung Neuropsychologie, Schweiz

<sup>2</sup> Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Psychologisches Institut, Abteilung Neuropsychologie, Deutschland

<sup>3</sup> Universitätsspital Zürich, ORL-Klinik, Schweiz

<sup>4</sup> Universität Bergen, Abteilung für biologische und medizinische Psychologie, Norwegen

<sup>5</sup> Universität Leipzig, Psychologisches Institut I, Deutschland

**Schlüsselwörter: Cochlea-Implantat (CI), Musik-Wahrnehmung, Mismatch-negativity (MMN), zentrale Verarbeitung, neuronale Plastizität**

## Einleitung

Viele Träger eines Cochlea-Implantats (CI) können Sprache gut diskriminieren, während die Musik-Wahrnehmung mit einem CI oftmals beklagt wird. Schlechte Musik-Wahrnehmung bei CI-Trägern kann durch den defizitären Input des CIs erklärt werden, weil Informationen zur Frequenz und zeitlichen Feinstruktur nur begrenzt durch das CI übermittelt werden (Drennan und Rubinstein, 2008). Die Wirksamkeit des CIs hängt jedoch nicht nur von der Qualität des CI-Signals ab, sondern auch von der Anpassung des zentralen auditorischen Systems an den Input des CIs. Nach der Implantation müssen die neuen, elektrischen Signale des CIs vom Gehirn verstanden werden, was oftmals ein intensives Hörtraining voraussetzt. Die Prozesse dieser neuronalen Adaptation sind insbesondere im Hinblick auf den musikalischen Input erst wenig erforscht (Sandmann et al., 2009). Es ist bis heute nicht bekannt, ob die technische Beschränkung des CIs die einzige Ursache für limitiertes Hören bei CI-Trägern ist, oder ob schlechtes Empfinden bei Musik-Wahrnehmung auch eine messbare Entsprechung im Gehirn hat. Könnte es sein, dass sich Musik für CI-Träger nicht allein deshalb so schlecht anhört, weil sie mit ‚schlechteren‘ Reizen auskommen müssen, sondern eben auch, weil ihre Gehirne die Reize anders verarbeiten? Um eine Antwort auf diese Frage zu bekommen, untersuchten wir in unserer Studie CI-Träger und Normalhörende mit Elektroenzephalographie (EEG) und Verhaltenstests. Wir verwendeten ein Mismatch-Negativity (MMN) Paradigma um die auditorische Diskriminations-Fähigkeit der Probanden unabhängig von ihrer Aufmerksamkeit zu untersuchen (Pakarinen et al., 2007).

## Material und Methodik

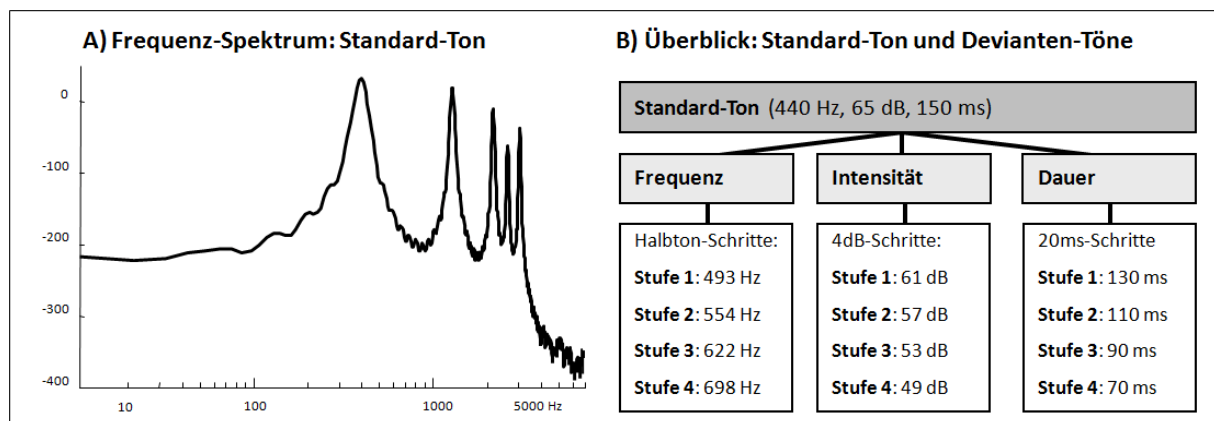
An unserer Studie nahmen 12 erwachsene, postlingual ertaubte CI-Träger (Tabelle 1) und 12 Normalhörende teil. Alle CI-Träger waren mit dem Nucleus-System implantiert und verwendeten einen Freedom-Prozessor (Patrick et al., 2006). Für die EEG-Messung verwendeten wir 63 Elektroden (Nasenreferenz, Abtastrate 1000 Hz) und zwei verbundene BrainAmp-Verstärker (Brainproducts, <http://www.brainproducts.de>). Während der EEG-Aufnahme hörten die Probanden eine Sequenz von kurzen (150 ms), synthetischen Klarinetten-Tönen. Die Stimulation erfolgte in beiden Gruppen monaural über den Kopfhörer (Normalhörende) oder den Audioeingang des Sprachprozessors (CI-Träger). Der Pegel der Töne wurde mittels einer Lautheits-Skalierung auf einen lauten, aber angenehmen Pegel eingestellt (zwischen 60 und 70 dB).

Die Probanden hörten einen Standard-Klarinetten-Ton ( $p = 0.5$ ;  $F_0=440$  Hz;  $F_3=1320$ ;  $F_5=2200$ ;  $F_6=2640$ ;  $F_7=3080$  Hz) (Figur 1). Die seltenen Devianten-Töne ( $p = 0.04$ ) unterschieden sich vom Standard-Ton entweder in Frequenz (zunehmend), Intensität (abnehmend) oder Dauer (abnehmend), wobei es für jeden von diesen drei Devianten-Typen vier Abweichungs-Stufen gab (Stufe 1 – Stufe 4). Die 12 verschiedenen Devianten-Töne wurden pseudo-randomisiert in einer Sequenz von Standard-Tönen präsentiert (für genauere Informationen zum MMN-Paradigma siehe auch Pakarinen et al., 2007). Um die CI-Träger und Normalhörenden in einer adäquaten Reiz-Situation vergleichen zu können, wurden die Normalhörenden zusätzlich in einer Bedingung mit prozessierten CI-simulierten Klarinetten-Tönen getestet. Ausserdem wurden die CI-Träger und Normalhörenden nach der EEG-Messung mit einem Verhaltenstest untersucht, um einen Verhaltens-Index für die auditorische Diskriminations-Fähigkeit zu messen. Bei diesem ‘three-alternative-forced choice task’ wurden die Probanden aufgefordert, den Devianten-Ton durch einen entsprechenden Tastendruck anzugeben.

Proband	Geschlecht	Alter	Implantation	Stimuliertes Ohr	Ätiologie	Dauer der Ertaubung (Jahre)	CI-Tragzeit (Monate)	Tragzeit zweites CI (Monate)	Oldenburger Satztest (dB)
1	männlich	56	unilateral	rechts	progressiv	1	46*	-	2.1
2	weiblich	60	bilateral	links und rechts	kongenital	1	85*	79*	links: -9 rechts: -6.7
3	weiblich	52	bilateral	rechts	progressiv	15	14*	195	-4.7
4	weiblich	47	unilateral	links	progressiv	2	50*	-	nicht messbar
5	männlich	70	unilateral	rechts	progressiv	1	67*	-	-2.3
6	weiblich	55	bilateral	links und rechts	kongenital	7	156*	40*	links: -4.5 rechts: -2.5
7	männlich	69	unilateral	links	progressiv	2	102*	-	-0.2
8	männlich	65	bilateral	links	plötzliche Ertaubung	13	38*	240	5
9	männlich	52	unilateral	rechts	progressiv	1	54*	-	-10.5
10	männlich	42	unilateral	rechts	Meningitis	4	12*	-	-4.3
11	weiblich	38	unilateral	rechts	progressiv	1	12*	-	-8
12	weiblich	58	unilateral	rechts	progressiv	1	18*	-	-7

\* Das entsprechende CI wurde beim Experiment stimuliert

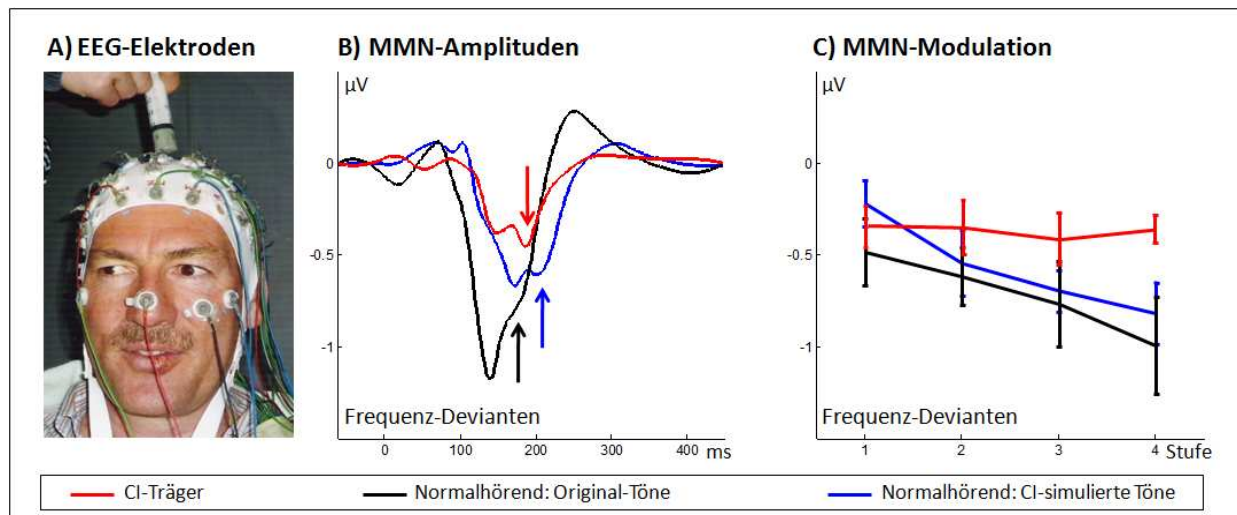
Tabelle 1: Übersicht über die Versuchspersonen mit CI. Die mit dem Stern (\*) markierten CIs wurden beim Experiment stimuliert.



Figur 1: (A) Frequenz-Spektrum des Standard-Klarinetten-Tons, bestehend aus einer Grundfrequenz und vier Obertönen. (B) Überblick über die präsentierten Stimuli. Neben einem Standard-Ton hörten die Probanden 12 verschiedene Devianten-Töne, welche sich vom Standard-Ton entweder in Frequenz, Intensität oder Dauer unterschieden. Für diese drei Devianten-Typen (Frequenz, Intensität, Dauer) gab es jeweils vier verschiedene Abweichungs-Stufen. Die Abweichungen vom Standard-Ton erfolgten in Halbton-Schritten (Frequenz-Devianten), 4dB-Schritten (Intensitäts-Devianten) und in 20ms-Schritten (Dauer-Devianten). Stufe 1 = kleinster Unterschied, Stufe 4 = grösster Unterschied zwischen Standard und Deviant.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass CI-Träger musikalische Klänge anders verarbeiten als Normalhörende. Konkret erzeugten CI-Träger kleinere MMN-Amplituden als Normalhörende für verschiedene Devianten-Typen (Figur 2), was auf eine geringere auditorische Diskriminations-Fähigkeit bei CI-Trägern im Vergleich zu Normalhörenden hinweist. Dieser Gruppen-Unterschied war auch dann zu finden, wenn die Normalhörenden mit CI-simulierten Tönen getestet wurden. Weiter zeigten die Normalhörenden für Original- und CI-simulierte Töne eine Modulation der MMN-Amplituden, das heisst, sie generierten grössere (d.h. negativere) MMN-Amplituden für grössere Abweichungen vom Standard-Ton. Im Gegensatz zu den Normalhörenden zeigten jedoch CI-Träger keine Modulation der MMN-Amplitude über die vier Abweichungs-Stufen (Figur 2). Gruppen-Unterschiede wurden auch in den Verhaltenstests gefunden, wobei CI-Träger im Vergleich zu Normalhörenden weniger korrekte Antworten und längere Reaktionszeiten aufwiesen. Weiter zeigten die Korrelations-Analysen einen Zusammenhang zwischen der Dauer der Ertaubung und der Grösse von MMN-Amplituden bei CI-Trägern.



Figur 2: Messung der Mismatch-Negativity (MMN). (A) Ein Proband bei der Vorbereitung von 63 Elektroden für die EEG-Messung. (B) Die MMN-Amplituden für die Frequenz-Devianten gemittelt über die vier Abweichungs-Stufen und 6 frontale Elektroden (F1, Fz, F2, FC1, FCz, FC2). Die Potentialkurven sind separat für CI-Träger (rote Linien) und Normalhörende (schwarze Linien: Original-Töne; blaue Linien: CI-simulierte Töne) dargestellt. Die Pfeile zeigen die MMN-Komponente (Negativierung des Potentials) für die entsprechende Gruppe und Bedingung an. (C) Modulation der MMN-Amplitude über die vier Abweichungs-Stufen bei Frequenz-Devianten. Es sind die Mittelwerte ( $\pm 1$  Standardfehler) der MMN-Amplituden separat für CI-Träger (rote Linien) und Normalhörende (schwarze Linien: Original-Töne; blaue Linien: CI-simulierte Töne) dargestellt. Stufe 1 = kleinster Unterschied, Stufe 4 = grösster Unterschied zwischen Standard und Deviant.

## Diskussion

In dieser Studie untersuchten wir mit EEG und Verhaltenstests die Diskrimination von musikalischen Klängen bei CI-Trägern und Normalhörenden. Die Resultate zeigen bei CI-Trägern im Vergleich zu Normalhörenden eine schlechtere Performanz und kleinere MMN-Amplituden, was darauf hinweist, dass CI-Träger musikalische Klänge hinsichtlich Frequenz, Lautstärke und Dauer schlechter voneinander unterscheiden als Normalhörende. Weiter zeigen unsere Ergebnisse eine Modulation der MMN-Amplitude bei Normalhörenden aber nicht bei CI-Trägern, was wir als reduzierte Sensitivität für kleine akustische Unterschiede bei CI-Trägern interpretieren. Unsere Ergebnisse stimmen mit früheren Erkenntnissen aus reinen Verhaltensstudien überein, wonach mit CI bloss eine beeinträchtigte auditorische Diskriminations-Fähigkeit und eine verminderte Musik-Wahrnehmung gegeben ist (Drennan und Rubinstein, 2008; Gfeller et al., 2005). Andererseits weisen unsere Ergebnisse darauf hin, dass CI-Träger musikalische Klänge im Vergleich auch schlechter unterscheiden, wenn Normalhörende mit CI-simulierten Tönen getestet werden. Daraus folgern wir, dass sich Unterschiede in der Musik-Wahrnehmung zwischen CI-Trägern und Normalhörenden nicht allein auf den technisch reduzierten Reiz des CIs reduzieren lassen, sondern dass sie vielmehr auch mit neuronalen Unterschieden zu erklären sind. Neuronale Veränderungen bei CI-Trägern ermöglichen eine Anpassung an die neue Reiz-Situation nach der Implantation. Offenbar spielen aber nicht nur die Adaptationsleistungen *nach* der Implantation eine wichtige Rolle für die Wirksamkeit des CIs. Die vorliegenden Ergebnisse weisen darauf hin, dass auch die neuronale Adaptation *vor* der Implantation (an die spärliche oder fehlende Reizsituation) einen Einfluss auf die musikalische Klangwahrnehmung mit CI haben kann.

## Zusammenfassung

MMN-Messungen und Verhaltenstests haben gezeigt, dass CI-Träger musikalische Klänge anders verarbeiten als Normalhörende. CI-Träger können musikalische Klänge schlechter voneinander unterscheiden als Normalhörende, selbst wenn Normalhörende mit CI-simulierten Tönen getestet werden. Daraus folgern wir, dass sich schlechte Musik-Wahrnehmung bei CI-Trägern nicht allein auf den technisch reduzierten Reiz des CIs reduzieren lässt, sondern dass vielmehr auch neuronale Adaptations-Strategien *vor* (Anpassung an den fehlenden Input) und *nach* der Implantation (Anpassung an das neue, künstliche CI-Signal) einen wichtigen Einfluss auf die Musik-Wahrnehmung bei CI-Trägern haben.

## Literatur

- Drennan WR, Rubinstein JT (2008) Music perception in cochlear implant users and its relationship with psychophysical capabilities. *Journal of Rehabilitation Research & Development* 45, 779-790.
- Gfeller K, Olszewski C, Rychener M, Sena K, Knutson JF, Witt S, Macpherson B (2005) Recognition of "real-world" musical excerpts by cochlear implant recipients and normal-hearing adults. *Ear & Hearing* 26, 237-250.

Pakarinen S, Takegata R, Rinne T, Huotilainen M, Naatanen R (2007) Measurement of extensive auditory discrimination profiles using the mismatch negativity (MMN) of the auditory event-related potential (ERP). *Clinical Neurophysiology* 118, 177-185.

Patrick JF, Busby PA, Gibson PJ. (2006) The development of the Nucleus Freedom Cochlear implant system. *Trends in Amplification* 10, 175-200.

Sandmann P, Eichele T, Buechler M, Debener S, Jancke L, Dillier N, Hugdahl K, Meyer M (2009) Evaluation of evoked potentials to dyadic tones after cochlear implantation. *Brain* 132, 1967-1979.