

Die Verarbeitung von selbst-produzierten und fremd-induzierten Fehlern bei Musikern

Clemens Maidhof¹, Niki Vavatzanidis^{1,2}, Martina Rieger¹, Wolfgang Prinz¹ & Stefan Koelsch¹

¹Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften, Leipzig
²Universität Osnabrück, Institut für Kognitionswissenschaft
 maidhof@cbs.mpg.de



MAX PLANCK INSTITUTE FOR COGNITIVE AND NEUROSCIENCE LEIPZIG

Einleitung

Musiker können als motorische Experten angesehen werden, bei denen Handlungs-Effekt-Beziehungen durch jahrelanges Training stark ausgeprägt sind (Drost et al., 2005, 2005a; Sloboda, 2005). Aufgrund der Komplexität eines musikalischen Aktes ist die konstante Überwachung der eigenen Handlungen durch auditorische, visuelle und

taktile Handlungseffekte von Bedeutung, um Fehler zu detektieren und gegebenenfalls zu korrigieren. Die vorliegende Studie untersuchte die neurophysiologischen Korrelate von Prozessen der Fehlererkennung und deren Zeitverläufe mittels Ereignis-korrelierten Potentialen (EKPs).

Methode

Versuchsteilnehmer:

12 Studenten der Hochschule für Musik und Theater in Leipzig (Hauptfach: Klavier) nahmen an der Studie teil (Altersdurchschnitt: 23,7 Jahre). Die Versuchsteilnehmer hatten im Durchschnitt 18,7 Jahre Klavierunterricht.

Material:

Die Stimuli bestanden aus Tonleitern und tonleiterähnlichen Tonmustern (s. auch Abb. 1) in unterschiedlichen Tonarten (C-Dur, D-Dur, E-Dur, Fis-Dur, G-Dur und H-Dur).

Experimentelles Design und Aufgabe:

Das Experiment bestand aus einer Handlungs- und einer Wahrnehmungs-Bedingung, die abwechselnd im Experiment vorkamen.

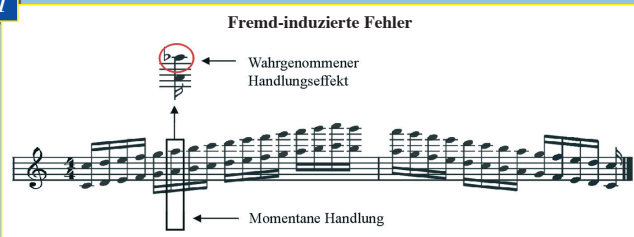
In der Handlungs-Bedingung bestand die Aufgabe darin, die Tonfolgen mit verbundenen Augen auf einem E-Piano beidhändig zu spielen. Alle 40 bis 60 produzierten Noten (zufällige Position) wurde die zurückgemeldete Tonhöhe der gespielten Note um einen Halbton erniedrigt („induzierter Fehler“, s. Abb. 1).

In der Wahrnehmungs-Bedingung wurden den Probanden die gleichen Stimuli vorgespielt, die sie in der Handlungs-Bedingung selber produzieren sollten. Analog wurde auch hier alle 40 bis 60 Noten die Tonhöhe um einen Halbton erniedrigt. Die Aufgabe bestand darin, still alle Manipulationen mitzuzählen.

Datenakquisition und -Analyse:

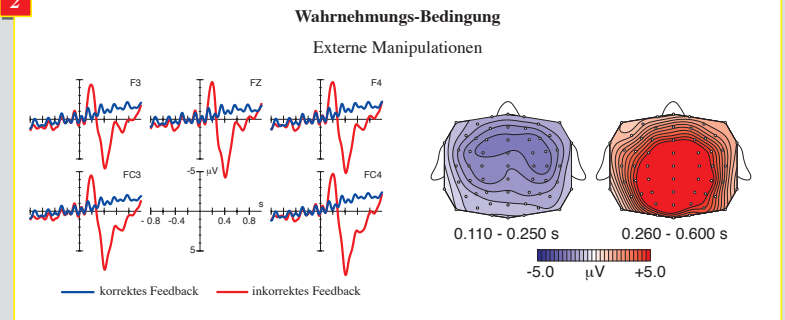
Das EEG wurde mit 64 Schädielektroden des erweiterten 10-20 Systems aufgezeichnet (zusätzliches EOG). Anschließend wurden die EEG-Daten auf das arithmetische Mittel der beiden Mastoid-Elektroden referenziert, gefiltert (0,25-25 Hz, FIR, Bandpass) und Artefakte automatisch zurückgewiesen. Die EKPs auf induzierte Fehler (und Manipulationen in der Wahrnehmungs-Bedingung), eigene Spielfehler und korrekte Noten wurden für einen Zeitraum von -800 ms (vor Tastendruck) bis 1000 ms (nach Tastendruck) ermittelt. EKPs wurden mit Varianzanalysen mit Messwiederholung analysiert.

1



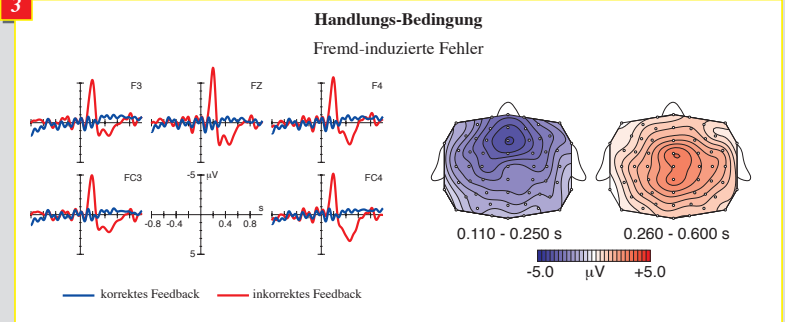
Ergebnisse

2



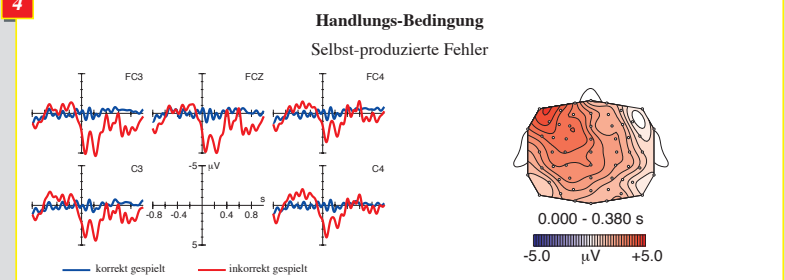
Die Ergebnisse zeigen, dass Manipulationen in der Wahrnehmungs-Bedingung eine frühe Negativierung und eine spätere Positivierung evozierten (Abb. 2).

3



Fremd-induzierte Fehler evozierten in der Handlungs-Bedingung eine frühe „Feedback Error-related Negativity“ (Feedback-ERN) und eine spätere Positivierung (Abb. 3). Die Amplitude der Feedback-ERN und der frühen Negativierung unterschied sich nicht zwischen den beiden Bedingungen, die Amplitude der Positivierung war in der Wahrnehmungs-Bedingung größer als in der Handlungs-Bedingung.

4



Vorläufige Ergebnisse der eigenen Spielfehler zeigten, dass sie eine frühe Positivierung evozierten, die schon vor dem Tastendruck beginnt und bei ca. 50 ms nach dem Tastendruck ihr erstes Maximum erreicht (Abb. 4).

Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte die neuronalen Korrelate der Fehlerdetektion bei Musikern. Induzierte Fehler lösten in der Handlungs-Bedingung eine Feedback-ERN aus. Nach der Theorie des Verstärkungslernen der ERN wird diese Komponente dann evoziert, wenn das Ergebnis eines Events schlechter als erwartet ausfällt (s. Nieuwenhuis et al., 2004). Analoge Manipulationen der Tonhöhe in der Wahrnehmungs-Bedingung lösten ebenfalls eine frühe Negativierung aus. Diese ähnelt zwar der Feedback-ERN, es ist aber zu vermuten, dass es sich dabei um eine N2b-

Komponente handelt, die mit Erkennung eines Zielreizes in Verbindung gebracht wird (vgl. Novak, 1990). Um welche der beiden Komponenten es sich handelt, muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden. Der Unterschied der späten Positivierung könnte aus den unterschiedlichen Aufmerksamkeitsleistungen in beiden Bedingungen resultieren. Vorläufige Ergebnisse der eigenen Spielfehler der Pianisten zeigten eine Positivierung, die schon vor dem Tastendruck beginnt. Dies könnte ein Hinweis dafür sein, dass neuronale Mechanismen der Fehlerverarbeitung bei Pianisten schon vor der voll-

ständig ausgeführten Bewegung ablaufen (s. auch Rabbit, 1978). Zudem scheint das auditorische Feedback für Pianisten nur eine geringe Rolle für die Erkennung eigener Fehler zu spielen.

Referenzen

Drost, U. C., Rieger, M., Brass, M., Gunter, T. C., Prinz, W. (2005). Action-effect coupling in pianists. *Psychological Research*, 69(4), 233-241.
 Drost, U. C., Rieger, M., Braß, M., Gunter, T. C., & Prinz, W. (2005). When hearing turns into playing: movement induction by auditory stimuli in pianists. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58(8), 1376-389.
 Nieuwenhuis, S., Holroyd, C. B., Mol, N., Coles, M.G.H (2004). Reinforcement-related brain potentials from medial frontal cortex: origins and functional significance. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 28, 441-448.
 Novak, G. P., Ritter, W., Vaughan, H.G. & Witznitzer, M. L. (1990). Differentiation of negative event-related potentials in an auditory discrimination task. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 75(4), 255-275.
 Rabbit, P.M. (1978). Detection of errors by skilled typists. *Ergonomics*, 21.
 Sloboda, J.(2005). Exploring the musical mind. Oxford University Press.