

6 Ergebnisse: Differentielle Konditionierung und LFP im AL

Um Veränderungen im LFP zu untersuchen, wurden die folgenden Parameter betrachtet: Die Latenz, bzw. Onset-Zeit einer duftinduzierten Oszillation im LFP, die Amplitude der Oszillation und Veränderungen in den Frequenzbändern. Das LFP reflektiert die Massenaktivität neuronaler Ensembles. Änderungen in den genannten Parametern könnten somit die Ergebnisse der MUA-Auswertung ergänzen.

Abb.79 zeigt die mittleren Onset-Zeiten für die 3 Trials der Prekonditionierung und die 3 Trials der Testphase für CS+, CS- und Ctrl über alle Tiere. Da beispielsweise für den 2. Trial des CS- in der Testphase nur 8 signifikante duftinduzierte LFP-Antworten auftraten, ist es schwierig, den Unterschied zwischen CS+ und CS- in diesem Fall zu verallgemeinern. Es ist kein signifikanter Unterschied in den Onset-Zeiten für die 3 Stimuli von Prekonditionierung zu Test festzustellen.

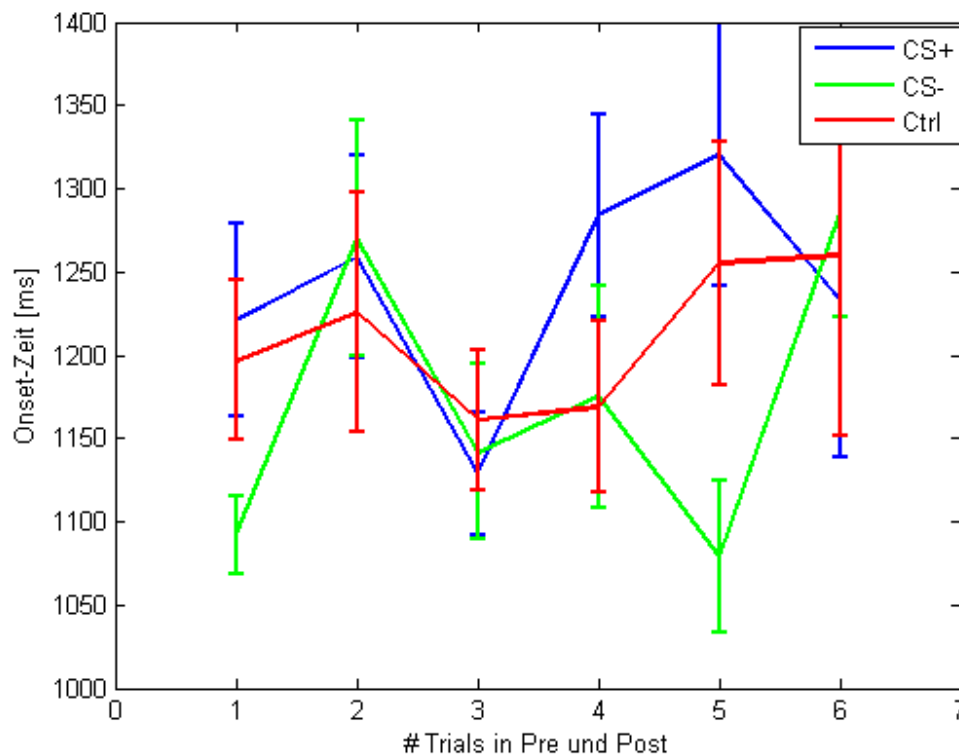


Abbildung 79: Mittelwerte der Onset-Zeiten duftinduzierter LFP-Antworten über alle N=23 Tiere. Trials 1-3 stellen die Prekonditionierungsphase dar, Trials 4-6 die Testphase. Der Stimulusbeginn lag bei 1000 ms

Auch in der Amplitude ist bei beiden abgeleiteten LFP-Spuren keine eindeutige Änderung nach der Konditionierung zu erkennen, wie Abb.80 zeigt.

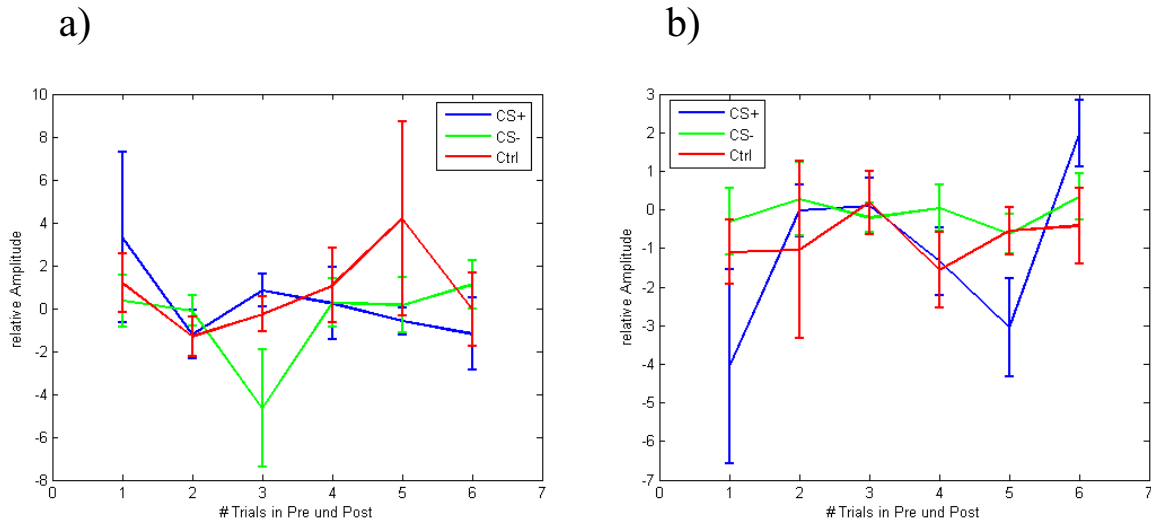
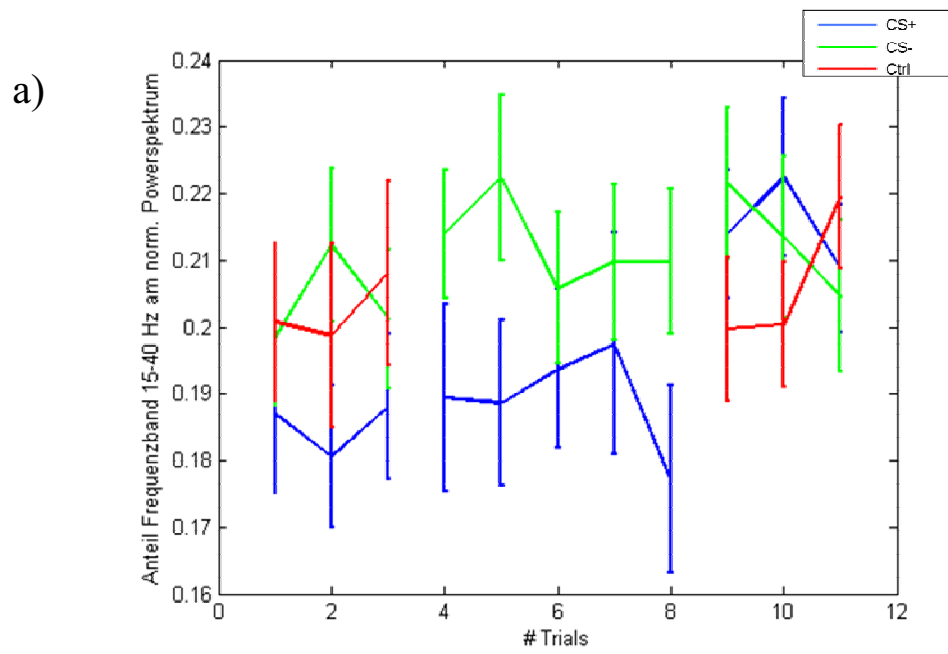


Abbildung 80: Relative Amplitude des LFP über alle N=23 Tiere. (a): LFP-Kanal 1. (b): LFP-Kanal 2. Trials 1-3 stellen die Prekonditionierungsphase dar, Trials 4-6 die Testphase. Der mittlere Wert der LFP-Amplitude wurde für das Zeitfenster der 1. 500 ms nach Stimulusbeginn berechnet und danach durch den mittleren Wert der LFP-Amplitude für ein Zeitfenster 500 ms vor Stimulusbeginn geteilt

Als nächstes wurde die Frage gestellt, ob und wie sich bestimmte Frequenzkomponenten im LFP durch die Konditionierung verändern. Für die Zeitdauer der Duftgaben wurde eine FFT vorgenommen und die Fläche unter dem Powerspektrum auf 1 normiert. Abb.81 a) zeigt den Anteil des Frequenzbereiches 15-40 Hz an dieser normierten Fläche für CS+, CS- und Kontrollstimulus über die einzelnen Trials des Experimentes.



b)

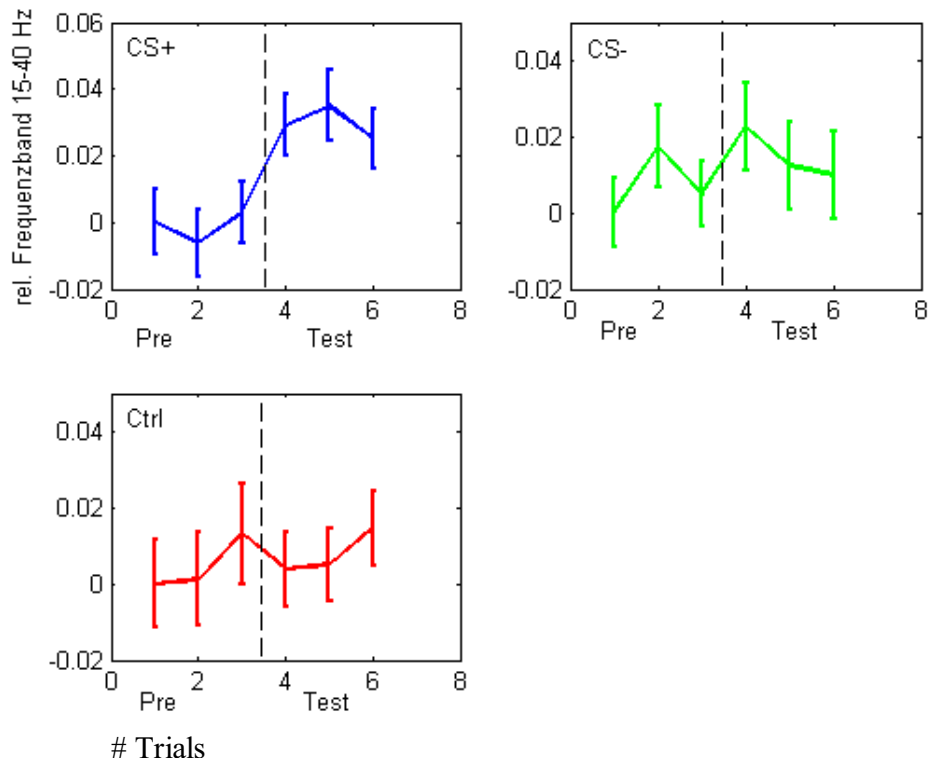


Abbildung 81: (a): Anteil des 15-40 Hz-Bandes am auf 1 normierten Powerspektrum des LFP für CS+, CS- und Ctrl über alle N=23 Tiere und alle Trials in Prekonditionierung (1-3), Konditionierung (4-8) und Test (9-11). Zeitfenster während der Duftgabe 0-500 ms nach Stimulusbeginn. (b): Relativer Vergleich aller Trials in Prekonditionierung und Test mit dem auf 0 normierten 1. Trial. Selbe Parameter wie in (a)

Es ist in Abb. 81 für den CS+ ein signifikanter Anstieg des Frequenzanteils 15-40 Hz am auf 1 normierten Powerspektrum in der Testphase zu erkennen ($p=0,016$, Kruskal-Wallis-Test). Auch in Abb.81 b) ist zu erkennen, dass in der Mehrzahl der Fälle der Frequenzgehalt 15-40 Hz zugenommen hat. Weiter fällt aber auch auf, dass die Werte in Abb.81 a) für den CS+ in der Prekonditionierung niedriger liegen als für CS- und Kontrollstimulus, wenn auch nicht signifikant. Dieses Phänomen ist im Test nicht mehr zu beobachten. In der Konditionierungsphase liegen die Werte für den CS+ ebenfalls niedriger als für den CS-. Eine mögliche Erklärung könnte darin liegen, dass mehrere Effekte miteinander vermischt sind. In den meisten Fällen (20 von 23) wurde der CS+ in der Prekonditionierung als erster Duft appliziert. Es ist möglich, dass sich die Reihenfolge auf das Antwortverhalten des LFP auswirkt; so etwa könnten mehrere Duftstimulationen eine Zunahme der Synchronität des antwortenden neuronalen Ensembles und damit eine Erhöhung des Frequenzanteils 15-40 Hz im LFP bedeuten (Stopfer, 1997). Dagegen spricht jedoch, dass kein gradueller Anstieg für die aufeinander folgenden Trials zu erkennen ist, sondern die Werte für CS+, CS- und Ctrl über die 3 Trials in der Prekonditionierung relativ konstant bleiben. Dies deutet auf eine Veränderung durch die Konditionierung hin. Betrachtet man die 3 Tiere, bei denen der CS- als erster Duft appliziert wurde (Abb.82), liegen die Werte für die 3 Trials in der Prekonditionierung nicht tiefer als für CS+ und Ctrl, allerdings ist die Anzahl der Tiere hier wesentlich geringer, so dass ein direkter Vergleich schwierig ist.

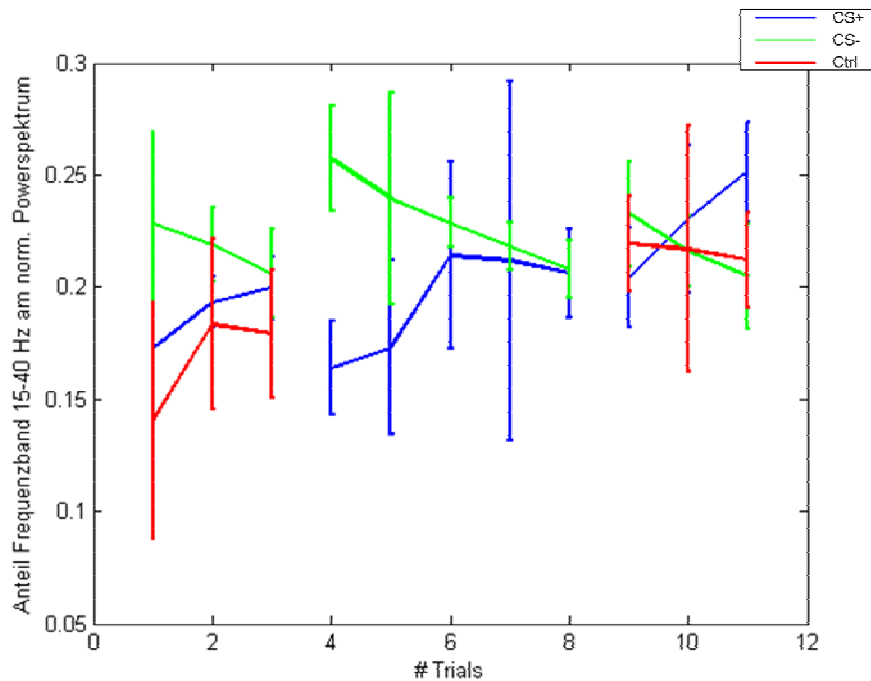


Abbildung 82: Anteil des 15-40 Hz-Bandes am auf 1 normierten Powerspektrum des LFP für CS+, CS- und Ctrl über die N=3 Tiere, bei denen der CS- als erster Duft appliziert wurde, und alle Trials in Prekonditionierung (1-3), Konditionierung (4-8) und Test (9-11). Zeitfenster während der Duftgabe 0-500 ms nach Stimulusbeginn.

Auch in Abb.82 fällt auf, dass in den ersten beiden Trials der Konditionierungsphase die Werte für den CS- höher liegen als für den CS+. Auch in der Konditionierungsphase ist in 20 von 23 Fällen der CS+ als erster Duft gegeben worden. Betrachtet man die 3 Tiere, in denen der CS- als erster Duft in der *Konditionierungsphase* gegeben wurde (Abb.83), so erkennt man, dass hier ein deutlicher Unterschied erst im 2. Trial der Konditionierung auftritt. Dies bedeutet, dass der Unterschied hier erst auftritt, *nachdem* die erste Paarung des US mit dem CS+ stattgefunden hat. Dies könnte somit ein weiterer Hinweis auf einen lernspezifischen Unterschied sein.

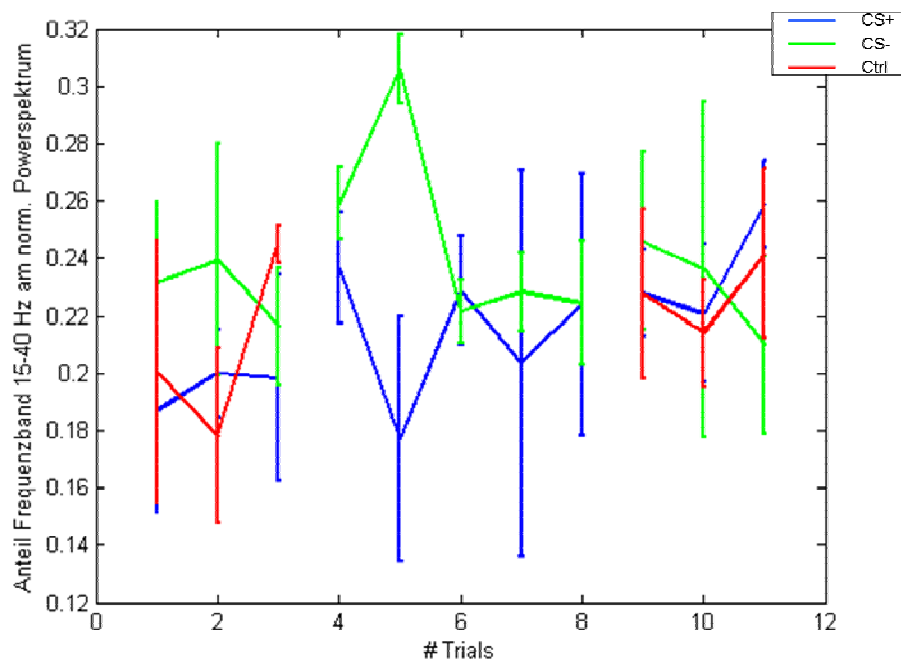


Abbildung 83: Anteil des 15-40 Hz-Bandes am auf 1 normierten Powerspektrum des LFP für CS+, CS- und Ctrl über die N=3 Tiere, bei denen der CS- als erster Duft in der Konditionierung appliziert wurde, und alle Trials in Prekonditionierung (1-3), Konditionierung (4-8) und Test (9-11). Zeitfenster während der Duftgabe 0-500 ms nach Stimulusbeginn.

Um auszuschließen, dass die Unterschiede in der Prekonditionierung duftspezifisch sind, wurden die Untergruppen, in denen der CS+ einen bestimmten Duft darstellte, gesondert betrachtet. Es konnte kein duftspezifischer Effekt gefunden werden, vielmehr zeigte sich

in allen Untergruppen ein ähnlicher Verlauf, wie in Abb.84 für die Beispiele 1-Hexanal und 2-Hexanon gezeigt.

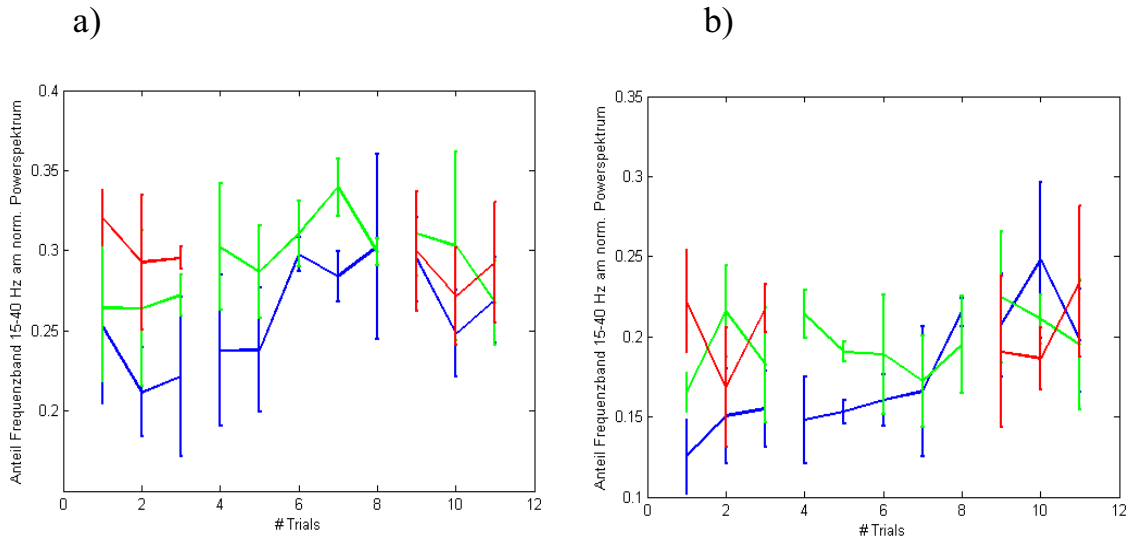


Abbildung 84: Anteil des 15-40 Hz-Bandes am auf 1 normierten Powerspektrum des LFP für CS+, CS- und Ctrl über alle Trials in Prekonditionierung (1-3), Konditionierung (4-8) und Test (9-11). Zeitfenster während der Duftgabe 0-500 ms nach Stimulusbeginn. (a) CS+ war 1-Hexanal, (b): CS+ war 2-Hexanon

Eine weitere, wahrscheinlichste Erklärung für den Unterschied zwischen CS+, CS- und Ctrl bereits in der Prekonditionierung ergibt sich, wenn man Abb.81 a) mit Abb.50 aus Kapitel 5 vergleicht. Auch dort ist im Mittel ein Unterschied in der Prekonditionierung zu erkennen. Die Raten für die später als CS+ verwendeten Düfte liegen leicht höher. Die Erklärung dort war eine unbewusste Vorselektion. Diese Selektion dürfte sich auch im LFP niedergeschlagen haben und verantwortlich sein für die unterschiedlichen Frequenzspektren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass für den CS+ ein signifikanter Anstieg des Frequenzanteils 15-40 Hz am auf 1 normierten Powerspektrum in der Testphase zu verzeichnen ist. In der Prekonditionierung ist aber dieser Frequenzanteil im Mittel etwas geringer als für CS- und Ctrl. Da der CS+ in 20 von 23 Fällen als erster Duftstimulus gegeben wurde, lässt sich die Vermischung eines Konditionierungseffektes mit einem Reihenfolgeeffekt nicht ausschließen. Da sich im Test die Niveaus dieses Frequenzanteils für CS+, CS- und Ctrl aber gleichen, ist ein reiner Reihenfolgeeffekt unwahrscheinlich.

Im Frequenzbereich 41-100 Hz ist ein gegenüber Abb.81 umgekehrter Effekt zu beobachten. Der Anteil am Powerspektrum sinkt für den CS+ gegenüber der Prekonditionierung. Zunächst ist dieses Ergebnis trivial, da es sich stets um normierte Powerspektren handelte. Da die Fläche unter diesem normierten Spektrum stets 1 sein muss, bewirkt ein Anstieg in einem Frequenzbereich automatisch einen Abfall in einem anderen. Da das LFP jedoch zwischen 10 und 100 Hz gefiltert wurde, der signifikante Anstieg für den CS+ nur in einem recht breiten Band 15-40 Hz erfolgte und im gesamten höherfrequenten Band bis 100 Hz ein Rückgang zu beobachten ist, deuten die Daten eher auf eine Verschiebung im LFP für den CS+ von höherfrequent zu niederfrequent hin als auf die Etablierung einer bestimmten dominanten Frequenz. Für einen Bandbereich zwischen 10 und etwa 18 Hz war hingegen kein Unterschied von Prekonditionierung zu Test zu beobachten.

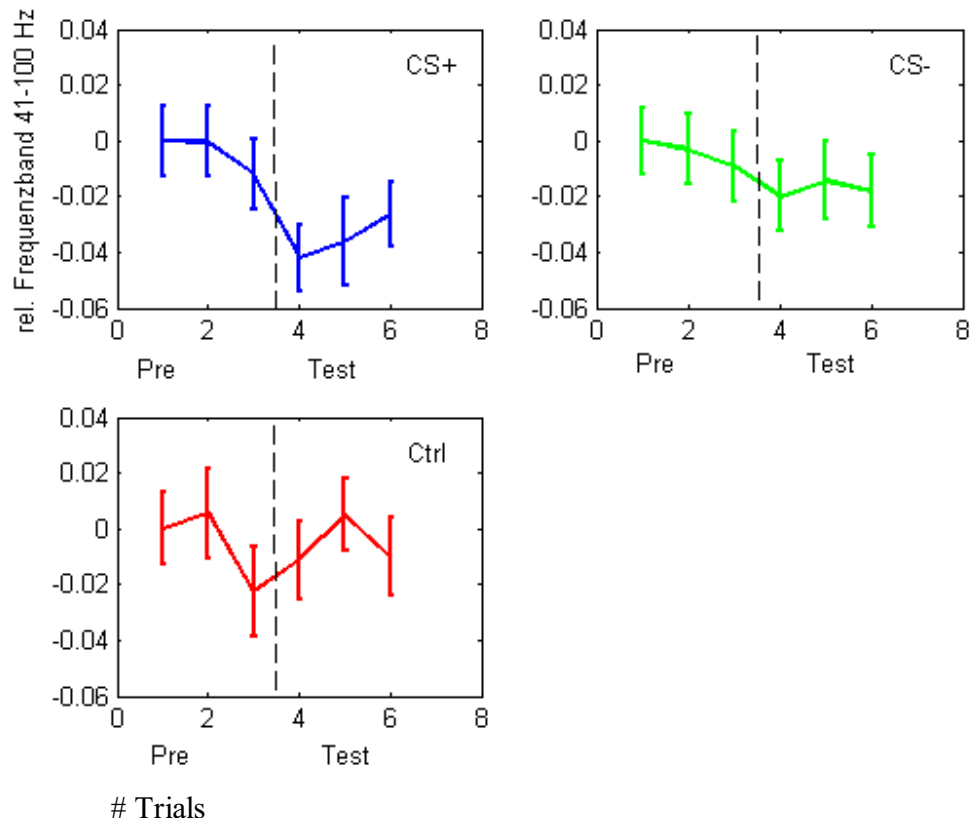


Abbildung 85: Relativer Vergleich aller Trials in Prekonditionierung und Test mit dem auf 0 normierten 1.Trial. Das LFP wurde zwischen 41 und 100 Hz gefiltert.