

9 Ergebnisse: Oszillationen des LFP im α -L

Im Unterschied zum AL wurde das lokale Feldpotential auf allen Kanälen aufgenommen, so dass zu jedem Spikekanal ein korrespondierender LFP-Kanal existiert. Die Filterungseinstellungen lagen zwischen 10 und 100 Hz.

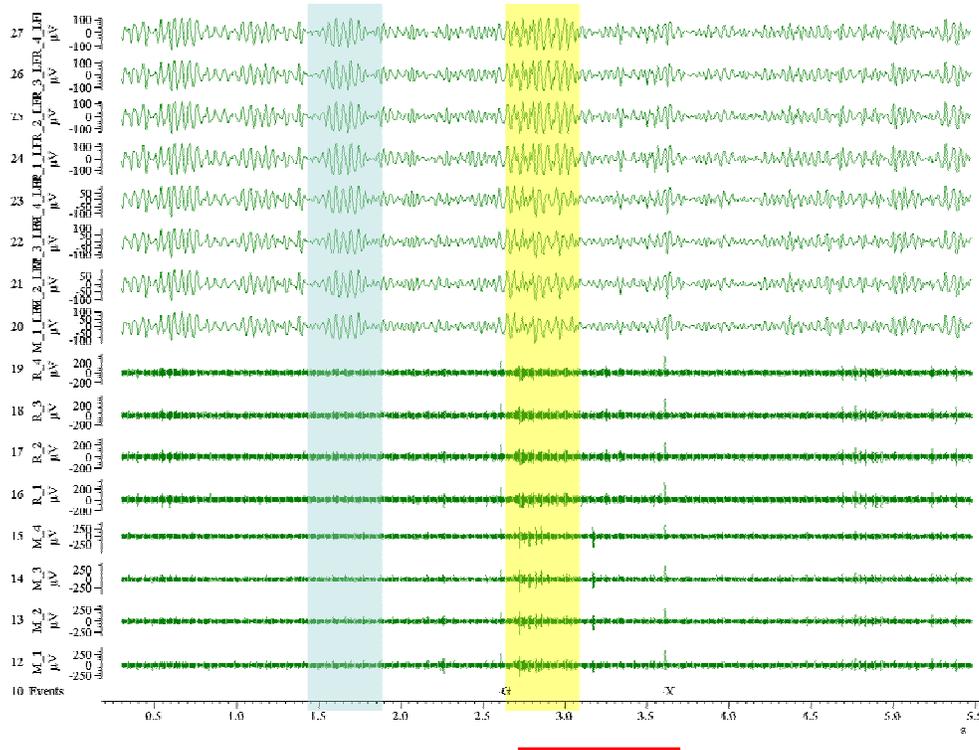
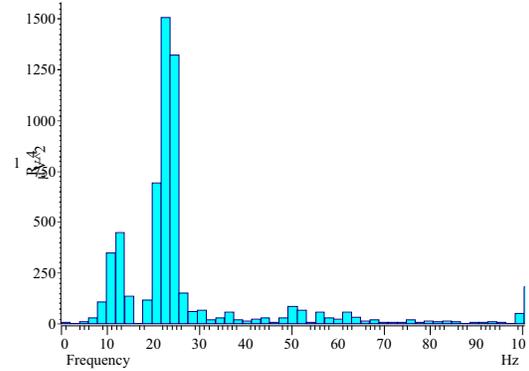
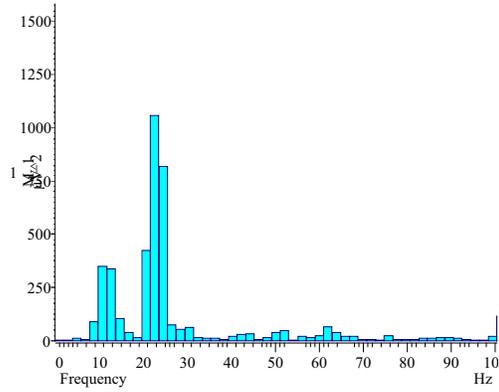


Abbildung 114: Beispiel für duftinduzierte (gelb unterlegt) und spontane (blau unterlegt) Oszillationen im α -L-Bereich (hier 1-Nonanol). Stimulusdauer 1 s. Die 8 oberen LFP-Kanäle sind hier zwischen 10 und 60 Hz gefiltert und entsprechen den unteren 8 Spikekanälen. Deutlich sind sowohl duftinduzierte Oszillationen auf allen LFP-Kanälen mit einer Länge von ca. 300 ms zu erkennen als auch spontan auftretende spindelförmige Oszillationen vor Stimulusbeginn

a)



b)

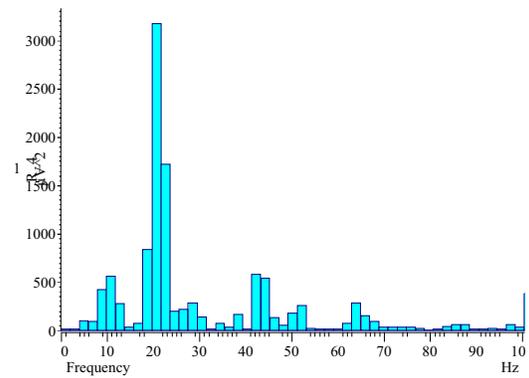
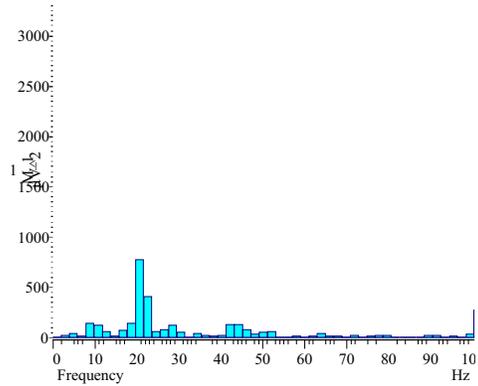


Abbildung 115: Powerspektren zweier LFP-Kanäle (jeweils links und rechts) aus Abb. ??. Der Abstand der zugehörigen 2 Elektroden betrug 100 μ m. (a): Powerspektren für die spontane Oszillation aus Abb. 114 (blau unterlegt). (b): Powerspektren für die duftinduzierte Oszillation aus Abb. 114 (gelb unterlegt).

Abb.116 verdeutlicht als Beispiel die unterschiedlichen Ableitpositionen der Multielektroden-Schäfte, die sowohl durch die Spikeaktivität als auch durch die LFP-Aktivität reflektiert werden konnten. Die oberen 4 Kanäle entsprachen den 4 Elektroden auf dem Schaft, der innerhalb der A4-Bande des α -L positioniert war, während die unteren 4 zum Schaft gehörten, der sich knapp außerhalb des α -L und außerhalb des Pilzkörpers befand.

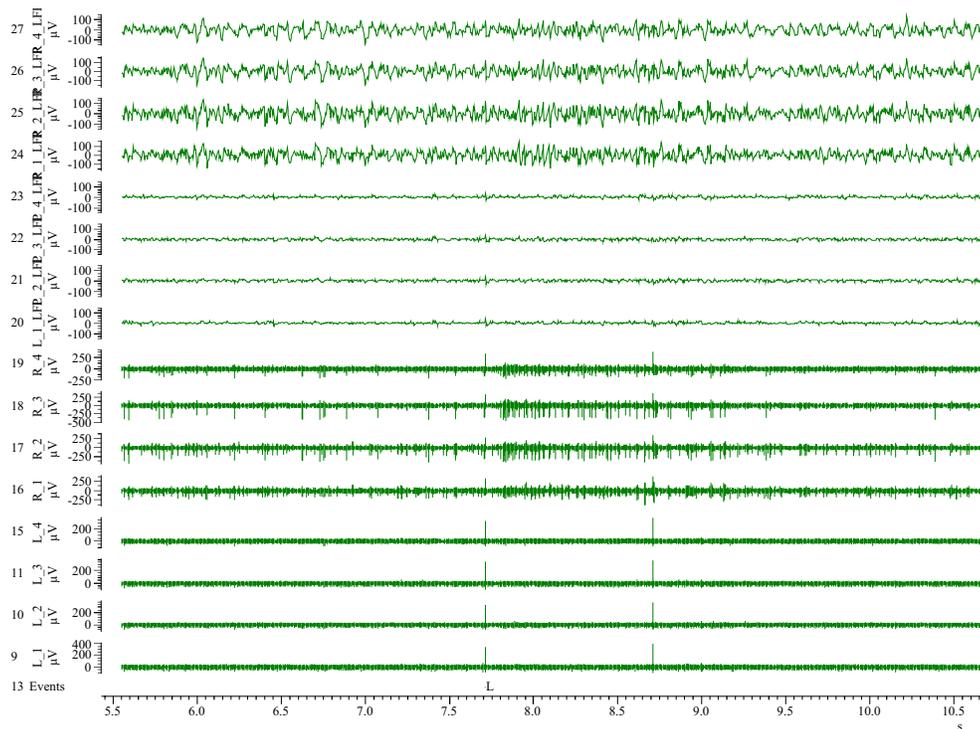


Abbildung 116: Weiteres Beispiel für LFP- und Spikeaktivität in der α -L-Region (Duftstimulus Pfefferminze). Die oberen 4 Kanäle entsprachen den 4 Elektroden auf dem Schaft, der innerhalb der A4-Bande des α -L positioniert war, während die unteren 4 zum Schaft gehörten, der sich knapp außerhalb des α -L und außerhalb des Pilzkörpers befand. Außerhalb des α -L ist weder LFP- noch Spikeaktivität erkennbar

9.1 Charakteristika der duftinduzierten Oszillationen

Analog zum AL wurde die Frage untersucht, in wie vielen Fällen überhaupt ein Duftstimulus eine Antwort im LFP hervorrief. Um etwaige lernspezifische Veränderungen auszuschließen, ist zunächst wieder nur die Prekonditionierungsphase der differentiellen Konditionierung in die Analyse eingegangen.

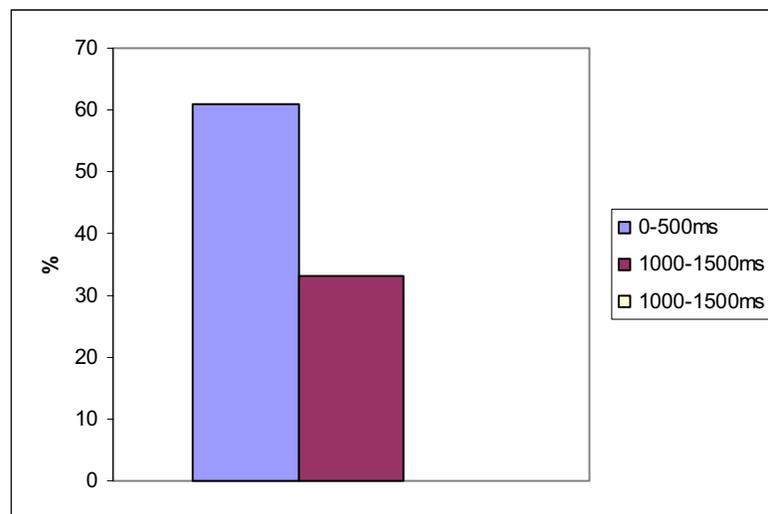


Abbildung 117: Prozentsatz der registrierten LFP-Kanäle, in denen eine Amplitudenänderung des LFP gegenüber Spontanaktivität aufgetreten ist. Einbezogen ist die Gesamtheit aller N=18 Tiere und alle Trials der Prekonditionierung über alle Düfte. In allen Fällen bestand die Änderung in der Vergrößerung der Amplitude

Duftstimulationen haben anhand dieses Kriteriums in 61% aller Fälle eine Amplitudenänderung innerhalb der ersten 500 ms nach Stimulusbeginn hervorgerufen. In den 2. 500 ms wurde in 33% aller Fälle eine Änderung beobachtet, während nach Stimulusende keine einzige Änderung mehr auftrat. Sämtliche Änderungen der Amplitude bestanden wie beim AL in einer Vergrößerung der Amplitude gegenüber Spontanaktivität. Die *Onset-Zeiten* duftinduzierter LFP-Oszillationen lagen im Durchschnitt bei 172 +/- 36 ms (Mittelwert +/- Standardfehler).

Fragt man nicht nach der Veränderung der Amplitude, sondern nach Verschiebungen dominanter Frequenzbänder, so lässt sich analog zum AL eine geringfügige, aber statistisch signifikante Verschiebung der mittleren dominanten Frequenz (größter Peak

im Powerspektrum) während der Stimulation beobachten, und dies sowohl für die Ableitposition im α -L als auch für die ungefähre Position am Austrittsbereich der A4-Neuronen aus dem Pilzkörper (Abb.118).

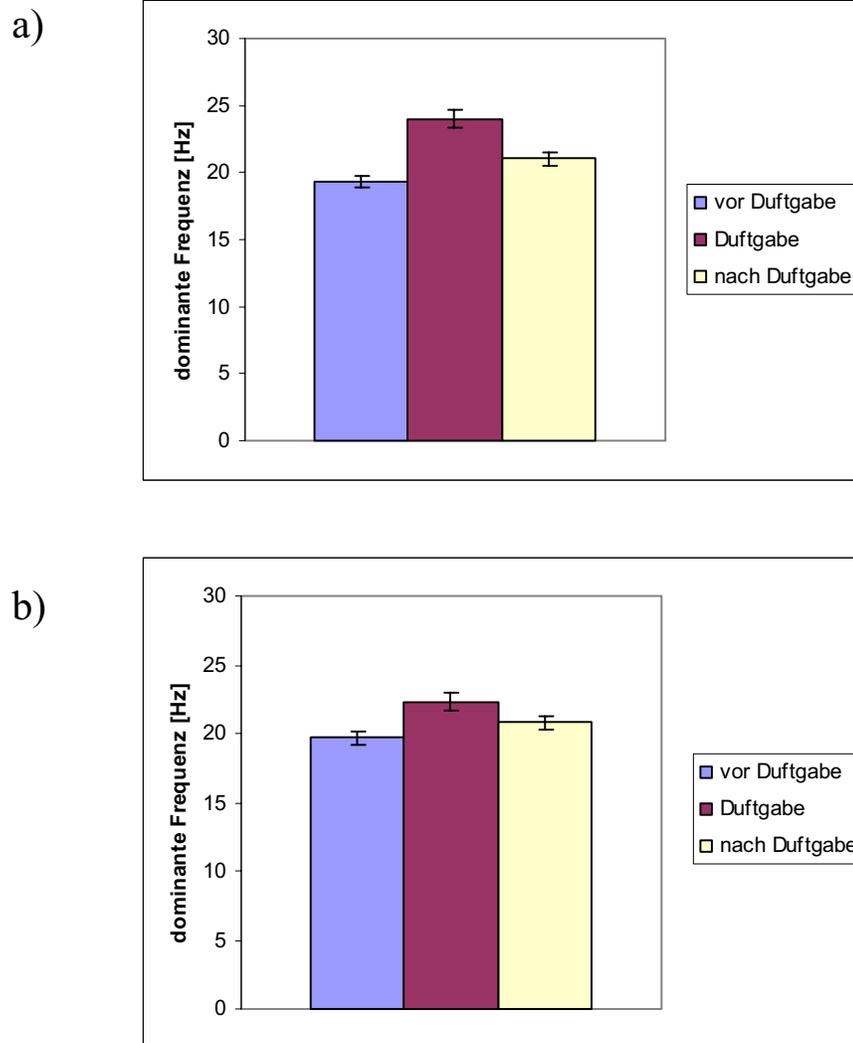


Abbildung 118: Die Duftstimulation bewirkt eine signifikante Verschiebung des dominanten Frequenzbandes im LFP. Aufgetragen ist für alle N=18 Tiere, alle Düfte und alle Trials der Prekonditionierung der Mittelwert der dominanten Frequenzen der LFPs während 1 s vor Stimulusbeginn, während Stimulation und während 1 s nach Stimulusende. (a): Ableitposition im α -L. Verschiebung der dominanten Frequenz von 19,3 \pm 0,4 Hz vor Duftstimulation zu 24 \pm 0,6 Hz während Stimulation (p=0.004, Kruskal-Wallis). (b): Ableitposition am Austrittsbereich der A4-Neurone. Verschiebung der dominanten Frequenz von 19,7 \pm 0,5 Hz vor Duftstimulation zu 22,3 \pm 0,6 Hz während Stimulation (p=0.004, Kruskal-Wallis).

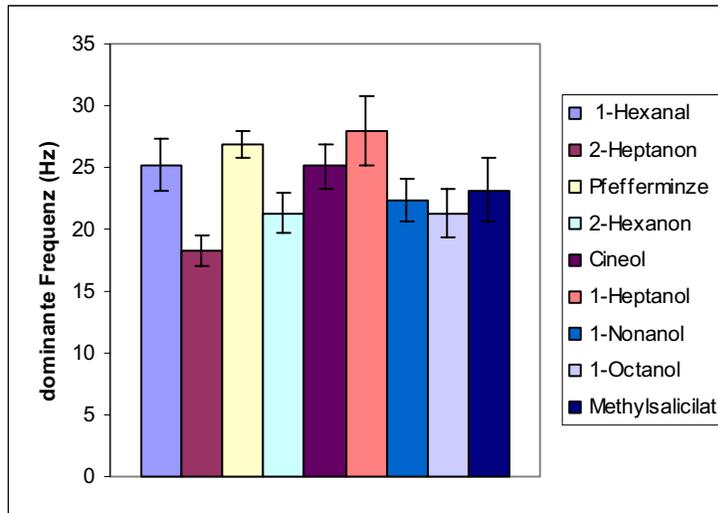
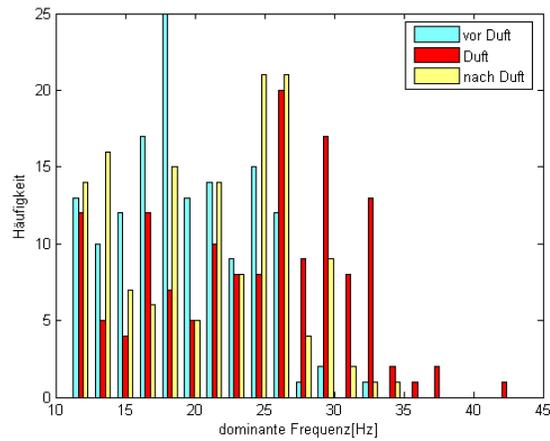


Abbildung 119: Die mittlere dominante Frequenz *während* Duftgabe zeigt für die getesteten Düfte keine signifikanten Unterschiede. Mittelung über alle Tiere, alle Düfte und alle Trials der Prekonditionierung

a)



b)

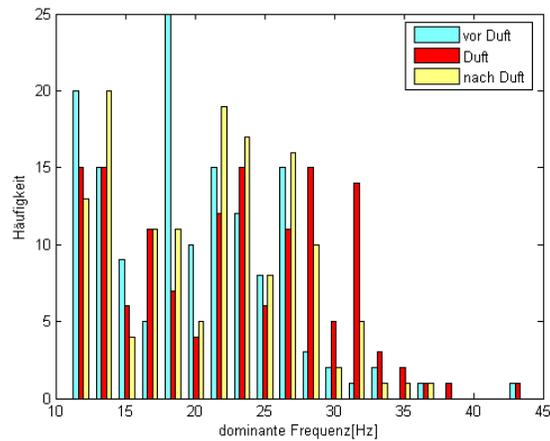


Abbildung 120: : Histogramme der Verteilung der dominanten Frequenzen über alle N=23 Tiere, alle Düfte und Trials der Prekonditionierung. Aufteilung in Spontanaktivität 1s vor Duftgabe, während Duftgabe (1s Dauer) und Zeitfenster 1s nach Stimulusende. (a): Ableitposition im α -L. (b): Ableitposition am Austrittsbereich der A4-Neurone. An beiden Ableitorten ist die Verschiebung zu höheren dominanten Frequenzen während der Duftgabe zu erkennen

Die folgenden Beispiele zeigen wieder einige duftvozierte Oszillationen des LFP im Ausgangsbereich des α -L. Die Charakteristiken dieser beobachteten Oszillationen unterscheiden sich nicht von denen des AL. Allgemein waren die Amplituden des LFP innerhalb des α -L größer als außerhalb.

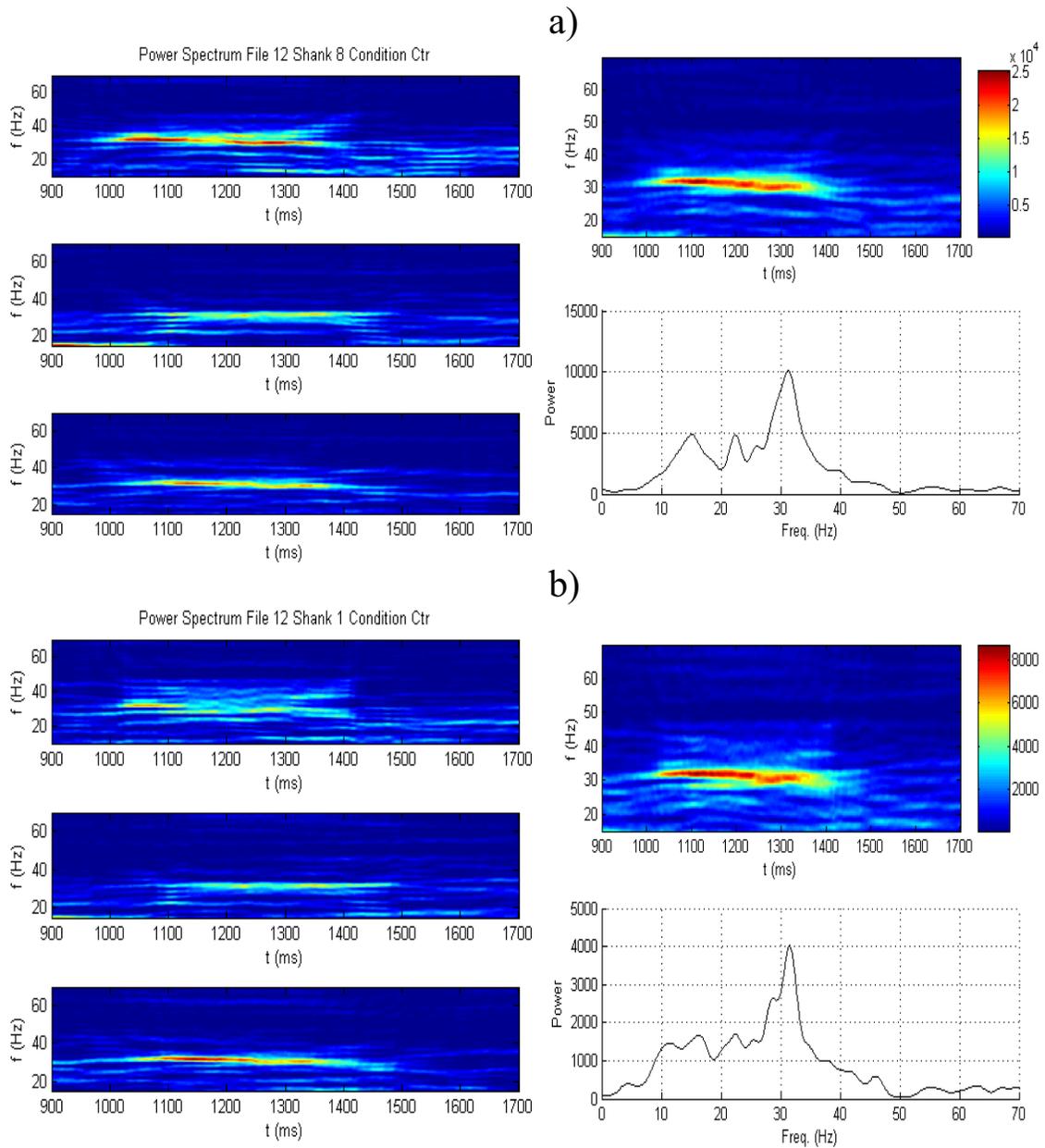
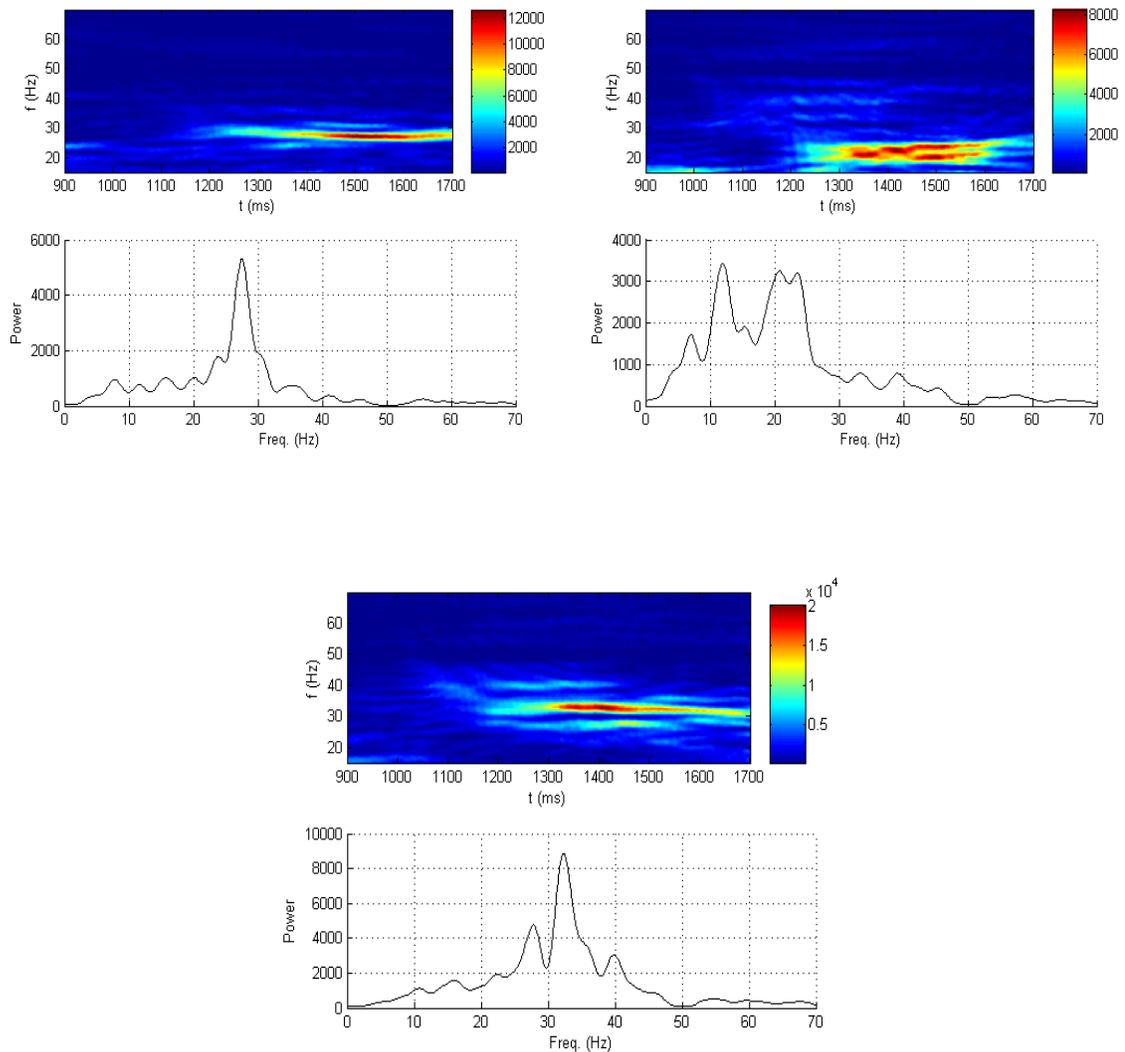


Abbildung 121: Powerspektren mit gleitendem Fenster von 200 ms Länge über eine Zeitdauer von 100 ms vor Duftgabe (900 ms auf der x-Achse) bis 700 ms nach Stimulusbeginn. Duftstimulus war 1-Octanol. Farbcodiert sind die Amplituden der Frequenzanteile (y-Achse) aufgetragen. Links dargestellt sind die beiden simultan im Abstand von 100 μm aufgenommenen LFP-Kanäle ((a) und (b)) mit den 3 Trials eines Duftes (Cineol). Beim 1. Trial ist eine duftvezierte Oszillation mit mehreren Frequenzbändern zu erkennen, die unmittelbar nach Stimulusbeginn beginnt und ca. 400 ms andauert. Die über alle 3 Trials gemittelten Powerspektren über den Gesamtzeitraum der Duftgabe zeigen eine dominante Frequenz bei 31 Hz (rechts). Es ist zu erkennen, dass sich die Oszillationen nur in ihrer Amplitude voneinander

a)



b)

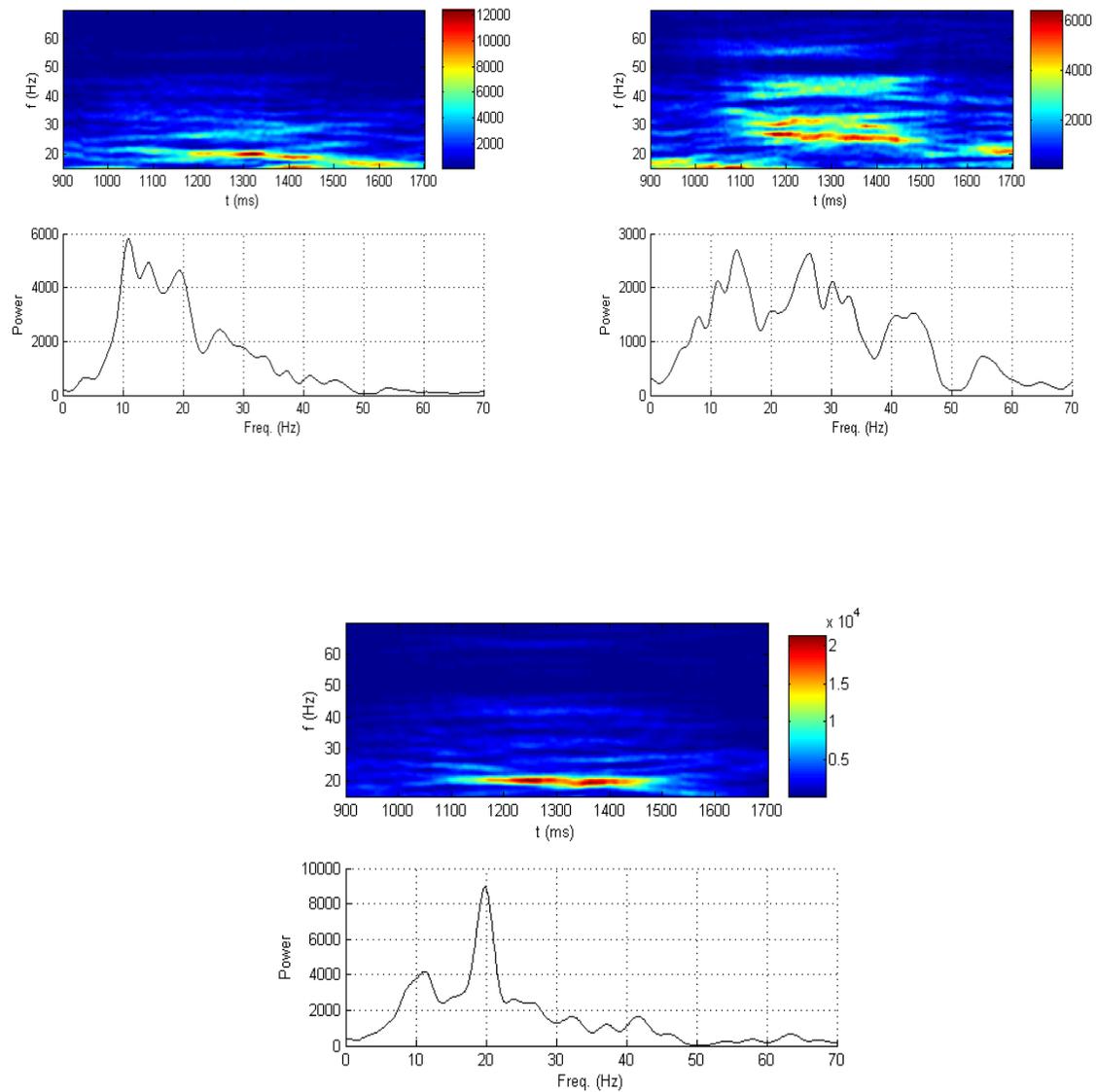


Abbildung 122: Über die 3 Trials der Prekonditionierung gemittelte Powerspektren für denselben Duft in jeweils 3 verschiedenen Tieren. a): Pfefferminze, b): 1-Octanol. Es ist zu erkennen, dass sich die induzierten Oszillationen auf denselben Duft in verschiedenen Tieren voneinander unterscheiden

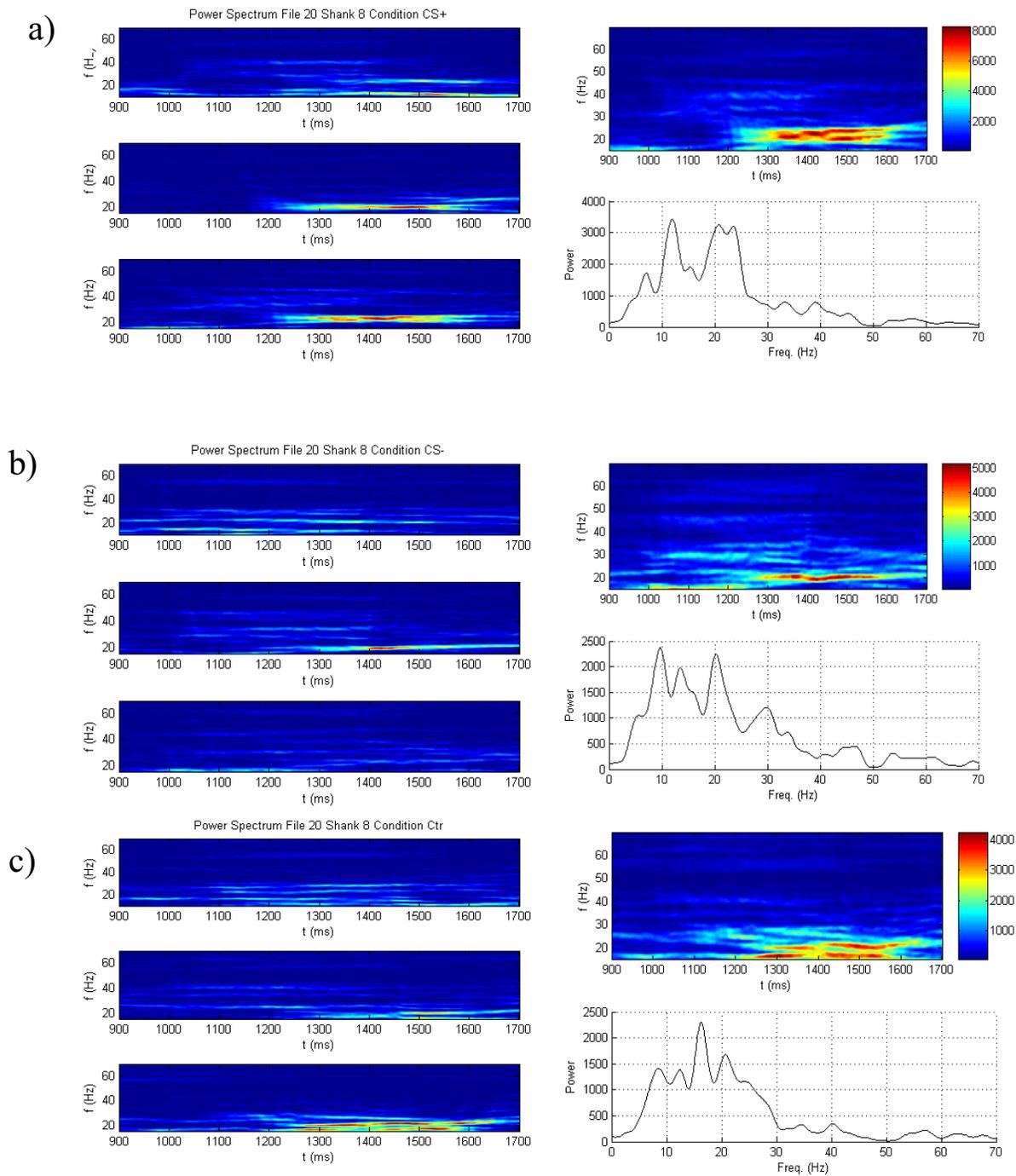


Abbildung 123: Powerspektren der 3 Trials der Prekonditionierungsphase von 3 Düften in *einem* Tier und an derselben Ableitstelle im α -Lobus. (a): 1-Hexanal, (b): 1-Nonanol, (c): 1-Octanol. Es ist die starke Variabilität aufeinander folgender Trials zu erkennen.

Ein Eindruck, den man aus den Beispielen und aus den anderen LFP-Spektren gewinnt ist, dass die Frequenzzusammensetzung der duftinduzierten Oszillationen aus weniger dominanten Frequenzbändern besteht als im AL, und dass die Spektren im selben Tier für verschiedene Düfte ähnlicher sind.

Es wurden im folgenden sowohl die LFP-Spuren als auch die Powerspektren miteinander korreliert, um Ähnlichkeit bzw. Duftspezifität der induzierten Oszillationen zu untersuchen. Hierfür wurden einmal alle 3 Trials der Prekonditionierung derselben Duftgabe im selben Tier miteinander korreliert, danach die 1., 2. und 3. Trials derselben Duftgabe in unterschiedlichen Tieren. Obwohl aufeinander folgende Stimulationen desselben Duftes im selben Tier stark unterschiedliche Powerspektren zur Folge hatten, könnte es sein, dass die Oszillationen dennoch duftspezifisch sind und die 1., 2. und 3. Trials derselben Duftgabe in verschiedenen Tieren stärker miteinander korreliert sind als aufeinander folgende Duftgaben im gleichen Tier. Das Ergebnis in Abb.124 zeigt jedoch, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den Korrelationen aufeinander folgender Stimulationen desselben Duftes im selben Tier und den Korrelationen der jeweiligen Duftgaben desselben Duftes in verschiedenen Tieren zu finden sind. Dieses Ergebnis stimmt mit dem im AL überein.

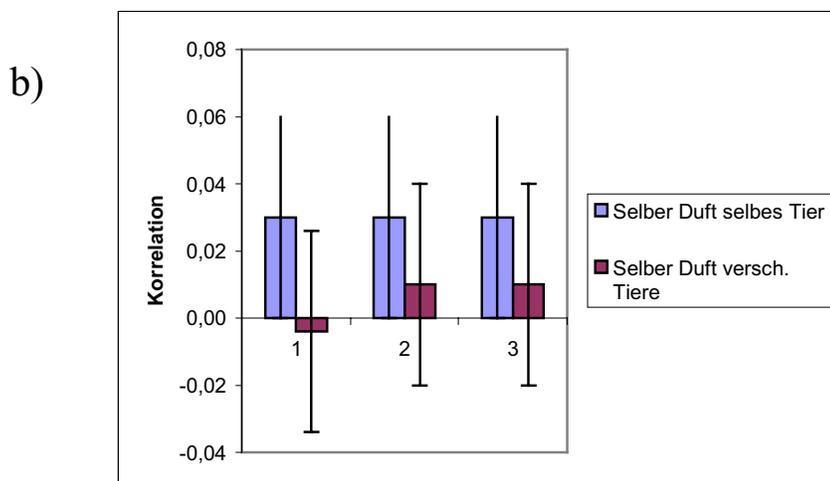
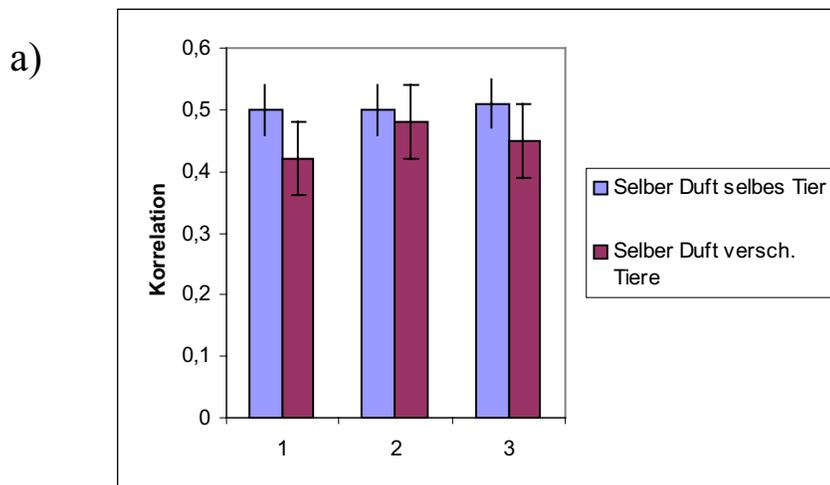


Abbildung 124: (a) Korrelation zwischen den Powerspektren desselben Duftes im selben Tier: Balken 1: Trial 1 gegen Trial 2. Balken 2: Trial 1 gegen Trial 3. Balken 3: Trial 2 gegen Trial 3. Korrelation zwischen den Powerspektren desselben Duftes in verschiedenen Tieren: Balken 1: Trial 1 gegen Trial 1. Balken 2: Trial 2 gegen Trial 2. Balken 3: Trial 3 gegen Trial 3. (b): Dieselbe Auswertung wie in (a) für die LFP-Datenspuren. Die Länge der miteinander korrelierten LFP-Antworten betrug 1s

Die Korrelation zwischen den beiden simultan abgeleiteten Signalen im selben Tier ist eindeutig höher als die in Abb. 124.

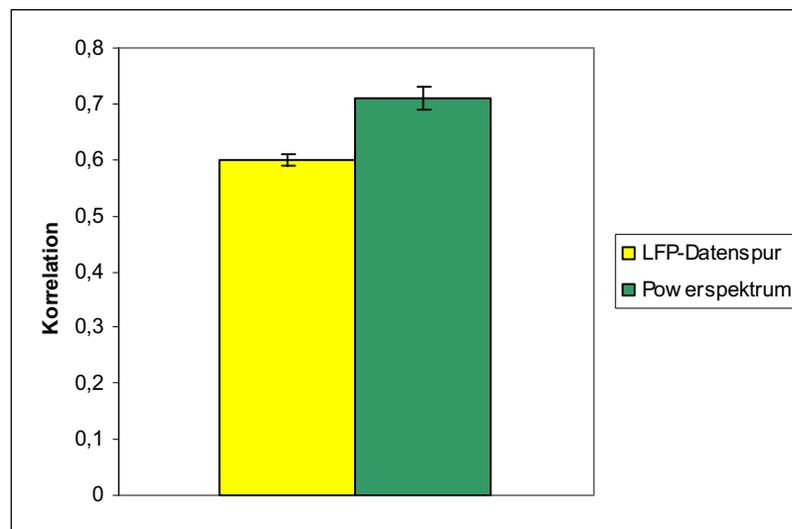


Abbildung 425: Korrelation zweier simultan in einem Tier abgeleiteten LFP-Datenspuren im Abstand von 80 μ m und des zugehörigen Powerspektrums. Mittelung über alle Düfte und alle 3 Trials der Prekonditionierung. Die Länge der miteinander korrelierten LFP-Antworten betrug 1s