

Technische Beschreibung von Störungen im EEG-Signal durch 50Hz-"Netzbrummen"

In diesem Artikel wird die Problematik von 50Hz-Störungen im EEG-Signal beschrieben, die aufgrund elektrisch nicht oder nur ungenügend geerdeter Geräte (meist Laptops/Notebooks) zurückzuführen sind.

Ursachen und Hintergründe

Eine wesentliche Voraussetzung für die Messung von störungsfreien Signalen im Elektroenzephalogramm (EEG) ist eine gute elektrische Erdung aller Komponenten des Messsystems, inklusive Computer und Monitor, um eine Übertragung der 50Hz-Wechselspannung des Stromnetzes (in den USA sind es 60Hz) in das Messsignal zu verhindern. "Früher" waren Computer und Monitore immer elektrisch geerdet, aber die rasante technologische Entwicklung der letzten Jahre hat dazu geführt, dass zum Beispiel die Gehäuse von Notebooks meistens aus nichtleitendem Kunststoff ausgeführt werden, was eine elektrische Erdung aus Sicherheitsgründen nicht mehr notwendig macht. Eine elektrische Erdung kann zwar auch über einen zusätzlich angeschlossenen Monitor erfolgen, jedoch haben letztere heutzutage oft auch keine elektrische Verbindung mehr zur Erde, in welchem Fall das System Computer/Monitor lediglich kapazitiv an die Erde des Stromnetzes angeschlossen und daher anfällig für "Netzbrummen" ist.

Als Folge haben wir seit 2019 einen rasanten Anstieg von Rückfragen bezüglich starker Störungen in den EEG-Signalen auf allen Kanälen verzeichnet. Diese Störungen erscheinen in der Darstellung durch die Mess-Software zunächst als sehr "dicke" EEG-Spur (siehe "EEG"-Graph in Abbildung 2), zeitlich hoch aufgelöst kann man dann – als Einkopplung vom Stromnetz durch fehlende Erdung – eine große 50 Hz Schwingung erkennen. (Würde man dieses Störsignal über einen Lautsprecher ausgeben, wäre ein tiefer (50Hz-) Brummtönen zu hören, weshalb diese Art von Störungen allgemein auch als "Netzbrummen" bezeichnet wird).

Wie kann man feststellen, ob ein EEG- oder Neurofeedback-System potentiell anfällig ist?

Am einfachsten lässt sich feststellen, ob ein System potentiell anfällig für 50Hz Netzbrummen ist, wenn man sich die Stecker anschaut, mit denen der Computer und alle damit verbundenen Geräte, an der Steckdose / dem Stromnetz angeschlossen sind. Sind dies ausschließlich flache Stecker ohne Schutzleitung, wie z.B. beim "Eurostecker" (siehe Abbildung 1), dann liegt keine Verbindung zur Erde des Stromnetzes vor.



Abb. 1: Flacher "Eurostecker" ohne Schutzleiter zur Erde des Stromnetzes

Bei einem EEG-Messsystem, welches ohne Schutzleiter-Kontakt an das Stromnetz angeschlossen ist, kann die 230V/50Hz-Wechselspannung auch zu mechanischen Vibrationen der Geräte führen, die z.B. an einem Notebook-Gehäuse deutlich spürbar sind.

Wie kommt die 50Hz-Wechselspannung nun in den NeuroAmp, bzw. in die EEG-Messung?

Der NeuroAmp ist über die USB-Schnittstelle mit dem Computer verbunden und liegt somit auch auf dessen Potential. Als Medizingerät ist der NeuroAmp galvanisch vom Stromnetz entkoppelt, so dass ausgeschlossen ist, dass ein Patient jemals einen elektrischen Stromschlag über dem am Stromnetz angeschlossenen Computer erhält. Bei fehlender elektrischer Erdung des Messsystems kann es über die USB-Schnittstelle zu einer nur wenige Millivolt starken (und damit völlig harmlosen) kapazitiven Kopplung der 50Hz-Wechselspannung auf die Patientenseite kommen, wodurch diese über die Elektroden ins Messsystem des NeuroAmp geführt und als Störsignal auf dem EEG sichtbar wird.

Welche Maßnahmen wurden in der Neurofeedback-Software ergriffen, um "Netzbrummen" aus der EEG-Anzeige zu eliminieren?

Neben der 50Hz-"Netzbrumm"-Störung, kann ein EEG auch von anderen Störungen kontaminiert sein. Um möglichst sämtliche Netzstörungen in Cygnet zu beseitigen, besitzt dieses sehr wirkungsvolle Filter. So überwacht in der Signalanalyse von Cygnet ein starkes (aber sehr verzögerungsarmes) Notch-Filter den Frequenzbereich um 50 Hz und filtert darüber eventuell vorhandene "Netzbrumm"-Störungen aus dem EEG heraus.

Hat eine 50 Hz Störung Einfluss auf die die Feedbackschleife und damit auf die Neurofeedback-Therapie?

In Cygnet wird das EEG-Signal sowohl im Zeitbereich ("EEG"-Graph), also auch im Spektralbereich ("Spectral"-Graph) dargestellt. In beiden Anzeigen ist unter Umständen, trotz Filterung, immer noch eine 50 Hz Störung sichtbar, weil diese – im Vergleich zu den Signalen der Hirnaktivitäten – viel höhere Amplituden besitzt.

Die gute Nachricht ist jedoch, dass die Feedbackschleife von alledem nicht betroffen ist. Neben der erwähnten Filterung werden in Cygnet weitere Mechanismen der Signalverarbeitung angewandt, so dass die Steuersignale für die ILF-"Signal"-Komponente (früher: "Reward") und die "Inhibit"-Komponente unbeeinflusst sind von einer (möglicherweise im "EEG"-Graphen sichtbaren) 50 Hz "Netzbrumm"-Störung.

Wie sieht eine 50Hz-Störung im EEG in der Darstellung in Cygnet aus?

Im EEG zeigen 50 Hz Störungen meist eine recht charakteristische Ausprägung. Dies soll anhand realer Beispiele von Cygnet Testaufnahmen nachfolgend demonstriert werden:

- "EEG"- und "Spektral"-Anzeigen in Cygnet, bei einer EEG-Messung mit einem nicht geerdetes Notebook: die beiden EEG-Spuren im "EEG"-Graphen (Zeitsignal) zeigen einen breiten Rauschbeitrag, während die Bilder in der "Spektral"-Anzeige vermuten lassen, dass sich die größten Signalbeiträge (roter Bereich) oberhalb von 40Hz befinden. Zudem zeigt Cygnet aufgrund der hohen Menge an Störsignalen, im "EEG"-Graphen eine "Check Electrodes"-Warnung.

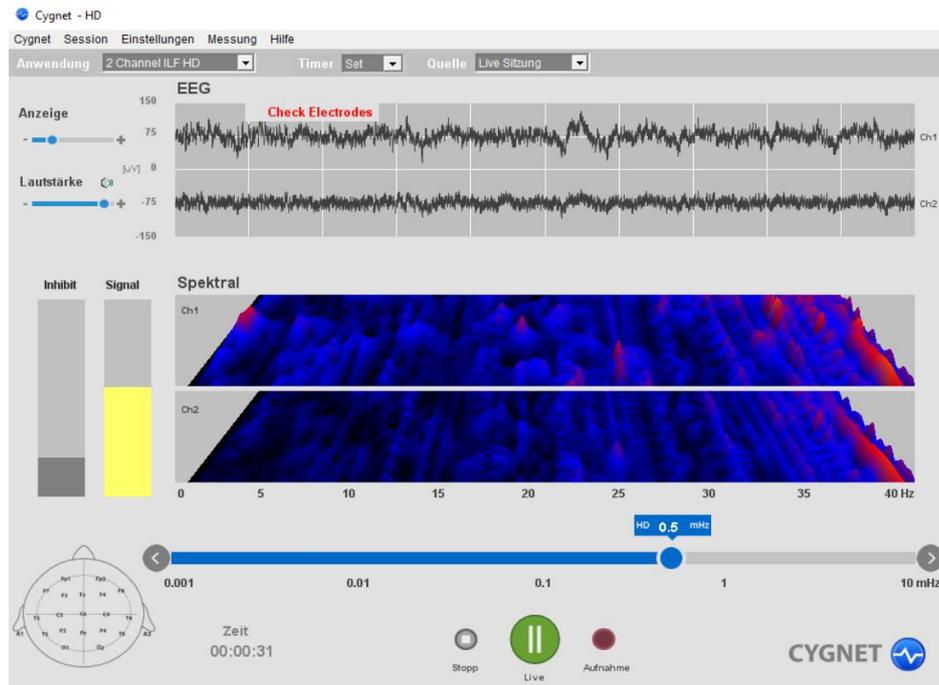


Abb. 2: Bildschirmfoto von Cygnet während einer EEG-Messung, die mit einer 50Hz-"Netzbrumm"-Störung kontaminiert ist.

- "EEG"- und "Spectral"-Anzeigen in Cygnet, bei einer EEG-Messung mit einem Notebook im Akkubetrieb, also ohne Verbindung zum Stromnetz. Es sind auch keine anderen, ans Stromnetz angeschlossene Geräte mit dem Notebook verbunden. Bei dieser Messung sind die EEG-Signale frei von 50Hz-Störungen.

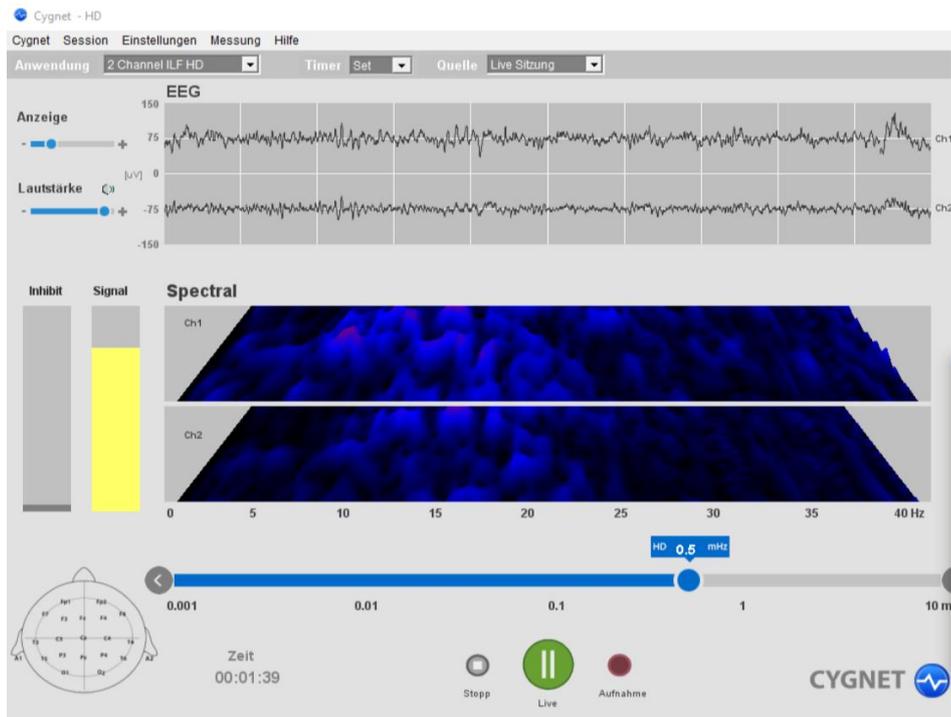


Abb. 3: Bildschirmfoto von Cygnet während einer EEG-Messung. Beide EEG-Signalspuren zeigen die aufgezeichneten Hirnaktivitäten. Eine 50Hz-Störung war bei dieser Messung nicht präsent.

- Das nachfolgende Beispiel zeigt im "EEG"-Graphen von Cygnet den Effekt, wenn ein zuvor ungeerdet ans Stromnetz angeschlossener Notebook-Computer während einer EEG-Messung über einen Erdungsstecker geerdet wird. Die Erdung erfolgte an der markierten Stelle (senkrechter roter Strich):

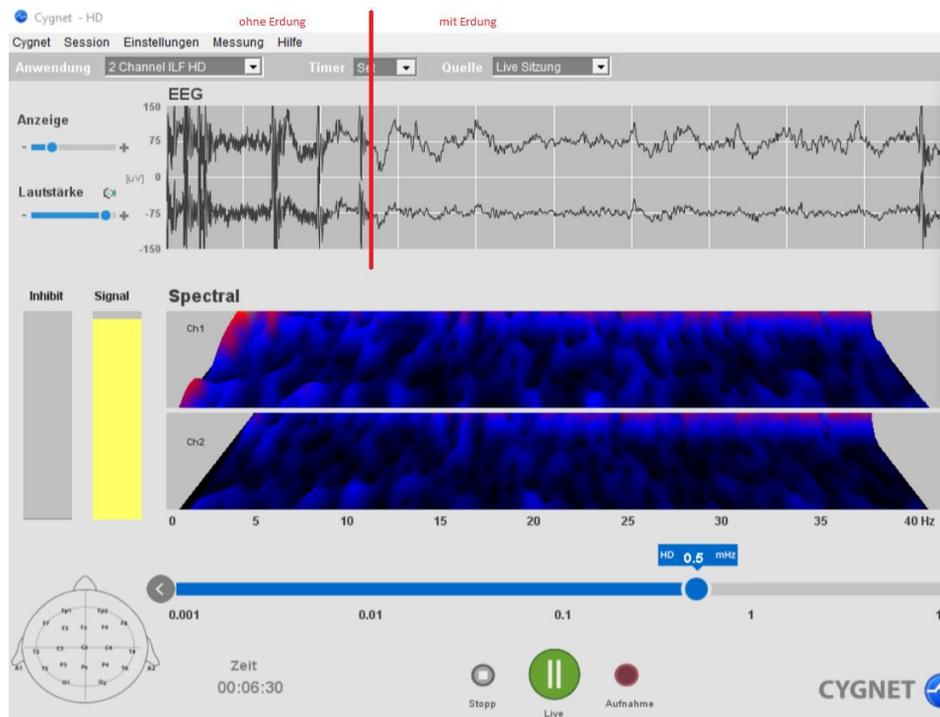


Abb. 4: Bildschirmfoto von Cygnet während der 2-kanaligen Messung von EEG-Signalen, die zunächst mit einer 50Hz-Störung kontaminiert sind, da das verwendete Notebook ungeerdet ans Stromnetz angeschlossen war. Zum Zeitpunkt der roten Strich-Markierung fand eine Erdung des Systems über einen Erdungsstecker statt.

Was kann man tun, um das Auftreten einer 50Hz-"Netzbrumm"-Störung im EEG zu verhindern?

Um zu verhindern, dass "Netzbrumm"-Störungen überhaupt in ein EEG-Messsystem gelangen, ist eine elektrische Erdung die wirksamste Maßnahme. Dabei genügt es, wenn der verwendete Computer (Laptop, Notebook, etc.) geerdet wird, weil normalerweise alle anderen Geräte des Messsystems an diesen angeschlossen sind.

Um das Erden von EEG-/Neurofeedback-Systemen zu erleichtern, haben wir einen kompakten, klein ausgeführten Erdungsstecker entwickelt, der universell einsetzbar ist und somit auch leicht mit dem System Notebook / NeuroAmp verwendet werden kann. Der Erdungsstecker besitzt auf der Rückseite eine USB-Buchse, so dass er über ein gewöhnliches USB-Geräte Kabel an einen USB-Port eines Laptops/Notebooks angeschlossen werden kann. Über diese Verbindung besteht dann ein elektrischer Kontakt zwischen der Gehäuse-/USB-Erde des Computers mit dem Schutzleiter des Erdungssteckers. Dieser muss dann einfach nur noch in eine Steckdose des Stromnetzes gesteckt werden, wodurch der Schutzleiter des Erdungssteckers Kontakt mit der Erde des Stromnetzes erhält und somit das gesamte EEG-Messsystem korrekt geerdet ist.

Dieser Erdungsstecker ist in unserem Webshop erhältlich.