

# ***Neurochipexposition mit generischem UMTS-Signal***

## **Anlage 2 zum Abschlussbericht zum Projekt: „*Untersuchung zu Mechanismen an Zellen unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunktechnologie*“**

Projektleitung: Prof. Dr. Jan Gimsa  
Lehrstuhl für Biophysik  
am Institut für Biowissenschaften

Text: Dr. Jan Sakowski, Prof. Dr. Jan Gimsa

Laufzeit: 01.07. 2003 – 15.09. 2006

Verlängerung: 01.01. 2007 – 30.06. 2007

## **Neurochipexposition mit generischem UMTS-Signal - Kurzbericht**

### **Experimentelles:**

Siliziumbasierte Neurochips wurden im Rechteckhohlleiter mit einem generischen UMTS-Feld als Laufwelle in aufeinanderfolgenden 1800 s-Intervallen mit unterschiedlicher effektiver Feldleistung exponiert. Es wurden 7 Chips mit insgesamt 50 aktiven Units (unterscheidbare neuronale Signale) verwendet. Die Experimente mussten mit einer Minimaexposition von 14 mW beginnen, da das Zuschalten des Verstärkers mitten im Versuch eine Neuklassifikation zur Folge hätte und die Vergleichbarkeit der Versuchsintervalle ohne Exposition und unter UMTS-Exposition nicht mehr gewährleistet wäre. Ziel war es mögliche Wirkungen des spezifischen UMTS-Signals auf die abgeleitete neuronale Aktivität der Neurochips von einigen mHz bis 100 Hz sowie bei 740 Hz leistungsabhängig zu untersuchen. Wie sich später zeigte, war ein Vergleich mit der nativen neuronalen Aktivität im Anschluss an die Exposition nicht repräsentativ, da die Mikroelektroden leistungs- und zeitabhängig geschädigt wurden. 14 mW Expositionsleistung entspricht einem SAR-Wert von 0,14 W/kg. Bei dieser Expositionsleistung war mit dem Glasfasersensor kein Temperaturanstieg messbar.

Ein Wärmeexperiment wurde durchgeführt um zu prüfen, ob eine rein thermische Wirkung auf die neuronale Aktivität von einer möglichen Wirkung durch HF-EMF im mHz-Bereich unterschieden werden kann, die entweder durch die externe Regelung der effektiven Leistung (Experimentator) bzw. durch die interne „langsame“ Leistungsregelung des UMTS-Signals im 60 s-Takt verursacht wird. Dazu wurde in einem temperierbaren Sockel das Medium des Neurochips in 2000 s-Intervallen mehrfach erwärmt und abgekühlt und parallel die neuronale Aktivität abgeleitet.

### **Datenauswertung:**

Bei der Exposition von Neurochips mit UMTS wurden die neuronalen Signale in Abhängigkeit von der effektiven Feldleistung beobachtet und sowohl die spektrale Leistungsdichte (power spectrum density, PSD) des Zeitverlaufes der Spike-Raten (beispielhaft: Abb. 1a – 1c) als auch der Frequenzanteil als PSD des mittleren Spike-Profiles (beispielhaft: Abb. 2) berechnet. Die PSD bildet die im Signal enthaltene Energie über der Frequenz ab. Die PSD der Spike-Raten wurde auf Ähnlichkeiten mit

dem UMTS-Spektrum im EEG-Frequenzbereich verglichen, die PSD des zugehörigen mittleren Spike-Profiles auf mögliche Verformung/Modulation durch die „schnelle Leistungsregelung“ im UMTS-Signal bei 740 Hz. Dabei ergibt sich das mittlere Spike-Profil aus der synchronen Überlagerung aller Impulsformen, die im betrachteten Zeitintervall auftreten.

Im Wärmeexperiment (Abb. 3 und 4) wurden die PSD des Temperaturverlaufes mit der PSD des Zeitverlaufes der Spike-Raten verglichen (Abb. 5).

### Resultate:

Expositionen von Neurochips mit effektiven Feldleistungen von 126 mW und 251 mW, die einer Temperaturänderung durch Feldabsorption im Medium von etwa 0,12 °C und 0,24 °C sowie SAR-Werten von 1,3 W/kg und 2,5 W/kg entsprechen, gaben lediglich Indizien, aber keine klaren Beweise für eine Korrelation zwischen Spike-Rate der neuronalen Signale und UMTS-Signal. Nur bei etwa 33 % der auswertbaren Signale (unbeschädigte Elektroden) wiesen die PSD's der Spike-Raten bis etwa 170 MHz Maxima bei Frequenzen auf, wie im einhüllenden Verlauf für Grundfrequenz (16 MHz) und im Oberwellenspektrum des UMTS-Signals (Beispiel Abb. 1a).

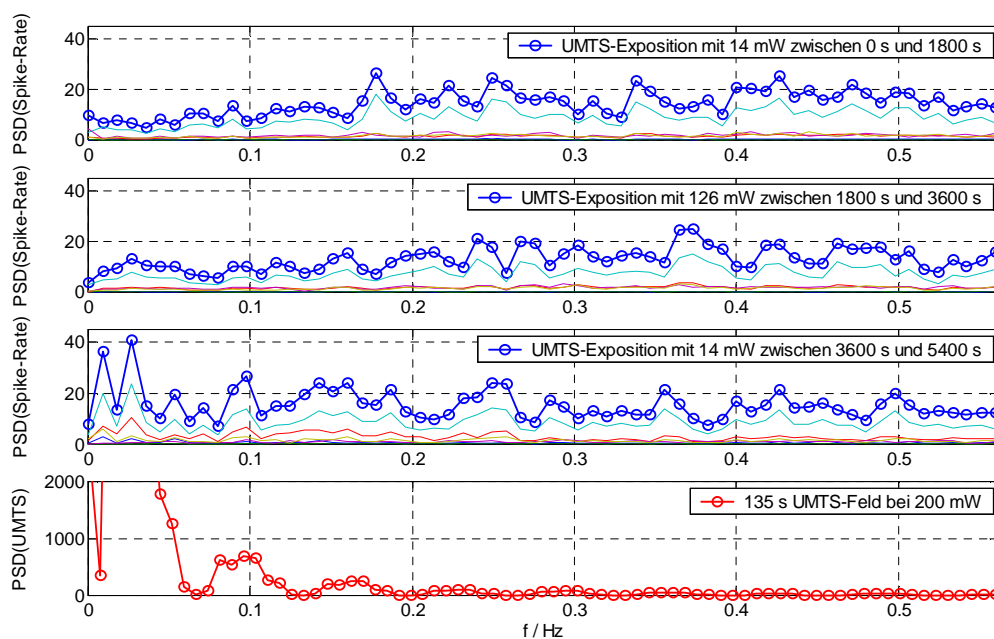


Abb. 1a: Summe der PSD's aus den Zeitverläufen der Spike-Raten von 6 Units des Neurochips xma2\_3.

Dies lässt eine frequenzlimitierte, offenbar thermische Wirkung vermuten, die durch die „langsame“ Leistungsregelung des UMTS-Signals im 60 s-Takt verursacht wird. Mit anderen Worten, Neuronen können bei effektiven Feldleistungen bis 126 mW über die Feldabsorption nur Wärmeeinträge „wahrnehmen“, die Zeitintervalle länger als 10 s besitzen. Für kürzere Zeitintervalle sind die erzielten Temperaturänderungen im Nährmedium der Neuronen zu gering, um in der PSD der Spike-Raten zu sichtbaren Effekten zu führen. Neben der nur qualitativen Diskussion dieses Effektes konnte eine systematische Wirkung der UMTS-Expositionen dieser Art für die übrigen neuronalen Signale nicht festgestellt werden. So gab es auch Expositionen bei 251 mW, welche den obigen Effekt nicht zeigten (Abb. 1b). Weiterhin gab es in den Spike-Raten keine Anzeichen für eine Stimulation um 10 Hz, der Frequenz der Leistungsregelung des UMTS-Signals im sogenannten Fading-Mode (Abb. 1c).

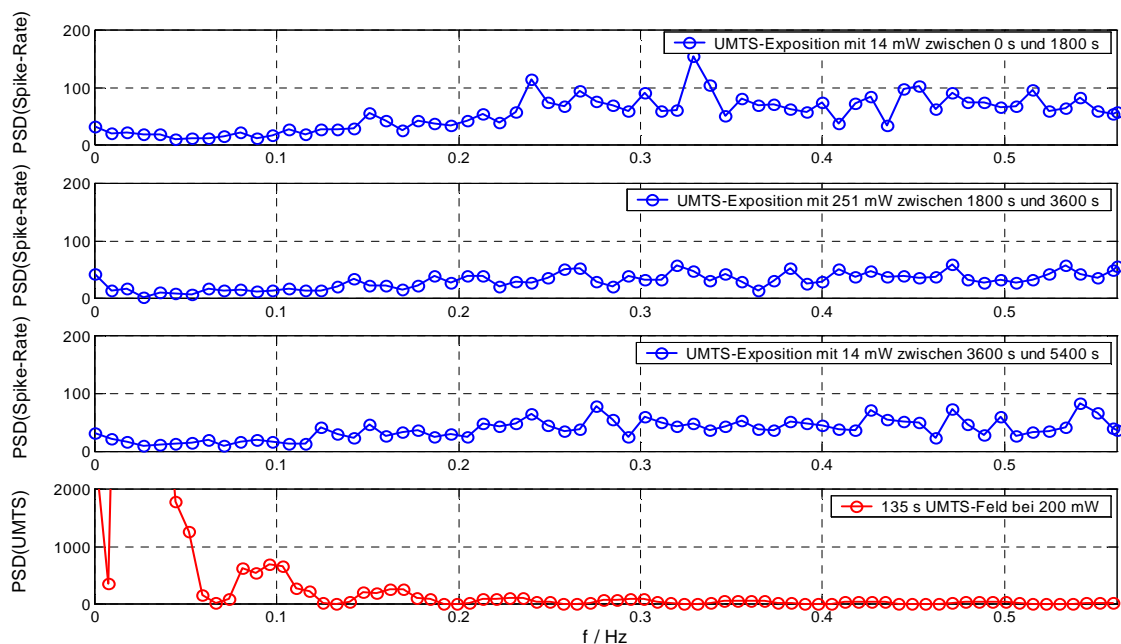


Abb. 1b: Summe der PSD's aus den Zeitverläufen der Spike-Raten von 3 Units des Neurochips xma2\_52.

Ebenso gab es keine Anzeichen, dass die „schnelle“ Leistungsregelung des UMTS-Signals bei 740 Hz eine Wirkung auf die neuronale Aktivität hat. Die Auswertung der Frequenzanteile der PSD der mittleren Spike-Profile zeigten für die auswertbaren Signale in keinem der Versuche eine leistungsabhängige Zunahme bei 740 Hz, also keine Verformungseffekte, die für eine Modulation durch das UMTS-Signal sprechen würden (beispielhaft: Abb. 2).

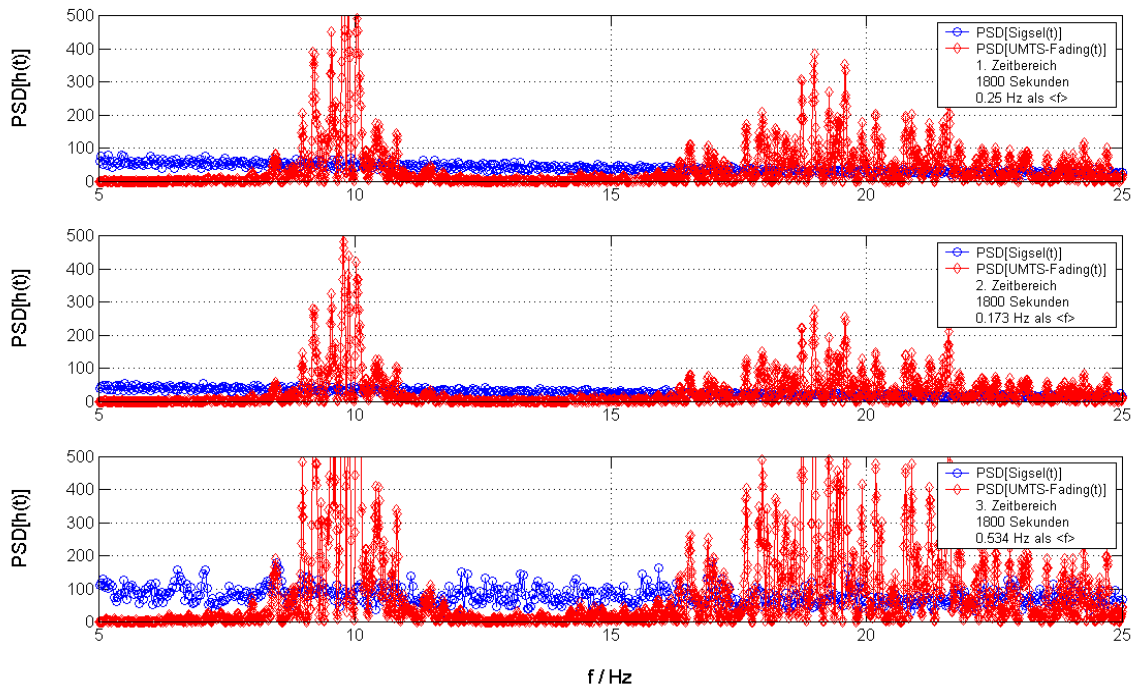


Abb. 1c: Beispielhafte PSD aus dem Zeitverlauf der Spike-Rate einer Unit des Neurochips *xma2\_52*. Expositionszeiten und -leistungen entsprechen Abb. 1b.

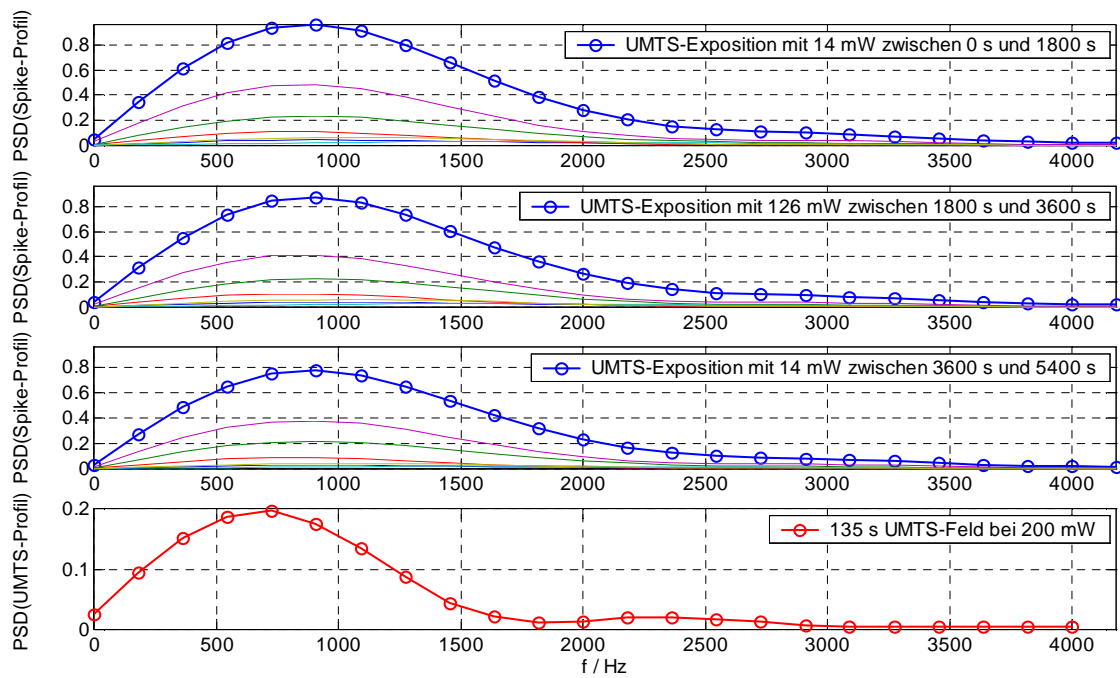


Abb. 2: Summe der PSD's aus den über das Expositionsintervall gemittelten Spike-Profilen von 6 Units des Neurochips *xma2\_3*.

Bei der Datenauswertung wurde jedoch ersichtlich, dass bei Siliziumneurochips unter UMTS-Exposition in ca. 67 % aller neuronalen Signale (7 Chips mit insgesamt 50 Units) zusätzliche Elektrodeneffekte auftraten, die bei höherer effektiver Feldleistung und fortschreitender Expositionszeit bis hin zur Zerstörung der Elektroden führen konnten. Trotz Reduzierung der effektiven Feldleistung stieg die Amplitude der einhüllenden Oszillation in der summierten PSD der Spike-Raten bis 170 mHz (beispielhaft: Abb. 1a). Gleichzeitig stieg die Signalamplitude exponentiell mit der Zeit. Diese neuronalen Signale wurden aus der Datenauswertung ausgeschlossen.

Unabhängige Messungen zur rein thermischen Stimulation der verwendeten Neurochips, die über Stunden mit ca. 40-minütigen Intervallen der Temperaturänderung (Abb. 3) durchgeführt wurden, konnten nicht sinnvoll ausgewertet werden. Ursache war die stark abnehmende neuronale Aktivität während des Experiments (Abb. 4). Der Energieanteil in der Spike-Rate, welcher die abnehmende neuronale Aktivität repräsentiert (oberes Diagramm in Abb. 5, Maximum bei 70  $\mu$ Hz), überdeckt dominant den zu beobachtenden Temperatureffekt, der im Satellitenmaximum der PSD des Temperaturverlaufes zu finden ist (unteres Diagramm in Abb. 5, lokales Maximum bei 250  $\mu$ Hz). Mögliche Temperatureffekte in der PSD aus den Spike-Raten bleiben so im Fehlerband verborgen.

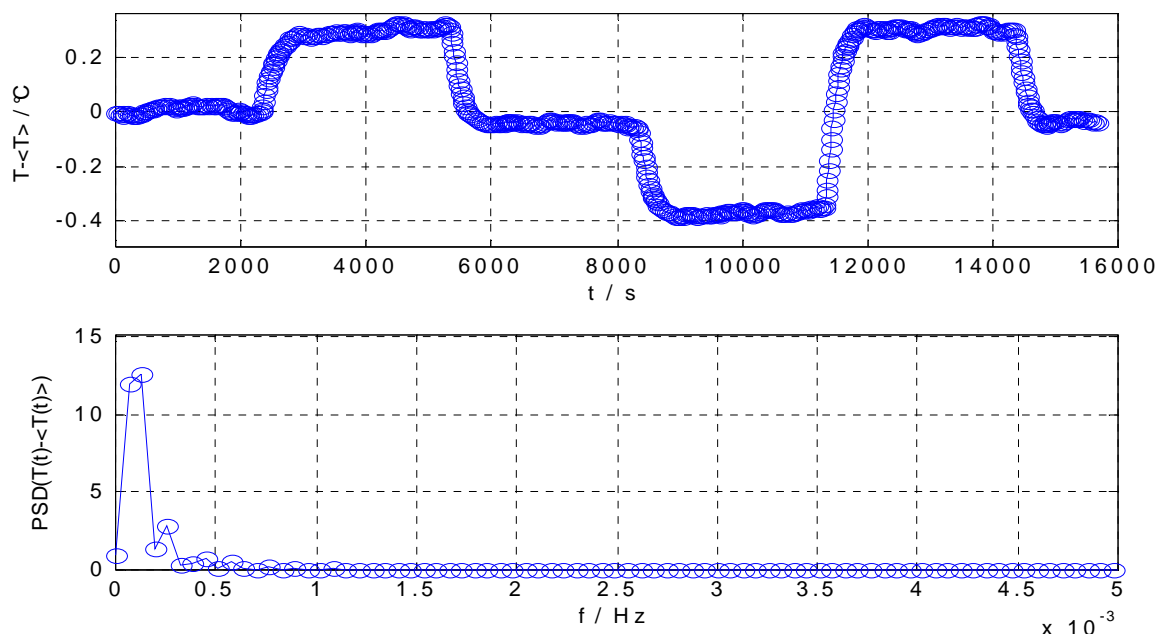


Abb. 3: Temperaturverlauf und entsprechende PSD des Wärmeexperiments.

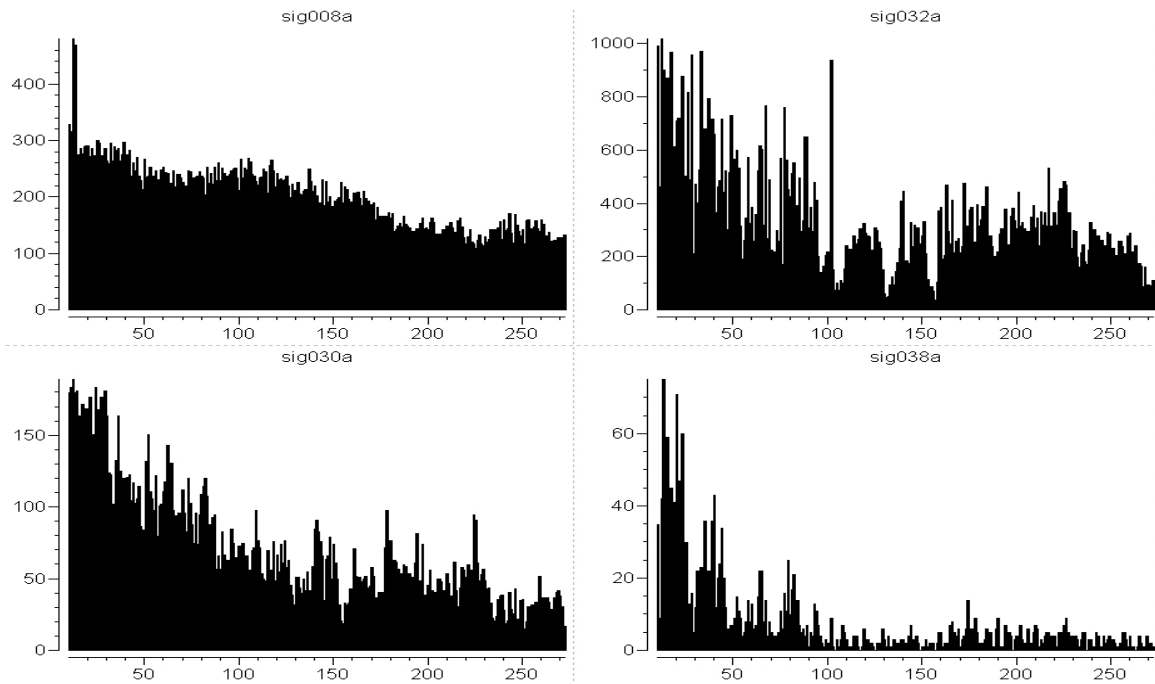


Abb. 4: Verlauf der Spike-Raten pro Minute von 4 abgeleiteten Units über der Zeit in Minuten während des Wärmeexperiments.

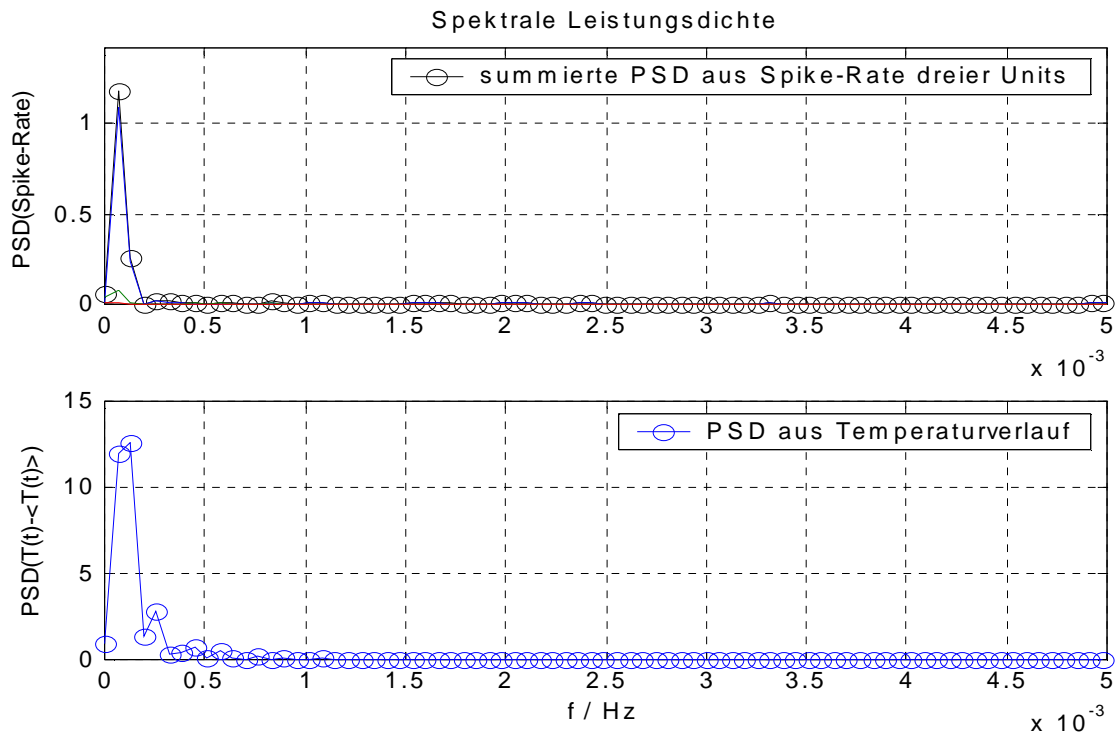


Abb. 5: Vergleich der Summe der PSD's aus den Spike-Raten mit der PSD aus dem Temperaturverlauf.

**Zusammenfassung:**

Messbare EMF-Wirkungen sind mit der verfügbaren Genauigkeit nicht von thermischen Wirkungen zu trennen. Immer dann, wenn mit steigenden EMF-Leistungen Wirkungen an den Netzwerken detektierbar werden, liegen bereits thermische Effekte vor. Schwankende Güte der Mikrochips, starke leistungs- und zeitabhängige Alterungen der Mikroelektroden sowie lokale Schwankungen der zellphysiologischen Parameter (Adhäsion, Vernetzung, Positionierung der Neuronen, Neuronen-Glia-Verhältnis) erschweren die systematische Auswertung der neuronalen Aktivität bezüglich der Exposition mit HF-EMF und damit deterministische Aussagen.

Vergleichende Wärmeexperimente mit höchstens 10-minütigen Intervallen pro Temperaturschritt und mehreren Zyklen der Temperaturänderung sind aussagefähiger um die rein thermische Stimulation der Neurochips und ihre Frequenzlimitierung zu testen. Experimentelle Voraussetzung ist die Stabilität der neuronalen Aktivität über die Gesamtzeit des Experiments, in welcher mindestens 5 Zyklen der Temperaturänderung und die abgeleitete neuronale Aktivität als Reaktion auf diese Änderung beobachtet werden sollten.