

# PAPER OF THE MONTH 03/2023

Centrum für Schlaganfallforschung Berlin  
und Klinik für Neurologie mit Experimenteller Neurologie der Charité

## Spatial and temporal correlations in human cortex are inherently linked and predicted by functional hierarchy, vigilance state as well as anti-epileptic drug load.

Müller PM, Meisel C.

PLoS Comput Biol. 2023 Mar 3;19(3):e1010919. doi: 10.1371/journal.pcbi.1010919. eCollection 2023 Mar.

PMID: 36867652

Als wesentliche Voraussetzung für Informationsverarbeitung im Gehirn wird die Fähigkeit neuronaler Netzwerke gesehen, Informationen über angemessene Zeiträume und über verschiedene kortikale Areale hinweg zu integrieren. Passend dazu legt eine wachsende Zahl von Studien nahe, dass Maße für räumliche und zeitliche Korrelationen in kortikaler Aktivität die Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn in Raum und Zeit gut charakterisieren.

So profitieren beispielsweise Entscheidungsfindungs- und Arbeitsgedächtnisaufgaben von der Fähigkeit neuronaler Netzwerke, Informationen über längere Zeiträume zu integrieren, um das Signal-Rauschen-Verhältnis zu erhöhen. Ein grundlegendes Verständnis, was die räumlich-zeitliche Integration in neuronalen Netzwerken determiniert, fehlt jedoch. Dies liegt zum Teil daran, dass sich bisherige Forschungsarbeiten überwiegend entweder auf die Untersuchung räumlicher oder zeitlicher Korrelationen konzentriert haben und in ihrer Dauer zudem zeitlich begrenzt waren.

In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass das Konzept der Phasenübergänge nicht nur auf die in der Physik klassisch betrachteten Systeme anwendbar ist. Es gilt für eine viel breitere Klasse komplexer Systeme, die Phasen aufweisen, die durch qualitativ unterschiedliche Arten von Langzeitverhalten gekennzeichnet sind. In den kritischen Zuständen, die sich direkt am Übergang befinden, können kleine Änderungen große Auswirkungen auf das System haben und räumliche und zeitliche Korrelationen sind dort maximal. Diese und andere Eigenschaften kritischer Zustände erweisen sich als vorteilhaft für Informationsverarbeitung, weshalb vermutet wird, dass auch kortikale Netzwerke nahe kritischer Zustände arbeiten. Diese Kritikalitätshypothese macht damit genaue, überprüfbare Vorhersagen zum Zusammenspiel räumlich-zeitlicher Korrelationen, deren Abhängigkeit von Vigilanz, Medikation und mehr.

In dieser Studie haben wir invasive Langzeit-EEG-Daten untersucht, um zeitliche und räumliche Korrelationen in Abhängig-

keit von kortikaler Topographie, dem Vigilanzzustand und der Dosis antiepileptischer Medikation über längere Zeiträume hinweg umfassend zu charakterisieren. Wir konnten zeigen, dass zeitliche und räumliche Korrelationen in kortikalen Netzwerken eng miteinander verbunden sind, dass sie unter der Wirkung von Antiepileptika abnehmen und während des Slow-Wave-Schlafs vollständig zusammenbrechen. Wir beobachteten ferner, dass zeitliche Korrelationen mit der funktionellen Hierarchie im Kortex systematisch zunehmen. All diese Beobachtungen deckten sich mit der Kritikalitätshypothese. Begleitende Untersuchungen an einem neuronalen Netzwerkmodell legen daher nahe, dass sich die Dynamik der untersuchten Netzwerke in der Nähe eines kritischen Punktes befindet.

Zusammengenommen liefern die Ergebnisse mechanistische und funktionelle Verbindungen zwischen spezifischen messbaren Veränderungen in der Netzwerkdynamik, die für die Charakterisierung der sich verändernden Informationsverarbeitungsfähigkeiten des Gehirns relevant sind.



**Paul Müller** ist Doktorand in der AG Computationale Neurologie an der Klinik für Neurologie der Charité - Universitätsmedizin Berlin.



**PD Dr. med. Christian Meisel** ist Leiter der AG Computationale Neurologie an der Klinik für Neurologie an der Charité - Universitätsmedizin Berlin.