

Versteckte Dynamik in neuronalen Netzwerken entdeckt

Jülich, 16. Juli 2019 - **Neuronale Netzwerke im Gehirn können Informationen dann besonders gut verarbeiten, wenn sie sich in der Nähe eines kritischen Punkts befinden. Davon gingen Hirnforscher bis jetzt aufgrund theoretischer Überlegungen aus. Doch in experimentellen Untersuchungen der Hirnaktivität fanden sich viel weniger Anzeichen für solche kritischen Zustände, als eigentlich zu erwarten wäre. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich und der RWTH Aachen liefern dafür nun eine mögliche Erklärung. Sie wiesen nach, dass sich neuronale Netzwerke in einem zweiten, bislang unbekannten kritischen Modus befinden können, dessen versteckte Dynamik sich mit den gängigen Messverfahren kaum erfassen lässt.**

Kritische Punkte, an denen komplexe Systeme schlagartig ihre Eigenschaften ändern, sind aus der Physik bekannt. Ein Beispiel sind ferromagnetische Materialien. Unterhalb der kritischen Temperatur, der sogenannten Curie-Temperatur, richten sich die Elektronenspins des Materials aus, sodass sie in die gleiche Richtung zeigen. Dabei addieren sich die winzigen magnetischen Momente der einzelnen Spins, was von außen als spontane Magnetisierung des Materials gemessen werden kann.

Eine ganz ähnliche Dynamik konnte bereits früher in Messungen der Hirnaktivität festgestellt werden. Typisch sind Hirnsignale, bei denen in kürzester Zeit lawinenartig große Bereiche des Netzwerks gleichzeitig aktiv werden. Insgesamt tritt das Phänomen aber deutlich seltener auf, als eigentlich zu erwarten wäre. Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich und der RWTH Aachen haben im Fachmagazin PNAS nun eine Lösung für den scheinbaren Widerspruch präsentiert. Sie haben nachgewiesen, dass neuronale Netzwerke noch eine zweite, bislang unbekannte Art von Kritikalität aufweisen können.

Bei dieser zweiten Form von Kritikalität koordiniert sich ebenfalls eine große Anzahl von Nervenzellen, wie die Analyse der gleichzeitigen Aktivität von 155 Nervenzellen zeigt. Das Zusammenspiel umfasst hier allerdings nicht nur die gleichzeitige Aktivierung, sondern auch die gezielte Hemmung großer Gruppen von Neuronen. Die gefundene, neuartige Kritikalität erlaubt es dem Netzwerk, Signale in einer Vielzahl von Kombinationen aus aktivierten Neuronen zu repräsentieren und damit, so vermuten die Forscherinnen und Forscher, Information effizient parallel zu verarbeiten.

Zudem erklärt sich, warum von außen kein plötzlicher Anstieg der Netzwerkaktivität feststellbar ist. Standardverfahren wie EEG oder LFP addieren im Wesentlichen die Signale vieler Neurone; bei diesem zweiten kritischen Zustand bleibt die Zahl der aktiven Nervenzellen jedoch weitgehend konstant. Die heterogene Dynamik lässt sich mit diesen Verfahren daher nicht erfassen. Erst mit hochentwickelten mathematischen Methoden, die sie aus der statistischen Physik entlehnt haben, gelang es den Forschern unter der Leitung von Prof. Moritz Helias experimentell überprüfbare Vorhersagen über die Korrelationen zwischen den Nervenzellen zu machen.

Für den direkten experimentellen Nachweis ihres in Theorie und Simulation vorhergesagten Netzwerkzustandes nutzten die Forscher um Erstautor Dr. David Dahmen die Expertise von Prof.

Sonja Grün in der Analyse der gemeinsamen Aktivität vieler Nervenzellen.

„Der weitergehende Wert dieser Studie liegt für mich darin, dass es Prof. Helias und seinem Team gelungen ist, die in der Physik sehr erfolgreiche Methode der Feld-Theorie in der Neurowissenschaft zur Anwendung zu bringen und wir damit auf weitere Einsichten hoffen können“, erklärt Institutsleiter Prof. Markus Diesmann (INM-6). Diesmann spielt eine tragende Rolle im europäischen Human Brain Project (HBP), einem der größten neurowissenschaftlichen Projekte weltweit, das die Arbeit von über 500 Forschern in 19 EU-Mitgliedsstaaten verbindet.

„Im HBP beschäftigen wir uns mit der Technologie, um große Teile des Gehirns mit all ihren Nervenzellen simulieren zu können. Diese Simulationen alleine schaffen aber noch keine Erkenntnis. Wir erhalten dann einfach simulierte Daten, die genauso kompliziert sind wie die Daten aus der Natur, allerdings können wir die Netzwerke viel gezielter verändern, als dies mit experimentellen Methoden möglich ist. Aber erst die kontrollierte Vereinfachung zu überschaubaren mathematischen Modellen mit wenigen Gleichungen gibt uns die Chance, die zugrunde liegenden Mechanismen zu verstehen“, erläutert Markus Diesmann.

Originalpublikation:

Second type of criticality in the brain uncovers rich multiple-neuron dynamics, David Dahmen, Sonja Grün, Markus Diesmann, Moritz Helias

Proceedings of the National Academy of Sciences (published 12 June 2019), [DOI:](#)

[10.1073/pnas.1818972116](https://doi.org/10.1073/pnas.1818972116)

Weitere Informationen:

[Institut für Neurowissenschaften und Medizin, Computational and Systems Neuroscience \(INM-6\) \(engl.\)](#)

Die Forschungsarbeit ist Teil eines EU-Flaggschiff-Programms der EU, des [Human Brain Project \(engl.\)](#)