

Linz, 23. September 2022

## Informationsverarbeitung im Standby-Betrieb: Wie manche Nervenzellen Zwangspausen umgehen

**Ein Forscher\*innenteam der Universitäten in Heidelberg, Tübingen und der Johannes Kepler Universität Linz beschreibt in der Fachpublikation „Science“ einen neuen Mechanismus der Signalweitergabe im Hippocampus, dem Erinnerungszentrum des Gehirns.**

Die gängige Lehrbuchmeinung ist eindeutig: Nervenzellen im Gehirn nehmen Informationen über ihre Dendriten (astartige Zytoplasmafortsätze einer Zelle) auf, leiten diese zum Zellkörper weiter und verrechnen sie dort, bevor am sogenannten Axon ein Aktionspotenzial entsteht, wodurch diese Information zur nächsten Nervenzelle geschickt wird. Eine neue Publikation im Fachmagazin „Science“ liefert nun zum ersten Mal Indizien dafür, dass sich einige Nervenzellen – ausgerechnet im Gedächtnis- und Erinnerungszentrum des Gehirns, dem Hippocampus – nicht daranhalten. Wie tun sie das und warum?

Normale neuronale Netzwerke unterliegen einem kontrollierten Arbeitsrhythmus. Dieser ist notwendig, um die physiologische Funktion des Gehirns aufrechtzuerhalten. Wird die Balance im System gestört, kann es zu erheblichen Beeinträchtigungen wie beispielsweise bei Epilepsie kommen. Die „Standard-Nervenzelle“ besteht aus den fein verästelten Dendriten, die Ähnlichkeit zum Geäst eines Baumes haben und als Eingangsstation für Signale anderer Zellen dienen, dem Zellkörper und dem daraus entspringenden Axon, an dem ein „Alles-oder-Nichts“-Signal, das sogenannte Aktionspotenzial generiert wird. Über das Axon werden Signale an die nachfolgenden Nervenzellen weitergeleitet. Über die Dendriten und den Zellkörper empfängt die Nervenzelle aktivierende und hemmende Signale, die im Bereich des Zellkörpers miteinander verrechnet werden. Je nachdem, ob Erregung oder Hemmung überwiegen, werden – vereinfacht beschrieben – Signale weitergegeben oder nicht, verstärkt oder abgeschwächt. Auf diese Weise schützt sich das Hirn vor Überlastung, denn nicht jeder eingehende Reiz ist gleichermaßen relevant.

### Abweichungen vom Bauplan entdeckt

Die Forschenden fanden heraus, dass rund die Hälfte der Nervenzellen im Hippocampus nicht diesem klassischen Bauplan entsprechen, sondern zum Teil erheblich abweichen (siehe Bild anbei). Bei rund der Hälfte dieser „Pyramidenzellen“ – das zeigte das Forscher\*innenteam bereits in

vorangegangenen Arbeiten – entspringt das ableitende Axon direkt an einem Dendriten und nicht dem Zellkörper. Warum ist das wichtig? Weil normalerweise am Zellkörper selber viele hemmende Synapsen sitzen und den Prozess der Signalverrechnung maßgeblich beeinflussen können. Die direkte Hemmung des Zellkörpers spielt zum Beispiel in Form regelmäßig ausgelöster Ruhephasen eine wichtige Rolle in der Synchronisation der Signalverarbeitung und -weitergabe zwischen den Hirnarealen und ist damit ein essentieller Bestandteil des bereits erwähnten Arbeitsrhythmus im Netzwerk.

„Wir haben uns gefragt, ob sich die Pyramidenzellen, deren Axon nicht am Zellkörper, sondern weiter weg an einem Dendriten entspringt, dieser wichtigen Hemmung entziehen können“, erläutern PD Dr. Martin Both und Univ.-Prof.<sup>in</sup> Dr.<sup>in</sup> Maren Engelhardt. Die Zusammenarbeit zwischen dem Physiologen aus Heidelberg und der Anatomie-Professorin der JKU besteht schon seit einigen Jahren. Beide bringen ihre jeweilige Expertise aus den zwei medizinischen Grundlagenfächern der Anatomie und Physiologie in diesem interdisziplinären Projekt zusammen, da es vor allem Struktur-Funktionsbeziehungen von Nervenzellen sind, die im Fokus des Interesses stehen. Was passiert also im neuronalen Netzwerk, wenn die als „AcD Zellen“ bezeichneten Nervenzellen aktiv sind?

„Die Nervenzellen mit einem Axon am Dendriten können ihren vom neuronalen Netzwerk verordneten Aktivitätsrhythmus durch einen ‚Signal-Kurzschluss‘ umgehen“, erklären die Forschenden. Die eingehenden Signale passieren gar nicht erst den während der Ruhephasen herunterregulierten Zellkörper, sondern gelangen auf direktem Weg ins Axon, wo auf diese Art ein Aktionspotenzial direkt und schneller ausgelöst werden kann. „Der Mechanismus scheint umso bedeutender zu sein, je stärker die Hemmung der Pyramidenzellen ist. Denn dann sind nur noch diese speziellen Zellen mit der Dendrit-Axon-Weiterleitung aktiv, während ihre Kollegen schlafen“, so Engelhardt und Both.

Welche Informationen so wichtig sind, dass sie trotz Ruhephase weitergegeben werden, ist nicht bekannt und soll nun untersucht werden. Die Forschenden spekulieren, dass das Gehirn möglicherweise auf diese Weise sicherstellt, dass wichtige Informationen nicht verloren gehen.

Die Anatomie des Hippocampus und die Funktion seiner Verbindungen liefert ein Indiz für mögliche Erklärungen, warum gerade hier so viele AcD Nervenzellen vorkommen. Säuger haben zwei Hippocampi, auf jeder Seite des Gehirns einen in der Tiefe des Schläfenlappens. Die Strukturen spielen eine wichtige Rolle bei der Überführung von Erinnerungen aus dem Kurzzeit- in das Langzeitgedächtnis und sind auch für das Ortsgedächtnis zuständig. Darüber hinaus erfolgt die Synchronisation der beiden Hirnhälften über die beiden Hippocampi.

„Möglicherweise sind die von uns untersuchten Zellen dafür zuständig, die Kommunikation zwischen den Hirnhälften aufrecht zu erhalten“, spekulieren die Forschenden.

**Link zum Paper:**

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abj1861>

**Das Team:**

Die experimentellen und theoretischen Arbeiten dieser Studie wurden an drei europäischen Standorten durchgeführt: die Erstautoren Alexander Hodapp und Martin Kaiser sind Mitglieder der AG Both am Institut für Physiologie und Pathophysiologie der Medizinischen Fakultät der Universität Heidelberg. Die AG Buralossi arbeitet am Institut für Neurobiologie an der Universität Tübingen. Nadja Lehmann (extern, Medizinische Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg), Christian Thome (derzeit Stanford University, USA) und Maren Engelhardt forschen am Institut für Anatomie und Zellbiologie der JKU in Linz.

**Kontakt für Rückfragen:**

Univ.-Prof.<sup>in</sup> Dr.<sup>in</sup> Maren Engelhardt  
Institut für Anatomie und Zellbiologie  
Medizinische Fakultät  
Email: [Maren.Engelhardt@jku.at](mailto:Maren.Engelhardt@jku.at)  
<https://www.jku.at/institut-fuer-anatomie-und-zellbiologie/>

Erklärung zum Bild:

Drei gefärbte Nervenzellen im Hippocampus. Die blaue Zelle entspricht dem typischen Bauplan einer Pyramidenzelle: Der Zellkörper ist rundlich, die Dendriten zweigen nach oben und unten von der Zelle ab. Das Axon, hier mit einem Antikörper grün markiert, entspringt direkt am Zellkörper. Die gelbe Zelle weicht von diesem Bauplan ab: ihr Axon (grün) hängt an einem vom Zellkörper abgezweigten Dendriten (s. Vergrößerung im Kasten). Dadurch umgeht sie effektiv die Hemmung am Zellkörper, die durch sog. Interneurone direkt vermittelt wird (rote Zelle).

Aufnahme: Tina Sackmann, Martin Both; Bearbeitung: Maren Engelhardt (Credit: JKU)

Foto Maren Engelhardt (Credit: JKU)