

Press release**Ludwig-Maximilians-Universität München****Luise Dirscherl**

12/21/2015

<http://idw-online.de/en/news643701>Research results
Biology
transregional, national**Räumliche Orientierung - Die Mathematik der Gitterzellen****Neurowissenschaftler um Andreas Herz stellen eine Theorie vor, wie Gitterzellen im Gehirn räumliche Abstände repräsentieren. Ihre Ergebnisse deuten auf ein übergreifendes Kodierungsprinzip für verschiedene kognitive Prozesse hin.**

Bei der räumlichen Orientierung von Säugetieren spielen Gitterzellen im Gehirn eine entscheidende Rolle. Bewegt sich das Tier im Raum, werden diese Zellen mehrfach nacheinander aktiviert, und zwar so, dass für jede Zelle ein virtuelles hexagonales Gitter entsteht, das die Umgebung des Tieres überspannt. Die Regelmäßigkeit der Gitter lässt vermuten, dass damit Abstände wie in einem Koordinatensystem gemessen werden – die neuronale Metrik des Raums. Bei der Verleihung des Nobelpreises an May-Britt und Edvard Moser, die Entdecker der Gitterzellen, und John O'Keefe, war deshalb sogar von einem biologischen „GPS-System“ die Rede.

Andreas Herz, Professor für Computational Neurosciences an der LMU und Sprecher des Bernstein Zentrums, Dr. Martin Stemmler aus seiner Arbeitsgruppe und Dr. Alexander Mathis (Harvard University) stellen nun eine umfassende mathematische Theorie vor, die zeigt, wie das Gehirn die Informationen der Gitterzellen und damit räumliche Abstände auslesen kann.

Bisherige Interpretation widerlegt

Die Neurowissenschaftler wenden dabei erstmals das Konzept der sogenannten neuronalen Populationsvektor-Dekodierung auf Gitterzellen an. Dieses Prinzip ist unter anderem bei der Dekodierung motorischer Signale seit Langem bekannt. Verschiedene Nervenzellen antworten auf denselben Eingangsreiz mit unterschiedlicher Aktivität. „Kombiniert man diese Aktivitäten wie geometrische Vektoren, kann aus der Antwort der gesamten Neuronenpopulation ein breites Spektrum an Reizen mit hoher Genauigkeit dekodiert werden“, erläutert Martin Stemmler. Dies ist aber nur möglich, wenn winkelartige Größen vorliegen, wie beispielsweise die Richtung einer Armbewegung. „Die Position eines Tieres ist aber keine periodische Größe“, sagt Alexander Mathis. „Deshalb kodieren Gitterzellen den physikalischen Raum wie auf einem Kreis beziehungsweise einem Donut aufgewickelt, sodass eine Dekodierung mit Populationsvektoren wieder möglich ist.“

Wegen dieses „Wickeltricks“ kann aus der Aktivität einzelner Gitterzellen nicht eindeutig auf die Raumposition zurückgeschlossen werden, vielmehr sind mehrere Gruppen von Zellen mit unterschiedlichem Gitterabstand nötig. Damit konnten die Forscher auch erklären, warum Gitterzellen in Module gruppiert sind, innerhalb derer die Gitter zwar verschoben sind, aber gleiche Orientierung und Größenskala haben. Um die Präzision der Ortsbestimmung zu optimieren, sollten die Skalen in einem festen Verhältnis zueinander stehen, wie dies bereits experimentell beobachtet wurde. Das gemessene Skalenverhältnis von 3 zu 2 wird ebenfalls durch die neue Theorie erklärt: Bei diesem Wert sind großräumige Navigationsfehler sehr unwahrscheinlich.

Die Erkenntnisse der Forscher widerlegen die bisherige Annahme, wonach einzelne Gitterzellen räumliche Abstände wie in einem Koordinatensystem messen. „Ein Mythos“, sagt Andreas Herz. „Eine Metrik kann überhaupt erst dann

entstehen, wenn unterschiedliche Gitterzellen gemeinsam ausgelesen werden.“ Auch in der aktuellen fachwissenschaftlichen Debatte, ob Gitterzellen überhaupt eine neuronale Metrik des Raums darstellen können, da doch Gitterfelder in schmalen Umgebungen verzerrt sind, liefert die neue Theorie eine Antwort: „Die Anordnung der Gitter ist irrelevant. Entscheidend ist, dass die Dekodierung funktioniert. Dies tut sie auch bei Verzerrungen“, sagt Martin Stemmler.

Übergreifendes Prinzip

Aus der Populationsantwort der Gitterzellen lässt sich nicht nur die eigene Position im Raum bestimmen, sondern auch die Richtung und Entfernung zu einem Ziel. Würde man dabei vorübergehend einzelne Gittermodule ausschalten, so wären spezifische Fehler bei der Zielsuche zu erwarten. Dies soll in zukünftigen Experimenten überprüft werden.

„Unsere Arbeit weist auf ein übergreifendes Funktionsprinzip im Gehirn hin“, betont Andreas Herz. „Das lässt uns hoffen, dass mithilfe mathematischer Theorien trotz der Komplexität des Gehirns ein grundlegendes Verständnis kognitiver Prozesse möglich ist.“

Publikation:

Martin Stemmler, Alexander Mathis, Andreas V. M. Herz
Connecting multiple spatial scales to decode the population activity of grid cells
In: Science Advances 2015, doi: 10.1126/science.12500816

Kontakt:

Professor Andreas Herz
Inhaber des Lehrstuhls für Computational Neurosciences an der LMU
Tel: +49 (0)89 / 2180-74801
E-Mail: herz@bio.lmu.de