

# Überraschende Gehirn-Ähnlichkeit

Mit mathematischem Modell neuronale Schaltkreise identifiziert

In den Gehirnen von Frettchen, Spitzhörnchen und Buschbabys haben Wissenschaftler eine überraschende Ähnlichkeit entdeckt: Die Anordnung der Nervenzellen in den Sehrinden beider Arten folgt exakt demselben Design. Weder frühe Einflüsse der Umwelt noch Vererbung können diesen Befund erklären. Mit Hilfe eines mathematischen Modells jedoch, das beschreibt, wie sich neuronale Schaltkreise im Gehirn selbstorganisiert entwickeln, konnten die Wissenschaftler die Gehirnanatomie exakt vorhersagen.

Nervenzellen in der Sehrinde reagieren auf definierte Bildelemente wie Kanten und Konturen. Jede Zelle hat dabei eine so genannte Orientierungspräferenz: Sie ist auf bestimmte Kantenverläufe – quer, senkrecht, schräg – spezialisiert. Stellt man sich Zellen gleicher Spezialisierung mit derselben Farbe eingefärbt vor, erhält man so die Karte der Orientierungspräferenz. Das fundamentale Strukturelement dieser Karten, das sich über die Sehrinde tausendfach wiederholt, bezeichnen Forscher als Pinwheel (deutsch: Windrad), denn Gebiete derselben Orientierungspräferenz treffen an einem Punkt zusammen – wie die Flügel eines Spielzeug-



Leiter der Studie: Fred Wolf. EF



Spitzhörnchen: Lebt in Asien.



Buschbaby: Feuchtnasennahe.



Frettchen: Mit Iltis verwandt.

Windrades.

Bisher waren Wissenschaftler davon ausgegangen, dass sich die Verteilung der Windräder in den Sehrinden verschiedener Arten stark unterscheiden, fanden die Forscher nun eine verblüffende Ähnlichkeit bei Frettchen, Spitzhörnchen und Buschbaby. Auf einen vererbten genetischen Bauplan lässt sich dies jedoch nicht zurückführen. Denn der letzte gemeinsame Vorfahre von Frettchen, Spitzhörnchen und Buschbaby lebte vor mehr als 65 Millionen Jahren im Zeitalter der Dinosaurier. Zudem gibt es Säugetiere, die deutlich enger miteinander verwandt sind als die untersuchten Spezies und dennoch verschieden strukturierte Sehrinden aufweisen.

Ein internationales Team von Forschern, unter anderem aus Göttinger Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation, des Bernstein Center for Computational Neuroscience und der Georg-August-Universität nahm empirische und theoretische Untersuchungen vor. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die gleiche Wind-

räderdichte am besten durch Selbstorganisationsprozesse in der Hirnentwicklung erklären lässt. Sobald die Tiere nach der Geburt zu sehen beginnen, bilden sich die Karten der Orientierungspräferenz nach und nach wie von selbst aus.

Die mathematische Analyse neuronaler Selbstorganisation zeigte, dass bereits wenige Voraussetzungen ausreichen, um die beobachtete Nervenzellarchitektur hervorzubringen. Zu diesen gehört etwa, dass sich Nervenzellen über große Entfernungen direkt Signale zusenden können. Sind diese und wenige weitere Voraussetzungen erfüllt, stimmen sich die Nervenzellen im Modell während der Hirnentwicklung so aufeinander ab, dass ein so genanntes „quasiperiodisches Muster“ ihrer bevorzugten Orientierungen entsteht, ein Muster, das sich nie exakt wiederholt.

„Vertraute Beispiele für Selbstorganisationsprozesse sind etwa die La-Ola-Welle begeisterter Zuschauer, die sich bei Sportveranstaltungen über die Stadionränge ausbreitet, oder Stop-and-Go-Wellen im Autoverkehr, die ohne jede ä-

ußere Behinderung des Verkehrsflusses spontan auftreten können“, sagt Dr. Matthias Kaschube, Lewis-Sigler-Fellow an der Princeton Universität und Erstautor der Studie. Bei diesen Beispielen, wie auch bei allen anderen Selbstorganisationsprozessen, gibt es weder einen versteckten „Lenker“, noch ein verstecktes „Drehbuch“, das die Systemelemente wie es Sportfans oder Verkehrsteilnehmer sein können zwingt zu tun, was sie tun. Die Bewegung der Elemente resultiert nur aus der Art, wie sie sich gegenseitig beeinflussen.

In den vergangenen Jahrzehnten haben Forscher für viele Systeme der unbelebten Natur ausgearbeitet, wie mathematische Modelle beim Verständnis solcher Selbstorganisationsprozesse helfen können. Wie Prof. Fred Wolf, Leiter der Untersuchung und theoretischer Physiker am Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation in Göttingen betont, liefern die neuen Ergebnisse nun maßgeschneiderte mathematische Konzepte für das Verständnis der Wechselwirkungen neuronaler Elemente in der Sehrinde. jes/bk