



Selbstorganisation statt Umwelt und Gene

Bestimmte Hirnbereiche verschiedener Arten wie Frettchen, Spitzhörnchen und Buschbabys gleichen sich exakt. Einzige Erklärung bieten selbstorganisierte Prozesse

Selbstorganisierte Prozesse spielen neben Umwelteinflüssen und genetischen Faktoren eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung des Gehirns. Zu diesem Ergebnis kommt ein internationales Team von Forschern, unter anderem aus Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation, des Bernstein Center for Computational Neuroscience und der Universität Göttingen. Die Gehirne von Frettchen, Spitzhörnchen und Buschbabys zeigen beispielsweise überraschende Ähnlichkeit: So folgt die Anordnung der Nervenzellen in den Sehrinden der Arten folgt exakt demselben Design. Weder frühe Einflüsse der Umwelt noch Vererbung können diesen Befund erklären. Mithilfe eines mathematischen Modells jedoch konnten die Wissenschaftler die Gehirnarhitektur exakt vorhersagen. Es beschreibt, wie sich neuronale Schaltkreise im Gehirn selbstorganisiert entwickeln. (Science, Online-Ausgabe vom 4. November 2010)

Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung
der Wissenschaften e.V.
Referat für Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit

Hofgartenstraße 8
80539 München

Postfach 10 10 62
80084 München

Tel.: +49 (0)89 2108 - 1276
Fax: +49 (0)89 2108 - 1207
presse@gv.mpg.de
Internet: www.mpg.de

**Leiterin
Wissenschaftskomm.:**
Dr. Christina Beck (-1275)

**Pressesprecherin / Leiterin
Unternehmenskomm.:**
Dr. Felicitas von Aretin (-1227)

Chefin vom Dienst:
Barbara Abrell (-1416)

ISSN 0170-4656



Abb. 1 Die Vorfahren von Spitzhörnchen (rechts) und Buschbaby (links) gehen seit 65 Millionen Jahren getrennte Wege. Dennoch gleichen sich Details ihrer Sehrinden auf verblüffende Weise.

Bild: Wikimedia

Nervenzellen in der Sehrinde reagieren auf definierte Bildelemente wie Kanten und Konturen. Jede Zelle hat dabei eine "Orientierungspräferenz": Sie ist auf bestimmte Kantenverläufe spezialisiert, wie etwa horizontale, vertikale oder

schräge Kanten. Werden Zellen gleicher Spezialisierung mit derselben Farbe eingefärbt, erhält man so eine 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-Windrades (siehe Abbildung 2).

Während frühere Arbeiten erwartet ließen, dass sich die Verteilung der Windräder in den Sehrinden verschiedener Arten stark unterscheiden, fanden die Forscher eine verblüffende Ähnlichkeit bei Frettchen, Spitzhörnchen und Buschbaby. Ein Erkennungszeichen dieses gleichen Designs ist die Dichte der Windrädchen. Diese und eine große Zahl anderer Merkmale stimmen bei diesen Arten genau überein. 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. Die Gehirne hatten also reichlich Zeit, sich verschieden zu entwickeln. Zudem gibt es Säugetiere, die deutlich enger miteinander verwandt sind als die untersuchten Spezies und dennoch verschieden strukturierte Sehrinden aufweisen. Ebenso wenig bietet der Einfluss von Erfahrung auf die frühe Hirnentwicklung eine Erklärung. Die untersuchten Tierarten finden nach ihrer Geburt völlig verschiedene Umweltbedingungen vor.

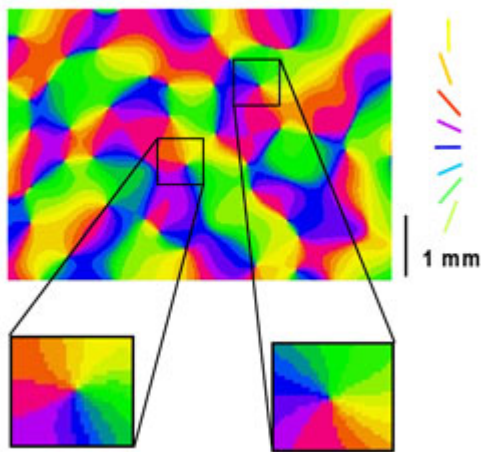


Abb. 2 Karte der Orientierungspräferenz in der Sehrinde eines Frettchens. Zwei Pinwheels (Windrädchen) sind vergrößert. Falschfarbendarstellung der Orientierung (siehe Balken links).

Bild: Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation

In empirischen und theoretischen Untersuchungen zeigten die Forscher, dass sich die gleiche Windrädendichte 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 weite Distanzen 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 äußere Behinderung des Verkehrsflusses spontan auftreten können", sagt 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 (die Sportfans oder die Verkehrsteilnehmer in obigen Beispielen) dazu 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 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.

Originalveröffentlichung:

Matthias Kaschube, Michael Schnabel, Siegrid Löwel, David M. Coppola, Leonard E. White & Fred Wolf
Universality in the Evolution of Orientation Columns in the Visual Cortex
Science, Online-Ausgabe vom 4. November 2010

Kontakt:

Dr. Birgit Krummheuer, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
[Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen](#)
Tel.: +49 551 5176-668
Fax: +49 173 3958625
E-mail: birgit.krummheuer@ds.mpg.de

Prof. Dr. Fred Wolf, Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation
[Bernstein Center for Computational Neuroscience und Universität Göttingen](#)
E-mail: red-wl@nld.ds.mpg.de