

SPERRFRIST beachten. Keine Veröffentlichung vor dem 7. Mai 2014, 01.00 Uhr!!!

Ameisen liefern neue Erkenntnisse für die Gehirnforschung

Welche Bedeutung hat die absolute oder relative Größe des Gehirns oder bestimmter Gehirnzentren für das Verhalten? Forscher am Biozentrum der Universität Würzburg gingen dieser Fragestellung bei Blattschneiderameisen nach und kamen zu überraschenden Ergebnissen.

Professor Wolfgang Rössler und seine Kollegen berichten in dem Wissenschaftsmagazin "Proceedings of the Royal Society B", dass die bisher übliche Betrachtung der Volumen für den Vergleich der Leistungsfunktionen von Gehirnen nur sehr begrenzt Auskunft geben kann. "Unsere Ergebnisse zeigen, dass reine Volumenmessungen – absolut wie relativ – für den Vergleich der Leistungsfähigkeit von Gehirnen nur eine sehr begrenzte Aussagekraft besitzen. Das trifft sowohl für den Vergleich innerhalb einer Art, zwischen zwei Arten, oder selbst zwischen verschiedenen Gehirnteilen zu", sagt der Leiter des Lehrstuhls für Verhaltensphysiologie und Soziobiologie an der Universität Würzburg.

Der Grund dafür ist relativ simpel: "Die Synapsendichten können jeweils gleich oder eben sehr unterschiedlich sein", erklärt Rössler. Mit dem Unterschied der Gehirngrößen bei sehr großen gegenüber sehr kleinen Vertretern einer Art und bei verschiedenen Arten beschäftigt sich eine eigene Fachdisziplin innerhalb der Verhaltensneurowissenschaften: die Gehirnallogometrie. Hier widmen sich die Wissenschaftler unter anderem der Frage, inwieweit die Größenzunahme bestimmter Hirnregionen in Relation zum Gesamtgehirn automatisch an die Zunahme von Lernfähigkeit oder Intelligenz gekoppelt ist – beim Menschen beispielsweise der Hippocampus oder der Frontallappen in Relation zum Gesamthirn.

Größenabhängige Arbeitsteilung bei Ameisen dient als Modell

Wie die meisten sozialen Insekten, besitzen Blattschneiderameisen die Fähigkeit zur Arbeitsteilung. Verschiedene Individuen einer Kolonie gehen unterschiedlichen Tätigkeiten nach. Bei Nestern mit mehreren Millionen Individuen ist dies für eine effiziente Logistik und damit den Fortbestand der eigenen Art unerlässlich. Bei den Blattschneiderameisen ist besonders interessant, dass die Mitglieder der einzelnen "Teams" je nach Aufgabenbereich extreme Unterschiede in der Körpergröße aufweisen. Winzige "Mini-Arbeiterinnen" züchten als Pilzgärtnerinnen im unterirdischen Nest einen Pilz, der dem Nachwuchs als Nahrung dient. Andere Arbeiterinnen haben ein bis zu 200-fach größeres Körpergewicht. Sie verlassen bei langen Exkursionen das Nest und schaffen die Blätter herbei, die schließlich dem Pilz als Substrat dienen. Beide Tätigkeiten sind komplex und erfordern hochentwickelte Lern- und Gedächtnisleistungen.

Hierfür sind im Insektengehirn insbesondere die sogenannten Pilzkörper verantwortlich. Die duftverarbeitenden Anteile des Pilzkörpers sind für die Blattschneiderameisen dabei besonders wichtig. "Wie schaffen es Mini-Arbeiterinnen in ihren wesentlich kleineren Köpfen Gehirne unterzubringen, die ähnlich komplexe Leistungen schaffen?", formuliert Claudia Groh vom Lehrstuhl für Verhaltensphysiologie und Soziobiologie an der Uni Würzburg.

Synapsendichte als Limit für die Gehirnminiaturisierung

Blattschneiderameisen liefern damit ideale Modellsysteme für Kernfragen der Gehirnallogometrie. Mit Hilfe molekularer Marker und hochauflösender konfokaler Laserscanning-Mikroskopie konnten die Forscher die winzigen Gehirne im Detail analysieren. Sie gingen dabei bis auf die Ebene der

Synapsen, den Schaltstellen zwischen einzelnen Nervenzellen. Die Zahl der Synapsen gibt Auskunft über die Leistungskapazität eines Gehirnareals.

Die Ergebnisse zeigen, dass das absolute Volumen der Pilzkörper von Mini-Arbeiterinnen zwar etwa drei- bis vierfach kleiner ist als bei großen Arbeiterinnen, die Größe der Pilzkörper in Relation zum Gesamtgehirn aber bei Mini-Arbeiterinnen mehr als dreifach größer ist als bei den "großen Schwestern". Daraus würde man auf der Basis rein volumetrischer Messungen schließen, dass die Mini-Arbeiterinnen deutlich mehr Gehirnmasse in die Pilzkörper investieren, um damit ihre Kleinheit zu kompensieren. Das dem nicht so ist, zeigten die Dichtemessungen der Synapsen im Pilzkörper.

Erkenntnisse für die Gehirnforschung

Die Analysen zeigten, dass die Synapsendichte innerhalb der Art erstaunlich konstant und damit unabhängig von der Körpergröße ist. "Daraus folgt, dass Mini-Arbeiterinnen trotz ihrer in Relation zum Gesamtgehirn größeren Pilzkörper nur ein Drittel der Synapsenzahlen im Vergleich zu großen Arbeiterinnen besitzen", sagt Wolfgang Rössler. Die Gehirnminiaturisierung der Mini-Arbeiterinnen ist damit durch die artspezifische Synapsendichte in den Pilzkörpern limitiert.

"Da sich die Mini-Arbeiterinnen fast ausschließlich im Nest aufhalten, ist deren auf Gerüchen basierende Sinneswelt reduzierter als bei den Futter-Sammlerinnen. Der Nachteil einer geringeren Synapsenzahl in den duftverarbeitenden Zentren fällt daher wahrscheinlich nicht mehr so sehr ins Gewicht", sagt Rössler und ergänzt: "Unsere Arbeit setzt ein deutliches Signal über die Ameisenwelt hinaus. Die Ergebnisse zeigen, dass reine Volumenmessungen- und Vergleiche für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Gehirnen nur sehr begrenzt Auskunft geben können."

"Density of mushroom body synaptic complexes limits intraspecies brain miniaturization in highly polymorphic leaf-cutting ant workers" Claudia Groh, Christina Kelber, Kornelia Grübel & Wolfgang Rössler. *Proceedings of the Royal Society B*. 20140432. May 7; <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.0432>

Kontakt

Professor Wolfgang Rössler, E-Mail: roessler@biozentrum.uni-wuerzburg.de
Lehrstuhl Verhaltensphysiologie und Soziobiologie, Biozentrum der Universität Würzburg.

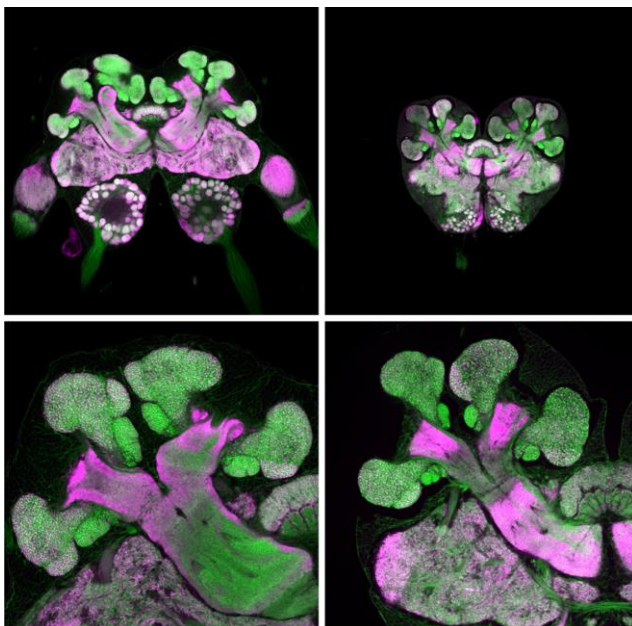


Bild 1

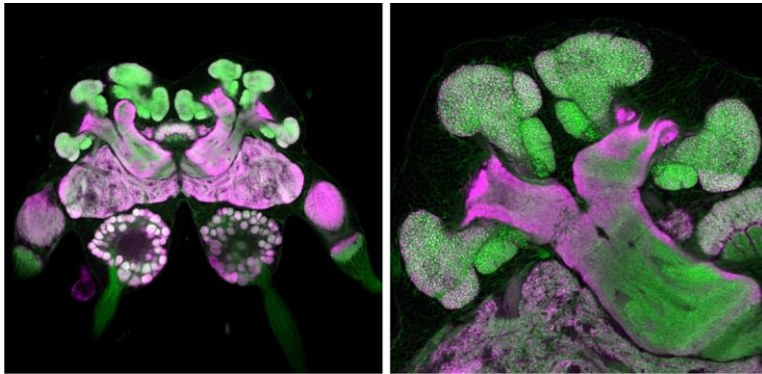


Bild 2

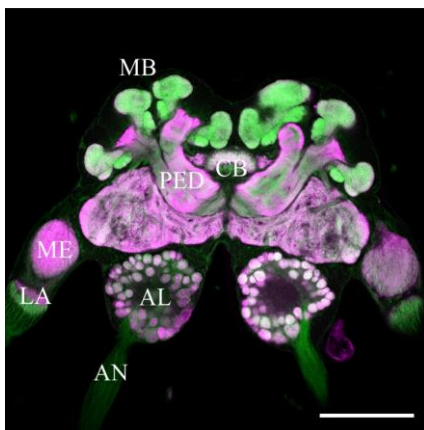


Bild 2A mit Label



Bild 2A

Bildunterschriften

Bild 1: Vergleich der Gehirne von Blattschneiderameisen. Links oben ist das Gehirn einer großen Arbeiterin, rechts das von einer viel kleineren "Mini-Arbeiterin" zu sehen. Bereits der Gesamtdurchmesser des Gehirns der großen Arbeiterin beträgt weniger als 1 mm. Mittels Immunfluoreszenz wurden verschiedene Synapsenproteine im Gehirn sichtbar gemacht. So können bei sehr hoher Vergrößerung Synapsen in den Lern- und Gedächtniszentren der Ameisen, den Pilzkörpern, gezählt werden. Der Vergleich in der unteren Reihe verdeutlicht, dass die Pilzkörper der Mini-Arbeiterinnen im Verhältnis zum Gesamtgehirn größer sind als bei den großen Arbeiterinnen. Sie enthalten aber im Vergleich nur etwa ein Drittel der Synapsen.
Abbildung aus Groh et al. (2014) Proc Roy Soc B

Bild 2: Das Gehirn einer Blattschneiderameise. Links ist das Gehirn einer großen Arbeiterin zu sehen. Der Gesamtdurchmesser beträgt weniger als 1 mm. Mittels Immunfluoreszenz wurden verschiedene Synapsenproteine im Gehirn sichtbar gemacht. Rechts sind die sogenannten Pilzkörper vergrößert, Zentren für Lern- und Gedächtnisprozesse im Insektengehirn. Bei noch höherer mikroskopischer Vergrößerung konnte in den Pilzkörpern unterschiedlich großer Arbeiterinnen die Zahl von Synapsen ermittelt werden.

Abbildung aus Groh et al. (2014) Proc Roy Soc B

Bild 2A, links mit Labels:

AL Antennallobus (Antennal Lobe) = Riechzentrum

AN Antennennerv (Antennal Nerve) = Nerv, der von den Fühlern (Antennen) in den AL zieht

CB Zentralkomplex (Central Body) = Übergeordnetes Zentrum für Bewegungskontrolle

LA Lamina = erstes optisches Zentrum im Sehsystem

ME Medulla = zweites optisches Zentrum im Sehsystem

MB Pilzkörper (Mushroom Body) = Zentrum für Lern- und Gedächtnisprozesse

PED Pedunculus (Peduncle) = Stiel der Pilzkörper mit Verbindung zu anderen Gehirnteilen

Messskala rechts unten = 0,25 mm

Abbildung aus Groh et al. (2014) Proc Roy Soc B