

⁴ „For millions of years, environmental pressures and predator-prey relationships have driven arthropods to develop structures that are both mechanically robust and multifunctional“ (erster Satz im Text von RIVERA et al. [2020]).

Literatur

MENNE K (2020) Der Unkaputtbare. DIE ZEIT 44, 22. 10. 2020; hier nur als ein Beispiel von vielen.

RIVERA J, HOSSEINI MS, RESTREPO D, MUTARA S, VASILE D, PARKINSON DY, BARNARD HS, ARAKAKI A, ZAVATTIERI P & KISAILUS D (2020) Toughening mechanisms of the elytra of the diabolical ironclad beetle. *Nature* 586, 543–548.

RIVERA J, HOSSEINI MS, RESTREPO D, MUTARA S, VASILE D, PARKINSON DY, BARNARD HS, ARAKAKI A, ZAVATTIERI P & KISAILUS D (2020) Toughening mechanisms of the elytra of the diabolical ironclad beetle. Supplementary Information and Extended Data, <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2813-8>

Drumherum oder mitten durch? Entscheidungsfindung im Ameisen-Straßenbau

Soll die Autobahn in grader Linie mitten durch den Wald gebaut werden, oder ist der Umweg ohne Baumfällarbeiten weniger aufwändig? Bei uns Menschen spielen heutzutage bei solchen Fragen Umweltschutzgründe und zu erwartende Proteste eine große Rolle bei der Entscheidungsfindung, während man bei sozialen Insekten wie den Ameisen doch eher schnöde Parameter wie Energieaufwand und Kosten/Nutzen als bestimmende Faktoren vermutet.

Hans-Bertram Braun

Ameisenstraßen hat wohl jeder schon gesehen. Wir verstehen darunter oft die schwarzen Linien auf dem Küchenboden, die aus vielen kleinen wuseligen Tierchen auf der Suche nach Zucker gebildet werden, die alle der Pheromonspur folgen, die vorher von fündig gewordenen Scouts gelegt worden ist. Ameisen machen aber auch Wege in der Wildnis frei, um schneller und ungehindert entweder zwischen verschiedenen Kolonien einer Art verkehren zu können, oder Nahrung von einer ergiebigen Quelle heim zum Nest zu transportieren. Dabei räumen die kleinen Insekten die Wege gezielt frei. Andere tierische „Straßen“ dagegen, wie sie von weit größeren Arten gebildet werden, wie etwa bei Wildwechsel von Rehen oder Urwaldpfade von Elefanten, werden einfach nur passiv durch das häufige Benutzen durchgetrampelt. Räuberisch lebende Ameisen bilden sogar lebende Brücken, um Hindernisse für Artgenossen zu überwinden, die dann bei Bedarf dynamisch an wechselnde Ansprüche angepasst werden (REID et al. 2015). Auch lebende Flöße sind von Ameisen bekannt. Ameisen sind einfach faszinierend!

Der Hindernisparcours

Deutsche Forscher haben in Zusammenarbeit mit australischen Kollegen untersucht, wie

Ameisen Down Under beim Straßenbau vorgehen (OBERHAUSER et al. 2019). Sie untersuchten, wie die in Australien weit verbreitete Art der Fleisch-Ameise (*Iridomyrmex purpureus*, Abb. 1) reagiert, wenn sie die Wahl zwischen zwei Wegen zur Futterquelle hat: einem direkten, der allerdings durch Hindernisse verstellt ist, und einem Umweg, der keine weiteren Hindernisse bereithält, aber verschieden umständlich gestaltet ist. Sie führten ihre Untersuchungen in der freien Wildbahn durch, indem sie 17 verschiedene Ameisenkolonien zeitversetzt vor zwei verschiedene Aufgaben stellten. Ein Versuchsaufbau, der immer aus vier verbundenen Teilen bestand, wurde vor einem Ausgang der Ameisenkolonie platziert: Ein Zuckerwasserbehälter als Nahrungsquelle, der hinter einer standardisierten Hindernis-Fläche lag, die mit 300 in Reih und Glied aufgestellten „Grashalmen“ aus Papier gespickt war (15 Reihen à 20 Halmen), die links und rechts von je einem Block von 10 cm Höhe (um Überklettern zu verhindern) eingerahmt waren (Abb. 2). Die beiden Umwege-Blöcke waren entweder nur 10 cm breit (kleiner Umweg) oder 80 cm breit (großer Umweg). Etwa die Hälfte der Kolonien wurde zuerst mit dem großen und dann in mindestens 5 Tagen Abstand mit dem kleinen Umweg-Aufbau konfrontiert. Bei der anderen Hälfte verfahren die Wissenschaftler umgekehrt, zuerst mit dem kleinen Umweg-Aufbau, dann dem

großen. Als Messwerte wurden die Anzahl und Lage gefällter Grashalme nach 24 und nach 48 Stunden ausgewertet (Abb. 3) und der Anteil an Ameisen, die das Hindernis direkt durchqueren, bzw. den Umweg wählten. Auch die zurückgelegten Wege einzelner Ameisen durchs Hindernis wurden mit Kameras aufgezeichnet und per Software ausgewertet.

Wie bewertet man Verhalten: Zählt die Statistik oder der Einzelfall?

Die populärwissenschaftliche Zusammenfassung liest sich nun wie erwartet, man ist ja schon an erstaunliche Fähigkeiten bei Ameisen gewöhnt: Beim kleineren Umweg wählen mehr Kolonien vor allem den Umweg anstatt mühsam eine Schneise durch den „Grashalm-Wald“ zu schlagen; bei einem großen Umweg machen sich mehr Kolonien daran, Halme zu fällen, um den Weg selbst abzukürzen. Die Ameisenkolonien entscheiden also schwarmintelligent nach einem Abwägen von Kosten/Nutzen-Aspekten, was wirklich sehr beeindruckend ist. Sieht man sich die Originalarbeit allerdings im Detail an, dann zeigt sich, was für eine mühsame und komplizierte Disziplin die Verhaltensbiologie doch ist: Mit statistischer Signifikanz ($p < 0.05$) treffen die Schlussfolgerungen tatsächlich zu, im Mittel verhalten sich die Kolonien abhängig vom Versuchsaufbau unterschiedlich, aber es gibt eine breite Überlappung der Verhaltensweisen: Auch bei großem Umweg gibt es Kolonien, die nach 24 und auch 48 Stunden noch kaum oder gar keine Halme gefällt haben, während im Gegensatz dazu Kolonien auch bei der verführerischen Alternative des kurzen Umwegs trotzdem nach 48 Stunden praktisch „tabula rasa“ im Hindernispark gemacht haben. Wenn man den Anteil der Ameisen betrachtet, die den „Wald“ durchqueren, ist die Überlappung zwischen kleinem und großem Umweg geringer, aber auch hier gibt es noch Kolonien, in denen viele Ameisen auch bei kurzem Umweg den Hindernisweg wählen. Interessant war auch, dass

Warum entscheiden die Kolonien im Mittel eher so, wie wir Menschen es ausgehend von sinnvollen Überlegungen erwarten würden?

tendenziell Kolonien, die zuerst mit dem kurzen Umweg konfrontiert worden waren, beim Erscheinen des langen Umwegs eher den langwierigen Umweg bevorzugten, der beim ersten Experiment kürzer und deshalb sinnvoller gewesen war. Andersherum, wenn zuerst der lange



Abb. 1 Die Fleisch-Ameise (*Iridomyrmex purpureus*). (patrickkavanagh, CC BY 2.0)

Umweg als Aufgabe gestellt war, tendierten die Kolonien auch beim nachfolgenden kurzen Umweg dazu, sich den Weg durchs Hindernis freizuräumen. Mindestens 5 Tage währte das Ameisengedächtnis also schon. Statistisch gesehen.

Eigentlich macht die Betrachtung der überlappenden Einzelmesspunkte, die ja immer das Verhalten einer Kolonie von Zehntausenden von Ameisen repräsentieren, den Befund noch viel spannender, denn wie „entscheidet“ eine einzelne Kolonie, was ihre Mitglieder vorwiegend tun? Entscheidet sie überhaupt oder entscheiden einzelne Individuen und ziehen andere nach? Und warum entscheidet die eine Kolonie so, die andere so? Und warum entscheiden die Kolonien im Mittel eher so, wie wir Menschen es ausgehend von sinnvollen Überlegungen erwarten würden, aber sicher nicht zufallsbasiert? Ab welcher zusätzlichen Länge des großen Umwegs würde man noch einen statistischen Unterschied im Verhalten messen können?

Abb. 2 Schematischer Aufbau des Hindernisparcours. Der direkte Weg zur Nahrungsquelle ist durch ein Hindernis bestehend aus 15 Reihen zu je 20 Papier-„Grashalmen“ verstellt (2), der von 10 cm hohen Wänden flankiert ist. Die Wände sind sowohl links wie rechts entweder je 10 oder je 80 cm breit. (Anders als im wirklichen Aufbau sind in der Darstellung beide Breiten gleichzeitig dargestellt.) Um zur Nahrung zu gelangen, können die Ameisen entweder das Hindernis durchqueren oder den Umweg je nach Aufbau kurz (1) oder lang (3) nehmen. (Nach OBERHAUSER et al. 2019)

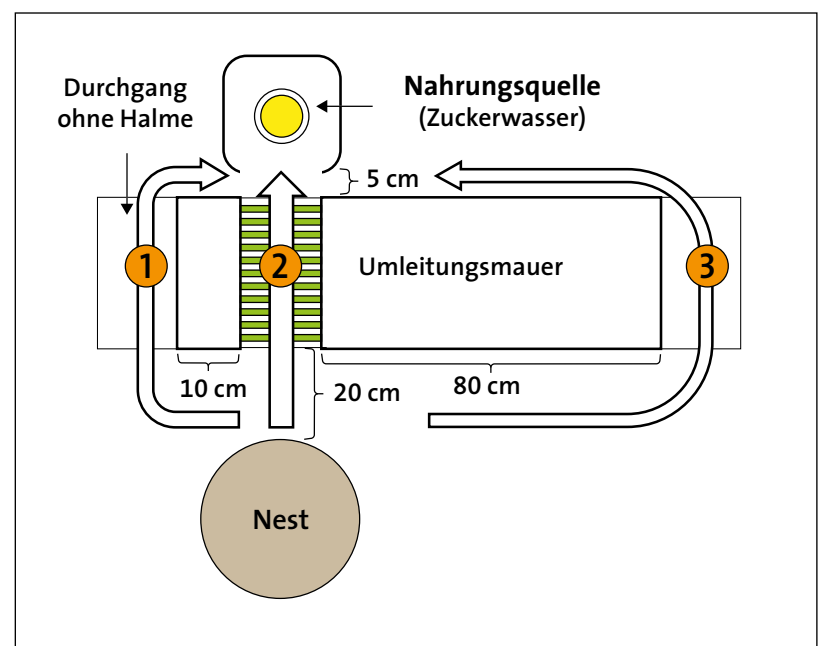




Abb. 3 Beispiel eines Hindernisparcours 48 Stunden nach Platzierung. In diesem Fall wurde auch nach 48 Stunden noch eine große Anzahl Halme stehen gelassen. Vor allem in Zentrum wurden „Grashalme“ gefällt, um einen relativ schmalen Weg durch das Hindernis zu bahnen. (Aus OBERHAUSER et al. 2019, <http://www.biologists.com/user-licence-1-1/>)

Interessant wird es im Detail: Komplexität und Vielfalt

Die Forscher stellten zudem fest, dass manche Kolonien wohl eher von vornherein „Baumfäller“ sind, die unabhängig von der Länge des Umwegs immer die Ärmel hochkrempeln und ohne lange zu fackeln ans Fällern gehen, ob es nun theoretisch sinnvoll erscheint oder nicht. Es erschien auch keineswegs notwendig, alle 300 Halme zu fällen, um zügig zur Nahrung zu gelangen – der Weg war sicher breit genug. Trotzdem ließen manche Kolonien wirklich nichts stehen. Ein solches Verhalten ist schon früher dokumentiert worden, als beobachtet wurde, dass die Ameisen ihre Straßen breiter gestalten, als es selbst bei maximalem Rush-hour-Verkehr notwendig wäre (FARJI-BRENER et al. 2012). Wie erwähnt ließen dagegen andere Kolonien immer alle Halme stehen. Aber dieses abweichende Spezialverhalten ist nicht auf Kolonie-Ebene beschränkt: Der Hauptautor beobachtete einzelne Ameisen, die besonders aufs Fällern versessen waren und ausdauernd an den Papierhalmen arbeiteten, während die Standard-Ameise nur wenige Sekunden pro Halm arbeitete und

dann weiterzog – Komplexität und Vielfalt auf jeder Ebene. Die in unseren Augen sinnvolle Hauptaussage der Studie ist also statistisch begründet und sicherlich kein Zufall. Im Verhalten von Ameisen-Kolonien und auch individuellen Ameisen zeigt sich dennoch eine breite Vielfalt, die sicher auch eine nicht-zufällige Begründung hat, die allerdings noch schwerer zu erforschen ist.

Man muss den hier angetretenen Verhaltensforschern, aber auch allen anderen Naturwissenschaftlern wirklich Bewunderung und Dankbarkeit entgegenbringen. Ohne ihre akribische und geduldige Arbeit in Experiment, Auswertung und Publikation in kleinen Teilbereichen der Natur gäbe es kaum Erkenntnisgewinn und viel weniger Wissen über Details bezüglich der Wunder der Schöpfung. Das Stauen wird immer größer. Je mehr man ins Detail geht, umso komplizierter wird alles. Nie stellen

Im Verhalten von Ameisen-Kolonien und auch individuellen Ameisen zeigt sich eine breite Vielfalt, die sicher eine nicht-zufällige Begründung hat.

sich Lebewesen als zufallsgetriebene Maschinen dar, die im großen Mittel irgendetwas zustande bringen. Im Gegenteil, Leben bedeutet immer Planung und nicht Zufall, ob das Gehirn der Individuen auch aus noch so wenigen Zellen besteht. Publikationen wie diese scheinen deshalb regelmäßig mehr Fragen aufzuwerfen, als sie klären können, so dass die Ehrfurcht vor der Intelligenz, die offensichtlich hinter diesen Wundern stecken muss, nur wachsen kann. Oder will irgendwer behaupten, all diese Vielfalt, dieses komplexe Verhalten und Zusammenspiel auf allen Ebenen sei letzten Endes nur eine Eigenschaft der Materie?

Literatur

- OBERHAUSER FB, MIDDLETON EJT, LATTY T & CZACZKES TJ (2019) Meat ants cut more trail shortcuts when facing long detours. *J. Exp. Biol.* 222: jeb205773 doi:10.1242/jeb.205773
- FARJI-BRENER AG, MORUETA-HOLME N, CHINCHILLA F, WILLINK B, OCAMPO N & BRUNER G (2012) Leaf-cutting ants as road engineers: the width of trails at branching points in *Atta cephalotes*. *Ins. Soc.* 59, 389–394.
- REID CR, LUTZ MJ, POWELL S, KAO AB, COUZIN ID & GARNIER S (2015) Army ants dynamically adjust living bridges in response to a cost-benefit trade-off. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 112, 15113–15118.