

Starke Arbeiterinnen im Ameisennest

Es herrscht Geschlechterkampf im Ameisenstaat. Die Königin zwingt trickreich Arbeiterinnen, männliche Nachkommen aufzuziehen. Das haben Lausanner Forscher entdeckt.

Von **Anke Fossgreen, Lausanne**

Wer das kleine Büro von Michel Chapuisat an der Universität in Lausanne gesehen hat, der kann sich vorstellen, dass sich Chapuisat auf seine Arbeit im Freien freut. Der Ameisenforscher hat im Winter seine Freilandprojekte vorbereitet: «Wir müssen die Feldsaison gut planen, sonst können wir ein ganzes Forschungsjahr verlieren.» Die Labors von Chapuisats kleinem Team sind im Departement für Ökologie und Evolution verteilt. Sie unterscheiden sich auf den ersten Blick nicht von anderen molekularbiologischen Labors: Kastenförmige Tischzentrifugen, etwa halb so gross wie ein Drucker, surren aggressiv. Griffbereit stehen unzählige Flaschen mit irgendwelchen Flüssigkeiten, Chemikalien und Lösungen. Gleich mehrere PCR-Geräte stehen nebeneinander in einem Nebenraum; mit ihnen wird die Erbsubstanz DNA vervielfältigt.

Unscheinbare Tierchen

Und doch ist etwas anders: Auf einem Labortisch krabbeln in einer weissen Schale aufgeregt, aber völlig lautlos stattliche amerikanische Ameisen. Eine Doktorandin zeigt, wie sie in einem Brutschrank Ameisenköniginnen züchtet. In einem anderen Labor hat sich eine Ameisenkolonie in einer Art Terrarium in dunkelbrauner Erde ihr Nest gebaut. Durch die Glaswände kann man in einige Gänge schauen.

Die Forschungsobjekte von Michel Chapuisat sehen unscheinbar aus. *Formica selysi* ähnelt auf den ersten Blick der gewöhnlichen Schwarzen Gartenameise. Jedoch ist *Formica selysi* seltener als ihre Verwandte und lebt ausschliesslich im Alpenraum in sandigen Böden. Chapuisat erforscht diese Ameisenart mit seinem Team an den Ufern der Rhone zwischen Siders und Susten im Wallis. Anfang April



BILD DAVID BUCHS

Streiten um das Geschlechterverhältnis: Königin der Ameise *Formica selysi* umringt von ihren Arbeiterinnen.

sind seine Doktoranden erstmals ausgeschwärmt, um die Ameisennester wiederzufinden, die sie im letzten Jahr beobachtet und markiert haben. Chapuisat erforscht die Ameisenstaaten seit mehreren Jahren. «Der Vorteil ist, Ameisennester bestehen über lange Zeit», sagt Chapuisat. Die Mitarbeiter haben Ameisen mitgebracht, um im Labor das Erbgut zu untersuchen. Mit einer Art Vaterschaftstest können sie feststellen, ob sie die richtigen Nester wieder gefunden haben. Die DNA-

Analysen geben ihnen auch Hinweise, ob mehr als eine Königin im Nest lebt.

Doch Chapuisat ist kein Molekulargenetiker, sondern ein Evolutionsbiologe. Ihn interessiert das ausgeprägte Sozialleben der staatenbildenden Tiere. Genauer, wie es zu diesem komplexen Verhalten gekommen ist. «Was ich wirklich an meiner Forschungsrichtung mag, ist, dass eine klare Theorie dahinter steht», sagt Chapuisat und meint damit die so genannte Verwandtenselektionstheorie (siehe Kasten). Demnach helfen sterile Arbeiterinnen ihrer Mutter, der Königin, bei der Aufzucht der Jungen, weil sie damit indirekt auch ihre eigenen Gene weitergeben. Die Hilfe müsste – laut Theorie – umso ausgeprägter sein, je mehr Gene die Tiere gemeinsam haben, also umso enger sie miteinander verwandt sind.

Arbeiterinnen töten Männchen

«Tatsächlich beobachten wir eine Konkurrenz zwischen verschiedenen verwandten Tieren», so Chapuisat. «Es gibt Untersuchungen, die zeigen, dass Arbeiterinnen Teile der männlichen Brut im eigenen Nest töten, weil diese weniger Gene mit den Arbeiterinnen teilen.» Unbekannt ist hingegen, woran die Arbeiterinnen unterscheiden können, ob aus einem Ei männliche oder weibliche Nachkommen schlüpfen werden. «Vielleicht ist es die Grösse des Eis, der Larve oder der Puppe oder ein Geruch, der von den Eiern ausgeht», mutmasset Chapuisat. Dabei haben die Königinnen und die Arbeiterinnen ein gemeinsames Interesse an der Aufzucht der Jun-

gen. «Aber sie schätzen den Wert von Weibchen und Männchen anders ein», sagt Chapuisat. Die Arbeiterinnen sind nämlich mit ihren Schwestern näher verwandt als mit ihren Brüdern. Die Königin ist hingegen gleich eng mit ihren Töchtern wie mit ihren Söhnen verwandt. Das liegt an der Zeugung der Ameisennachkommen: Die Königinnen werden nur ein einziges Mal in ihrem bis zu 30 Jahre langen Leben befruchtet. Sie lagern die Spermien in einem speziellen Organ, das Spermathek genannt wird. Doch nicht für alle Nachkommen benötigen sie die Spermien, denn die männlichen Ameisen entstehen aus unbefruchteten Eiern, sie sind haploid und besitzen ausschliesslich das Erbgut der Mutter. Alle Weibchen, also die Arbeiterinnen und neue Königinnen, entstehen aus befruchteten, diploiden Eiern und teilen die Gene der Mutter und des Vaters miteinander.

Am Anfang des Frühlings haben die Ameisenköniginnen spezielle Eier gelegt, aus denen sich jetzt ihre fruchtbaren Nachkommen entwickeln: In diesen Tagen verpuppen sich die aus den Eiern geschlüpften Larven, die sich dann zu Ameisen mit Flügeln entwickeln: Weibchen, die selber zu Königinnen werden, und Männchen, die sich mit den jungen Königinnen aus anderen Nestern paaren. Je nach Wetter werden die Tiere von etwa Juni bis Juli auf Hochzeitsflug gehen.

Chapuisat hat herausgefunden, dass in einigen Kolonien von *Formica selysi* die Königinnen einen Trick anwenden, um ihre Arbeiterinnen quasi dazu zu zwingen, zahlreiche männliche Nachkommen aufzuziehen. Der Trick ist, dass die Königin in der Zeit, in der sie die fruchtbaren Nachkommen produziert, ausschliesslich männliche Eier legt («Current Biology», Bd. 16, S. 328). «Dieses Verhalten ist ein deutliches Beispiel für einen offenen Konflikt zwischen den Mitgliedern einer Tiergesellschaft», erklärt Chapuisat.

«Früher glaubten die Forscher, die Königin dominiere den Kampf um die Geschlechter, dann glaubte man, es seien die Arbeiterinnen», sagt Chapuisat. «Unsere Forschung hat nun gezeigt, es sind beide.» Wie der Konflikt ausgeht, hängt von einer genau abgestimmten Balance zwischen der Macht beider Parteien ab. Die Macht der Königinnen liegt darin, das Geschlecht ihrer Nachkommen zu bestimmen; die der Arbeiterinnen, die Brut zu töten, aus der sich ihre Brüder entwickeln.

Später in der Saison, wenn der Konflikt um männliche und weibliche Nachkommen ausgestanden ist, legt die Königin nur noch Eier, aus denen sich neue Arbeiterinnen entwickeln. Und mit denen streitet die Königin dann im nächsten Jahr wieder um das Geschlechterverhältnis der neuen Nachkommen.



Michel Chapuisat.

Paradox in der Evolutionstheorie

Sozial lebende Insekten, also solche, die in grossen Staaten organisiert sind, bewohnen fast jeden Landstrich der Erde. Der Erfolg dieser Lebensweise erscheint aus Sicht der Evolutionslehre erst einmal paradox: Sterile Arbeiterinnen, wie sie bei Ameisen, Bienen oder einigen Wespenarten vorkommen, zeugen keine eigenen Nachkommen. Stattdessen versorgen und verteidigen sie den Nachwuchs der Königin, also ihre Brüdern und Schwestern.

Laut Charles Darwin haben aber diejenigen Arten die grösste Chance, sich an eine veränderte Umwelt anzupassen und damit langfristig zu überleben, welche die meisten Nachkommen hervorbringen. Schon Darwin war das Paradox aufgefallen: In seinem 1859 erschienenen Buch «Über den Ursprung der Arten» bezog er die Theorie der natürlichen Se-

lektion deshalb nicht nur auf einzelne Individuen, sondern erweiterte sie auf den Familienverband – ohne zu der Zeit die Vererbung von Genen zu kennen.

Diese Überlegung hat in den 1960er-Jahren der britische Evolutionsbiologe William Hamilton aufgenommen und in der so genannten Verwandten-Selektions-Theorie ausgearbeitet. Die Theorie besagt, dass Individuen nicht nur direkt ihre eigenen Gene an ihre Nachkommen weitergeben können, sondern auch indirekt, indem sie Geschwistern und anderen nahen Verwandten bei der Fortpflanzung helfen. Tatsächlich finden Forscher altruistisches Verhalten umso ausgeprägter, je enger Individuen miteinander verwandt sind. Die Chance, die eigenen Gene wenigstens indirekt weiterzugeben, steigt mit dem Verwandtschaftsgrad. (afö)

Fussballspieler mit Computergehirn

Die besten Fussballer kommen aus Darmstadt. Zumindest unter den Robotern.

Mit nur 55 Zentimeter Körpergrösse soll Bruno Torschützenkönig werden. Der Stürmer der Darmstadt Dribblers wird Mitte Juni am Robo Cup in Bremen kicken. Ein Team um Oskar von Stryk von der Technischen Universität Darmstadt entwickelte ihn gemeinsam mit dem japanischen Hajime Research Institute.

Letzten Montag gab der ehemalige Fussballprofi und heutige Trainer des SV Darmstadt 98, Bruno Labbadia, dem Roboter seinen Namen. Bruno ist laut von Stryk der schnellste zweibeinige Roboter seiner Grösse und wird am Robo Cup auch unebenes Gelände bewältigen. Er tritt sowohl im Penaltyschiessen als auch im 2-gegen-2-Spiel an. Den Spielverlauf beobachtet er mit zwei Kameraaugen und verarbeitet ihn im Computergehirn. Über ein kabelloses Funknetzwerk, sprich Wireless LAN, kommuniziert er mit dem Mitspieler.

Die Technische Universität Darmstadt nimmt nicht zum ersten Mal am Robo Cup

teil. Ihre Dribbling Dackels gewannen bereits zweimal in der Kategorie der Vierbeiner. Zum ersten Mal spielt dieses Jahr die 1,30 Meter grosse Lara. Sie bewegt ihre beiden Beine nicht mit Elektromotoren, sondern mit künstlichen Muskeln. Diese bestehen aus Fasern, die sich verkürzen, wenn sie über eine bestimmte Temperatur erwärmt werden.

Der Robo Cup wird seit 1997 von einem internationalen Zusammenschluss von Forschern organisiert. Erklärtes Ziel ist, dass bis 2050 ein Team aus menschenähnlichen Robotern gegen den amtierenden Fussballweltmeister gewinnen kann. So wollen sie die Forschung in den Gebieten künstliche Intelligenz und Robotik fördern. Die Entwicklungen sollen längerfristig auch in Anwendungen einfließen, die der Gesellschaft direkt nützen. Deshalb hat der Robo Cup auch eine Disziplin «Rescue». Dort treten Roboter an, die beispielsweise nach Erdbeben Verschüttete suchen könnten. Diese Aufgabe hat für Roboter gewisse Ähnlichkeiten mit Fussball: In einer sich verändernden Umgebung müssen sie mit Artgenossen zusammenarbeiten. (nsn)

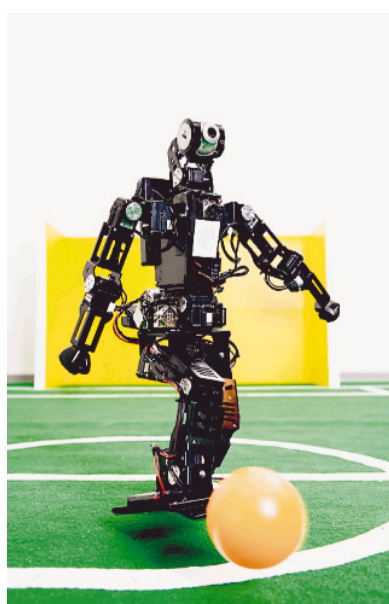


BILD TU DARMSTADT

Bruno, Schnellster seiner Grösse.

Libellen haben Kondition

London. – Libellen der Art *Anax junius* legen auf ihrer Wanderung in wärmere Regionen pro Woche etwa 70 Kilometer zurück. Um die Routen der Tiere nach Süden zu ermitteln, haben amerikanische Forscher der Universität Princeton den räuberischen Insekten winzige Radiosender angeklebt und sie unter anderem mit einer Cessna verfolgt. Den 300 Milligramm schweren Sender hatten die Forscher mit Hilfe eines Superklebers an der Unterseite der Insekten befestigt. (DPA/fwt)

Rechnungen per Mail entlasten Umwelt

Freiburg. – Wer seine Rechnungen elektronisch statt auf dem Postweg bezieht, trägt etwas zum Umweltschutz bei. Forscher des deutschen Öko-Instituts in Freiburg haben im Auftrag des deutschen Telekommunikations-Anbieters T-Com untersucht, wie sich die Zustellung der Telefonrechnung auf die Umwelt auswirkt. Das Ergebnis: Die briefliche Rechnung belastet die Umwelt rund

fünfmal stärker. Die Studie berücksichtigt einerseits die Herstellungs- und Versandkette für die Papierrechnung (Papier, Druck, Logistik), andererseits die Bereitstellung und Distribution elektronischer Rechnungen (Rechner, Energie, Festnetzinfrastruktur). Doch letztlich hängt alles vom Kunden ab: Drückt er die Mail-Rechnung jeweils komplett aus, wird der Umweltvorteil gegenüber der Papierrechnung eingebüsst. (ml)

www.t-com.de/rechnung-online

Gletscherschmelze in Uganda

Washington. – Die Gletscher des Ruwenzori-Gebirges zwischen Uganda und der Demokratischen Republik Kongo sind zwischen 1987 und 2003 um die Hälfte geschrumpft. Das berichten Forscher der University College London und der Makerere University in Uganda. Den Rückgang stellten sie bei der Analyse von Satellitenbildern fest. Schmilzt der Gletscher weiterhin so stark, wird in 20 Jahren das Eis verschwunden sein. Für die Forscher ist das ein deutliches Zeichen einer Klimaerwärmung in dieser Region. (DPA/fwt)