

Der Superorganismus der Blattschneiderameisen: Zivilisation durch Instinkt

(Festvortrag in der öffentlichen Sondersitzung am 28. Mai 2010)

BERT HÖLLDOBLER

Der Superorganismus

John Maynard Smith und Eörs Szathmáry (1996) haben in ihrem vielbeachteten Buch „The Major Transitions in Evolution“ die aus ihrer Sicht wichtigsten evolutionären Übergänge aufgelistet. Dazu gehören unter anderem die Übergänge von sich replizierenden Molekülen zu Molekülpopulationen in Kompartimenten, von Prokaryoten zu Eukaryoten, von Einzellern zu Mehrzellern, von asexuellen Klonen zu sexuellen Populationen, von solitären Individuen zu Kolonien und schließlich von Primatengesellschaften zu menschlichen Gesellschaften.

Einer der erstaunlichsten evolutionären Übergänge ist die Entstehung von eusozialen Gruppen, welche die komplexesten Tiergesellschaften darstellen, in denen sich nur wenige Individuen fortpflanzen, während die überwiegende Mehrheit der Gruppenmitglieder dauerhaft steril bleibt, um als Arbeiter für die Nahrungsbeschaffung, Verteidigung und Aufzucht der Brut zu sorgen. Vorstufen zur Eusozialität gibt es bei vielen Tierarten, doch nur bei einem vergleichsweise geringen Anteil aller Arten hat der evolutionäre Übergang zur vollentwickelten Eusozialität stattgefunden. Man findet sie insbesondere bei den Insekten. Vor allem eine Reihe von Hautflüglern (z. B. alle Ameisenarten, einige Bienen- und Wespenarten) und Termiten leben in eusozialen Organisationen. Bei Säugetieren gibt es Eusozialität beim Nacktmull und



Bert Hölldobler, Emeritus Professor am Biozentrum der Universität Würzburg und Forschungsprofessor der Arizona State University, USA, Träger der Lichtenberg-Medaille 2010

bei der Zwergmanguste. Obgleich also die eusozialen Arten nur einige Prozent aller Tierarten ausmachen, so haben sie doch eine sehr große ökologische Bedeutung. Ameisen, Termiten und eusoziale Bienen und Wespen stellen z. B. nur etwa 2–3% aller bisher bekannten Insektenarten, aber in vielen Landökosystemen macht ihre Biomasse ungefähr 70–80% der gesamten Insektenbiomasse und 25–30% der gesamten tierischen Biomasse aus. Diese große ökologische Bedeutung basiert mit Sicherheit auf der eusozialen Organisation, die auf einem erstaunlichen Arbeitsteilungssystem beruht, das nicht nur die schon erwähnte reproduktive Arbeitsteilung, sondern auch eine komplexe Arbeitsteilung unter den sterilen Arbeiterkasten umfasst. Während ein solitärer Organismus meist nur wenige Aufgaben gleichzeitig verrichten und zur gegebenen Zeit nur an einem Ort sein kann, ist eine Ameisenkolonie aufgrund des Arbeitsteilungssystems befähigt, viele Aufgaben gleichzeitig zu bewerkstelligen und an mehreren Orten aktiv zu sein. In der Tat, eine evolutionär hoch entwickelte Ameisenkolonie funktioniert wie ein großer Organismus, der durch vielfältige Interaktionen von Hunderten, Hunderttausenden oder gar Millionen kleiner Organismen zu einem Superorganismus wird. Wie normale Organismen sind Superorganismen hochkomplexe Systeme, zusammengesetzt aus Teilen, die so funktionieren, dass das Überleben und die Fortpflanzung des Ganzen sichergestellt sind. Die reproduktiven Individuen, die Königinnen, stellen gleichsam die Fortpflanzungsorgane dar, die sterilen Arbeiterinnen die somatischen Teile, die wiederum in verschiedene Funktionsbereiche aufgeteilt sind und im Kollektiv für die optimale Fortpflanzung der Geschlechtstiere sorgen.

Kann man aber alle Insektenstaaten als vollentwickelte Superorganismen ansehen? Bei einigen primitiv eusozialen Ameisenarten kann sich jedes Individuum in der Sozietät voll reproduzieren, das heißt, auch Arbeiterinnen haben noch gut entwickelte Ovarien und eine funktionierende Samentasche. Zu unserer großen Überraschung zeigte sich, dass bei einigen Arten manchmal 80% der Individuen einer Kolonie begattet waren. Nachdem also nahezu jedes Individuum das Potential hat, sich zu reproduzieren, sollten in den Individuen von der Selektion Verhaltensprogramme gefördert werden, die einer Spezialisierung zur Arbeiterin entgegenwirken. Genau dies stellt man bei diesen Ameisenarten fest. Die Arbeitsteilung ist nicht sehr gut ausgeprägt, das Kommunikationssystem vergleichsweise primitiv, und die Kolonien sind relativ klein und hierarchisch organisiert, mit häufig auftretenden Konkurrenz- und Dominanzkonflikten. Kann man also in diesen Fällen von Superorganismen sprechen? Wenn man den Beginn der Eusozialität als wesentliches Definitionskriterium für den Superorganismus ansieht, muss man die rhetorische Frage bejahen. Ohne Zweifel haben die-

se ursprünglichen eusozialen Systeme superorganismische Merkmale, doch reibungslos funktionierende Superorganismen sind sie nicht.

Es war ein wichtiger Schritt für die Weiterentwicklung hin zum wahren Superorganismus, als die hierarchische Struktur, die sicher ursprünglicher Natur ist, von einigen Ameisenarten im Laufe der Evolution überwunden wurde und die Sozietäten sich zunehmend zu „egalitären“, netzartigen Organisationen entwickelten. Diese Kolonien konnten nun erstaunliche Größen erreichen und viele ökologische Nischen neu erschließen. Sie zeichnen sich durch hervorragende Arbeitsteilungs- und Kommunikationssysteme aus. Die Arbeiterinnen sind hochspezialisiert, sie haben nahezu kein Reproduktionspotential. Diese oft riesigen Kolonien kann man zu Recht als hochentwickelte Superorganismen bezeichnen. Innerhalb einer Kolonie gibt es nahezu keine Konflikte, dagegen sind territoriale Konflikte zwischen Nachbarkolonien sehr ausgeprägt. Man kann allgemein feststellen: Je größer die Kolonien, desto stärker der Konkurrenzkampf mit Nachbarkolonien, desto besser funktionieren die Kooperation und die Arbeitsteilung innerhalb der Kolonie, und desto weniger bedeutsam sind kolonieinterne Konflikte. Daraus kann man schließen: Konflikte zwischen verschiedenen Gruppen fördern die Evolution von Kooperation und Altruismus innerhalb der Gruppe.

Da die Selektion an mehreren Phänotypenebenen angreift („Multi-Level-Selection“), ist offensichtlich nicht nur das Individuum, sondern zunehmend die Kolonie oder die Sozietät der Hauptangriffspunkt der Selektion. Die Kolonie (der Superorganismus) ist sozusagen der erweiterte Phänotyp, wie das Richard Dawkins treffend ausgedrückt hat. Natürlich werden am Ende nur die phänotypischen Merkmale verändert, die auf genetischen Programmen beruhen, die den Arbeiterinnen von der Königin und ihren Paarungspartnern vererbt wurden und die im Phänotyp der Arbeiterinnen in Erscheinung treten. Letztlich bewertet aber die Selektion die emergenten Merkmale des Superorganismus (etwa die angepasste Verteilung der Arbeiterinnensubkasten, die Arbeitsteilungs- und der Kommunikationssysteme), die durch das Zusammenwirken dieser genetisch kodierten Verhaltensweisen der Arbeiterinnen zustande kommen.

Der perfekte Superorganismus der Blattschneiderameisen

Nahezu hundert Jahre nach der Veröffentlichung von William Morton Wheelers berühmtem Aufsatz „The Ant Colony as an Organism“ (1911), in dem das Konzept der Insektenkolonie als Superorganismus erstmals zur

Diskussion gestellt wurde, haben nun Wissenschaftler dieses Konzept neu belebt. Sie erkennen die Kolonie als selbstorganisierte Entität und als Angriffsziel sozialer Selektionsprozesse. Dennoch zeigen Tausende von sozialen Insektenarten untereinander fast jeden erdenklichen Grad von Arbeitsteilung, von hierarchisch organisierten Dominanzstrukturen bis hin zu hochkomplexen, egalitären Arbeitsteilungsnetzwerken mit spezialisierten Arbeiterinnensubkasten. Ab wann man entlang diesem Gradienten eine Kolonie als Superorganismus bezeichnen kann, ist nicht genau festgelegt. Aber welche Kriterien auch immer herangezogen werden, es kann keine Zweifel daran geben, dass die gigantischen Kolonien der Blattschneiderameisen, mit ihren ineinander verzahnten symbiotischen Gemeinschaften und ihren vielfältigen Mechanismen des Zusammenhalts, die besondere Aufmerksamkeit als perfekte Superorganismen verdienen.

Die Blattschneiderameisen der Gattungen *Atta* und *Acromyrmex* sind nahezu überall auf dem Festland von Mittel- und von Südamerika und in einigen südlichen Regionen der USA zu finden. Sie leben in den Wäldern und Savannen der Subtropen und der Tropen und breiten sich in verwilderten Grundstücken von Stadtruinen oder in Parkanlagen aus. Überall im tropischen und im subtropischen Amerika, wo Blattschneiderameisen in Gärten und landwirtschaftlich genutzte Flächen eindringen, richten sie erheblichen Schaden an. Zurecht werden sie dort als die wichtigsten landwirtschaftlichen Schädlinge angesehen. Es ist deshalb nicht überraschend, dass sie überall bekannt sind. In Brasilien heißen sie *sauva*, in Paraguay *isau*, in Guyana *cushi*, in Costa Rica *zampopo*, in Nicaragua und Belize *wee-wee*, in Mexiko *cuatalata*, in Cuba *bibijagua*, und in Texas und in Louisiana *parasol ant* oder *town ant*. In ihren natürlichen Ökosystemen spielen die Blattschneiderameisen eine ganz wichtige ökologische Rolle, vor allem bei der Umwälzung, Erneuerung und Nährstoffanreicherung von Böden, und ihre Interaktionen mit Pflanzen, Pilzen und Mikroorganismen sind vielfältig und komplex. Was uns Biologen aber besonders fasziniert, sind ihre hochentwickelte soziale Organisation, ihr erstaunliches Kommunikationssystem, ihre Arbeitsteilungs- und Kastensysteme, ihre gigantischen, klimatisierten Nestbauten, ihre Pilzzucht, die mit einer hoch entwickelten Agrikultur zu vergleichen ist, und die beeindruckenden Populationsgrößen der ausgewachsenen Kolonien, die in die Millionen reichen.

Zivilisation durch Instinkt

Sowohl die menschliche Zivilisation als auch die Entwicklung der extremen Superorganismen der Blattschneiderameisen wurden durch die Errungenschaft der Landwirtschaft erzielt, eine Art mutualistischer Symbiose zwischen Tieren und Pflanzen oder Pilzen. Die menschliche Landwirtschaft, die vor etwa 10.000 Jahren ihren Ursprung hatte, stellt den kulturellen Wechsel dar, der unsere Spezies vom Jäger-Sammlerdasein in ein technologisches und zunehmend städtisches Leben katapultiert hat, das von einer enormen Bevölkerungszunahme begleitet ist. Die Menschheit hat sich dadurch in eine geophysikalische Kraft verwandelt und damit begonnen, die Umwelt der gesamten Erdoberfläche zu verändern.

Ungefähr 40 bis 60 Millionen Jahre vor dieser bedeutsamen Veränderung hatten bereits einige soziale Insekten diesen evolutionären Übergang vom Jäger-Sammlerdasein hin zur Landwirtschaft vollzogen. Insbesondere einige Termitenarten in der Alten Welt sowie Ameisenarten des Tribus *Attini* der Neuen Welt haben die Pilzzucht erfunden, die schließlich zum wichtigsten Bestandteil ihrer Ernährung werden sollte. Die „fortschrittlichsten“ landwirtschaftlich lebenden Insektensozietäten erreichen, ebenso wie ihre menschlichen Pendanten, ökologische Dominanz. Dieser Trend ist besonders offensichtlich bei den Blattschneiderameisen, die vor etwa 12 Millionen Jahren aus primitiven Pilzzüchterameisen evolvierten. In einer Langzeitstudie im panamaischen Regenwald haben Rainer Wirth und seine Kollegen herausgefunden, dass ausgewachsene Blattschneiderameisenkolonien der Art *Atta colombica* pro Kolonie und Jahr zwischen 85 und 470 kg (Trockengewicht) Gesamtpflanzenbiomasse ernten. Dies entspricht einer geernteten Blattfläche von 835 bis 4550 qm pro Jahr. Dieses Ernten und Bearbeiten enormer Mengen von Pflanzenmaterial, das für den Anbau der symbiotischen Pilze benötigt wird, ist nur aufgrund von Kooperation und Arbeitsteilung unter Tausenden von Individuen möglich. Die Arbeiterinnen der Blattschneiderameisen organisieren die Pilzzucht nach Art einer Fließbandkolonne. Die Blattschneider- und die Transportameisen, am Anfang der Reihe, gehören zu den deutlich größeren Arbeiterinnen. Am Ende der Reihe erfordert die Pflege der empfindlichen Pilzhyphen sehr kleine Arbeiterinnen. Die zwischengeschalteten Schritte im Bereich des Gartenbaus erfolgen durch Arbeiterinnen abgestufter mittlerer Größen, (Abbildung 1).

Zur Ernte laufen die Blattschneider auf langen Erntetransportstraßen zu den Bäumen, wo sie in den Baumkronen die Stücke aus den Blättern schneiden, die dann entlang den Transportstraßen in das Nest getragen werden (Abbildung 2).



Abbildung 1: Zwei Größenklassen der Arbeiterinnen von Blattschneiderameisen (*Atta cephalotes*). Foto Alex Wild.



Abbildung 2: Pflanzenstücke, die von Blattschneiderameisen geerntet wurden, werden über mit Signalstoffen markierte Straßen zum Nest getragen. Foto von Bert Hölldobler.

Sogar wenn sie nicht in Gebrauch sind, sind diese Straßen deutlich sichtbar, da sie von „Straßenarbeiterinnen“ ständig vegetationsfrei gehalten werden, (Abbildung 3). Auch der Schneidvorgang bei der Ernte ist erstaunlich. Wie schaffen es die Ameisen, mit ihren Kiefern aus dem dünnen Blatt viele



Abbildung 3: Sogar wenn sie nicht in Gebrauch sind, sind die langen Transportstraßen deutlich sichtbar, da sie von Straßenarbeiterinnen ständig vegetationsfrei gehalten werden. Foto von Hubert Herz.

Stückchen erstaunlich glatt herauszuschneiden, die in Größe und Gewicht eine optimale Transportgeschwindigkeit ermöglichen? Beim Schneiden haben die zwei Mandibeln (Kiefer) unterschiedliche Funktionen. Während der eine Kiefer aktiv bewegt wird, bleibt der andere fast unbeweglich und dient als Schneidewerkzeug. Die Schritte einer vollen Schneidebewegung laufen wie folgt ab: Der freibewegliche Kiefer wird geöffnet und wird mit der Spitze im Blattgewebe verankert. Der schneidende Kiefer wird nicht geöffnet, aber fest in einer Position gehalten. Wenn der bewegliche Kiefer geschlossen wird, wird gleichzeitig der schneidende Kiefer in die Blattkante gedrückt und der Schnitt im Blatt verlängert, (Abbildung 4). Sobald sich beide Kiefer berühren, beginnt der Ablauf von vorne. Demzufolge fungiert ein Kiefer als „Schneidemesser“ und der andere als „Schrittmacher“. Dazu kommt, dass Blattschneiderameisen oft stridulieren, während sie schneiden. Die Analyse der zeitlichen Beziehung von Mandibelbewegung und Stridulation hat gezeigt, dass die Stridulation meist dann auftritt, wenn die schneidende Mandibel durch das Pflanzengewebe bewegt wird.



Abbildung 4: Blattschneidende Arbeiterin von *Atta sexdens*. Nur eine Mandibel dient als Schneidmesser, während die andere als Schrittmacher fungiert. Foto von Bert Hölldobler.

Es konnte auch gezeigt werden, dass die Stridulation komplexe Vibrationen der Mandibeln verursacht, wodurch diese Eigenschaften eines Vibratoms (das vibrierende Messer eines Mikrotoms) erhalten. Bei der experimentellen Simulation des Schneideprozesses zeigte sich in der Tat, dass ein vibrierender Kiefer beim Schneiden die Kraftschwankungen reduziert, die sonst beim Schneiden zwangsläufig entstehen.

So faszinierend diese „technische Errungenschaft“ der Blattschneiderameisen erscheint, sie ist jedoch wahrscheinlich nicht die Hauptfunktion der Stridulation. Flavio Roces und seine Kollegen haben nämlich entdeckt, dass Stridulation beim kollektiven Ernteverhalten vor allem als Nahrungsrekrutierungssignal eingesetzt wird. Arbeiterinnen, die qualitativ höherwertige Blätter schneiden, zeigen häufig Stridulationsverhalten. Mit Hilfe von Laser-Doppler-Vibrometrie war es möglich, die von den Ameisen auf die Blattoberfläche übertragenen Vibrationen aufzuzeichnen. Bot man Ameisen Blätter unterschiedlicher Qualität an, so unterschied sich die Anzahl der beim Blattschneiden stridulierenden Ameisen merklich. Weitere Versuche belegten schließlich, dass die Ameisen Blätter hoher Qualität durch Stridulation anzeigen und dass Nestgenossinnen in der näheren Umgebung durch die von der stridulierenden Ameise auf das Substrat übertragenen Vibrationen „herbeigerufen“ werden. Diese Vibrationen dienen der Nahbereichsrekrutierung. Zur Rekrutierung über größere Distanzen werden chemische Signale eingesetzt. So sind die Wege zu Ernteplätzen mit Spurpheromonen markiert, die die Ameisen aus der Giftdrüse abgeben. Eine wichtige Komponente dieses Spurpheromons ist Methyl-4-methylpyrol-2-carboxylat (MMPC), auf das die Ameisen selbst in geringsten Konzentra-



Abbildung 5: Erntekolonnen von Blattschneiderameisen transportieren das geerntete Pflanzenmaterial in dichten Reihen entlang den Transportstraßen. Foto von Hubert Herz

tionen mit präzisen Spurfolgeverhalten reagieren. So ist theoretisch 1 mg dieser Substanz ausreichend, um eine Spur zu ziehen, dem Sammlerinnen von *Atta texana* und *Atta cephalotes* dreimal um die Erde folgen würden. Diese Pheromonmarkierungen der weitläufigen Sammelrouten werden kontinuierlich von den Sammlerinnen verstärkt. Jedoch hängen die Feinabstimmung ihrer Pheromonabgabe und die dadurch resultierende Rekrutierung von einer Anzahl von Parametern ab, so z. B. von der Nahrungsqualität und dem Futterbedarf des in der Kolonie gezüchteten Pilzes.

Die Erntearbeiterinnen der Blattschneiderameisen tragen die geschnittenen Blattstücke in langen Kolonnen entlang den Transportstraßen in ihre riesigen Nester (Abbildung 5). Dort wird das eingebrachte Pflanzenmaterial von Gärtnerinnen weiter zerkleinert, mit Antibiotika behandelt, die die Ameisen in speziellen Drüsen, den Metapleuraldrüsen, produzieren, und schließlich wird Pilzmyzel des symbiontischen Pilzes in den neu bereiten „Blattnährboden“ verpflanzt und mit Flüssigkeit aus dem Enddarm der Ameisen gedüngt. Die Pilze, die in speziellen Pilzkammern oder Pilzgärten



Abbildung 6: Ein Pilzgarten der Blattschneiderameise *Atta sexdens*. Die Pilzhyphen wachsen auf den zerkleinerten Blattstückchen, die von Ernteameisen in das Nest gebracht worden sind. Foto von Bert Hölldobler.

gezüchtet werden, stellen für die Ameisen die wesentliche Nahrungsquelle dar (Abbildung 6).

Reproduktion

Während die vielen Millionen Arbeiterinnen einer Blattschneiderameisenkolonie sich ausschließlich um die Pilzzucht, den Nestbau, die Brutaufzucht, die Verteidigung des Territoriums sowie um den Schutz und die Pflege der Königin kümmern, ist die einzige Funktion der vergleichsweise gigantischen Königin die Reproduktion. Eine Königin der Blattschneiderameisen kann während ihrer langen Lebenszeit (etwa 10 bis 15 Jahre) bis zu 150 Millionen Töchter produzieren, von denen die überwiegende Mehrheit aus Arbeiterinnen besteht. Erst wenn sich ihre Kolonie dem ausgewachsenen Zustand nähert, wachsen einige dieser Weibchenlarven nicht zu Arbeiterinnen, sondern zu Königinnen heran. Jede von ihnen ist nach der Begattung selbst in der Lage, eine neue Kolonie zu gründen, aber nur etwa 0,1% in der Population sind damit erfolgreich. Andere Nachkommen der Königin entwickeln sich aus unbefruchteten Eiern zu kurzlebigen, geflügelten Männchen. Während des Paarungsflugs werden die „jungfräulichen“ Königinnen von fünf bis acht Männchen begattet. Jede Königin erhält dabei über 200 Millionen Spermien, die sie in ihrer Samentasche im Abdomen speichert. Dort werden die Spermien bis zu mindestens 14 Jahren, der

längsten bisher im Laboratorium registrierten Lebensspanne einer Königin, in inaktivierter Form aufbewahrt. Erst zur Befruchtung der reifen Eier auf deren Weg durch den Eileiter werden die Spermien in kleinen Dosen nach außen abgegeben. Obgleich also die Männchen innerhalb weniger Tage nach der Begattung der Königin sterben, können sie viele Jahre nach ihrem Tod noch Vater werden, denn die Ameisenköniginnen besitzen eine interne Samenbank.

Die gewaltige Produktion einer neuen Kolonie von Blattschneiderameisen beginnt, sobald eine frischbegattete Königin anfängt, ein kleines Nest zu bauen und den ersten Schwung Arbeiterinnen aufzuziehen. Die begattete Königin bricht ihre vier Flügel an der Basis ab, so dass sie von nun an zu einem erdgebundenen Leben gezwungen ist. Dann gräbt sie einen 12 bis 15 mm breiten Schacht senkrecht in die Erde. Nach ungefähr 30 cm erweitert sie den Schacht zu einer Kammer mit etwa 6 cm Durchmesser. Schließlich beginnt sie damit, in der Kammer einen Pilzgarten anzulegen und ihre erste Brut aufzuziehen.

Wie kann die Königin einen Pilzgarten anlegen, wenn sie den symbiotischen Pilz im mütterlichen Nest zurückgelassen hat? Aber dem ist nicht so: Kurz vor dem Paarungsflug hat sich die junge Königin eine Probe der fadenförmigen Pilzhyphen in eine kleine Tasche in der Mundhöhle gesteckt, und jetzt in ihrer Nestkammer spuckt sie diese Probe aus und beginnt sofort damit, den Pilz mit Flüssigkeit aus ihrem Enddarm zu düngen. Nachdem sich der Pilz etabliert und kräftig an Masse zugenommen hat, beginnt die Königin, befruchtete Eier zu legen. Die ersten Arbeiterinnen schlüpfen etwa 40 bis 60 Tage nach der Eiablage aus den Puppen. Während dieser gesamten Zeit lebt die Königin vom Abbau ihrer Flugmuskulatur und ihrem gespeicherten Körperfett. Sie verliert täglich an Gewicht, gefangen in einem Wettlauf zwischen dem Verhungern und der Aufzucht einer genügend großen Gruppe von Arbeiterinnen, die ihr Überleben sichert. Wenn die ersten Arbeiterinnen erscheinen, graben sie sich schnell ihren Weg aus dem verschlossenen Eingangsschacht ins Freie und beginnen in der unmittelbaren Nähe des Nestes, auf dem Boden nach Futter für den Pilz zu suchen. Sie tragen verdrocknete kleine Blattstückchen ein, zerkauen sie zu einer breiigen Masse und arbeiten sie in die Pilzmasse ein. Ungefähr zu dieser Zeit hört die Königin auf, sich um die Brut und den Pilz zu kümmern. Sie verwandelt sich in eine regelrechte Eilegmaschine und verbringt in diesem Zustand ihr weiteres Leben.

Die Kolonie kann sich jetzt selbst erhalten, wobei ihre Versorgung von der Ernte draußen vorhandenen Pflanzenmaterials abhängt. Zuerst entwickelt sich die Kolonie langsam, aber während des dritten Jahres beschleunigt

sich ihr Wachstum deutlich. Später lässt es wieder nach, wenn die Kolonie anfängt, geflügelte Königinnen und geflügelte Männchen zu produzieren, die während der Paarungsflüge entlassen werden und somit für die Fortpflanzung der Kolonie sorgen, aber nichts zur gemeinsamen Arbeit beitragen.

Nestarchitektur

Die endgültige Größe ausgewachsener Blattschneiderameisenkolonien ist enorm. Die Kolonien einiger Arten haben eine Populationsgröße von 5 bis 8 Millionen Arbeiterinnen, die in riesigen Nestern leben (Abbildung 7). Ein solches Nest, das in Brasilien ausgegraben wurde, enthielt über tausend verschiedene große Nestkammern; 390 dieser Kammern waren mit Pilzgärten und mit Ameisen gefüllt. Die Erdmenge, die von den Ameisen im Laufe des Nestbaus bewegt wurde, wog ungefähr 40 Tonnen. Die Konstruktion eines solchen Nestes lässt sich nach menschlichen Maßstäben leicht mit dem Bau der Chinesischen Mauer vergleichen. Dazu sind Milliarden Ameisenladungen nötig, von denen jede vier- bis fünfmal soviel wie eine Ameisenarbeiterin



Abbildung 7: Die ausgewachsenen Nester vieler Arten der Blattschneiderameisen haben gigantische Ausmaße. Hier gezeigt ist das Nest von *Atta vollenweideri*. Foto von Flavio Roces.



Abbildung 8: Ein ausgewachsenes Nest von *Atta laevigata* in Brasilien wurde ausgegraben, nachdem das Nest mit 6 Tonnen Zement in etwa 10.000 Liter Wasser ausgegossen worden war. Foto von Wolfgang Thaler.

wiegt. Jede Ladung Erde wurde, wiederum nach menschlichem Maßstab, aus einer Tiefe von über einem Kilometer Länge hochtransportiert. Die Nesterbauten sind verbunden mit langen unterirdischen Tunneln, sie besitzen Entlüftungsschächte, durch die die um CO₂ angereicherte Luft nach oben entweicht und frische Luft durch andere Schächte in das Nest eindringt. Die Nestarbeiterinnen sind mit hochempfindlichen CO₂- und Temperaturrezeptoren ausgerüstet, mit deren Hilfe sie CO₂-Konzentrationen messen und die ideale Nesttemperaturzonen für die Brut zu lokalisieren vermögen. Luiz Forti und Flavio Roces haben in Brasilien ein Nest von *Atta laevigata* mit Zement ausgegossen (Abbildung 8). Dazu wurden 6,3 Tonnen Zement und nahezu 10.000 Liter Wasser gebraucht. Das Nest nahm eine Fläche von 50 qm ein und reichte 8 m tief in den Erdboden. All diese instinktiv vollbrachten Leistungen sind so erstaunlich, daß wir von einer Zivilisation durch Instinkt sprechen, durch die die Blattschneiderameisen in den neotropischen Landökosystemen zum dominanten Faktor geworden sind.

Literatur

- Smith JM, Szathmáry E (1996) The major transitions in evolution. W.H. Freeman/Spektrum, Oxford. Deutsche Ausgabe (1998) Evolution, Prozesse, Mechanismen, Modelle. Spektrum, Heidelberg.
- Wirth R, Herz H, Ryel RJ, Beyschlag W, Hölldobler B (2003) Herbivory of Leaf-Cutting Ants. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Hölldobler B, Wilson, EO (2009) The Superorganism, W. W. Norton, Comp. New York, London. Deutsche Ausgabe (2009) Der Superorganismus. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Hölldobler B, Wilson EO (2010) The Leafcutter Ants: Civilization by Instinct. W. W. Norton, Comp. New York, London. Deutsche Ausgabe (2011) Die Blattschneiderameisen: Der perfekte Superorganismus. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.