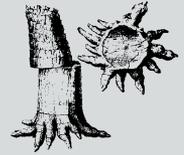


Blattschneiden in Kolonie – Beobachtungen und Analysen zur Struktur eines Ameisenstaates der Art *Acromyrmex octospinosus*



Laura Freier, Chemnitz

1 Zusammenfassung

Acromyrmex octospinosus ist eine Blattschneiderameisenart, deren natürliches Verbreitungsgebiet sich auf die tropischen Regionen Süd- und Mittelamerikas konzentriert. Taxonomisch wird die Gattung *Acromyrmex* dem Tribus der *Attini* untergeordnet und gehört, zusammen mit ihrer nächstverwandten Gattung *Atta*, den „Blattschneiderameisen“ an. Attinen-Ameisen wird eine besondere Bedeutung in Hinsicht auf die lang anhaltenden und erfolgreichen Evolutionsprozesse, die die Grundlage für die heutigen hochkomplexen Strukturen von Ameisenkolonien auszeichnen, beigemessen. Durch ihre Entwicklung der Landwirtschaft, einer Form der Symbiose zwischen Tieren und Pilzen, haben sie es zur Bildung sogenannter Superorganismen geschafft. Die Parallele zur Entwicklung der menschlichen Zivilisation ist an dieser Stelle besonders beeindruckend, da diese ebenso auf der Entwicklung des Landwirtschaftens basiert. Die Gattung *Acromyrmex* verwendet zur Pilzzucht ausschließlich frisches Pflanzenmaterial. Dieses schneiden die Tiere von lebenden Gewächsen und transportieren es direkt ins Erdnest um damit den gezüchteten Futterpilz der Kolonie zu versorgen, woher auch die deutsche Bezeichnung „Blattschneiderameisen“ rührt (HÖLDOBLER & WILSON 1990).

2 Einleitung

„Manche Ameisen-Staaten funktionieren wie ein einziges Wesen. Die Intelligenz, Kommunikation und Aggressivität dieser Superorganismen wirken fast menschlich.“

Es sind die vom Biologen Bert Hölldobler genannten Aspekte, die die Ameisenforschung zu einem so faszinierenden und anspruchsvollen Zweig der Naturwissenschaften machen. Die Komplexität der Strukturierung eines Ameisenstaates und insbesondere das Zusammenwirken der zahlreichen Individuen untereinander umfasst ein wahrhaftig bewundernswertes Ausmaß.

Während meines freiwilligen ökologischen Jahres, das ich im Insektarium des Museums für Naturkunde Chemnitz ableistete, kam ich das erste Mal hautnah in Berührung mit diesen hochkomplexen Lebensformen. Die beeindruckende Struktur und Organisation eines Blattschneiderameisenvolkes der Art *Acromyrmex octospinosus*, das im Insektarium gehalten wird, wirkte auf mich so faszinierend, dass ich mich dazu entschied, meine Projektarbeit im Rahmen des FÖJ diesen eindrucksvollen Tieren zu widmen.

Die Intention meiner Untersuchungen bezog sich vor allem darauf, nähere Erkenntnisse über die Struktur eines in Zucht gehaltenen Staates dieser Art zu erhalten, da die Gattung *Acromyrmex* im Vergleich zu *Atta* bisher wissenschaftlich weniger intensiv untersucht wurde. Außerdem sollen die ermittelten Ergebnisse zur Optimierung der Haltungsbedingungen dieser Ameisenart beitragen.

Die Hauptaspekte des Projektes stellten vor allem die Entwicklung der Ameisenkolonie in Zucht und das landwirtschaftliche Prinzip der Pilzzucht dar. In Relation dazu erfolgten Analysen zum Abfallmanagement und der Nesthygiene innerhalb des Staates. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit befasste sich mit Untersuchungen zum kastenspezifischen Polymorphismus und den damit verbundenen Verhaltensweisen der Individuen. Außerdem führte ich mikroskopische Untersuchungen der äußeren und inneren Anatomie von Ameisen unterschiedlicher Entwicklungsstadien durch. Zuletzt widmete ich mich den Ansätzen der komplexen Kommunikation dieser Ameisenart, die durch chemische und akustische Informationsübertragung stattfinden kann.

Durch tägliche Beobachtungen und Protokollierung der Vorgänge innerhalb der Kolonie und der Verhaltensweisen der Individuen untereinander, verbunden mit Vergleichen aus der Fachliteratur, entstand ein 70-seitiges schriftliches Werk,

das in die Fachbibliothek des Museums aufgenommen wurde. Damit steht eine umfassende Darstellung über die Art *Acromyrmex octospinosus* zur Verfügung, die einerseits zur Wissenserweiterung über diese Ameisen, andererseits zur Beantwortung spezieller Besucherfragen dienen kann. Im Folgenden werden einige ausgewählte Aspekte und interessante Erkenntnisse über *A. octospinosus* vorgestellt.

3 Die Zucht von *Acromyrmex octospinosus* im Museum für Naturkunde Chemnitz

3.1. Grundlegende Strukturen einer Ameisenkolonie in Zucht

Das Insektarium des Museums hält seit einigen Jahren erfolgreich einen Zuchtstamm der Art *A. octospinosus*, welcher derzeit aus mehreren Tausend Individuen besteht. Die Kolonie ist polygyn, das heißt, sie umfasst mehrere befruchtete weibliche Geschlechtstiere, als Gynen bezeichnet, welche pro Tag bis zu 600 Eier legen. Sie sind die einzigen reproduktiven Individuen der Kolonie. Neben ihnen existieren mehrere tausend sterile Arbeiterinnen, sowie Alate - fortpflanzungsfähige, männliche oder weibliche geflügelte Nachkommen der Kolonie, die diese zum „Hochzeitsflug“ verlassen. Die männlichen Tiere sterben nach der Begattung eines Weibchens.



Geschlechtsdimorphismu der Alate

Abb. 1 Männliches Geschlechtstier

Abb. 2 Weibliches Geschlechtstier, geflügelt

Abb. 3 Weibliches Geschlechtstier, ungeflügelt

Das Kastenwesen ist im Vergleich zu anderen Blattschneiderameisenarten weniger ausgeprägt, jedoch geben morphologische und verhaltenstypische Unterschiede der Arbeiterinnen eindeutige Hinweise darauf, dass auch bei *A. octospinosus* eine Einteilung in unterschiedliche Kasten erfolgen kann. Die Arbeiterinnen lassen sich nach dem äußeren Erscheinungsbild der Tiere in die Subkasten Minor-, Submajor- und Majorarbeiterinnen gliedern. Maßgeblich dafür ist die Gesamtkörpergröße der Tiere. Kennzeichnende Merkmale, welche jedes Individuum dieser Kaste trägt, sind ein in drei Segmente untergliedertes Abdomen und acht auf der Oberseite des Thorax sitzende Stacheln, welche dieser Ameisenart ihren Namen geben.



Abb. 4 Körpergrößenvarianz innerhalb der Minor-Arbeiterinnenkaste.



Abb. 5 Körpergrößenvarianz innerhalb der Major-Arbeiterinnenkaste.



Abb. 6

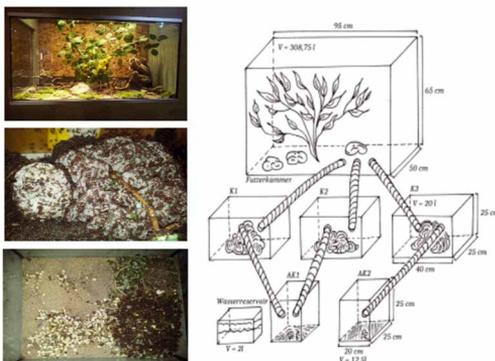
Fütterung des *Leucoagaricus gonylophorus* mit *Rubus sectio* Rubus. Die noch nicht verwerteten Blattfragmente wurden in der Kammer zwischengelagert und zu einem späteren Zeitpunkt dem Pilz zugeführt.

3.2 Die Grundlagen der Symbiose zwischen Tieren und Pilz

Die Blattschneiderameisen leben in einer obligatorischen Symbiose mit einem eigens gezüchteten Pilz der Art *Leucoagaricus gonylophorus*, der den adulten Ameisen und ihren Larven als Nahrung dient. Die angelegten Pilzfarmen werden von den Ameisen beständig gepflegt und fortwährend weiter ausgebaut, wobei jeder der verschiedenen Schritte des Pilzanbaus von einer speziellen Kaste ausgeführt wird. Transportieren die Major-Arbeiterinnen geschnittene Blattstücke ins Innere der Pilzkammer, werden sie von den kleineren Submajor-Arbeiterinnen aufgenommen und bis zu einer Größe von einem Millimeter Durchmesser zerkleinert. Diese Stücke werden wiederum von den kleinsten Minor-Arbeiterinnen übernommen, um sie noch weiter zu zerkauen und mit gewissen Drüsensekreten und Speichel zu einer kugelartigen, weitgehend Fungizid-freien Masse zu formen. Diese wird schließlich zu einem Haufen zusammengeführt und bildet das Nährsubstrat für den Pilz. Die entstehenden Konstrukte, als „Pilzgärten“ bezeichnet, werden von schlauchförmigen Rohrsystemen durchzogen und erinnern dadurch an ein schwammiges Gewebe. Auf diesem breitet sich letztendlich der Pilz *Leucoagaricus gonylophorus* aus.

3.3 Aufbau der Zuchtanlage im Insektarium des Museum für Naturkunde Chemnitz

Die Zuchtanlage im Chemnitzer Insektarium setzt sich aus einer Futterkammer, drei Becken, in welchen die Erdnester imitiert werden, und zwei Abfallkammern zusammen. Um den Ameisen eine möglichst realistische Nachbildung ihres natürlichen Lebensraumes zu ermöglichen, werden die Abfallkammern immer räumlich unter den Nestkammern angelegt. Diese Maßnahme ist notwendig, da es in den Abfallkammern zur Gasentwicklung kommt. Diese Gase sind meist schwerer als Luft, weshalb sie absinken und im Falle einer Höherlegung die Nestkammern kontaminieren könnten. Um den Eindruck einer unter der Erde liegenden Kammer zusätzlich zu verstärken, werden alle Pilzbecken mit schwarzen Vorhängen abgedeckt und nur mit rotem Licht beleuchtet. Die Außentemperatur wird mittels eines automatischen Temperaturreglers konstant bei 25°C gehalten. Durch eine zusätzliche Beleuchtung beträgt die Innentemperatur der Futterkammer allerdings ca. 26-27°C bei einer Luftfeuchtigkeit von 40-50%. Um eine Luftfeuchtigkeit von 80-90% innerhalb der Pilzkammern zu garantieren, wird der luftdurchlässige Deckel größtenteils mit angefeuchteten Tüchern belegt, welche zweimal in der Woche benässt werden. Von hoher Bedeutung ist hierbei, dass der Sauerstoffaustausch des Pilzbeckens mit der Umgebung stattfinden kann. Der Beckendeckel darf nicht vollständig bedeckt sein, da es sonst zur Kondenswasserbildung kommt. Würde dieses von der Decke auf den Pilz tropfen, so würde der Pilz an dieser Stelle geschädigt und sich nicht weiter entwickeln. Zur Erhöhung der Gesamtluftfeuchtigkeit im Raum dient ferner ein Wasserreservoir von zwei Litern. Die Abfallkammern befinden sich räumlich unter den Pilzkammern und werden ohne zusätzliche Befeuchtung bei 30-40% Luftfeuchtigkeit betrieben. Die Verbindung der Kammern untereinander erfolgt über Kunststoffschläuche, durch welche sich die Ameisen wie durch ein natürlich angelegtes Gangsystem zwischen den Kammern bewegen können. Dabei führen von der Futterkammer drei Gänge



zur Erhöhung der Gesamtluftfeuchtigkeit im Raum dient ferner ein Wasserreservoir von zwei Litern. Die Abfallkammern befinden sich räumlich unter den Pilzkammern und werden ohne zusätzliche Befeuchtung bei 30-40% Luftfeuchtigkeit betrieben. Die Verbindung der Kammern untereinander erfolgt über Kunststoffschläuche, durch welche sich die Ameisen wie durch ein natürlich angelegtes Gangsystem zwischen den Kammern bewegen können. Dabei führen von der Futterkammer drei Gänge

Abb. 7 Aufbau der Zuchtanlage im Insektarium des Museum für Naturkunde Chemnitz.

zu jeweils einer der Pilzkammern. Von diesen aus führt wiederum ein anderer Schlauch zu den Abfallkammern, wobei sich die Pilzkammer links (K1) und die mittlere Pilzkammer (K2) eine Abfallkammer teilen. Die rechte Pilzkammer (K3) besitzt eine eigene Abfallkammer.

Ein direkter Zugang zu den Kammern der Ameisenanlage ist jedoch nur für Museumsmitarbeiter möglich. Die Besucher können allerdings von außen die Futterkammer komplett einsehen, sowie durch mehrere Sichtlöcher an den Wänden die Nester K1 und K2 mit den Pilzgärten und der Brut der Kolonie, sowie beide Abfallkammern, begutachten.

Um einen Ausbruch der Ameisen aus der Zuchtanlage zu verhindern, werden alle oberen Beckenränder mit einer dünnen Vaseline- oder Paraffinschicht ausgekleidet, an welcher die Ameisen keinen Halt finden. Damit eine Pilzzucht unter möglichst naturgerechten Bedingungen erfolgen kann, wird für jedes Becken ein Bodensubstrat, bestehend aus Terrariumhumus und Sand, angemischt und der Boden schließlich angefeuchtet. Die letztendliche Neugründung und Zucht eines Pilzgartens ist jedoch gänzlich den Tieren überlassen. Die Abfallkammern werden lediglich mit etwas Sand ausgekleidet, der auch nach der Reinigung als Bodengrund bestehen bleibt und nur selten gänzlich ausgewechselt wird. Diese Maßnahme ist erforderlich, damit Pheromonspuren der Ameisen vorhanden bleiben und die Abfallkammer von den Tieren als solche erkannt wird.

Die Futterkammer misst 65cm x 95cm x 50cm (H x B x T) und bietet somit genügend Platz, um natürliche Nahrungsquellen nachzuahmen. So befinden sich in der Mitte stets Rosengewächse wie *Rubus idaeus* (Himbeere), *Rubus sectio Rubus* (Brombeere) oder *Rosa canin* (Hagebutte), an welchen die Ameisen empor klettern und Material für den Pilz schneiden können. Da *A. octospinosus* in freier Natur weite Wege während der Blattbeschaffung zurücklegt, soll dies auch auf engerem Raum weitgehend ermöglicht werden. Zusätzlich werden in den Sommermonaten auf dem mit Sand und Rinden bedeckten Boden Blütenblätter der Gattung *Rosa* (Kulturrosen) verteilt, die besonders bereitwillig abgetragen werden; während der Wintermonate werden weitere Nahrungszusätze zur Verfügung gestellt. Gegebenenfalls erfolgt zur direkten Energiegewinnung der Ameisen in periodischen Abständen eine Fütterung von einigen Millilitern Honigwasser, das mit Traubenzucker angereichert wurde und von den Ameisen neben dem Pilzmyzel als einziger organischer Stoff direkt aufgenommen wird. Zur zusätzlichen Flüssigkeitsaufnahme dienen den Ameisen außerdem die Säfte der Futterpflanzen (ROCES 2002) sowie das Wassergefäß. Es konnte beobachtet werden, dass einige Ameisen das Wasser direkt aufgenommen haben. Auch nach Erfahrungen anderer Züchter gilt, dass eine Kolonie, je älter und stärker sie wird, immer unspezifischer gegenüber den angebotenen Futterpflanzen wird. In den frühen Stadien ist der Anspruch auf bestimmte Pflanzen, besonders Brombeere, sehr hoch; mit fortwährendem Wachstum der Kolonie erweitert sich das Präferendum bezüglich des Futters für den Pilz stetig. So schneiden einige Kolonien von *A. octospinosus* in Zucht sogar Sprossen von *Vigna radiata* (Sojabohne), Blätter von *Vitis vinifera* (Weinrebe), Rüben von *Daucus carota subsp. sativus* (Möhre), *Polygonaceae* (Knöterichgewächse) und Pilze der Gattung *Agaricus* (Champignons). Für die Kontrolle der angelegten Pilzbeete sind die Arbeiterinnen von geringerer Körpergröße verantwortlich. Sie reinigen diese von fremden Pilzsporen, zupfen Pilzmaterial ab, um andere Artgenossen und Larven zu füttern oder legen neues Pilzmaterial an. Die Bildung von Fruchtkörpern wird von den Ameisen unterdrückt, indem regelmäßig die Enden der Pilzfäden abgebissen werden.

3.4 Koloniegründung in Zucht und Entwicklungsstadien der Ameisen

Der Pilzgarten dient den Ameisen gleichzeitig als Lebensraum und Schutz, in ihm lebt auch die befruchtete Gyne, die ihre Eier tief innerhalb der Schlauchsysteme ablegt. Auch nach dem Schlupf der Larven bis zur Entwicklung zur Imago wird die Brut ausschließlich im Pilzgarten gehalten. Erst wenn ein Tier adult ist, verlässt es den Pilz und geht der Bestimmung seiner Kaste nach.

Als holometabole Insekten durchlaufen Ameisen während ihres Lebenszyklus vier verschiedene Entwicklungsstadien: Ei, Larve, Puppe und Imago, auch als vollständige Metamorphose bezeichnet. Nach dem selben Prinzip entwickeln sich zum Beispiel auch *Coleopteren*, *Lepidopteren* und *Dipteren*.

3.4.1 Das Ei-Stadium

Unmittelbar nach der Begattung und Anlage eines neuen Erdnestes beginnt die Gyne mit der Eiablage. Die Samen für die Befruchtung trägt sie dabei ihr Leben lang in ihrem Körper gespeichert. Die Anzahl der gelegten Eier wird von vielen verschiedenen Faktoren, wie Temperatur, Nahrung, Koloniegröße und dem Alter der Königin bedingt.

Werden die Eier nicht befruchtet, entwickeln sich männliche Alate. Sie sind optisch nicht von den befruchteten Eiern, aus welchen ausschließlich weibliche Tiere - Arbeiterinnen und potenzielle Gynen - entstehen, zu unterscheiden. Ob nur die begattete Königin auch unbefruchtete Eier legt, oder ob auch unbegattete, weibliche Geschlechtstiere, die den Aufgaben der Arbeiterkaste nachgehen, oder sogar sterile Arbeiterinnen selbst Eier legen, ist bei dieser Ameisenart jedoch noch nicht erforscht. Welcher Kaste das heranwachsende Tier angehört wird, obliegt nicht der Königin, sondern hängt von

der Art der Ernährung ab, die die Larven erhalten. Die Eier von *A. octospinosus* besitzen eine runde bis leicht ovale Form und sind milchig weiß mit glänzend glatter, leicht klebriger Oberfläche. Sie können eine Größe von bis zu 1 mm erreichen und sind mit bloßem Auge sichtbar.

3.4.2. Das Larven-Stadium

Nach einer Entwicklungsdauer von einigen Wochen schlüpfen aus den gelegten Eiern schließlich die Larven. Sie sind in der ersten Zeit nicht viel größer als die Eier selbst, nehmen aber schnell an Größe zu. Der Wachstumsvorgang vollzieht sich über mehrere Häutungen, da die Larven, ebenso wie das Vollinsekt, ein aus Chitin bestehendes Exoskelett besitzen, welches nur in geringem Maße dehnbar ist und nicht mitwächst. Der Körper der Larven weist eine sichelartig abgerundete, ovale Form auf und ist weiß gefärbt. Die Segmentierung des Körpers der Larven von *A. octospinosus* ist weniger auffällig als bei anderen Arten, kann jedoch durch genaues Beobachten gut erkannt werden. Die Anzahl der Segmente richtet sich nach dem Entwicklungsstadium und damit der Gesamtgröße der Larve. Bei einer Gesamtgröße von 7,0 mm konnten 12 Segmente gezählt werden. Die Haut der Larven ist transparent und besitzt ungleichmäßig verteilte Härchen, welche orangefarben und relativ hart sind. Sie dienen wahrscheinlich zum Schutz vor Schmutz oder anderen für die Larven schädlichen Ablagerungen, da sie einen Abstand zwischen den Larven und der Umgebung halten.

Im Gegensatz zu anderen Insektenlarven sind Ameisenlarven durch fehlende Extremitäten immobil und bewegen sich kaum. Sinnesorgane zur visuellen, auditiven und olfaktorischen Wahrnehmung der Umgebung sind noch nicht entwickelt, jedoch sind ausgeprägte Mundwerkzeuge zu erkennen, mit denen die Nahrung aufgenommen wird. Sie sind neben dem Ansatz des Ausscheidungsorgans die einzigen sichtbar entwickelten Körperteile. In der Körpermitte schimmert oftmals ein bräunlicher Fleck durch die Haut - der mit Nahrung gefüllte Verdauungstrakt. Er besteht bei der Larve nur aus dem Mitteldarm, weil das Verdauungssystem, ebenso wie die anderen inneren Organe, noch nicht ausgereift ist.

3.4.3. Das Puppenstadium

Während des Puppenstadiums der Ameise erfolgt die Metamorphose von der Larve zum adulten Insekt. Puppen benötigen keine Nahrung, jedoch werden sie gegen pathogenen Pilzbefall beleckt und gegebenenfalls von den Arbeiterinnen der Nestkammern an für ihre Entwicklung günstigere Nestbereiche transportiert. *A. octospinosus* bilden Nacktpuppen. Innerhalb der Puppe beginnt eine komplette körperliche Metamorphose, bei der die endgültige Gliederung des Körpers sowie die vollständige Ausbildung von Extremitäten und Sinnesorganen stattfindet. In dieser Phase werden alle bisher bestehenden Körperstrukturen durch komplexe biochemische Prozesse aufgelöst und neu zusammengeführt. Da das Wachstum bereits vor der Verpuppung stagniert, kann in dieser Phase auch die Größe und Kaste der Imagines abgeschätzt werden. Der genaue Zeitraum der Puppenentwicklungsdauer bei *A. octospinosus* ist noch nicht bekannt und konnte im Rahmen dieser Arbeit auch nicht erfasst werden, da keine Möglichkeit der Markierung einer speziellen Puppe bestand. Es wird angenommen, dass er mehrere Wochen andauert.

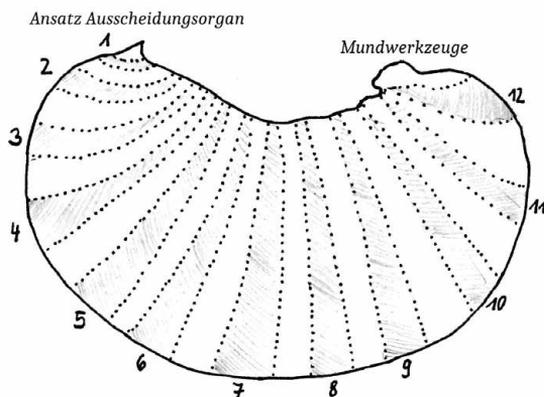


Abb. 8

Theoretische Skizze einer Larve. Die Ziffern 1-12 (graue Schraffierung) kennzeichnen die Körpersegmente, die im Gegensatz zu den Segmentzwischenräumen (weiß) mit kleinen Härchen besetzt sind.

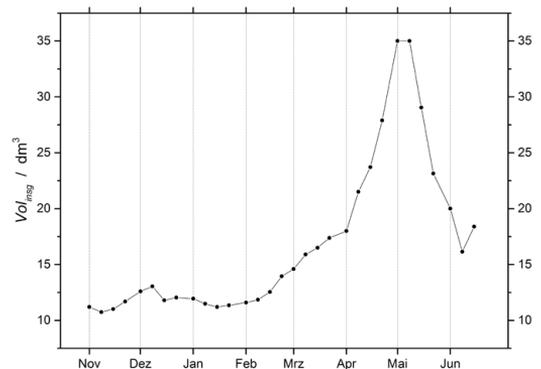


Abb. 9

Diagramm zur vereinfachten Darstellung der Gesamtpilzentwicklung in Zucht innerhalb der Monate November 2013 bis Juni 2014. Der Graph veranschaulicht die Summe des Volumen der Pilzgärten in dm^3 in allen drei Pilzkammern zu einem bestimmten Zeitpunkt.

3.4.4 Die adulte Blattschneiderameise

Wie bei allen *Hymenopteren* ist für die Anatomie der Imago von *A. octospinosus* eine deutliche Gliederung des Körpers in Caput, Thorax und Abdomen kennzeichnend. Am Kopf der Ameise befinden sich dichoptisch angeordnet die Komplexaugen, die Mandibeln und ein gewinkeltes Antennenpaar. Die Sehleistung der Ameisen ist vermutlich eher gering, da die räumliche Orientierung hauptsächlich durch olfaktorisches statt visuelles Wahrnehmen erfolgt. Die Anzahl der Ommatidien und damit verbunden die Größe der Augen ist von der jeweiligen Kaste des betrachteten Tieres abhängig. Die Mandibeln sind stark ausgeprägt und werden dem kauend-beißenden Typ zugeordnet. Mit ihnen werden die pflanzlichen Materialien, welche dem Pilz als Substrat dienen, geschnitten und zum Nest transportiert. Da der Stechapparat, der ursprünglich bei allen Ameisenarten vorhanden war, bei Blattschneiderameisen zurückgebildet ist, werden die Mandibeln auch zur Verteidigung gegen Feinde eingesetzt. Wie bei allen Insekten besteht der Thorax der Blattschneiderameisen aus drei Abschnitten: Pro-, Meso- und Metathorax, wobei jedes dieser Segmente ein Extremitätenpaar trägt. Das Abdomen ist je nach Kaste in unterschiedlich viele Segmente gegliedert und variiert daher in Länge und Umfang. In ihm befinden sich hauptsächlich die Organe der Ameise, wie zum Beispiel der Verdauungstrakt, Nierenschläuche und das Herz. Die Gynen besitzen zusätzlich am Ende des Abdomen das Organ zur Eiablage.

4 Das Prinzip der Landwirtschaft in Zucht

Der Pilz kann nur unter bestimmten Bedingungen, das heißt bei einer gewissen Luftfeuchtigkeit und Temperatur, von den Ameisen gezüchtet werden. Aus diesem Grunde sind die Tiere in der Lage, die gegebenen Umweltfaktoren so zu verändern, dass sie für die Pilzzucht optimal sind. So legen sie zum Beispiel innerhalb der Pilzkammern komplexe Belüftungssysteme an oder verschließen einige Zugänge zur Außenwelt, um die Temperatur im Inneren konstant hoch zu halten. Wird ein neuer Pilz aufgebaut, erfolgt dies bevorzugt unter Hohlräumen; es wurden regelrechte Erdhöhlen und Gangsysteme im Bodensubstrat konstruiert, in welchem der Pilzgarten angelegt wurde. Häufig stellte ich den Ameisen dazu Blumentöpfe zur Verfügung, welche sie bevorzugt zur Aufzucht eines neuen Pilzes nutzten. Zu Beginn erhielten die Tiere einen Blumentopf von 8 cm Durchmesser, der mit der Öffnung nach unten in dem Becken mit frischem Bodensubstrat platziert wurde. Bereits nach wenigen Stunden entstanden erste Gangsysteme, um ins Innere des Blumentopfes zu gelangen, und nach knapp einem Tag konnte schon der neue Pilzansatz von ca. 8 cm³ Größe begutachtet werden. Häufig deckten die Arbeiterinnen das sich an der Oberseite befindliche Loch am Blumentopf mit Bodensubstrat und eingetragener pflanzlichem Material ab. Der Pilz wurde somit in vollkommener Dunkelheit und leicht erhöhter Temperatur aufgezogen. Nach maximal einer Woche ersetzte ich den Topf gegen einen größeren von mindestens 12 cm Durchmesser, da der Pilz so stark wuchs, dass er bereits die Ränder des kleinen Topfes berührte. Ab einem Pilzvolumen von ca. 800 cm³ wurde der Topf entfernt, da der Pilz nun stabil genug war, um sich unter den Standardbedingungen weiter zu entwickeln. Zur Optimierung der Luftfeuchtigkeit gehört die Einlagerung wasserspeichernder Pflanzen, wie z.B. Moos, zur zusätzlichen Befeuchtung des Bodensubstrates. Dabei darf die Luftfeuchtigkeit innerhalb der Pilzkammer jedoch nie so hoch sein, dass sich für den Pilz schädliches Kondenswasser bildet.



Abb. 12, 13

Ausmaß der Schneideaktivität der Kolonie über Nacht. Bis auf die Blätter der *Forsythia x intermedia* und kleine Moosrückstände wurden die zur Verfügung gestellten Pflanzen (Himbeere, Weintraube und Blüten der Forsythie) komplett abgetragen und in die Nestkammern transportiert. Eine solche Intensität des Blattschneidens macht es von Nöten, dass die Futterkammer mehrmals täglich aufgefüllt wird.

k	$V_{k,max} / \text{dm}^3$	$V_{k,min} / \text{dm}^3$
1	15,0 (01.05.2014)	0,0 (01.11.2013)
2	18,0 (01.05.2014)	5,0 (15.06.2014)
3	13,0 (15.06.2014)	0,0 (01.04.2014)

Tab. 1

Ermittelte Extremwerte der Pilzvolumina V_k in den Pilzkammern k innerhalb der Monate November 2013 bis Juni 2014.

4.1 Dokumentation der Pilzzucht

Während der Monate November 2013 bis Juni 2014 wurde das Verhalten der Kolonie von *A. octospinosus* bezüglich der Pilzwirtschaft genauestens dokumentiert. Der Untersuchungsschwerpunkt lag auf der Analyse des Aufbaus der Pilzgärten und dem Verlauf der damit in Relation stehenden Aktivitäten innerhalb der Kolonie. Im Nachfolgenden sind die einzelnen Pilzkammern mit K1, K2 und K3 bezeichnet.

Die Beobachtungen begannen Anfang November, während die Kolonie in K1 die Anlage eines neuen Pilzgartens vornahm. Dieser entstehende Pilz wies während der ersten sieben Wochen bis Ende Dezember eine stabile Wachstumsrate auf, füllte aber nur annähernd $1/8$ ($2,2 \text{ dm}^3$) des gesamten Kammervolumens von 20 dm^3 aus. Innerhalb der darauffolgenden zwei Monate waren deutliche Schwankungen der Größe des Pilzgartens in Verbindung mit zwei deutlichen Rückgängen Mitte Januar und Mitte Februar zu verzeichnen. Dabei bauten die Tiere zur Zeit des kleinsten ermittelten Volumens im Januar ($1,1 \text{ dm}^3$) einen zusätzlichen Pilz auf, sodass das Gesamtvolumen der Kammer innerhalb zwei Wochen wieder auf $1,65 \text{ dm}^3$ stieg. Kurz darauf folgte eine weitere Wachstumsstagnation und Mitte Februar ein Abbau auf $1,3 \text{ dm}^3$. Innerhalb der nächsten zwei Wochen wurde in dieser Kammer jedoch ein enormes und stetiges Wachstum ohne erneuten Abbau des Pilzes auf letztendlich 15 dm^3 (drei Viertel des Kammervolumens) bis Anfang Mai registriert.

Vergleichbar mit den Vorgängen in K1 unterlag auch der Pilzgarten von K3 besonders in den November- und Dezembermonaten zwei deutlichen Volumenreduzierungen. Zu Beginn der Beobachtungen maß der Pilz ein Volumen von $1,2 \text{ dm}^3$ und genau wie bei K1 erfolgte im Intervall der kleinsten gemessenen Pilzgröße ($0,3 \text{ dm}^3$) von den Ameisen eine neue Pilzgartenanlage, nach der das Wachstum bis Ende nur noch geringfügigen Schwankungen unterlag.

Im Verlauf des März' wurde von mir allerdings erneut ein rapider Rückgang auf letztendlich $0,03 \text{ dm}^3$ dokumentiert und daraufhin Anfang April ein komplett neuer Pilzgarten angelegt. Dessen in den ersten Monaten noch mit geringer Rate wachsendes Volumen stieg ab dem Monat Mai um das 3-fache von 2 dm^3 auf 6 dm^3 in nur einer Woche und schließlich auf 13 dm^3 bis Mitte Juni an. Der Volumenanstieg von 4 dm^3 in diesem geringen Zeitintervall von sieben Tagen kennzeichnet die höchste Wachstumsrate innerhalb des Beobachtungszeitraumes. Bemerkenswert an dieser Stelle ist die Tatsache, dass ab diesem enormen Zuwachs in K3 ein Rückgang der anderen Pilzgärten von enormer Intensität stattfand. Verwunderlich war dies vor allem im Hinblick auf den bis zu diesem Zeitpunkt stabilsten Pilz von K2, welcher sich während der Monate November bis Ende Januar relativ konstant bei $9,3 \text{ dm}^3$ hielt, ab März sogar auf 12 dm^3 (in etwa $5/8$ des Kammervolumens) und innerhalb der Aprilwochen auf 18 dm^3 heranwuchs und die Kammer fast komplett ausfüllte. Ab Mai stagnierte der Zuwachs in den beiden Kammern, und die Ameisen reduzierten die Pilze mit einer hohen Abbaurate, während das Volumen von K3 eine hohe Zunahme verzeichnete. Nach vier Wochen war der Pilz in K2 um 13 dm^3 , und in K1 um $14,85 \text{ dm}^3$ geschrumpft. In K1 errichtete die Kolonie schließlich einen neuen Pilz, dessen Entwicklung noch abzuwarten ist. K2 befindet sich erneut in einer stabilen Phase und misst ein Volumen von 5 dm^3 , der Pilzgarten füllt somit immer noch ein Viertel der Kammer aus. Der Wachstumsprozess des Pilzes von K3 setzt sich weiterhin fort, wobei auch dessen weitere Entwicklung zu beobachten ist.

4.2 Zusammenfassung

Bezüglich des Lebenszyklus einer Ameisenkolonie bedingen sich die Faktoren der Individuenzahl, der Schneideaktivität und des Pilzwachstums gegenseitig. Sind viele Arbeiterinnen und Pflanzenmaterial vorhanden, so kann ein Pilz innerhalb nur einer Woche um ca. 4 dm^3 wachsen.

In ihrer Gesamtheit betrachtet unterlagen die Pilzkammern im untersuchten Zeitraum periodischen Wachstumsschwankungen, so konnten zum Beispiel niemals alle drei Becken, in denen die Pilze gezüchtet wurden, gleichzeitig bei konstanter Größe gehalten oder in der Gesamtheit aufgebaut werden – wurde ein Pilz von der Kolonie besonders intensiv versorgt und aufgebaut, sank die Aktivität der Arbeiterinnen in den anderen Pilzbecken. Die Ursache hierfür liegt wahrscheinlich darin, dass die Kolonie zu klein ist, um zwei Pilze konstant versorgen zu können und gleichzeitig einen dritten aufzubauen. Auffällig ist die Tatsache, dass besonders, wenn ein Pilz neu aufgebaut wurde, bevorzugt Haferflocken ins Erdnest eingelagert wurden. Inwiefern Haferflocken gewisse Inhaltsstoffe besitzen, welche sich besonders positiv auf das Pilzwachstum auswirken, ist jedoch unbekannt. Außerdem wurden bei Zugabe von Früchten rote Weintrauben weißen vorgezogen. Dies lässt sich allerdings auf Grund des begrenzten Beobachtungszeitraumes nicht für alle Kolonien dieser

Art verallgemeinern. Ein Grund dafür war nicht offensichtlich. Ein Unterschied zwischen den roten und weißen Trauben besteht darin, dass die rötlichen Früchte einen erheblich höheren Resveratrol-Anteil ($C_{14}H_{12}O_3$) enthalten. Ob und inwiefern Resveratrol jedoch eine Wirkung auf die Ameisen hat, ist bisher wissenschaftlich nicht erhoben.



Deutliche Unterschiede im Abtragen von Weintrauben in Abhängigkeit der Färbung.

Abb. 10 Situation 1: Besetzung der Weintrauben mit Major-Arbeiterinnen. Es sind deutlich mehr Tiere auf den roten Früchten zu finden.

Abb. 11 Situation 2: 6 Stunden sind vergangen. Während 50% der grünen Weintrauben verblieben, wurden die rötlichen Früchte fast komplett abtransportiert.

5 Abfallmanagement und Nesthygiene

Um die Pilzkammern vor pathogenen Mikroorganismen oder fremden Pilzsporen zu schützen, haben die Ameisen ein strategisches Prinzip des Abfallmanagements entwickelt. Tote Tiere, vertrocknetes und nicht verwertetes Pflanzenmaterial, sowie altes Pilzsubstrat oder kontaminierter Erdboden werden strikt vom Erdnest mit dem Futterpilz fern gehalten. Dazu werden eigens Kammern angelegt, wohin die abgestorbenen organischen Substanzen transportiert und gelagert werden. In diesen befinden sich weitere Arbeiterinnen, deren Aufgabe darin besteht, den angebrachten Abfall abzunehmen und zu ordnen. So entstehen innerhalb der Abfallkammer deutlich von einander getrennte Ansammlungen der aussortierten Materialien. Häufig kann man regelrechte „Ameisenfriedhöfe“ erkennen, da Ameisen als eusoziale Insekten ihre Toten mit besonderer Sorgfalt behandeln. Insbesondere verstorbene weibliche Alate oder Gynen werden meist mehrere Stunden von einer Arbeiterin herumgetragen, bis diese eine geeignete Stelle gefunden hat, um das tote Tier abzulegen.

Im Rahmen der Beobachtungen des Landwirtschafts- und Zuchtverhaltens von *A. octospinosus* wurden auch die Aktivitäten der Ameisen bezüglich des Abfallmanagements protokolliert. Dabei konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass besonders viel Material in die Abfallkammern transportiert wird, wenn sich ein Pilz in einer rasanten Aufbau- oder Abbauphase befindet, wie besonders die Ergebnisse aus den Monaten November und März bis Juni aufzeigen. Wird ein Pilz aufgebaut, so tragen die Arbeiterinnen vor allem Bodensubstrat aus der Kammer zum Abfall, da im Becken mehr Platz für den Pilzgarten gebraucht wird. Oftmals konnten auch zahlreiche tote Tiere in dieser Wachstumsphase auf dem Abfall gesichtet werden. Im Gegensatz dazu sind in einer Phase des Pilzabbaus primär altes Pilzsubstrat und vertrocknete organische Reste vorzufinden, die zwar in die Nestkammer getragen, aber nicht mehr dem Pilz „verfüttert“ wurden. Eine Kammer füllt sich in dieser Zeit auch merklich schneller, als in einer Phase der Pilzneugründung. Befinden sich die Pilze bezüglich ihres Wachstums im Gleichgewicht, beziehungsweise bleiben die Volumina weitgehend konstant, wird auch weniger Abfall in diesem Zeitintervall produziert, und die Kammern können in größeren Abständen ausgeleert werden. Die strikte Abfalltrennung konnte für die überwiegende Zeit der Beobachtungen bestätigt werden. Wurde die Kammer jedoch besonders während eines Pilzabbaus zu voll, so kam es auch zur Durchmischung der ansonsten getrennt gelager-

ten Ansammlungen. Des Öfteren wurden auch tote Tiere nicht separat, sondern mit abgestorbenem Pilzsubstrat gelagert. Insgesamt transportierten die Ameisen während des Beobachtungszeitraumes 44,1 Liter an organischem Material von den Pilzen zu den Abfallkammern. Dies entspricht dem Volumen zweier Zuchtbecken.

6 Grundlagen der chemischen Kommunikation

Die Kommunikation zwischen den Individuen einer Ameisenkolonie findet hauptsächlich über biochemische Prozesse statt, kann jedoch auch durch akustische Signale ergänzt werden. Die chemische Kommunikation von *A. octospinosus* ist besonders in Hinsicht auf das Fouragieren von großer Bedeutung. Dadurch erfolgen eine Kennzeichnung des Territoriums der Kolonie, die Anlage von Duftpfaden zwischen Nest und Futterquelle zur räumlichen Orientierung, die Regelung der Anzahl eingesetzter Arbeiterinnen für die Nahrungsbeschaffung und die Informationsübermittlung zwischen den einzelnen Tieren. Wegmarkierung erfolgt durch den Einsatz von Spurpheromonen, die sich hauptsächlich aus schwerflüchtigen Substanzen wie höhermolekulare Kohlenwasserstoffe zusammensetzen (ROBINSON et al. 1974, HÖLLODBLER & WILSON 1990). Die Pheromone werden von *A. octospinosus* in einer Drüse des Abdomen gebildet. Abhängig von der Attraktivität einer Nahrungsquelle und des Nahrungsbedarfs der Kolonie wird die Rekrutierung von Arbeiterinnen zum Fouragieren des pflanzlichen Materials über die Konzentration des Spurenpheromons reguliert. Findet eine „Kundschafterin“ eine qualitativ ansprechende Nahrungsquelle, markiert sie diese mit dem Pheromon und kehrt zum Nest oder der Ameisenstraße zurück, wobei sie den zurückgelegten Weg ebenfalls mit Spurpheromonen kennzeichnet und somit die Rekrutierung anderer Arbeiterinnen in die Wege leitet (JAFFÉ & HOWSE 1979). Die Anzahl an rekrutierten Arbeiterinnen verhält sich ungefähr proportional zur Pheromonkonzentration, da die Pheromonspur verstärkt wird, je mehr Arbeiterinnen sich auf der Ameisenstraße befinden und dabei weitere Tiere mobilisieren. Ist eine Nahrungsquelle erschöpft, unterbleibt die Markierung mit Pheromonen, sodass Duftspur und Ameisenstraße langsam aufgelöst werden. Da für die gezüchtete Kolonie allerdings kontinuierlich neues pflanzliches Material zur Verfügung steht, können von der Futterquelle bis zu den Verbindungsrohren der Pilzbecken mehrere permanente Straßen beobachtet werden, deren Verlagerung meist nur wenige Zentimeter beträgt.

Ein Informationsaustausch zwischen den Individuen findet ebenso bei der Erkundung unbekannter Gebiete und Nahrungsquellen, bei Begegnungen zwischen Tieren einer oder verschiedener Kolonien sowie anderen Organismen statt. Treffen zwei Individuen aufeinander, so kann gegenseitiges „Abtasten“ mittels der Antennen beobachtet werden, auf denen sich feinste Sensoren zur olfaktorischen Wahrnehmung befinden. Anhand der ermittelten Duftspur erfolgt die Identifizierung des Gegenübers. Wird ein feindlicher Organismus geortet, greifen sofort artspezifische Verteidigungsmechanismen. Im Rahmen des Projekts wurden einzelne Ameisen von der Kolonie entfernt und mit einer fremden Duftspur markiert, um später wieder in das Erdnest eingesetzt zu werden. Hierbei konnte ein kurzzeitiges aggressives Verhalten der Arbeiterinnen gegenüber dem markierten Tier beobachtet werden, welches allerdings nach maximal 60 Sekunden abklang. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die koloniespezifische Duftspur maßgeblich für das Erkennen eines Individuums ist und oberflächlich aufgetragene Fremdgerüche, sofern sie nicht die natürlichen Pheromone einer anderen Ameisenart darstellen, von den Tieren auch als solche erkannt werden. Das markierte Tier wurde schließlich von seinen Artgenossen gesäubert und schließlich losgelassen. Im Rahmen dieses Experiments verhielten sich die Arbeiterinnen jedoch besonders aggressiv gegenüber markierten Geschlechtstieren. Innerhalb einer halben Sekunde erfolgte

eine deutliche Reaktion auf das wieder eingesetzte Tier: Eine Menge von bis zu fünf Arbeiterinnen versammelte sich um die betroffene Ameise, um diese zu beißen und mit den Mandibeln festzuhalten. Erst nach erheblich längerer Zeit als andere markierte Arbeiterkasten wurde sie schließlich losgelassen. Eine Ursache dieses Verhaltens könnte darin liegen, dass fremde weibliche Geschlechtstiere für die Kolonie eine größere Bedrohung darstellen, da sie begattete Gynen eines fremden Staates sein könnten.

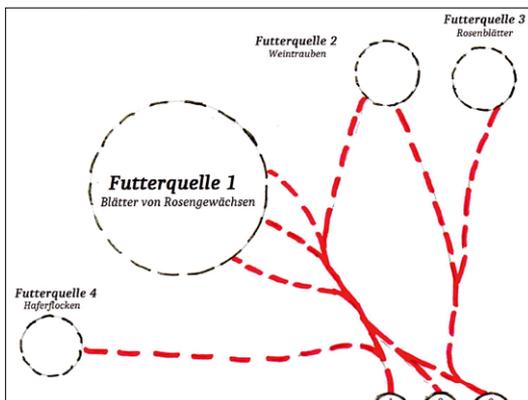


Abb. 14

Schematische Darstellung der permanenten Ameisenstraßen innerhalb der Futterkammer. Da stetig neue Nahrungsquellen zur Verfügung gestellt werden, bilden sich „Hauptstraßen“ (rot), deren Pheromonspur so gut wie nie versiegt.

6.1 Ergänzung der chemischen Kommunikation durch Stridulationsgeräusche

Wird ein Individuum der Kolonie direkt Opfer eines feindlichen Übergriffs, gibt es ein sogar für den Menschen wahrnehmbares Stridulationsgeräusch ab, welches den anderen Arbeiterinnen eine Bedrohung oder potenzielle Gefahrenquelle in der Nähe der Nestkammern signalisiert. Die Lauterzeugung entsteht durch das Übereinanderführen von Schrillkanten über Schrillflächen, die sich bei den Ameisen zwischen den Segmenten des Hinterleibs befinden. Wahrscheinlich nehmen die Ameisen diese Informationen akustisch, aber vielmehr haptisch durch die entstehenden Vibrationen, die über den Untergrund weitergeleitet werden, wahr. Im Rahmen der Beobachtungen wurden die Stridulationsgeräusche einerseits mit dem menschlichen Gehör untersucht und zur genaueren Analyse mittels eines Mikrophons digital vermessen. Dabei wurden die Laute von Tieren aus verschiedenen Kasten (Major-, Submajor- und Minor-Arbeiterin, weibliche Alate) jeweils über einen Zeitraum von 10 Sekunden aufgenommen. Zur Auswertung der Aufnahmen wurde schließlich eine Frequenzanalyse durchgeführt und deren Ergebnisse in verschiedenen Diagrammen aufbereitet.

Ziel dieses Experiments war herauszufinden, ob und inwiefern die Stridulationsgeräusche der einzelnen Kasten in Hinblick auf ausgewählte Observable, wie Lautstärke und Tempo, variieren. Die Vermutung, dass jede Kaste spezifische Stridulationsgeräusche von sich gibt, konnte bestätigt werden. Die detaillierten Beschreibungen und Ergebnisse sind im Bericht zur Projektarbeit (Fachbibliothek des Museums für Naturkunde Chemnitz) einzusehen.

Das menschliche Gehör nimmt die Laute der Ameisen als kurze, gleichmäßige und staccatoartig zirpende Töne, wahr. Bei akuten äußeren Einwirkungen, die für die Tiere potenzielle Gefahrenquellen darstellen und zum Stridulieren führen, konnten die Geräusche bis zu einer Entfernung von über einem Meter noch deutlich wahrgenommen werden. Erst während einer akuten Störung der Kolonie begannen mehrere Tiere gleichzeitig Laute von sich zu geben, sodass sich verschiedene Stridulations-Rhythmen überlagerten. Während der Analysen war es jedoch hauptsächlich jeweils nur eine Ameise, welche Geräusche von sich gab. Diese gehörte meist den Major-Arbeiterinnen an, da diese Kaste weitgehend für die Verteidigung und zum Schutz der Kolonie zuständig ist.

7 Resonanz und Dank

Im Rahmen der Untersuchungen des *A. octospinosus*-Ameisenstaates wurde verdeutlicht, wie ausgereift und verhältnismäßig unabhängig eine Ameisenkolonie strukturiert ist und dass ein solcher Superorganismus als eine der erfolgreichsten evolutionären Lebensformen wohl unübertroffen bleiben wird. Besonders die Ergebnisse über die Pilzzucht und das Kastensystem verdeutlichten die Komplexität und Akkuratess eines Ameisenstaates. Im Zuge der Untersuchungen gelang es, Methoden und Verfahren zur Optimierung der Haltung und Zucht dieser Tiere zu entwickeln. Diesen Superlativ der Entwicklung von Lebewesen beobachten und analysieren zu können, bereicherte mich auch persönlich, vor allem in Hinblick auf zukünftige wissenschaftliche Arbeiten. Ich möchte mit dieser Arbeit dem Museum für Naturkunde eine Grundlage für weitere Forschungen über diese faszinierende Tierart bieten.

Ich danke allen Personen, die mich im Verlauf dieser Arbeit mit Informationen, Wissen und Beobachtungen bereichert, sowie bei den Untersuchungen unterstützt haben. Besonderer Dank gilt meiner Betreuerin im Rahmen des FÖJ, Marion Meixner.

Literatur

- GÖSSWALD, K. (1985): Organisation und Leben der Ameisen. 1. Aufl., 355 S.; Stuttgart (Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH).
- DETTNER, K. & PETERS, W. (Hrsg.) (2003): Lehrbuch der Entomologie. 2. Aufl., 936 S.; München (Spektrum Akademischer Verlag).
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. (2011): Blattschneiderameisen – Der perfekte Superorganismus. 1. Aufl., 190 S.; Berlin und Heidelberg (Springer Verlag).
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. (2009): Der Superorganismus – Der Erfolg von Ameisen, Bienen, Wespen und Termiten. 1. Aufl., 606 S.; Berlin & Heidelberg (Springer Spektrum).
- REISSMANN, S. (2003): Chemische Kommunikation im Kontext des Fouragierens bei Blattschneiderameisen - Ein von Stefan H. Reißmann im Jahre 2003 AD verfasster Literaturüberblick.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz](#)

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Freier Laura C.

Artikel/Article: [Blattschneiden in Kolonie – Beobachtungen und Analysen zur Struktur eines Ameisenstaates der Art *Acromyrmex octospinosus* 117-126](#)