

Staatenbildende Insekten

Felix Dimmer
Tuteur: Andrea Grana
Klasse: 5C3 Jahr: 2019-2020



Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung

1.1. Soziobiologie der Insekten

1.1.1. E.O.Wilson der Gründer der Soziobiologie

1.2. Eusozialität und Superorganismus

1.2.1. Die Evolution der Eusozialität

1.2.2. Wann kann man eine Insektengruppe als eusozial definieren?

2. Aufbau eines Superorganismus

2.1. Hymenopterenstaaten

2.1.1. Wespen

2.1.2. Bienen

2.2. Isopterastaaten

2.3. Organisationsebenen

2.4. Kastensystem

2.4.1. Ameisen

2.4.2. Termiten

2.5. Lebenszyklus einer Kolonie bei Termiten & Ameisen

2.6. Nestbau

2.6.1. Ameisen

2.6.2. Termiten

2.7. Das kooperatives Gruppenverhalten der Ameisen

2.7.1. Hygiene in einem Ameisenstaat

3. Die Evolution

3.1. Ameisen

3.1.1. Wie wurden die Ameisen eusozial

3.1.2. Die Ameisenunterfamilie Ponerinae

3.2. Termiten

3.3. Konvergente Evolution

4. Die Kommunikation bei Termiten & Ameisen

4.1. Die Entwicklung der Kommunikation bei Ameisen

4.1.1. Die verschiedenen Kommunikationsmethoden

4.1.1.1. Visuelle Kommunikation

4.1.1.2. Pheromone

4.1.2. Erkennen von Mitgliedern des eigenen Volkes

4.1.3. Erkennen innerhalb der Kolonie

4.1.3.1. Kommunikation des „Resource Holding Potential“ zwischen Kolonien

4.1.4. Erkennung der eigenen Brut

5. Praktische Arbeit

5.1. Bestandsaufnahme der Waldameisen in Bettemburger Wald

5.1.1. Die Software OGIS

Quellen

1. Einleitung

Ich habe staatenbildende Insekten als Thema für diesen Trapé ausgewählt, um herauszufinden:

- Wie Insekten imstande sind, Kolonien zu errichten, die grösser sind als Sädte,
- Wie eine Kolonie strukturiert ist,
- Wie sich diese Lebensweise im Laufe der Evolution entwickelt hat.

Bekanntlich gilt mein Interesse besonders den Ameisen und den Insekten im Allgemeinen. Darum wollte ich mir mehr Wissen über staatenbildende Insekten aneignen.

Das Buch „Der Superorganismus“ von Bert Hölldobler und E.O. Wilson hat mir die Idee gegeben, einen Trapé über staatenbildende Insekten wie Hautflügler (Hymenoptera) aber auch Termiten zu schreiben. Ich möchte somit auch erfahren, wo die Unterschiede zwischen Ameisen, die zu der Ordnung Hymenoptera gehören, und Termiten, die zur Ordnung Blattellae liegen. Beide haben nämlich eine sehr ähnliche Lebensweise trotz unterschiedlicher Abstammung.

1.1. Soziobiologie der Insekten

Ab den 50er Jahren bis in die 70er Jahre des vergangenen Jahrhunderts erarbeiteten die Forscher weitgehend die Grundmuster der chemischen Kommunikation der Ameisen, die Evolution ihrer Kastensysteme und viele der physiologischen Faktoren, die bei den meisten Ameisenarten bestimmend für die verschiedenen Kasten sind.

Diese Forschung an den Ameisen hat eine Schlüsselrolle bei der Gründung der Soziobiologie als eigenständige Disziplin gespielt. In den 70er und 80er Jahren etablierte sich die Soziobiologie als neue Disziplin, aufbauend auf Physiologie, Ökologie und Evolutionstheorie.

In dem von William Morton Wheeler im Jahre 1911 veröffentlichten Essay "***The Ant Colony as an Organism***" versuchte er, die **Soziobiologie** zu erklären.

So müssen nach seinen Veröffentlichungen folgende **Kriterien** erfüllt sein:

1. Die Kolonie handelt als **Einheit**.
2. Verhalten, Größe und Struktur einer Kolonie sind idiosynkratisch (d.h. spezifisch). Manche dieser **spezifischen Eigenheiten** sind kennzeichnend für die Art, andere unterscheiden Kolonien innerhalb einer Art voneinander.
3. Kolonien durchlaufen einen klar **anpassungsfähigen Zyklus** von Wachstum und Fortpflanzung.
4. Die Differenzierung zwischen „**Keimplasma**“ (Königinnen und männlichen Tieren) und „**Soma**“ (Arbeiterinnen).

Auch später in seinem 1928 erschienenen Werk "***The social insects, their origin and evolution***" bezeichnet Wheeler als Erster die Kolonien staatenbildender Insekten als **Superorganismus**. Die Geschichte der Soziobiologie der Insekten könnte man auch als die Evolution des Superorganismusgedankens verstehen.

E.O. Wilson hat dann im Jahr 1975 sein Werk "***Sociobiology: The New Synthesis***" veröffentlicht und prägt somit den Begriff der Soziobiologie. Am Anfang hat dies viel Kritik ausgelöst, weil auch versucht wurde die Soziobiologie auf den Menschen zu übertragen. Heutzutage gilt er jedoch als Gründer/Erfinder der Soziobiologie.

1.1.1 E.O. Wilson der Gründer der Soziobiologie

E.O. Wilson geboren am 10 Juni 1929 in Birmingham, Alabama. Im Jahre 1946 nach dem High-School-Abschluss war dem jungen E.O. Wilson bewusst, dass er Ameisen untersuchen möchte. In der Tat veröffentlichte er drei Jahre später an der University of Alabama seine **erste wissenschaftliche Studie über Feuerameisen**. Im Jahr 1955 promovierte Wilson an der Harvard University im Fachgebiet Biologie. Er wurde schließlich 1964 Professor für Zoologie in Harvard (bis 1976). Seine Forschung auf dem Feld machten ihn zu einem Experten in Biogeographie (Untersuchung der Verbreitung der Organismen auf der Erde).



Mit seinem Kollegen Robert H. MacArthur entwarf Wilson eine Theorie die das Gleichgewicht der Arten in der Natur beschrieb und veröffentlichte 1967 **„The Theory of Island Biogeography“**. Im Jahr 1971 publizierte er **„The Insect Societies“** und verschaffte somit einen **Überblick über soziale Insekten**. 1975 prägt er in **„Sociobiology: The New Synthesis“** den Begriff Soziobiologie. Wilson wurde 1996 in dem Nachrichtenmagazin **„Time“** zu den 25 einflussreichsten Nordamerikanern gezählt.

Ein anderes Arbeitsgebiet von Wilson ist das Massensterben vieler Arten in der Erdgeschichte. In **„Diversity of Life“** argumentiert er, dass die Menschheit derzeit ein **sechstes Massensterben** aufgrund der Umweltzerstörung einleitet. Er argumentiert stark gegen die Idee, dass der Schutz einiger Gebiete ausreicht, um das Netzwerk der voneinander abhängigen Arten aufrechtzuerhalten. Für seine Ideen und Beiträge in diesem Bereich wurde er auch **„Vater der biologischen Vielfalt“** genannt.

Die von ihm im Jahre 1984 formulierte **„Biophilie-Hypothese“** liefert die Grundlage für eine **Ethik der Erhaltung von Umwelt und Natur**, die darauf abzielt, die biologische Vielfalt außerhalb des menschlichen Interesses zu bewahren. Wilson gilt außerdem noch als **Begründer des Begriffs der Biodiversität** (Artenvielfalt).

W. G. Rosen verwendete den Begriff 1985 im Namen einer Konferenz des National Research Council (NRC) der Vereinigten Staaten mit dem Titel **„National Forum on Biological Diversity“** (1986). 1988 nahm Wilson den Begriff auf und verwendete ihn als Titel seines Buches **„Biodiversity“**. Die theoretischen Grundlagen für die aktuelle Forschung zur Biodiversität wurden gelegt. 2007 war er einer der Initiatoren der **„Encyclopedia of Life“**, einer Internet-Enzyklopädie, in der Informationen über 1,8 Millionen Lebewesen gespeichert sind.

1.2. Eusozial und Superorganismus

Eusozialität (von griech. eu- = echt-; latein. Socialitas = Geselligkeit; adj. Eusozial) ist ein Begriff für eine **besondere Form des Sozialverhaltens** sozialer Insekten wie Termiten, Ameisen und Bienen sowie anderer sozialer Tierarten. Der Begriff wurde 1969 vom **Bienenforscher Charles Michener** eingeführt, um verschiedene Formen des Sozialverhaltens genauer zu beschreiben, die bis dahin oft nicht präzise differenziert waren und die meist unter dem Begriff "sozial" zusammengefasst wurden.

Der Begriff „**Superorganismus**“ ist nur für **Insekten mit einer eusozialen Lebensweise** gedacht und darf also nur dann angewendet werden. Bei diesen Insekten findet man eine **sterile Arbeiterkaste** vor die sich mit der Fürsorge der Brut beschäftigt, somit effizienter im Wettbewerb mit anderen Kolonien sind.

Eine simplere Form von Superorganismen sind z. B. Schwärme. Diese bewegen sich vor allem in einer Gemeinschaft, um Feinden eine geringere Angriffsfläche zu bieten. In einem sich bewegendem Schwarm ist es erheblich schwerer, eine Beute auszumachen und zu fangen, als bei sich allein bewegendem Individuen. Nach dieser Definition gelten Schleimpilze wie der bekannte Blob ("Physarum polycephalum") nicht als Superorganismus, obwohl er oft so bezeichnet wird.

1.2.1 Die Evolution der Eusozialität

Eusozialität ist die am **höchsten entwickelten Stufe des Soziallebens bei Insekten** und ist dadurch gekennzeichnet, dass sich die Angehörigen einer **Arbeiterkaste um die Nachkommen einer ausschließlich für die Fortpflanzung zuständigen Kaste kümmern**.

Die solitären Nachkommen der Mutter sind wegen unerklärlichen Gründen, entweder durch mangelnder Nahrung oder andere Umwelteinflüssen, in ihrem Geburtsnest geblieben. Somit hat sich eine neue Kaste gebildet: die Arbeiterkaste, die von Geburt an steril und flügellos sind.

Diese Form des Zusammenlebens entwickelt sich in der Evolution zwar nur selten, aber wenn sie erst einmal erreicht ist, erweist sich als beeindruckend erfolgreich. Die eusozialen Insekten, speziell jetzt Ameisen und Termiten, dominieren zumeist die beständigen, verteidigungswerten Bereiche der von ihnen bewohnten Umwelt.

1.2.2. Wann kann man eine Insektengruppe eusozial definieren?

Die entscheidende Voranpassung für die Entwicklung der Eusozialität bei sozialen Hymenoptera (Hautflüglern) ist eine **weiterentwickelte Form der Brutfürsorge**, dabei wird die Larve mehrfach mit Nahrung versorgt. Dies ist ein Verhalten, das sich bei solitären Arten durch Individualektion herausgebildet hat. Von dieser Anpassung rein solitärer Spezies ist

es nur ein kleiner Evolutionsschritt zu einer Situation, bei der die erwachsenen Nachkommen im Nest bleiben und ihren Müttern bei der Aufzucht ihrer Geschwister zu helfen. Anstatt als solitäre Nachkommen wegzufiegen und selbst eigene Junge aufzuziehen.

Ein spezifisches Beispiel sind **primitive eusoziale Wespen**. Durch das Überqueren der Schwelle zur Eusozialität konnte ein einzelnes Allel des Heterochronie-Gens in einem Volk fixiert werden. Das Allel verändert, dass die Töchter eher dazu tendieren, im Nest zu bleiben und bei der Bruthilfe zu helfen. Jedoch müssen dann die Vorteile in einem Volk zu leben gegenüber solitären Tieren vorteilhafter sein. Solitäre Tiere schlagen sich im Gegenteil zu einem Volk alleine durch und verlassen das Geburtsnest so früh wie möglich. Daraus ergibt sich, dass die Reihenfolge beim letzten Schritt zur Eusozialität ändern kann, wenn nur eines oder einige Allele ersetzt werden.

2. Aufbau eines Superorganismus

Welche Insektengesellschaft verdient es, als Superorganismus bezeichnet zu werden?

Die Bezeichnung "Superorganismus" lässt sich im weitesten Sinne auf jede eusoziale oder „wirklich soziale“ Insektenkolonie anwenden. Darunter ist eine **Kolonie mit folgenden drei Merkmalen** zu verstehen:

1. Arbeiterkasten mit eingeschränkter oder fehlender Fortpflanzungsfähigkeit.
2. Erwachsene Tiere zweier oder mehrere Generationen koexistieren im selben Nest.
3. Nicht oder kaum fortpflanzungsfähige Arbeiter versorgen die Jungen.

Ein Superorganismus handelt immer für das **Überleben eines Staates**.

Bei Ameisen gibt es **verschiedene Arbeitseinteilungen** wie die Brutpflege, Schutz des Nestes oder Nahrungsbeschaffung. Diese Aufgaben werden von der **Hauptkaste "Arbeiter"** erledigt. In dieser Hauptkaste gibt es noch weitere **Unterkasten** wie "Minor" (kleine Arbeiter), "Media" (mittelgroße Arbeiter), "Major" (große, kräftige Arbeiter) und noch eine speziellere Unterkaste nämlich die "Soldaten". Die **zweite Hauptkaste** neben den Arbeitern bilden die **weiblichen Geschlechtstiere**, die für die Eiablage zuständig sind.

Die erste Aufbauphase des Superorganismus ist die sogenannte **"Soziogenese"**, das Wachsen der Kolonien durch **Schaffung von spezialisierten Kasten und Unterkasten** (z.B. Soldaten, Minor, Media, Major) die wiederum **als Ganzes handeln**. Kasten entstehen durch **Entwicklungsalgorithmen**, das heißt eine Regelsequenz, die das körperliche Wachstum aller Angehörigen einer Kolonie Schritt für Schritt bis ins Erwachsenenalter bestimmt.

Die Sequenz bei sozialen Hautflüglern wie Bienen, Wespen und Ameisen läuft so ab:

Am ersten Entscheidungspunkt wird je nach physiologischer Voraussetzung ein weibliches Ei auf eine von zwei Entwicklungsphasen gelenkt.

- Wenn das Ei ein fortgesetztes Wachstum und eine vollständige Entwicklung einschlägt wird es im Erwachsenenalter zu einer Königin.

- Schlägt es den anderen Weg ein wird es zu einer Arbeiterin. Dabei werden das Wachstum und die Entwicklung vorzeitig abgebrochen.

Bei verschiedenen Ameisenarten folgt bei den Arbeiterinnenlarven noch ein weiterer Entscheidungspunkt: ob es eine Minor, Media, Major oder ein Soldat wird.

2.1. Hymenopterenstaaten



- **Unterstamm:** Tracheentiere (Tracheata)
 - **Überklasse:** Sechsfüßer (Hexapoda)
 - **Klasse:** Insekten (Insecta)
 - **Unterklasse:** Fluginsekten (Pterygota)
 - **Überordnung:** Neuflügler (Neoptera)
 - **Ordnung:** Hautflügler
 - **Unterordnung:** Pflanzenwespen (Symphyta)
 - Blattwespenartige (Tenthredinoidea)
 - Echte Blattwespen (Tenthredinidae)
 - Buschhornblattwespen (Diprionidae)
 - Bürstenhornblattwespen (Argidae)
 - Keulhornblattwespen (Cimbicidae)
 - Blasticotomidae
 - Pergidae
 - Gespinstblattwespenartige (Pamphilioidea)
 - Gespinstblattwespen (Pamphiliidae)
 - Megalodontesidae
 - Halmwespenartige (Cephoidea)
 - Halmwespen (Cephidae)
 - Holzwespenartige (Siricoidea)
 - Holzwespen (Siricidae)
 - Anaxyelidae
 - Orussoidea
 - Orussidae
 - Xyeloidea
 - Xyelidae
 - Xiphydrioidea

- Schwertwespen (Xiphydriidae)
- **Unterordnung: Taillenwespe (Apocrita)**
 - Teilordnung Legimmen (Terebrantia)
 - Überfamilie Trigonoidea
 - Überfamilie Megalyroidea
 - Überfamilie Evanoidea
 - Überfamilie Ceraphronoidea
 - Überfamilie Gallwespenartige (Cynipoidea)
 - Überfamilie Zehrwespenartige (Proctotrupoidea)
 - Überfamilie Diaprioidea
 - Überfamilie Platygastroidea
 - Überfamilie Erzwespen (Chalcidoidea)
 - Überfamilie Mymarommatoidea (früher zu den Chalcidoidea gerechnet)
 - Überfamilie Stephanoidea
 - Überfamilie Schlupfwespenartige (Ichneumonoidea)
 - Teilordnung Stechimmen (Aculeata)
 - Überfamilie Chrysidoidea
 - Überfamilie Vespoidea (inklusive Ameisen)
 - Überfamilie Bienen und Grabwespen (Apoidea)

„**Hymenopteren**“, umgangssprachlich auch als „**Hautflügler**“ bekannt, bilden eine Ordnung der Insekten. In dieser **Insektenordnung** gibt es 156.000 beschriebene Arten aus 132 Familien. Die Hautflügler sind bekannt für ihre Bedeutung für die Bestäubung von Pflanzen, Schädlingsbekämpfung, Bodenauflockerung, u.v.m. Die Hymenopterenstaaten bilden einer der vier „megadiversen“ Insektenordnungen neben Schmetterlingen, Käfern und Zweiflüglern. Zudem gehören die meisten eusozialen Insektenarten den Hautflüglern an.

2.1.1. Wespen

Wespen sind nicht nur staatenbildende Insekten (soziale Wespen). Die meisten Wespen



leben wie die Bienen eher solitär. Der Nachwuchs wird bei den solitären Wespen alleine vom Weibchen versorgt. Uns viel bekannter sind eher die **sommerstaatenbildende Wespen**: diese sind soziale Wespen, deren Arbeiterinnen ausschirmen und die uns bekanntlich auf die Nerven gehen. Zu diesen sozialen Wespen gehören: die echte Wespe (Vespinidae), die Langkopfwespe (Dolichovespula) und die Kurzkopfwespe (Vespula).

2.1.2. Bienen

Bienen werden meist auf eine einzige Art reduziert, nämlich die der **“Westlichen**

Honigbiene” (*Apis Mellifera*). Diese sozialen Bienen bekommen als Honigproduzent und durch ihre Wehrhaftigkeit besonders viel Aufmerksamkeit geschenkt. Jedoch handelt es sich bei Bienen um eine viel größere Gruppe mit sehr unterschiedlichen Arten. Diese leben meistens solitär und sind teilweise auch vom Aussterben bedroht. Sie sind auch unter dem Begriff **“Wildbienen”** zusammengefasst. Zu diesen gehören Hummeln, Furchenbienen, Mauerbienen und noch viele mehr.



2.2. Isopterastaaten



- Kingdom: Animalia
 - Phylum: Arthropoda
 - Class: Insecta
 - Subclass: Pterygota
 - Infraclass: Neoptera
 - Superorder: Dictyoptera
 - Order: Blattodea

- Infraorder: Isoptera
 - Families:
 - Mastotermitidae
 - Termopsidae
 - Hodotermitidae
 - Kalotermitidae
 - Rhinotermitidae
 - Serritermitidae
 - Termitidae

Zu den **Termiten (Isoptera)** gehören ungefähr 2000 meist tropische Arten an, die in 6 Familien aufgeteilt sind und nur 2 Arten findet man in Südeuropa an. Der falsche Name "Weiße Ameise", legt den Verdacht nahe, dass die Termiten mit den Ameisen verwandt sind. Dies ist jedoch falsch: die Termiten stammen von den **Schaben** ab. Sie sind staatenbildende Insekten und eusozial. In einer Kolonie gibt es eine Königin und ein König. Arbeiter und Soldaten gibt es in beiden Geschlechtern. Der Körperbau ist je nach Art und Kaste sehr unterschiedlich. Die Größe reicht von ungefähr 10mm bis ca. 12 cm.

2.3. Organisationsebenen

Alles Leben umfasst eine sich **selbst replizierende Hierarchie von Ebenen**. Biologie ist die Wissenschaft von den verschiedenen Ebenen, die diese Hierarchie ausmachen.

Kein Phänomen kann auf nur einer Ebene umfassend charakterisiert werden, ohne dass Phänomene anderer Ebenen ins Spiel kämen. Die Gene legen die Proteine fest, Proteine bauen Zellen, Zellen vermehren und verbinden sich zur Bildung von Organen, die ihrerseits Teile von Organismen sind. Die Organismen bilden Gesellschaften, Populationen und Ökosysteme.

2.4. Kastensystem

Der entscheidende Unterschied eusozialer und nicht eusozialer Insekten ist das Auftreten fruchtbarer (fertiler) und unfruchtbarer (steriler) Individuen in einer Kolonie, also eine Zergliederung von Fortpflanzung und Brutpflege.

Die **fertilen Individuen** werden als **Königinnen** (in Termitenstaaten gibt es auch **Könige**), die **sterilen Helfer** als **Arbeiter/innen** bezeichnet. Geschlechtstiere und Arbeiter/innen sind die **Kasten** in einem Insektenstaat.

Bei den Termiten kommen in den Kasten beide Geschlechter vor, bei Hymenopteren (Hautflügler) sind es ausschließlich weibliche Kasten. Manchmal wird auch eine männliche Kaste bei Hymenopteren genannt, jedoch ist dies falsch. Bei Ameisen gibt es auch männliche Geschlechtstiere, diese sind nur für den Hochzeitsflug bestimmt und sterben nach dem Akt der Liebe. Bei Termiten lebt das männliche Geschlechtstier (König) mit der Königin zusammen in der Königskammer.

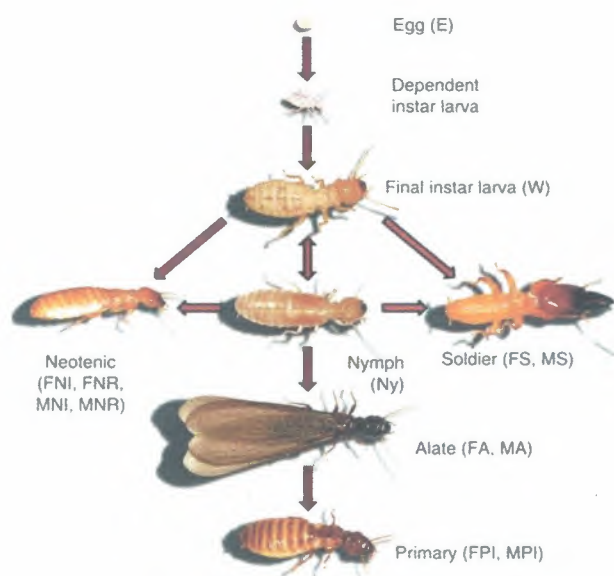
Bei den Termiten ist neben der Funktion auch der Körperbau der Kasten unterschiedlich, es liegt ein **Kastenpolymorphismus** (vielgestaltige Kasten) vor. Könige/innen sind meist größer als ihre Arbeiter/innen. Diese können aber kräftige, größere und spezialisiertere Mandibeln (Mundwerkzeuge), reduzierte Gonaden (Geschlechtsdrüse, -organ), kleinere Gaster (Hinterleib), anders differenzierte Drüsenausstattung etc. haben. Der deutlichste und auffälligste Unterschied ist die **flügellose Arbeiterkaste** im Gegensatz zu den im Jugendstadium **geflügelten Geschlechtstieren**.

Eine alternative Weise die Kasten zu bezeichnen bezieht sich auf die **Differenzierung im Larvenstadium**, unabhängig von der Funktion in der Kolonie.

2.4.1 Ameisen

Bei Ameisen gibt es **zwei große weibliche Kasten**: die Königinnen und Arbeiterinnen. Bei den Arbeiterinnen gibt es noch vier weitere **Unterkasten**, die auftreten können und jeweils vorrangig spezielle Aufgaben übernehmen: Minor-(Klein), Media-(Mittel) und Majorameisen (Große) und noch Soldaten. Morphologisch (vom Aussehen her) unterscheiden sich sowohl alle Unterkasten der Arbeiterinnen als auch die Geschlechtstiere. Jedoch gibt es bei der Art "Lasius Niger" keine Unterkastenbildung bei den Arbeiterinnen und sie unterscheiden sich auch nicht morphologisch.

2.4.2 Termiten



Die Arbeiter

Die Arbeiter sind augenlos und ihr Körper schwach sklerotisiert. Sie sind meist gelb- oder weißlich gefärbt. Im Gegensatz dazu sind ihre Mandibeln (Mundwerkzeuge) stark sklerotisiert und eher dunkel. Sie **kümmern sich um die Brut** und schwärmen aus dem Nest um z.B. je nach Art

Kot, Humus, Blattstreu, Holz, trockenes Gras oder **Nahrung** in jeglicher Form zu suchen.

Verschiedene Unterfamilien z.B. Macrotermitinae haben sogar zwei Arbeiterunterkasten:

- Kleine Arbeiter für die Brutfürsorge
- Große Arbeiter für die Pflege von Pilzzuchten und zum Bauen des Nestes

Die Arbeiter werden meist auf ihren Nahrungszügen von Soldaten begleitet um sie vor Gegnern, wie z.B. Ameisen beim Transport von Nahrung zu schützen.

Die Soldaten

Die Aufgabe der Soldaten ist ausschließlich die **Verteidigung der Kolonie**. Zu diesem Zweck weisen sie einen meist **auffällig umgestalteten Körperbau** auf. Bei vielen Arten ist der Kopf relativ zum übrigen Körper extrem vergrößert. Wichtigste Waffe bei den meisten Arten sind **stark vergrößerte Mandibeln**. Diese dienen als Beißwerkzeuge. Bei vielen Termitidae der Gattung "Termes" und einiger verwandter Gattungen werden die stark verlängerten Mandibeln stattdessen ineinander verhakt und wie eine Feder gespannt.

Bei Feindberührung schnellt die Mandibel mit großer Geschwindigkeit durch die freigesetzte Federkraft vor und kann Feinde wegkatapultieren oder sogar regelrecht zerschmettern.

Zusätzlich zu den Mandibeln haben die Termiten ein reiches **Arsenal chemischer Waffen** entwickelt. Viele Arten besitzen dazu eine spezielle Drüse in der Kopfkapsel (als **Frontaldrüse** bezeichnet), die ein giftiges und/oder stark klebriges Sekret auf Feinde sprüht oder schleudert. Die Frontaldrüse wird manchmal zusätzlich zu den Mandibeln eingesetzt. Die Soldatenkaste der "Rhinotermitidae" und jene der "Nasutitermitinae" sind auf diese chemische Verteidigung als einzige Waffe umgeschwenkt. Ihre Frontaldrüse sitzt an der Spitze eines schnabelartig verlängerten Rostrums (spitz zulaufende Fortsätze), die Mandibeln sind zurückgebildet. Bei den "Globitermes" verzichten die Soldaten sogar darauf: ihre Attacke besteht in einem selbstmörderischen Aufreißen der Körperwand mit Freisetzung des Sekrets.

Einige Termitenarten der fortgeschritteneren Entwicklungslinien, die in großen Staaten leben, haben nicht nur verschiedene Arbeiter-, sondern **auch mehrere Soldatenkasten** entwickelt. Die "Macrotermitinae" haben z. B. kleine Soldaten, die die Nahrungszüge der Arbeiter begleiten und eine erste Verteidigungslinie bilden. Stoßen sie auf Eindringlinge im Nest oder starken Widerstand, rekrutieren sie durch mit dem Kopf erzeugte Klopfgeräusche die großen Soldaten.

Wesentliche biologische Aufgabe der Soldaten, zumal bei den kleineren Nestern der urtümlichen Arten, ist die **Verteidigung des Nests** gegen andere Termiten der gleichen Art oder verwandter Arten. Bei fast allen ist auch die Verteidigung gegenüber Ameisen wesentlich, welche die wichtigsten biologischen Antagonisten darstellen. Eine Reihe von Ameisenarten ist auf Termiten als Nahrung spezialisiert. Nur bei wenigen hochentwickelten Arten mit großen Nestern sind die Soldaten auch zur Verteidigung gegen andere Prädatoren wie z. B. Wirbeltiere effektiv.

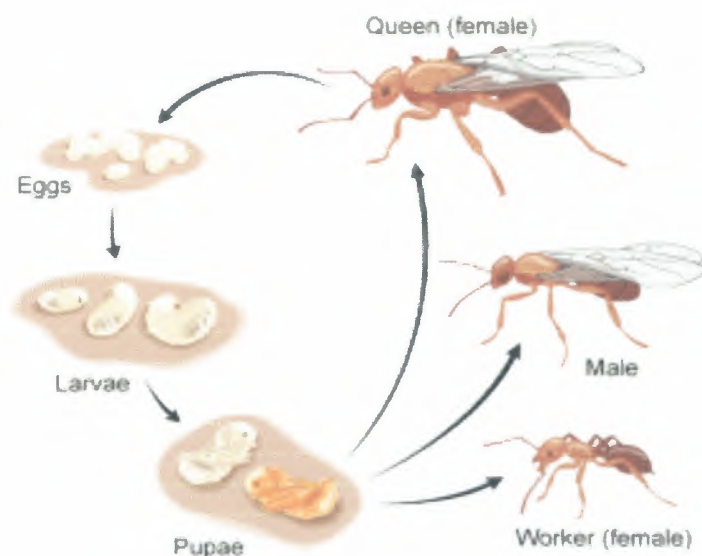
Die Geschlechtstiere

Der **Gaster** der Königinnen bei Termiten kann zur Beschleunigung der Eier-Produktion so stark angeschwollen sein, dass sie sich nicht mehr bewegen können. Ein solche Königin kann bis zu 30.000 Eier pro Tag legen und mehrere Millionen während ihres Lebens (Termitenkönigin werden manchmal bis zu 10 Jahre alt) legen. Anders als bei Hautflüglern bleibt der König am Leben und befruchtet die Königin regelmäßig.

Die Geschlechtstiere leben am Anfang in ihrem Mutternest, in einer geschlossenen, besonderen, dickwandigen Kammer. Eines Tages schwärmen sie aus dem Mutternest begatten sich und bilden ein neues Nest meist fernab des Mutternestes.

2.5. Der Lebenszyklus der Kolonie am Beispiel der Ameisen & der Termiten

Ameisen:



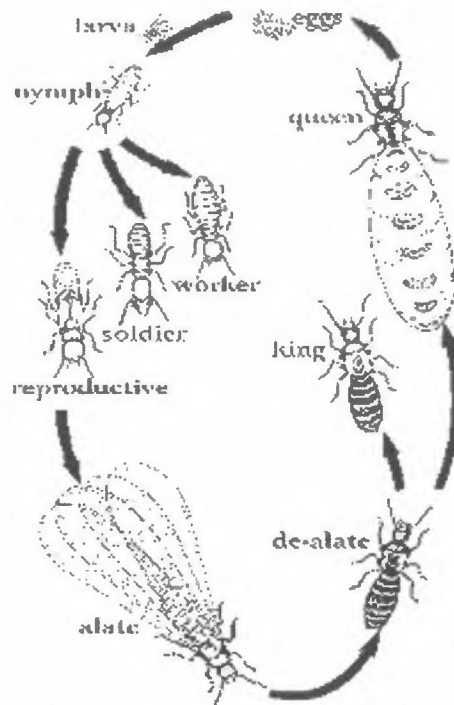
Der Lebenszyklus einer Kolonie beginnt bei einem Ei, aus dem sich eine **unbefruchtete Königin** entwickelt. So beginnt das Leben sozialer Insekten in folgenden Schritten:

Nachdem die Königin die Entwicklung von Ei über Larve und Puppe durchlaufen hat, verlässt sie ihr altes Nest und **paart sich** mit aus anderen Nestern stammende Männchen. Anschließend sucht die begattete Königin einen **sicheren Nistplatz**. Dort legt sie

Eier, aus denen sich **Arbeiter, Soldaten** (je nach Art), **Könige und Königinnen** entwickeln. Nach einer Zeit und einer gewissen Anzahl von Arbeiterinnen vergrößert sich auch das Repertoire der **Pheromone**, dies zu genauerer Kommunikation dient. Nachdem genügend Arbeiter zur Verfügung stehen konzentriert sich die Königin auf die **Produktion von befruchteten Eiern**. Diese werden die nächste Königinnengeneration bilden.

Termiten:

Der Lebenszyklus beginnt bei Termiten wie auch bei Hautflüglern beim **Ei**. Jedoch bildet sich nach der Larve die sogenannte **Nymphe**. Diese ähneln kleinen Erwachsenen und gehen eine



Reihe **Häutungen** durch. Nymphen häuten sich zu **Arbeitern** oder durch weitere Häutungen zu **Soldaten** und "**Alatae**". Diese Alatae sind **geflügelte Geschlechtstiere** die nach ihrem **Hochzeitsflug**, erst König und Königin genannt werden. Sie werfen im Anschluss an den Hochzeitsflug die Flügel ab. Die eigentliche Paarung erfolgt am Boden, in der Regel am neuen Neststandort.

Die Entwicklung von Ei bis zum erwachsenen Tier kann Monate dauern. Dies hängt von Temperatur, Verfügbarkeit von Nahrung und von der allgemeinen Bevölkerung der Kolonie ab.

2.6. Nestbau

Staatenbildende Insekten leben fast ausschließlich in **selbst erbauten Nestern**. Die Nester können je nach Art und Umgebung sehr unterschiedlich sein.

Nesthügel der Waldameisen haben eine gute Speicherung der Wärme im Nest. Zudem wird das Nest gut durchlüftet. Jedoch sind die meisten Ameisennester vollständig oder zum größten Teil unterirdisch angelegt. Das Nest dient als Rückzugsort vor z.B. Kälte und Schutz vor Feinden.

Termiten und **Ameisen** bauen meist die **größten und ausgeklügeltsten Nester** im Vergleich zu Bienen oder Wespen. Je nach Art können ein paar Tausend bis sogar zu Millionen Individuen in solcher einer Siedlung hausen. Die Nester dienen **zum Schutz vor Umwelteinflüssen und vor Angreifer.**

2.6.1. Ameisen

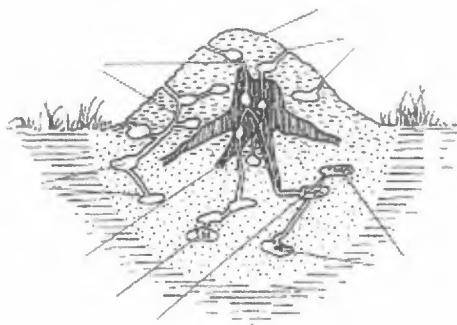
Als staatenbildende Insekten bauen Ameisen sowie auch andere eusoziale Insekten Nester. Das **Nest** ist die **Heimat** des Ameisenvolkes und dient auch als **Rückzugsort**. Es kann je nach Art verschieden ausfallen, entweder **unterirdisch** oder an der **Oberfläche**, mit verschiedenen **Materialien** verarbeitet wie: Erde, Harz, Baumnadeln, Pflanzenfasern und noch weiteres. In manchen Nestern befinden sich sogenannte **Gäste**, diese lassen sich von den Ameisen ernähren oder ernähren sich von den Ameisen. Diese Gäste überlisten die Ameisen mit Pheromonen. Diese Gerüche lässt die Ameisen glauben, dass es ein Verbündeter oder sogar eine Ameisenlarve wäre. Es sind Käfer-, Raupen-, Spinnen-, Grillenarten und noch viele mehr die diese Methoden anwenden.

Diese sogenannte Ameisengäste werden in drei Kategorien eingeteilt:

- die räuberischen Ameisengäste, die sich von der Ameisenbrut ernähren,
- die geduldeten Einmieter, diese leben von Abfällen, Leichen und Exkrementen des Ameisenstaates,
- die Synöken, diese werden durch Tricks von den Ameisen gefüttert.

Ein paar Beispiele von Nestbauten verschiedener Ameisenarten:

- Die **rote Waldameise (Formica Rufa)** kommt von Iberien bis zum Baikalsee vor und sucht sich meist ein Platz am **Waldrand**. Sie gründet ihr Nest meist in einem morschen Baumstamm. In den folgenden Wochen und Monaten bildet sich ein **Ameisenhügel**, der hauptsächlich aus Fichtennadeln, kleinen Ästen und anderen Materialien aus dem Wald besteht. Der von außen sichtbare Ameisenhügel macht ein Drittel des Nestes aus, die anderen zwei Drittel liegen unterirdisch. Das Nest speichert sehr gut Wärme und wird zudem auch sehr gut durchlüftet.



- **Treiberameisen (der Begriff Treiberameise beinhaltet drei Unterfamilien: Aenictinae, Dorylinae und Ecitoninae)** oder auch **Wanderameisen** kommen in Asien, Zentralamerika, Südamerika und Afrika vor. Sie bauen kein Nest wie eine Vielzahl anderer Ameisenarten. Sie bilden aus ihren Körpern ein **lebendiges Nest**. Dies wird auch in der Fachwelt „**Biwak**“ genannt. Dieser wird in **geschützten Plätzen** angelegt, wie z.B. Baumstämmen und kleinen Erdlöchern. Die alten Arbeiterinnen halten sich



dabei jeweils an den Beinen fest. Es bildet sich eine Art Knäuel. Im inneren sind jüngere Arbeiterinnen mit der Brut, Nahrung und die Kammer der Königinnen. Die Soldaten des Biwaks sind immer in Alarmbereitschaft, sobald die kleinste Störung auftaucht sammeln sich die Soldaten und verteidigen ihr Nest. Als Waffen haben sie kräftige Mandibeln und einen Stachel. Wichtig zu wissen ist, dass diese Biwaks bei den **Eciton-Arten** vorkommen. Andere Wanderameisen bauen meist Erdnester, wobei

sich eine biwakartige Gestalt annehmen kann.

- Die Arbeiterinnen der **schwarzen Rossameise (Camponotus herculeanus)** kommt in **Europa vor**. Sie können bis zu 10 Millimeter groß werden. Sie leben meist in



Gebirgslagen und haben sich im Laufe der Zeit auf das **Holznest** spezialisiert. Dabei bevorzugt sie meist Fichten. Die Arbeiterinnen nagen mit ihren Mandibeln morsches, aber auch lebendes Holz aus. Beim lebenden Holz werden für den Baum wichtige Leitungen für Wasser und Nahrungsbeschaffung meist verschont. Jedoch kann der Baum absterben, wenn er starkem Frost ausgesetzt ist, weil die wichtige Isolierung fehlt. Nester können somit eine Höhe von 10 Metern erreichen. Außerdem gibt es auch Nester, die mehrere Bäume umfassen, diese sind dann unterirdisch verbunden.

- Die **Gelbe Wiesenameise (Lasius flavus)** ist sehr weit in Europa verbreitet. Sie bauen ihre Nester meist auf **Gartenböden**, auf **Wiesen** und an **Waldrändern** und nimmt



auch feuchtere Standorte in Kauf. Es handelt sich um **Erdnester**, ihre Gänge und Kammern liegen im Boden. Diese Nestart ist bei vielen Ameisen verbreitet. Jedoch gibt es verschiedene Varianten z.B. kann das Nest unter einem Stein angelegt sein, so dass die Wärme der Sonne im Stein gespeichert wird und den Ameisen zugutekommt. Die Gelbe Wiesenameise baut über ihrem Erdnest meist noch eine kleine Erdkuppel, um durch diese vergrößerte Oberfläche einfacher an Sonnenwärme zu kommen.

- Die **Weberameisen (Gattung: Oecophylla)** kommt in Zentralafrika, Südostasien und Ozeanien vor. Sie errichten ihr Nest in **Bäumen** mit Hilfe **zusammengenähter Blätter**. Hierfür bilden die Arbeiterinnen mit ihren Körpern eine Art von Ketten welche die Blätter zusammenziehen, so dass andere Arbeiterinnen währenddessen die Larven halten und somit spinnen können. Aus den Labialdrüsen der Larven bilden sich Spinnfaden.



2.6.2. Termiten

- Baumnester kommen binnen **zahlreichen Gattungen** vor, wie **Termes** und **Nasutitermes**. Die Nester sind gewöhnlich über tunnelartige Galerien am Baumstamm mit dem Erdboden gekoppelt. Die **Baumnester und Galerien** bestehen aus einer kartonartigen Masse aus zerkautem Holz. Sie besitzen überwiegend im Mittelpunkt eine speziell dickwandige Kammer für die Königin und den König.
- Große Termitenhügel** bestehen hauptsächlich aus ausgegrabener, ummauerter Erde mit Speichel und sind sehr widerstandsfähig. Sie enthalten **zahlreiche Kammern und Gängen**, von denen die erste als Wiege für die Zucht und die zweite für die Kommunikation zwischen allen Teilen der Struktur dient.

Der afrikanische "**Macrotermes bellicosus**" oder "**Macrotermes natalensis**" und die australische "**Nasutitermes triodiae**" bilden massive, konvergente, fast identische "**Kathedralenhügel**" mit zahlreichen Türmen und Gipfeln, die eine Höhe von mehr als acht Metern erreichen können.



Der Bau geht unter dem Hügel mehr oder weniger weit **unterirdisch** weiter. Er kann zwei bis drei Millionen Individuen mit einem Gesamtgewicht von mehr als 20 kg enthalten. Einige solcher Bauten sollen über einen Zeitraum von 100 Jahren bewohnt gewesen sein. Die

meisten Hügel sind trotz alledem kleiner und enthalten beispielsweise 5.000 bis 200.000 Tiere mit einer Biomasse von 160 g bis zu ca. 1,4 kg.

Die Hügel dienen vor allem zur Regulierung des Klimas im Nest. Ein Nebeneffekt der Außenwände ist der Schutz vor Fressfeinden. In erster Linie sind mikroklimatisch zwei Ansprüche zu erfüllen:

1. Durch die hohe Stoffwechselaktivität der Termiten, im Falle von *Macrotermes* aber mehr noch der als Nahrung kultivierten Pilze, entstehen große Mengen Kohlendioxid, das mit einer effektiven **Entlüftung** abgeführt werden muss.
2. Gleichzeitig sollte die **Temperatur** im Bau so konstant wie möglich gehalten werden, wobei meist Temperaturen um 30 °C optimal wären.

Die Form des Hügels erfüllt diese Ansprüche indem die warme Luft an der Außenwand der *Macrotermes*-Zinnen (die schlanken Türmchen der Hügel) aufsteigt. Die Erneuerung der Luft erfolgt über fallende Luftmassen in den Schornstein (Schlott). Andere Termitenarten, wie z.B. *Macrotermes jeanneli* und *subhyalinus* und *Odontotermes*-Arten bilden oben offene Rohre, in denen die Luft im zentralen Schornstein nicht nach unten, sondern nach oben strömt. Dafür nutzen sie den "Kamineffekt".

Termitennester werden nicht nur von ihren Bauherren bewohnt und genutzt. Sie sind **Mikroökosysteme mit vielen angepassten Arten**. Mit Ausnahme der Insekten, die auf Termiten parasitieren, haben fast alle Nester **Mitbewohner**. Sie ernähren sich von verschwendeten oder übrig gebliebenen Resten Nahrung und sind für Termiten weder schädlich noch nützlich. Diese werden als **"Kommensale"** bezeichnet. Unabhängig davon, ob ihr Lebensstil kommensalisch oder parasitär ist, werden Mitbewohner im Nest normalerweise auch als **"Inquilinen"** bezeichnet.

Viele Insektenarten sind nur aus Termitennestern bekannt: viele Käfer, (z.B. Kurzkugelnkäfer, Blatthornkäfer, Kurzkugelnkäfer, u.v.m.), eine große Anzahl von Zweiflüglern wie Termitenfliegen, Buckelfliegen und etliche mehr.

2.7. Das kooperatives Gruppenverhalten der Ameisen

Die Vormachtstellung von Ameisen und anderen staatenbildenden Insekten in ihrer Umgebung ist das Ergebnis **kooperativen Gruppenverhaltens**.

Wenn viele Mitarbeiter gemeinsam eine Aufgabe angehen, erledigen sie dies parallel. Jeder Arbeiter kann je nach Bedarf von einer Tätigkeit zu einer anderen schalten, sodass keine Arbeit lange liegen bleibt und jeder Arbeitsschritt gleich ausgeführt wird.

Arbeiter neigen auch eher als einzeln lebende Insekten zu aggressiven Verhalten, bis hin zur **Opferbereitschaft ihres Lebens**. Ein solcher Mut zum Sterben bringt nur geringe Verluste für die Kolonie mit sich, da der Verlust einzelner Tiere bei der Nahrungssuche und Verteidigung durch die Vermeidung von Schäden an der gesamten Kolonie ausgeglichen wird.

Entscheidend ist vor allem der **Erhalt der Geschlechtstiere** in einer Ameisenkolonie. Im Gegensatz dazu sind ein paar Arbeiter schnell ersetzt.

Neben der Überlegenheit im Kampf und das koordinierte Handeln der staatenbildenden Insekten gibt es weitere Vorteile: staatenbildende Insekten sind in der Lage, **komplexe und gigantische Nester mit einer Regulierung des Mikroklimas** im Inneren und **Verteidigungsstrukturen** zu bauen. Mit diesen Vorteilen haben die Ameisen im Laufe der Zeit Käfer, Heuschrecken und Schaben von den begehrtesten Nistplätzen verdrängt. Außerdem gelang es ihnen auch die **sichersten Futterplätze** oder Nahrungsquellen zu erobern. Somit müssen einzeln lebende Insekten sich oft in äußere Zweige, Blattoberflächen, Schlammgebiete, nasse oder kochtrockene Bereiche einnisten.

Ein konkretes **Beispiel für die Überlegenheit** ist die **argentinische Ameise**, die sich mithilfe der Einschleppung der Menschen in den letzten Jahrhunderten weltweit ausgebreitet hat: es entstanden sogenannte **“Superkolonien”** in den jeweils nicht ursprünglich heimischen Gebieten. Die Superkolonie in Südeuropa erstreckt sich auf einer Länge von 6000km von der Westküste in Portugal bis nach Italien. Die einzelnen Nester oder kleine Kolonien bekämpfen sich nicht wie in ihrer Heimat Argentinien. Dies liegt am **“Gründereffekt”**: Meist werden bloß wenige Individuen verschleppt und somit auch wenig genetische Vielfalt. Hiervon sind ebenfalls Gene betroffen, die an der Produktion von sogenannten **“Pheromonen”** mitwirken. Anhand solcher chemischen Signatur erfassen Ameisen ihrer eigenen Kolonie und können sie von anderen Kolonien unterscheiden. Da jedoch die genetische Vielfalt geringer ist und anfänglich die wenigen Individuen sich zu einer Population bildeten, sind die Anlagen für die Erkennung von Kolonimitgliedern sehr ähnlich. Sie sind nicht untereinander aggressiv. Die einzelnen Nester stehen im ständigen Kontakt und agieren gemeinsam.

Ein **zweites Beispiel für die Überlegenheit der Ameisen**, wäre ihre **Biomasse**, die 15% der gesamten tierischen Welt auf dem Planeten ausmacht und so viel wiegt wie die gesamte menschliche Weltbevölkerung. Es wird geschätzt, dass es insgesamt ca. 10.000.000.000.000.000 - also zehntausend Billionen – Ameisen-Individuen gibt.

2.7.1. Hygiene in einem Ameisenstaat

Strikte Hygiene ist in einem Ameisenstaat überlebenswichtig:

Tausende Individuen leben im engsten Raum zusammen und im Nestinneren ist es meist warm und feucht. Die **Entsorgung von Abfällen und Leichen**, die weitmöglichst vom Nest transportiert werden, vermindert die Gefahr einer Seuche in einem Nest erheblich. Auch durch eine leckende Bewegung mit ihrer Zunge über den Körper von Nestgenossinnen um sich zu reinigen, werden möglicherweise Krankheitserreger und Pilzsporen beseitigt.

Zusätzlich haben Wissenschaftler herausgefunden, dass die Waldameisenart **“Formica paralugubris”** sich mit einem pflanzlichen Mittel schützt, nämlich dem **antibiotischen wirkenden Harz**. Das Harz schützt auch Nadelbäume vor zahlreichen Bakterien und Pilzen und läuft aus Wunden des Baumes. Solche Eigenschaften zeigt auch getrocknetes Harz, es

kann das Bakterium "*Pseudomonas fluorescens*" oder den Pilz "*Metarhizium anisopilae*" eindämmen. Diese sind eigentlich für Ameisen tödlich.

Als die Forscher ein Tröpfchen mit derartigem Krankheitserreger in eine künstliche angelegte Brutkammer platzierten, sind fast alle Ameisenlarven nach ein paar Tagen gestorben. Dies haben sie nochmals durchgeführt, die Unterkunft jedoch mit einem Harzstück bestückt. Bei diesem Versuch sind weitaus weniger Ameisenlarven gestorben.

Es ist noch unklar wie Harz im Ameisenhaufen wirkt. Die "*Formica paralugubris*" scheint es sich jedoch längst zunutze zu machen. Wissenschaftler haben in einem Ameisenhaufen zwanzig Kilogramm getrocknetes Harz gefunden, hauptsächlich von Fichten. Es steckte im tiefsten Inneren bei den Brutkammern aber auch an der Oberfläche bei den Eingängen. Es kann gut möglich sein, dass diese Einlagerung von Harz verhindert, dass die schädlichen Mikroben in großer Zahl eindringen können.

Die Art und Weise, wie das Harz seine Wirkung im Ameisenhaufen entfaltet, ist noch nicht klar. Es wäre denkbar, dass Ameisen durch physischen Kontakt mit Antibiotika imprägniert werden. Sie können diese Substanzen aber auch aktiv aufnehmen. Vielleicht reicht es sogar aus, dass die flüchtigen Bestandteile, die dem Harz seinen typischen Duft verleihen, im Ameisenbau verteilt sind.

3.Evolution

Die Evolutionstheorie (von lateinisch *evolvere* „entwickeln“) bezieht sich auf die **allmähliche** Veränderung der genetischen Eigenschaften von Organismen und anderen organischen Strukturen (wie Viren), die von Generation zu Generation weitergegeben werden. Das Lehr- und Forschungsfeld der Evolution wird als **Evolutionsbiologie** bezeichnet. Wie viele andere Wissenschaften drückt es ständig neue Erkenntnisse aus und erhält neue Erkenntnisse durch Entdeckungen neuer Fossilien oder neuer Methoden.

3.1. Die Evolution der Ameisen

Die Ameisen entstanden sehr wahrscheinlich in der Kreidezeit und machten eine **Entwicklung von 100 Millionen Jahren** bis zur Gegenwart durch.

Die ältesten Fossilien lassen sich in **zwei Gruppen** unterteilen:

- Die erste Gruppe bilden die anatomisch primitivsten bekannten Ameisen, die ausgestorbenen mesozoische Unterfamilie der "Sphecomyrminae" und die Unterfamilie der "Armaniinae".
- Die zweite Gruppe hat den gleichen Ursprung wie die "Sphecomyrminae" und "Armaniinae" und umfasst primitive Vertreter der Unterfamilien "Aneuretinae", "Ponerinae" (Urameisen oder Stechameisen) und "Formicinae" (Schuppenameisen).

Bei den Arbeiterinnen von "Sphecomyrma", der bekanntesten Gattung der "Sphecomyrminae", finden sich Merkmale von Ameisen und Wespen in Kombination. Der wissenschaftliche Name leitet sich davon ab: er bedeutet „**Wespenameisen**“.

Sie sind klein, relativ schlank gebaut und ähneln keiner der heute lebenden Arten. Trotzdem handelt es sich zweifellos um Ameisen mit flügelloser Brust (Thorax) und abgesetztem Taillensegment (dem zweiten Hinterleibsegment), den diagnostischen Merkmalen heutiger Vertreter der Familie "Formicidae" (Schuppenameisen). Die Mandibeln (Mundwerkzeuge) weisen jedoch die für Wespen typische Form auf: schmal und jeweils mit zwei Zähnen. Wie bei vielen Wespen sind sie in Ruhestellung fest gegen die Vorderseite des Kopfes geklappt. Die Antennen unterdessen stellen im Bau eine Zwischenform zwischen denen von Ameisen und Wespen dar.

In den vier Jahrzehnten nach der Entdeckung der ersten Exemplare im Jahr 1967 hat man noch weitere Vertreter der "Sphecomyrminae" gefunden: eingeschlossen in Bernstein (fossilem Harz) aus Asien, Sibirien und Nordamerika, die einst zusammen einen Großteil des nördlichen Superkontinentes "Laurasia" bildeten.

Im Gegensatz zu den Ameisen aus späteren Ablagerungen aus dem Zeitalter "Paläozän" (es begann vor 66 Millionen Jahren und endete vor 56 Millionen) waren die "Sphecomyrminae" offensichtlich selten. Von den vielen Tausend bislang untersuchten Insekten, die in Bernstein aus der späten Kreide in New Jersey, Kanada und Myanmar (Birma) gefunden wurden, sind nur bei etwa einem Dutzend Exemplaren genügend Merkmale erhalten, dass man sie eindeutig den "Sphecomyrminae" zuordnen kann. Über die Biologie dieser urtümlichen Ameisen lässt sich nichts aussagen, außer, dass sie in den meisten tropischen und subtropischen Wäldern mit reichhaltiger Flora und Insektenfauna vorkamen. Das Harz, in das Exemplare in New Jersey eingeschlossen waren, stammt vermutlich von Mammutbäumen der Gattungen Sequoia oder Metasquoia. Die Exemplare aus Birma fanden sich in Metasquoia-Harz. Offenbar haben die "Sphecomyrminae" die Kreide nicht überlebt. Der genaue Zeitpunkt und Grund für ihr Aussterben in den letzten zehn oder zwanzig Millionen Jahren dieses Zeitalters sind bislang nicht bekannt.

3.1.1. Wie wurden die Ameisen eusozial?

Vor über 110 Millionen Jahren veränderten die ersten Ameisen (oder deren unmittelbaren Vorfahren) ihr regulatorisches Netzwerk so, dass **einige der Gene unter dem Einfluss der Ernährung oder anderen Umweltfaktoren abgeschaltet** werden konnten. Auf diese Weise entstand eine flügellose Arbeiterkaste. Diese helfen bei der Aufzucht der Brut, verteidigen das Nest gegen Angreifer und gehen auf Nahrungssuche. Die Arbeiterkaste ist weitgehend unfruchtbar. Arbeiter **mehrere Generationen koexistieren** miteinander. Somit sind alle Kriterien vereint, um als "eusozial" bezeichnet zu werden.

3.1.2. Die Unterfamilie "Ponerinae"

Die "Ponerinae", auch "**Urameise**" oder "**Dinosaurierameise**" genannt, hat eher ein gering ausgebildetes Sozialverhalten. Der Grund dafür ist, dass die Ponerinae eine sehr alte Unterfamilie ist im Gegensatz zu den höher entwickelten Ameisenunterfamilien "Formicinae", "Myrmicinae" und "Dolichoderina".



Hier die Hauptunterschiede zu anderen Unterfamilien:

- **Arbeiterinnen und Königinnen** der Ponerinae-Arten **ähneln sich bezüglich der Körpergrößen** viel mehr als jene der höher entwickelten Arten wie Myrmicinae, Dolichoderinae und Formicinae sowie der Unterfamilien der Wanderameisen.

- **Die Ponerinae-Königinnen sind unfruchtbarer** und legen maximal 5 Eier pro Tag. Im Vergleich legen afrikanische Treiberameisen manchmal über eine Millionen Eier pro Monat. Deswegen sind Ponerinae-Kolonien auch kleiner und die Bevölkerung liegt je nach Art zwischen 20 und 200 Arbeiterinnen und einem oder mehreren Fortpflanzungstieren. Es gibt Ausnahmen bei den Arten der Gattungen "Leptogenys", "Leptogenys ocellifera" und "Leptogenys purpurea" die im Tropischen Asien und Melanesien vorkommen. Ihre Kolonien liegen bei einer Bevölkerung von Tausenden oder Zehntausende von Arbeiterinnen.
- **Frische Königinnen gründen unabhängig Kolonien, aber nicht klaustral**, d.h. sie verlassen ihr Geburtsnest, paaren sich und gehen auf Suche für ein geeignetes Nest z.B. ein Hohlraum. Sie sucht nach Nahrung bis die Aufzucht der ersten Brut-Generation zu fertigen Arbeiterinnen angereift ist und diese dann die Nahrungssuche und Pflege der Brut übernehmen. In den meisten der höher entwickelten Unterfamilien leben die Königinnen ebenfalls nicht klaustral.
- Die Arbeiterinnen der Ponerinae-Arten gehen alleine auf Nahrungssuche und dabei **verwenden sie keine Duftspuren** (Pheromone) um andere Arbeiterinnen auf die gefundenen Nahrungsquellen aufmerksam zu machen.
- **Bei den Ponerinae-Arten wird keine orale Trophallaxis** praktiziert. Trophallaxis ist der Austausch von hochgewürgter Nahrung zwischen Larven und Arbeiterinnen oder erwachsenen Tieren. Die Trophallaxis ist meist bei den höher entwickelten Unterfamilien beobachtbar. Bei den Ponerinae-Arten handelt es sich meist um Räuber die nur Insekten jagen, darum ist der Austausch von flüssiger Nahrung unnötig. Ponerinae-Arten transportieren die Tröpfchen der zuckerhaltigen Ausscheidungen von Nektardrüsen der Pflanzen zwischen ihren Mandibeln zur Kolonie.

3.2 Termiten

Termiten sind nicht nah mit den Ameisen verwandt, obwohl ihre soziale Lebensweise sich sehr ähnelt.

Die Termiten haben sich vor **ca. 150 Millionen Jahren** innerhalb der **Schaben** entwickelt. Eusoziale Hautflügler entwickelten sich erst 50 Millionen Jahre später.

Jede wichtige Information über den Bauplan und das Verhalten eines Organismus steckt in seinem **Genom**, dem Erbgut. Daher kann der Vergleich von Genomen wertvolle Hinweise darauf liefern, wie die Evolution in Hunderten von Millionen Jahren Geschichte überraschend komplexe Organismen hervorgebracht hat.

So haben die Wissenschaftler bewiesen, dass die eusoziale Termiten genetische Besonderheiten in den Abschnitten des Genoms aufweisen, die Informationen für Chemorezeptoren enthalten, die an der chemischen Kommunikation beteiligt sind.

Erich Bornberg-Bauer von dem Institut für Evolution und Biodiversität der Universität Münster erwähnt „Im Vergleich zu den nahe verwandten Schaben sind die betroffenen Proteinfamilien (Bezeichnung für eine Gruppe von Proteine) zwar stark verkleinert, aber in ihrer Funktion stark differenziert, was auf ihre besondere Bedeutung hinweist“. Die **chemische Kommunikation (Verständigung durch Pheromone)** lässt staatenbildende Insekten z.B. eigene Nestgenossinnen differenzieren zu anderen Kolonien oder Arten, sowie auch die verschiedenen Kasten innerhalb eines Nestes. Sie spielt eine zentrale Rolle dieser Insekten.

Im Verlauf dieser Studie sequenzierten die Wissenschaftler zunächst die Genome einer Kakerlake (deutsche Küchenschabe, *Blattella germanica*) und auch jene der Trockenholztermiten (*Cryptotermes secundus*). Sie verglichen die Genome, die genetische Aktivität und die Gesamtheit der Proteine (Proteom) von drei Termitenarten und der Kakerlake.

Sie verglichen die Ergebnisse auch mit den entsprechenden Daten von 16 anderen Insekten (einschließlich verschiedener Ameisenarten). Dabei verwenden sie auch spezielle Algorithmen, um das Erbgut der heutigen Termitenvorfahren zu rekonstruieren. Auf diese Weise können sie das Auftreten zufälliger Mutationen verstehen, welche die spätere Entwicklung von Eusozialität ermöglichen.

3.3.Konvergente Evolution

Jetzt stellt sich die Frage:

Wieso haben die Ameisen und die Termiten so eine ähnliche Soziallebensweise, ohne miteinander nah verwandt zu sein?

Forscher haben frühere Studien über die Entstehung der Eusozialität der Ameisen und Bienen genauer unter die Lupe genommen. Dabei haben sie entdeckt, dass Ameisen und Biene verwandte, aber deutlich unterschiedliche Chemorezeptoren-Familien (Sinneszellen von Tieren und Mensch, die der Wahrnehmung von gelösten oder gasförmigen chemischen Substanzen in der Umwelt dienen) haben als Termiten, die zur Erkennung von Duftstoffen anhand der Fühlern dienen.

„Dies ist somit ein klassisches Beispiel **„konvergenter“ Evolution**:

Unter einem ähnlichen Selektionsdruck entwickelten beide Gruppen unabhängig voneinander ähnliche molekulare Grundlagen für eine eusoziale Lebensweise“, sagt Genomik-Experte Dr. Mark Harrison. Wissenschaftler haben weitere Konvergenzen (Zusammenläufe) nachgewiesen, einschließlich DNA-Abschnitten, die eine Rolle bei der Produktion von Kohlenwasserstoffen der Kutikula (Insektenpanzer) spielen. Diese kutikulären Kohlenwasserstoffe bilden die Basis der Kommunikation eines Insektenstaates, da sie die zur gegenseitigen Erkennung notwendige "Duftstoffmischungen" enthalten.

4. Kommunikation

Zu den wesentlichsten Merkmalen einer sozialen Lebensweise gehört **eine kooperative Kommunikation**.

Die Informationen werden über **Signale** und **spezielle Reize** übermittelt. Diese sind informationsvermittelnde Handlungen und Strukturen, die sich im Laufe der Zeit speziell zur Übertragung von Informationen sich herausgebildet hat.

Der Informationsfluss von der Gruppe zum Individuum erfolgt überwiegend über Reize, umgekehrt vom Individuum zu der Gruppe über Signale, wie z.B. die berühmte Tanzsprache der Honigbienen womit die einzelne Biene ihre Nestgenossinnen auf neu entdeckte Nahrungsquellen hinweist.

In den nächsten Kapiteln betrachte ich die Kommunikation der Ameisen genauer.

4.1. Die Entwicklung der Kommunikation bei Ameisen

Im Laufe der Zeit unterscheidet sich die Entwicklung von Ameisen völlig von jener der Bienen oder Wespen.

Während sich die **sozialen Bienen und Wespen** in der **Luft** ausbreiteten, blieben die **Ameisen am Boden**.

Vor über 100 Millionen Jahren, als die Arbeiterkaste sich gebildet hat, war dies die entscheidende Anpassung für das Leben am Boden. Dies ermöglichte Nahrung effizient auf dem Boden zu ergattern. Dieser neue Lebensraum zwang die Ameisen dazu, sich anzupassen und ihre Kommunikation mehr auf chemische Signale und Berührungsreize zu spezialisieren. So haben sich die **Ameisen als Spezialisten für chemische Kommunikation** bei Insekten entwickelt.

4.1.1. Die verschiedenen Kommunikationsmethoden

Entomologen (Insektenforscher) unterscheiden zwischen **12 funktionalen Kategorien** der Kommunikation der sozialen Insekten. Diese sind überwiegend chemischer Natur.

1. **Alarm** - als Reaktion auf das Eindringen von Feinden in das Nest oder einen Einsturz der Nestwand.
2. **Anlockung** - führt zu einer Aggregation (Zusammenhäufung) von sozialen Insekten.
3. **Rekrutierung** - zu verschiedenen Dingen wie Nahrung, neuen Neststandorten oder Feinden.
4. **Körperpflege** - darunter auch Hilfe bei der Häutung und Brutpflege.
5. **Trophallaxis** - die Übergabe oraler, analer oder sonstiger Körperflüssigkeiten, in der Regel zur Verteilung von Nahrung, zusätzlich aber auch von Pheromonen.
6. **Übergabe fester Nahrungspartikel.**
7. **Gruppeneffekt** – das kollektive Ermöglichen oder Verhindern einer bestimmten Aktivität.
8. **Erkennen von Nestgenossinnen und anderen Kasten von Nestbewohnern**, beispielweise den Status der Fruchtbarkeit und sogar individuelle Erkennung von verletzten oder toten Individuen.
9. **Kastendetermination**, entweder durch Stimulation oder Verhindern der Umwandlung von Individuen zu Vertretern bestimmter Kasten.
10. **Kontrolle konkurrierender Fortpflanzungstiere.**
11. **Markierung** von Territorium und Aktionsraum zur Orientierung

12. **Sexuelle Kommunikation**, z.B. Erkennung der Art, des Geschlechts, Synchronisieren sexueller Aktivitäten sowie Reaktionen auf Rivalen und Partner während der Konkurrenz um Sexualpartner

4.1.1.1. Visuelle Kommunikation

Im Gegensatz zu gut dokumentierter chemischer und taktiler Kommunikation ist die **visuelle Kommunikation noch schwach erforscht**. Obwohl es viele Arten von Ameisen mit großen Augen gibt, wurden bisher keine Fälle zur visuellen Kommunikation bewiesen. Es gibt Hinweise darauf, dass einige Ameisen ihre Vision nutzen können, um agile (bewegliche) Beute zu finden.

Zum Beispiel gibt es die **grossäugige Formicinae-Gattungen** "Cataglyphis" und "Gigantiops", die ihre Beute anscheinend mit den Augen verfolgen. "Gigantiops" schleichen sich auf die gleiche Weise an ihre Beute heran, wie die Dinosaurierameise "Harpegnathos" und bestimmte Arten von "Myrmecia", um sich dann auf die Beute zu stürzen.

Anscheinend zieht der Anblick von Jagdgefährten andere Nestgenossinnen die Aufmerksamkeit verschiedener Ameisenarten auf sich und lässt sie sich dem Angriff anschließen. Zu den verschiedenen Ameisenarten gehören Arbeiter der **europäischen Waldameise** "Freeica nigricans", die sich hauptsächlich von Insekten ernähren, und "Daceton armigerum", eine räuberische **großäugige Knotenameise** in Südamerika. Bisher gibt es keine andere Beispiele oder ausreichende Forschung.

Jedoch ist dies **kein Beweis** für eine visuelle Kommunikation, dies **könnte auch eine Reaktion auf Alarmpheromone** sein. Das wurde auch bei anderen großäugige Ameisenarten bewiesen, wie bei den Weberameisen "Oecophylla longinoda" und "Oecophylla smaragdina".

4.1.1.2 Pheromone

Pheromone sind **chemische Botenstoffe** und werden bei Ameisen als chemische Kommunikation benutzt. Die Botenstoffe werden in den vielzähligen **exokrinen Drüsen** produziert. Im Laufe der Zeit haben die Ameisen die Pheromone an ihre Bedürfnisse optimiert. Das Vermischen von Pheromonen verschiedener Drüsen oder unterschiedliche Konzentrationen desselben Pheromons, können verschiedene Bedeutungen beinhalten. Die verschiedenen Bedeutungen der Pheromone werden mit weiteren **Vibrations- und Berührungssignalen verstärkt**.

4.1.2. Erkennen von Mitgliedern des eigenen Nestes

Unter allen sozialen Insekten ist eine sehr wichtige Form der Kommunikation, dass sie zwischen gebietsfremden Arten, anderen Koloniemitgliedern derselben Art und verschiedene Kasten sowie Jugendstadien unterscheiden.

Das **Erkennen der eigenen Nestgenossinnen** erfolgt bei Ameisen in Sekundenbruchteilen, beim Kontakt von Fühlern zwischen zwei Ameisen. Dabei nehmen sie das Gemisch von Düften, Pheromonen wahr und unterscheiden zwischen Freund und Feind. Bei diesem Prozess werden keine Informationen übermittelt, es wird nur der **Körperduft** überprüft. Wenn die zwei Ameisen denselben Familienduft aufweisen und somit derselben Kolonie angehören, gehen sie reaktionslos weiter. Wir Menschen erkennen Artgenossen durch ihre Körpergestalt und ihr Gesicht.

Manchmal treffen sich innerhalb eines Nestes eine Vielzahl Nestgenossinnen zusammen, um gegenseitig Pflege zu betreiben oder regurgitierte (hervorgewürgte) Nahrung übergeben.

Wenn jedoch die **Ameise einer anderen Kolonie derselben Art** angehört, wird sie je nach Art unterschiedlich behandelt:

- **Entweder wird sie als Eindringling akzeptiert**, bekommt aber weniger Nahrung als ihre Nestgenossinnen. Dies kann sich aber nach einer gewissen Zeit ändern, wenn die Ameise einer anderen Kolonie derselben Art den Nestgeruch angenommen hat und somit nicht mehr als Eindringling anerkannt wird.
- Oder sie wird sofort **angegriffen und getötet**.

Ausser diesen zwei Möglichkeiten gibt es eine Reihe weiterer wie z.B. sie werden wechselweise gemieden, mit geöffneten Mandibeln angedroht, gekniffen, aus dem Nest gezerrt und irgendwo außerhalb zurückgelassen.

4.1.3. Erkennen innerhalb der Kolonie

Auch wenn **der Marker für die Erkennung von Nestpartnern** in einer voll entwickelten Insektengemeinschaft nicht hauptsächlich von der **Königin** stammt, spielt sie dennoch eine zentrale Rolle. Aufgrund ihrer Existenz **beeinflusst sie das Verhalten der Arbeiter** auf verschiedene grundlegende Weise.

Es ist am ausgeprägtesten in monogynen Kolonien. Wenn beispielsweise bei *Camponotus*-Arten und *Sinoenopsis invicta* (rote Feuerameisen) die Königin aus dem Nest entfernt wird, nimmt **die Aggressivität der Arbeiter** zu anderen Koloniemitgliedern ab. Nach einigen Tagen ohne Königin kann man zuvor feindselige Gruppen von Arbeiterinnen vereinigen, und die Tiere beginnen dann mit ausgiebiger gegenseitiger Körperpflege und der Übergabe flüssiger Nahrung. Sogar fremde Königinnen werden in solchen Fällen akzeptiert.

Darüber hinaus wirkt sich die Anwesenheit einer fruchtbaren Königin auf die eigene **Fruchtbarkeit der Arbeiterinnen** aus. Es ist bekannt, dass junge Arbeiterinnen bei vielen Ameisenarten die Eierstöcke aktivieren und Eier legen, sobald die Ameisenkolonie ihre Königin verliert. Von der Königin muss also ein Signal ausgehen, dass der gesamten Kolonie ihre Anwesenheit verkündet.

Es stellte sich heraus, dass **Königinnen** in großen Kolonien ein **sehr charakteristisches Kohlenstoffwassersignal** erzeugen, das die **Fortpflanzung in der Kolonie reguliert**. Dieses Pheromon ist sowohl in der Cuticula (Aussenskelett) der Königin als auch in den von ihr gelegten Eiern zu finden. Diese zeigen den Arbeiterinnen die Anwesenheit und Fruchtbarkeit der Königin. Solange die Arbeiterinnen dieses Pheromon wahrnehmen, produzieren sie selbst keine Eier. Wenn jedoch die eine oder andere versucht, selbst Eier zu legen, werden diese Eier von ihren Nestgenossinnen zerstört und gefressen. Der Grund ist einfach: die von den Arbeiterinnen gelegten Eier tragen nicht den selben Duft der Königin.

4.1.3.1. Kommunikation des „Resource Holding Potential“ zwischen Kolonien

Das kooperative Funktionieren und die **kollektive Stärke der Kolonie** beruhen auf einer **wechselseitigen Kommunikation**. Die durch einen solchen Austausch vermittelten sozialen Interaktionen bilden einen wichtigen Bestandteil des „**erweiterten Phänotyps**“ (sichtbare Eigenschaften eines Organismus) der Kolonie.

Infolgedessen weisen Kolonipopulationen **genetisch bedingte Unterschiede in ihren Verhaltensmustern** auf:

Kolonien konkurrieren um Ressourcen. Kolonien, die wirtschaftlich neue Gebiete errichten und erhalten, verfügen über die **effektivsten Rekrutierungssysteme**, um Nahrung zum Nest zu transportieren, haben die **effektivste Kolonialabwehr gegen Feinde** und züchten die **größte Anzahl reproduktiver Männchen und Weibchen pro Generation**. Sein **Genotyp** (Erbbild) in der gesamten Kolonie ist **vorherrschend**.

Zwar gibt es in jeder Gesellschaft zwischen Individuen oder Gruppen von Individuen Konflikte um die Fortpflanzung, doch die Stärke der Individuen hängt davon ab, wie effektiv die **Kolonie als Gesamtheit** funktioniert. Im Allgemeinen überwiegt die Konkurrenz zwischen Kolonien mit komplexer sozialer Organisation die Konkurrenz von Nestgenossinnen innerhalb einer Kolonie eindeutig.

Heftig **konkurrierende Tiere** teilen ihren Kontrahenten häufig auch **Informationen über ihre Fähigkeiten** bei Auseinandersetzungen mit. Verhaltensökologen sprechen vom „**Resource Holding Potential**“ (RHP, die **Fähigkeit, sich Zugang zu Ressourcen zu verschaffen**). Zu diesen Informationen gehören die Körpergröße, die Größe der Zähne sowie Gehörne und Geweihe. Weisen zwei Kontrahenten ein sehr ungleiches RHP auf, so ist der Wettstreit rasch entschieden, wie Verhaltensökologen häufig festgestellt haben: dann gibt der Schwächere nach. Haben jedoch die beiden Gegner ein ausgeglichenes RHP, dann vermitteln sie einander oft ausdauernde ausgeklügelte Signale, die aber dennoch keine verlässlichen Informationen

darüber liefern, ob der Signalgeber eher dazu tendiert, die Aggression eskalieren zu lassen oder zu fliehen. In solchen Situationen muss, wie Mark Hauser es ausgedrückt hat, „der Ausgang einer kompetitiven Interaktion durch eine Salve von Signalen entschieden werden, wobei jedes Individuum versucht, daraus die nützlichsten Informationen über die relative Wahrscheinlichkeit zu ziehen, einen Kampf zu gewinnen oder zu verlieren.“

Der Tod einer sterilen Arbeiterin bedeutet ein Verlust von Energie und Arbeitskraft. Doch wiegt der Schutz von Ressourcen und der Kolonie, den sie geleistet hat, ihren Tod auf.

4.1.4. Erkennung der eigenen Brut

Die **Markierung von Eiern** ist heute als ein wichtiges Verhalten bei Honigbienen und einigen Ameisen bekannt. Sie wurde auch bei Feldwespen (*Polistes*) beobachtet und ist bei allgemeinen sozialen Insekten wahrscheinlich recht häufig. Bei näherer Betrachtung ist diese Entdeckung keine Überraschung. Die Tatsache, dass **soziale Insekten das Geschlecht, die Kaste und das Entwicklungsstadium der Nachkommen erkennen können**, ist eine notwendige Voraussetzung für Arbeiter, die Nachkommen der Kolonie aufziehen.

Insbesondere Verhaltensstudien an „*Camponotus floridanus*“ und „*Cataglyphis*“ – Arten haben gezeigt, dass an der koloniespezifischen Bruterkennung auch Lernen beteiligt ist. Darüber hinaus ergaben Analysen der Oberflächenmarker der Larven von „*Camponotus vagus*“, die sich als charakteristisch für dieses Lebensstadium herausstellen, dass daran die Erkennung der larvalen Kohlenwasserstoffe beteiligt sein könnte.

Da Ameisen ihre Brut ständig herumtragen und belecken, vermuteten zahlreiche Beobachter, diese intime Beziehung zwischen den Brutpflegerinnen und der Brut müsse eine chemische Kommunikation beinhalten. Offenbar heben die larvalen Pheromone, die bei den Brutpflegerinnen das Brutpflegeverhalten auslösen, die koloniespezifischen Erkennungsmarker auf.

5. Praktischer Teil

In meinem praktischen Teil des Trapé habe ich mich mit den **Standorten der Ameisenhögel im Bettemburger Wald** befasst und eine **Bestandsaufnahme** fertig gestellt. Der Bettemburger Wald ist 370 Hektar gross und davon sind 145 Hektar Naturreservat.

Es sind insbesondere die **Standorte in drei Teilen des Bettemburger Waldes** auf die ich präziser eingehe:

- Nonnebesch,
- Bigelbach,
- Obeler Besch.

Diese Standorte besuche ich regelmäßig, um die Entwicklung der Ameisenhögel zu beobachten und zu erfassen. Ein befreundeter Mykolog und ein paar seiner Kollegen haben vor ein paar Jahrzehnten, eine Handvoll gefährdete Ameisenhögel aus einem Stück Wald, das gerodet werden sollte, gerettet.

Bei unseren regelmäßigen Besuchen entdeckten wir jedes Jahr neue Ameisenhögel. Dadurch kam mir die Idee, eine Bestandsaufnahme der Ameisenhögel an verschiedenen Standorten im Bettemburger Wald zu erstellen. Dies erlaubt einen **Überblick der Entwicklung über die Jahre** und die Auflistung neuer auftretender Ameisenhögel. Bei den Ameisenhögeln handelt es sich um die Arten **“Formica rufa” (Rote Waldameise)** und **“Formica polyctena” (Kahlrückige Waldameise)**. Ausserdem werde ich in diesem Kapitel mit einem kleinen Rechenmodell, die **Population des Nestes O6 ausrechnen**. Dies ist jedoch sehr unpräzise und dient zu einer groben Einschätzung der ungefähren Grösse der Nestbevölkerung.

Die Bestandsaufnahme ermöglicht es, im Laufe der Jahre eine interessante Entwicklung aufweisen:

- Werden sich in den nächsten Jahren weitere kleinere Ameisenhögel bilden und somit das Revier der Kolonie erweitern?
- Oder werden im Gegenteil die Ameisennester zurückgehen?

Ich habe schon in den letzten Jahren beobachtet, dass alle Ameisenhögel sich nach der Winterruhe von Angriffen der Wildschweine oder der Spechte erholen. Meistens ist ein kräftiger Nestwachstum an der zunehmenden Grösse des Nestes sichtbar. Ich schätze die Lage momentan positiv ein bei den Waldteilen “Nonnebesch” und “Bigelbach”. Ende April dieses Jahres habe ich schon die Vorbereitung für den Hochzeitsflug der Ameisen beobachten können. Die Ameisenhögel im “Obeler Besch” sind teilweise geschädigt worden, wegen umgefallenen Bäume.

Das Nest O6 ist 1,2 Meter hoch und hat einen Durchmesser von 4,5 Meter. Ein Ameisenhögel hat eine ungefähre **Form eines Kegels**, somit nehme ich diese Formel um den Volumen herauszufinden. Der liegt bei 6,3m³. Wir gehen davon aus dass noch 2 Drittel des Volumen im unterirdischen Teil des Nestes sind. Somit liegt der endgültige Volumen bei

18,9m³. Ich runde auf 19m³ auf. Wenn man von einer Bevölkerungsdichte von 0,05 Individuen; 0,1 Individuen; 0,25 Individuen und 0,5 Individuen pro 1cm³ ausgeht sind dies die Resultate: 950'000 Individuen, 1'900'000 Individuen, 4'750'000 Individuen und 9'500'000 Individuen.

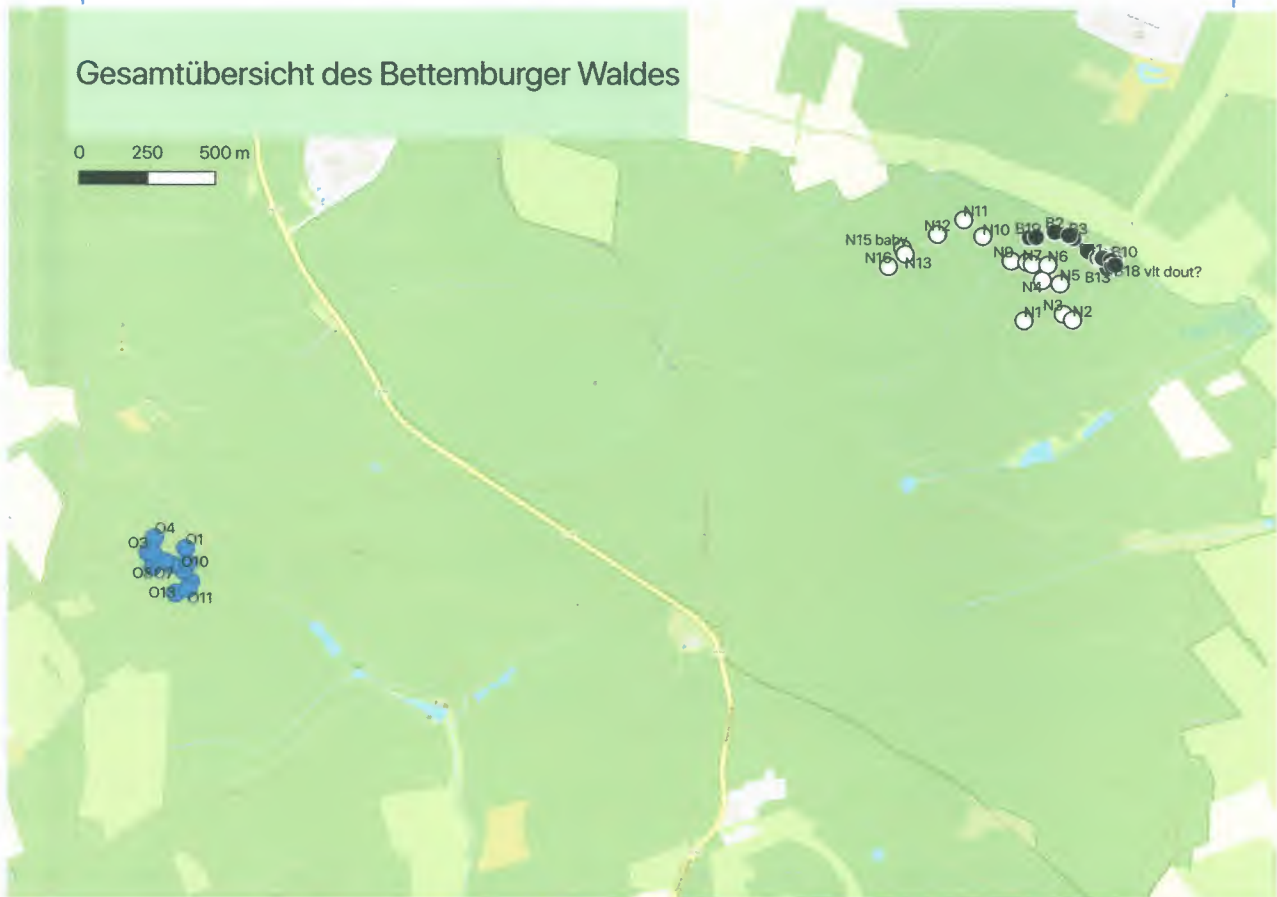
Dies ist ein vereinfachtes Rechenmodell, um die Bevölkerung eines Ameisennestes auszurechnen. Meiner Meinung nach sind 950'000 Individuen bis 1'900'000 Individuen am realistischsten, weil dies bei "Formica rufa" und "Formica polyctena", eine normale Population ausmacht.

Anmerkung zur Bestandsaufnahme:

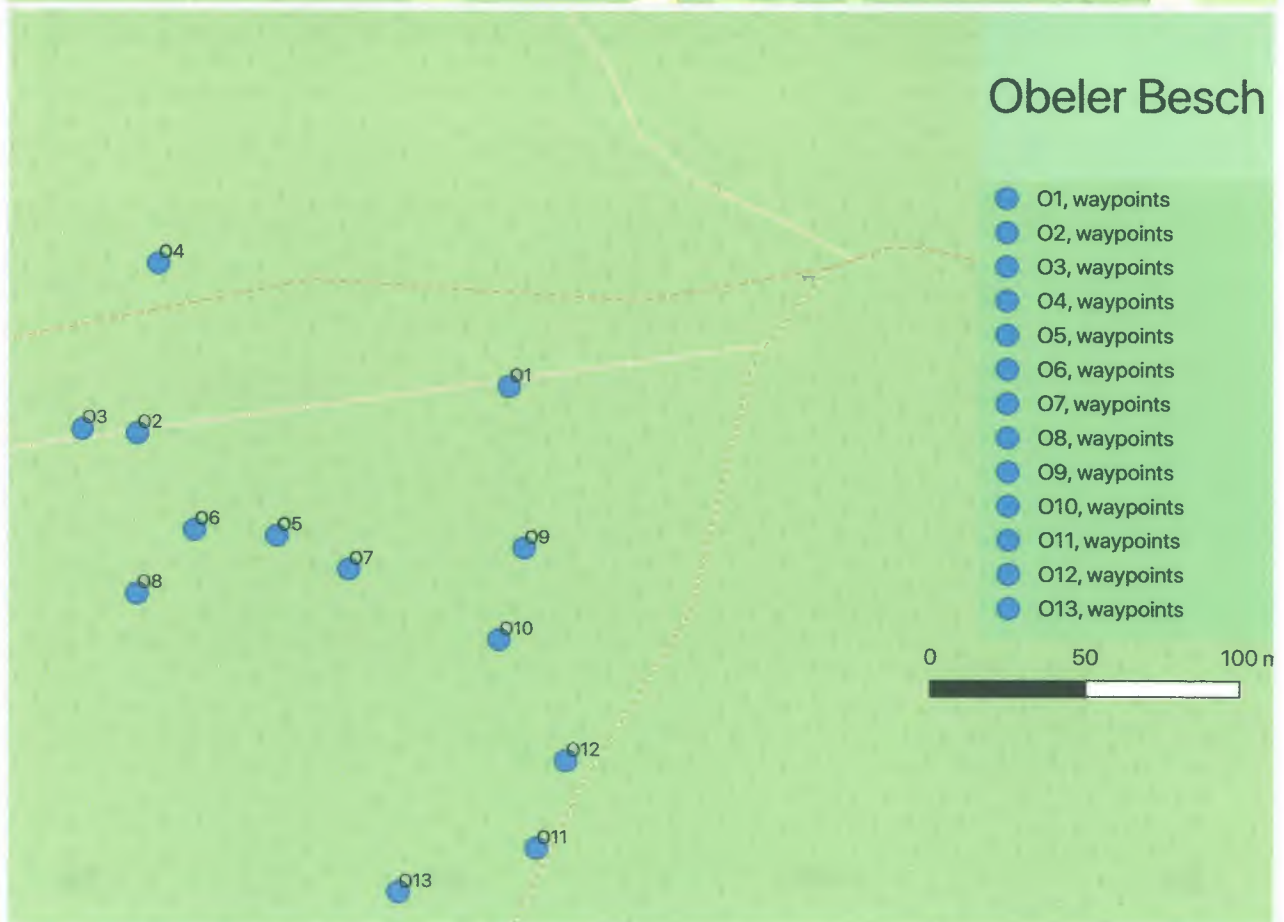
- Nicht wundern, dass kein Foto vom Nest „Nonnebesch 15“ dargestellt ist, ich habe es vergessen zu fotografieren.
- Das Nest „Nonnebesch 14“ gibt es nicht, wir haben später herausgefunden, dass dieses Nest mit dem „Nonnebesch 13“ eins ist.

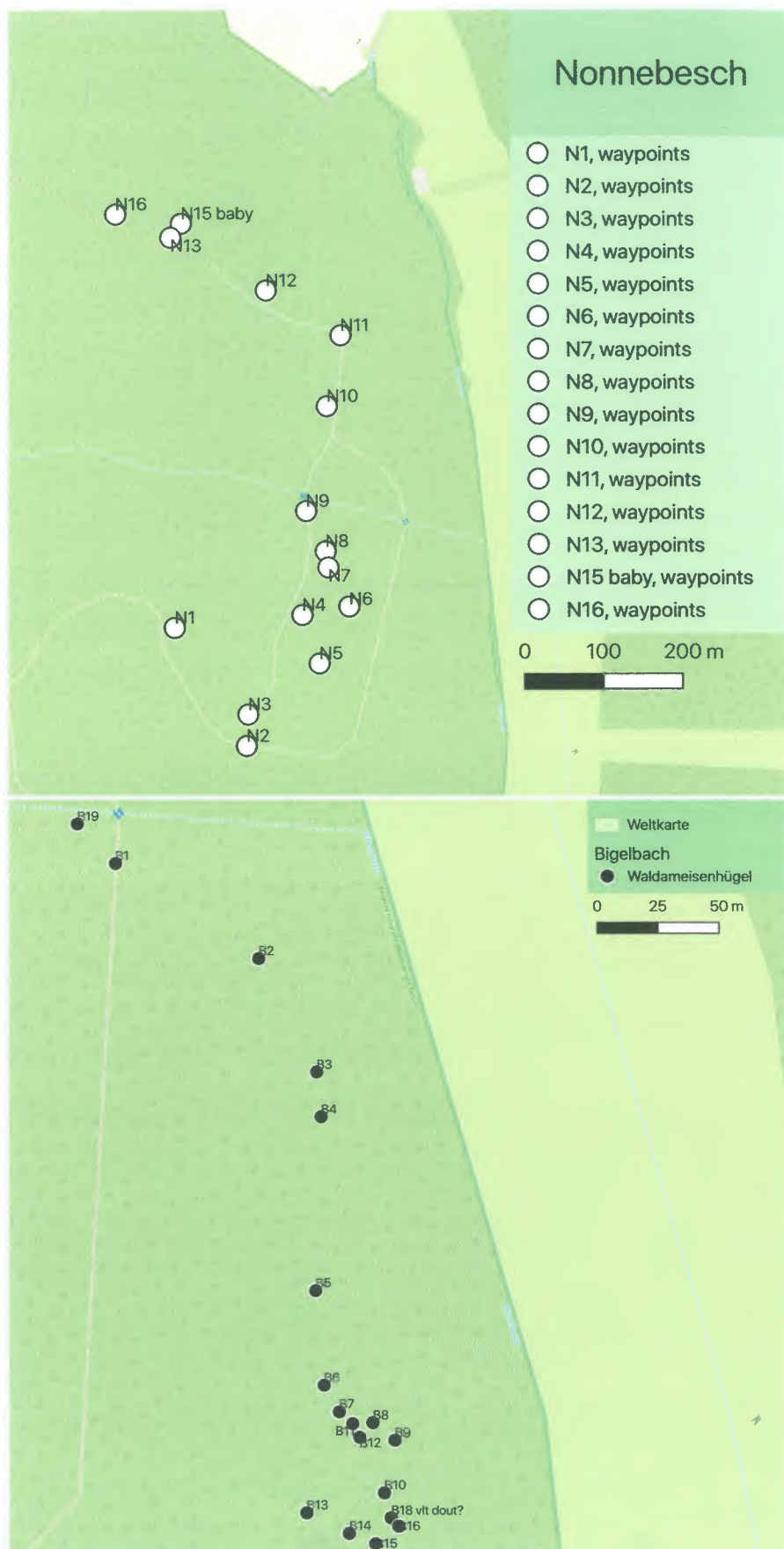
5.1. Bestandsaufnahme der Waldameisen im Bettemburger Wald

Gesamtübersicht des Bettemburger Waldes



Obeler Besch





Obeler Besch



OBELER 03



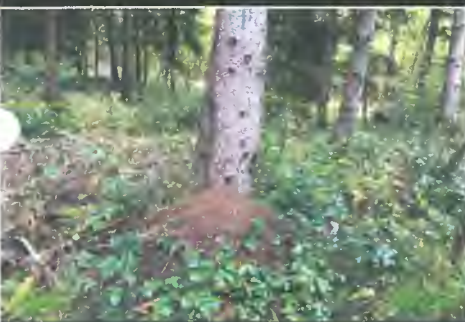
OBELER 04



OBELER 07



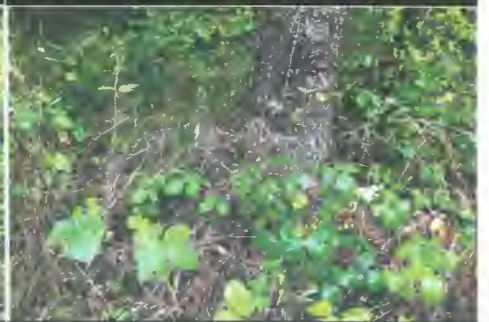
OBELER 09



OBELER 10



OBELER 11



OBELER 12



OBELER 13

Nonnebesch



Nonnebesch 03



Nonnebesch 04



Nonnebesch 07



Nonnebesch 09



Nonnebesch 10



Nonnebesch 11



Nonnebesch 12



Nonnebesch 13



Nonnebesch 16



Bigelbach 16



Bigelbach 18



Bigelbach 19

5.1.1. Die Software QGIS

Die Software QGIS (**Quantum Geography Information System**) ist eine frei zugängliche **Geoinformationssystemsoftware**, mit der man wie in meinem Beispiel eine einfache Bestandsaufnahme mit Legende erstellen kann. Man kann Daten zum Betrachten, Analysieren, Bearbeiten und Erfassen einer Karte zusammenstellen. QGIS ist im Juli 2002 erschienen und wurde von Freiwilligen entwickelt. Dieses Projekt wird hauptsächlich durch Spenden und Sponsoren unterstützt.

Es ist nach meiner Meinung eine sehr komplexe und teilweise komplizierte Software, mit der man sich genauer befassen muss, um seine Projekte in dieser Software zu realisieren. Auf jeden Fall finde ich die Software interessant, obwohl man geduldig sein muss, um jeden wichtigen Schritt herauszufinden und im Kopf zu behalten.

Quelle:

Buch: Der Superorganismus; Autor: Bert Hölldobler und Edward Wilson

<http://www.ameisen.eu/ameisenarten-und-nester>

<https://ameisenwiki.de/index.php/Ameisennest>

<https://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/636721/1101410>

<https://www.ameisenwiki.de/index.php/Kastendetermination>

<https://www.faz.net/aktuell/wissen/natur/insekten-hygiene-im-ameisennest-1512400.html>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Termiten>

<https://www.ameisenforum.de/die-kasten-bei-ameisen-t29062.html>

<https://www.ameisen-ratgeber.de/ameisenarten/urameisen-ponerinae/>

<https://www.wespen-ratgeber.de>

<https://media.timeout.com/images/101766063/630/472/image.jpg>

https://www.researchgate.net/figure/The-diversity-of-Hymenoptera-Top-Orussus-abietinus-Orussidae-Odynerus-reniformis_fig1_316802377

<https://www.fotocommunity.de/photo/wildbiene-wildwespe-ulirhein/30580435>

https://www.bund-bremen.net/fileadmin/_processed_/a/d/csm_Andrena_fulva_Sandbiene_an_Kirsche_Klaus_Kutting_BUND_103c65acb0.jpg

<https://de.wikipedia.org/wiki/Termiten#/media/Datei:Termiten.jpg>

https://www.ameisenkolonie-mieten.ch/images/infobox/pdf_s/Ameisen_ein_faszinierendes_Volk.pdf

<https://www.geo.de/natur/tierwelt/22078-bstr-zwischen-schock-und-schoenheit-die-besten-tierbilder-des-jahres/274468-img-verhalten-wibellose>

<https://www.antstore.net/shop/de/Ameisen/Ameisen-aus-Mitteleuropa/Camponotus-herculeanus--Schwarze-Rossameise-.html>

<https://www.alamy.de/fotos-bilder/lasius-flavus.html>

<https://www.antshop.at/shop/de/Ameisen/Ameisen-aus-Asien/Oecophylla-smaragdina-Weberameisen.html>

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/88/Harpegnathos_saltator_fight.jpg/250px-Harpegnathos_saltator_fight.jpg

<https://de.wikipedia.org/wiki/Termiten>
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mmnd.19660130407>
https://www.domyown.com/all-about-termites-c-3_678.html
<https://de.wikipedia.org/wiki/Evolution>
<https://www.aeris.de/evolution/>
<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/hautfluegler/30915>
<https://niedersachsen.nabu.de/tiere-und-pflanzen/insekten/hautfluegler/index.html>
<http://www.holzfragen.de/seiten/termiten.html>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Eusozialität>
<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/eusozialitaet/23069>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Superorganismus>
<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/superorganismus/64788>
<https://www.tu-chemnitz.de/tu/pressestelle/aktuell/4779>
<https://sciencev1.orf.at/news/47465.html>
<https://www.innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften-chemie/soziale-hygiene-veraendert-infektionsverlauf-in-ameisen.html>
https://www.wissenschaft-aktuell.de/artikel/Hygiene_im_Ameisennest_nutzt_der_Kolonie1771015589596.html
http://www.termite-pictures.com/deutsch/termite_life_cycle.htm
<https://verminscout.de/allgemein/termiten/>
<https://qgis.org/de/site/>
<https://www.bee-fly.de/wildinsekten-und-futterpflanzen/fakten-und-infos-zu-wildbienen-und-wildwespen/>
https://de.wikipedia.org/wiki/Edward_O._Wilson
<https://www.naturimgarten.ch/Tiere/Wespen.html>
<https://www.nabu-lueneburg.de/naturnaher-garten/wildbienen-hummeln-und-wespen/>
<https://www.haus.de/garten/wespenarten-diese-wespen-sind-bei-uns-heimisch>

<https://www.deutschewildtierstiftung.de/wildtiere/wildbienen>

<https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/insekten-und-spinnen/hautfluegler/bienen/01949.html>

<https://www.sueddeutsche.de/wissen/kommunikation-von-ameisen-das-schaben-der-puppen-1.1596600>

<http://www.hm-noroc.de/ameisen/kommunikation.html>

<https://ameisenwiki.de/index.php/Pheromone>

https://www.wissenschaft-aktuell.de/artikel/Bakterien_produzieren_Pheromone_fuer_Ameisen1771015590551.html

<http://daswunderder-ameise.blogspot.com/2011/01/kommunikation.html>

<https://www.geo.de/magazine/geo-kompakt/5455-rtkl-evolution-das-prinzip-der-konvergenz>

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/konvergenz/6599>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Urameisen>